

**7. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi**  
**(13 – 14 Mart 2020 / Ankara)**  
**(UBAK)**

7th International Scientific Research Congress  
(13 – 14 March 2020 / Ankara)  
(UBAK)

**Fen ve Mühendislik Bilimleri**  
Science and Engineering

**Bildiri Tam Metin Kitabı**  
Proceeding Book

**Editör / Editor**  
Doç. Dr. Özlem ÇAKIR



Ankara 2020

**Yayın Koordinatörü/ Broadcaste Coordinator•**  
Muhammet ÖZCAN

**Yayın Yönetmeni / General Publishing Director •**  
Doç. Dr. Özlem ÇAKIR

**Editörs / Edited by •**  
Doç. Dr. Özlem ÇAKIR

**Kapak Tasarım / Cover Design**  
Kadir ERTEKİN

**İç Tasarım / Interior**  
Kadir ERTEKİN

**Birinci Basım / First Edition• ©**  
Mart 2020 / March 2020-Ankara

ISBN: 978-605-7736-83-3

© copyright  
Telif ve hukuki hakları UTRAK'a aittir

**ASOS YAYINEVİ**

1st Edition / 1.baskı: March/Mart 2020

Address / Adres: Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No: 67/2-4  
/MERKEZ/ELAZIĞ

Mail: asos@asosyayinlari.com

Web: www.asosyayinlari.com

Instagram: <https://www.instagram.com/asosyayinevi/>

Facebook: <https://www.facebook.com/asosyayinevi/>

Twitter: <https://twitter.com/Asosyayinevi>

Ankara – 2020

## **KURULLAR**

### **ONUR KURULU**

Prof. Dr. Fadıl HOCA, Uluslararası Vizyon Üniversitesi Rektörü  
Turgut ALTINOK, Keçiören Belediye Başkanı

### **DÜZENLEME KURULU**

Prof. Dr. Osman SİVRİKAYA, Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Prof. Dr. Şerife BÜYÜKKÖSE, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Şahin YILDIRIM, Erciyes Üniversitesi  
Prof. Dr. Asım OLGUN, Uludağ Üniversitesi  
Prof. Dr. Bünyamin KOCAOĞLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Prof. Dr. Redžep ŠKRIJELJ, Novipazar Üniversitesi  
Prof. Dr. Osman KÖSE, History Studies Dergisi Editörü  
Doç. Dr. Belgin ERDEM, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi  
Doç. Dr. Özlem ÇAKIR, Ankara Üniversitesi  
Doç. Dr. Emel İSLAMOĞLU, Sakarya Üniversitesi  
Dr. Mine Nazan Kerimak ÖNER, Kocaeli Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin U. SAKARYA, İstanbul Sağlık B. Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi Kemal ÇİFTYILDIZ, Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi

### **BİLİM KURULU**

Doç. Dr. Mine AKGÜN, Uludağ Üniversitesi  
Prof. Dr. Ali Payıdar AKGÜNDÜR, Kırıkkale Üniversitesi  
Doç. Dr. T. Çetin AKINCI, İstanbul Teknik Üniversitesi  
Prof. Dr. Erhan ALBAYRAK, Erciyes Üniversitesi  
Dr. Rovida ALMOMANİ, Jordan University  
Prof. Dr. Dilek ANAÇ, Ege Üniversitesi  
Doç. Dr. Nurhayat ATASOY, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi  
Dr. Akhenak ATMANE, Centre Universitaire Tipaza  
Prof. Dr. Ozan AVINÇ, Pamukkale Üniversitesi  
Doç. Dr. Zehra Şapçı AYAS, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi  
Prof. Dr. Salih AYDEMİR, Harran Üniversitesi  
Prof. Dr. M. Emin AYDIN, Necmetin Erbakan Üniversitesi  
Prof. Dr. Senar AYDIN, Necmetin Erbakan Üniversitesi  
Doç. Dr. Vezir AYHAN, Sakarya Üniversitesi

Doç. Dr. Zayde AYVAZ, Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi  
Doç. Dr. Khalid M. Al- BATAYNEH, Yarmouk University  
Doç. Dr. Saadet Arzu BERİLGİN, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Doç. Dr. Ceyda BİLGİÇ, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Dr. Khaldon BODOOR, Jordan University  
Prof. Hüsamettin BULUT, Harran Üniversitesi  
Doç. Dr. Ali Savaş BÜLBÜL, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi  
Doç. Dr. Ivana CACCIATORE, G. D'Annunzio Üniversitesi  
Prof. Dr. Miriş Mirmusa CAFEROV, Bakü Devlet Üniversitesi  
Doç. Dr. Erhan CENGİZ, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi  
Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENÇİ, Harran Üniversitesi  
Doç. Dr. M. Fatih DİLEKOĞLU, Harran Üniversitesi  
Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER, Namık Kemal Üniversitesi  
Prof. Dr. Cengiz DOĞAN, Harran Üniversitesi  
Prof. Dr. Nükhet DOĞAN, Gazi Üniversitesi  
Doç. Dr. Fikriye Tünel ELMALI, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Prof. Dr. Yılmaz EMRE, Akdeniz Üniversitesi  
Doç. Dr. Uçman ERGÜN, Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Doç. Dr. Ayten Erol GÖRÜR, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Prof. Dr. Nevin ERYÜCE, Ege Üniversitesi  
Prof. Dr. Erhan ESER, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Metin GÜRÜ, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU, Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Doç. Dr. Vesel Hoxha / IGJEUM, Arnavutluk  
Prof. Dr. Kamil IŞIK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Doç. Dr. Murat KALE, Düzce Üniversitesi  
Doç. Dr. Timur KAPROL, Kırklareli Üniversitesi  
Doç. Dr. Duran KATAR, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Rabah Ali KHALİL, University of Mosul  
Prof. Dr. Zeki KIRAL, Dokuz Eylül Üniversitesi  
Doç. Dr. Serpil Koral KOÇ, Uludağ Üniversitesi  
Doç. Dr. Özcan KÖYSÜREN, Ankara Üniversitesi  
Dr. Riad MERİEM, Centre Universitaire Tipaza  
Doç. Dr. Kasım MDERMERDAŞ, Harran Üniversitesi  
Doç. Dr. Vanina MIHAİLOVA, Plovdiv University  
Prof. Dr. Bülent OKUR, Ege Üniversitesi  
Prof. Dr. Asım OLGUN, Uludağ Üniversitesi  
Dr. Mine Nazan Kerimak ÖNER, Kocaeli Üniversitesi  
Doç. Dr. M. Şükrü ÖZÇOBAN, Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mahmure Üstün ÖZGÜR, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Prof. Dr. Ayşegül PEKSEL, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Doç. Dr. Bayram POYRAZ, Düzce Üniversitesi  
Prof. Dr. Ahmad A. Al-RHAYYEL, Yarmouk University  
Prof. Dr. Haythem A. Bany SALAMEH, Yarmouk University  
Prof. Dr. Mahmut SELVİ, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Antonio Di STEFANO, G. D'Annunzio Üniversitesi  
Prof. Dr. Ahmet TANDIROĞLU, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi  
Doç. Dr. Remzi TUNTAŞ, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi  
Prof. Dr. Hasan TÜRKEZ, Erzurum Teknik Üniversitesi  
Prof. Dr. Sinan UYANIK, Harran Üniversitesi  
Doç. Dr. Mehmet YÜKSEL, Çukurova Üniversitesi

**SEKRETERYA**

Kadir ERTEKİN

## İçindekiler

<b>Önsöz</b>	9
<b>Yelda KADIOĞLU</b> - VN Tek Tabakaları ve Bunların Farklı Yüzeyler Üzerindeki Elektronik Özellikleri .....	11
<b>Elif Ceren TAY / Yasemen SAY ÖZER</b> - Kentsel Boşlukların Tasarlanmasında Kent Arkeolojisinin Önemi .....	19
<b>Özgür TONKAL / Hüseyin POLAT</b> - Yazılım Tanımlı Ağlarda Paket Gecikmesinin Ölçümü İçin Etkin Bir Yöntem .....	35
<b>Serhat ULUBAY / Feride ÖNAL</b> - Bir Göç Türü Olarak 1923 Türk – Yunan Nüfus Mübadelesinin Kentsel Mekana Etkisinin İrdelenmesi .....	45
<b>Ümit DEMİR / Bora UĞURLU</b> - El Yazısından Kişilik Analizine İlişkin Alanyazın İncelemesi: Mevcut Durum ve Fırsatlar .....	57
<b>Ayşegül ER / Semra ARSLAN SELÇUK / Fatma Zehra ÇAKICI</b> - Soğuk İklim Bölgelerindeki Toplu Konut Yapılarının Enerji Verimliliği Bağlamında İncelenmesi: Kuzey Avrupa Ülkeleri Üzerinden Bir Değerlendirme .....	67
<b>Ahmet DURAK / Ali İŞIKTAŞ</b> - Bir Yapay Sinir Ağı Mimarisi Oluşturmada Kullanılan Aktivasyon Fonksiyonlarının Eğitim Performansına Etkileri .....	85
<b>Ali İŞIKTAŞ / Ahmet DURAK</b> - DKP Sac Malzemenin V-Bükme İşlemi Sonrası Geri Esneme Davranışı .....	97
<b>Burcu ERTUĞ</b> - Sac Şekillendirme Teknolojisinde Güncel Gelişmeler .....	107
<b>Aynur GÜRSOY ÖZCAN / Erkut YİĞİT / Necdet Yusuf TOKSÖZ</b> - Transfer Preslerde Durum İzlemesi ve Bir Kestirimci Bakım Sisteminin Geliştirilmesi .....	119

<b>Oğuzhan Mehmet GÜNEŞ / Pelin KASAP / Burçin Şeyda ÇORBA ZORLU</b> - Karar Ağacı Algoritmaları Kullanılarak Hepatik Ensefalopati Hastalığını Etkileyen Faktörlerin Sınıflandırılması .....	133
<b>Saffet KILIÇER / Korhan ÖZGAN / Ayşe T. DALOĞLU / Sabriye Banu İKİZLER</b> - Betonarme Yapıların Aşamalı Göçme Direnci Üzerine Sayısal Bir Çalışma.....	147
<b>Ahmet Doğan YAZICI / İrem ÖZOK YAZICI</b> - Landsat Görüntüleri Kullanılarak Erciyes Dağı'ndaki Kar ve Buzul Değişimlerinin İncelenmesi .....	165
<b>Buse Gül ŞEHİRLİ / Hacı Samet KÜÇÜK / Ali DEĞİRMENCI / Ömer KARAL</b> - Makine Öğrenme Yöntemleriyle Havadaki Ozon Konsantrasyonu Tahmini .....	179
<b>İrfan ÖZBERK / Fethiye ÖZBERK / Fahriye İPEKSEVER / Aişe KARAMAN</b> - Serin İklim Tahıllarında Maliyet ve Karlılık (2014-19).....	191
<b>İlhami YİĞİT / Uğur KÖLEMEN / Ahmet KARADAĞ</b> - Kenevir Esaslı Batarya Geliştirilmesi.....	209
<b>Mert BAYRAKTAR</b> - Airyprime Işının Türbülansif Atmosferde Noktasal Parıldama Analizi.....	223
<b>Ahmet DURAK / Soner ÇELEN / Uğur AKYOL</b> - Kabak (Cucurbita Pepo L.) Kurutma İşleminin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi .....	231
<b>Aişe KARAMAN / Osman ÇOPUR / Ceren ODABAŞIOĞLU / Fahriye İPEKSEVER</b> - Küresel Isınma ve Pamuk .....	239
<b>Burcu ERTUĞ</b> - Doğal Diş ve Farklı Disilikat Esaslı Dental İmplantların Yapısal Özellikler Açısından Karşılaştırılması .....	247
<b>Ali İŞIKTAŞ / Vedat TAŞKIN</b> - Sandviç Kompozit Levhalarda Yapıştırma Bağlantılarının Bükme Dayanımının İncelenmesi.....	259
<b>Bora UĞURLU / Utku BAYRAM / Rezzan Nisa ER</b> - Elektrik Enerjisi Kaynaklarının Güç Tüketimine Göre Otomatik Olarak Belirlenmesi.....	271
<b>C. Betül EMRULLAHOĞLU ABİ / Ali KARTAL</b> - Steatit Üretimi .....	277
<b>Erhan TAŞKIN</b> - Nesnelerin İnterneti (IOT) Standartlarının Endüstri Alanlarına Uygulanması.....	291
<b>Yılmaz ÜTÜK / Coşkun KASNAKOĞLU</b> - Anten Servo Sistemi İçin PID, Kayan Kipli Ve LQG Kontrolcü Tasarımı ve Performans Kıyaslaması .....	297

<b>Keziban ÇALIK / Coşkun FIRAT - Bir Lineer Fresnel Yansıtıcılı-Fotovoltaik Sistemde Optik Kayıpların Geometrik Analizi.....</b>	<b>313</b>
<b>Murat Kadir YEŞİLYURT / Zeki YILBAŞI - Dizel-Biyodizel-Aseton Karışımlarını Kullanan Tek Silindri Bir Dizel Motorun Performans ve Emisyon Karakteristikleri Açısından Değerlendirilmesi.....</b>	<b>329</b>
<b>Mustafa Cem AKAGÜNDÜZ / Alaa El ROUBY – Çok İşlevli Radarlar .....</b>	<b>351</b>
<b>Ongun Mehmet SAKA - New Approches To Targeted Gene Delivery.....</b>	<b>357</b>
<b>Yasin Bozkurt YILMAZ / Ufuk AKKOŞOĞLU / Buğra ÇİÇEK - CaB<sub>6</sub> Katkısı ile B<sub>4</sub>C Seramiklerin Düşük Sıcaklıkta Yoğunlaştırılması .....</b>	<b>363</b>
<b>Barış Metin TÜZÜNER / Meltem TEMİZKAN / Oğuzhan ÇAKIR - Varış Zamanları Farkı İle Parçacık Sürüsü Optimizasyonu Kullanılarak Hedef Konumu Tespiti .....</b>	<b>375</b>
<b>Meltem TEMİZKAN / Barış Metin TÜZÜNER / Oğuzhan ÇAKIR - Varış Zamanları Farkı İle Konum Tespitinde İki Boyutlu Alıcı Dizisi Optimizasyonu .....</b>	<b>387</b>

## ÖNSÖZ

Geçtiğimiz Mart ayında Ankara’da 7. sini tamamlamış olduğumuz Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresinin (UBAK) yeni bir serisi ile daha sizlerle birlikteyiz. Tüm dünyayı etkisi altına alan ve ülkemize de sirayet eden Pandemi ( Corona Virüsü) ile mücadeleye başlanıldığı günlerde kongreye olan katılımın fazla olması bizler adına gurur verici bir adımdır. Dolayısıyla kıymetli zamanını ve bilimsel çalışmalarını bizimle paylaşan bilim insanlarına, etkinliğin sağlıklı ve güvenli bir ortamda gerçekleşmesinde katkıda bulunan tüm bilim dostlarına öncelikle ayrı ayrı teşekkür ederiz.

Kongremize iştirak edip araştırmalarını bizlerle paylaşmış bilim insanlarının eserlerinden, hakem sürecinden geçmiş olan 29 bildiriye siz değerleri okuyucularımızın hizmetine sunmak üzere kitap haline getirmiş bulunmaktayız. Kitabımız multidisipliner içerikte olup genel anlamda Temel Bilimler ve Mühendislik Bilimlerine ait çeşitli eserleri bir araya getirmiş durumdadır.

Kitabımızda fizik ile çeşitli mühendislik faaliyetlerine yönelik çalışmalardan, nesnelerin interneti (IOT), yazılımlar, yeni enerji çeşitleri, makine alanında farklı disiplinlilerle işbirliği, malzeme üretiminde doğal kaynaklardan yararlanılarak yeni malzemelerin etkin ve tasarruflu bir şekilde sektöre kazandırılması, inşaat ve ziraat alanındaki farklı çözüm önerileri, sağlık alanında interdisiplinlerden istifade etme ile elektrik konularında güncel, sürdürülebilir ve uygulanabilir görüş, önerilerin yer aldığı tam metin bildiri çalışmaları bir araya getirilmiştir. Her bir çalışmanın, literatüre katkı sağlaması, benzer araştırmaları cesaretlendirip beslemesi temel hedefimizdir.

Araştırmaları ile katkıda bulunan yazarlarımızdan, çalışmaları büyük titizlik, özveri ile değerlendiren bilim insanlarına ve arka planda her türlü desteğini gördüğümüz çalışma arkadaşlarımıza sonsuz teşekkürler...

Sağlıklı ve güzel günlerde tekrar buluşmak dileğiyle,  
Saygılarımla...

**Doç. Dr. Özlem ÇAKIR**



# VN TEK TABAKALARI VE BUNLARIN FARKLI YÜZEYLER ÜZERİNDEKİ ELEKTRONİK ÖZELLİKLERİ

**Dr. Yelda KADIOĞLU**

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

**ÖZET:** Nanoteknoloji ve Nanofizik yeni nesil bilim ve teknolojinin gelişmesinde can alıcı öneme sahiptir. İki boyutlu malzemelerin teknolojiye kullanılabilmesi için bunların fiziksel ve elektronik özelliklerini tanımlamak gerekir. Bilindiği üzere iki boyutlu malzemeler üç boyutlu malzemelere göre farklılıklar gösterir. Örneğin altın (Au) üç boyutlu (bulk) halde soygazlar kadar deaktif bir malzeme iken, nanoboyutlara inildiğinde katalitik etkilere sahip olmaktadır. Nanofizik, nanometre ölçütlerinde ortaya çıkan bu yeni davranışları kuantum fiziği yardımı ile açıklamaya çalışırken, nanoteknoloji yeni nano yapılar tasarlayıp sentezlemeyi ve nano yapıları yeni olağanüstü özellikler kazandırmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle özellikle iki boyutlu malzemeler giderek artan bir öneme sahiptir. Biz bu çalışmamızda yakın zamanda teorik olarak keşfedilen VN tek tabakasının MoS<sub>2</sub>, MoSe<sub>2</sub> ve MoSSe yapıları üzerinde elektronik bant yapılarını ve iki ile üç tabakalı durumlarını inceledik. VN yapısının iki kararlı fazı olan h-VN ve t-VN tek tabakalı yapıları yarımetalik özellik sergilemektedir. Bu yapıları MoS<sub>2</sub> ve MoSe<sub>2</sub> yapıları üzerinde incelediğimizde, sistemlerin yarımetalik özelliklerini kaybederek metalik hale geçiş yaptığını görmekteyiz. İki ve üç tabakalı durumlarda ise sistemler yarımetalik durumunu korurken, elektronik bant aralıkları azalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tek tabakalı yapılar, VN , elektronik yapı.

**VN Monolayers and Their Electronic Properties on Different Surfaces**

**ABSTRACT:** Nanotechnology and Nanophysics are crucial to the development of new generation science and technology. In order to use two-dimensional materials in technology, it is necessary to define their physical and electronic properties. As is known, two-dimensional materials differ from three-dimensional materials. For instance, while gold (Au) is as deactive as noble gases in bulk form, it has catalytic effects when it comes to nanoscale.

While nanophysics tries to explain these new behaviors that emerge in nanometer criteria with the help of quantum physics, nanotechnology aims to design and synthesize new nanostructures and to provide new extraordinary properties into nanostructures. For this reason, especially two-dimensional materials have an increasing importance. In this study, we examined the electronic band structures of the recently discovered VN monolayer on MoS<sub>2</sub>, MoSe<sub>2</sub> and MoSSe structures and both two and three layer form of VN as well. h-VN and t-VN which are the stable phases of VN monolayer shows half-metallic structure. When we examine these structures on MoS<sub>2</sub> and MoSe<sub>2</sub> structures, we see that the systems lost their semi-metallic properties and switched to metallic form. In two- and three-layer cases, while the systems maintain their semi-metallic state, the electronic band gaps are reduced.

**Keywords:** Monolayers, VN, electronic structure

## 1. Introduction

After the discover of graphene in 2004, two dimensional structures have drawn much attention by scientists. Graphene has shown high thermal conductivity, high carrier mobility, high mechanical strength, optical transparency etc. which make it a material for graphene-based electronic devices. Beside these superior properties, graphene has no electronic band gap which is essential for semiconductor technology. Therefore scientist has searched for new monolayers which has a tunable band gap to control the conductivity by electronic behavior.

However there are many theoretically predicted monolayers in literature, It is reported that MoS<sub>2</sub> (Yu vd., 2013:1866), BN (Auwarter vd., 2004:343; Kim vd., 2012:161), black phosphorene (Li vd., 2014:372) etc. have been synthesized experimentally. Among these two-dimensional materials, transition metal dichalcogenides (TMD) have drawn more attention due to optical (Splendiani vd., 2010:1271) and electronic (Radisavljevic vd., 2011:147) properties. A type of TMD called "Janus" has also been synthesized. It is a sandwich type monolayer which has S-Mo-Se arrangement and it has a different properties than pure MoS<sub>2</sub> or MoSe<sub>2</sub>.

Two-dimensional VN has been found by density functional methods (DFT) recently (Kuklin vd., 2018:1422). They have tested the stability of monolayer both dynamically and thermodynamically. VN has two phases called h-VN (hexagonal) and t-VN (tetragonal) which shows high stability by phonon dispersions, temperature dependent molecular dynamics, formation energy calculations. Both phase of VN monolayer have been predicted as a ferromagnetic nature, while h-VN phase shows half-metallic type of structure.

The bulk form of VN is not a layered van der Waals (vdW) structure, therefore it is crucial to find substrates for production of monolayer form of VN. It is well known that the lattice vector of MoS<sub>2</sub> monolayer is about 3.16 Å (Berkelbach vd., 2013:045318). By this motivation, we investigated MoS<sub>2</sub>, MoSe<sub>2</sub> and MoSSe januses as a substrate for VN monolayer synthesis and electronic properties of these heterostructures are presented in this study.

## 2. Computational Details

All calculations were performed using SIESTA package. (Soler vd., 2002:2745) . We used generalized gradient approximation (GGA) and Troullier-Martins pseudopotentials. The Brillouin zone was sampled by 20x20x1 k-point mesh according to Monkhorst-Pack method (Monkhorst and Pack 1976:5188). Kinetic energy cut off was taken as 300 Ry. Vacuum space of 30 Å prevented the interactions between adjacent surfaces. The optimization calculations have been performed until Hellmann-Feynman forces on each atom becomes smaller than 0.02 eV/Å. The self consistency had been achieved when the tolerance of density matrix was 10<sup>-5</sup> . Spin polarization was taken into account during the calculations.

## 3. Results

First we obtained optimized structures of monolayer VN. The unitcell of h-phase is shown in Fig.1(a). Top and side views are at the top and bottom part of figure. The h-VN phase is planar and hexagonal structure which has two atoms in the unitcell and the lattice vector is a=3.25 Å. Similarly top and side views of t-VN are shown in Fig.1(b). The 4x4x1 and 2x2x1 supercells of the h-VN and t-VN are also presented in the Fig.1(c) and Fig.1(d) respectively in order to how they are looklike.

After the optimization process of VN we investigated electronic properties of VN monolayer and the possible substrates for it. It is reported that because of the lattice mismatch MoS<sub>2</sub> can be a substrate candidate for h-VN (Kuklin vd., 2018:1422). We took it a step further and investigated the MoSe<sub>2</sub> monolayer, SMoSe and SeMoS janus monolayers for substrate as well. We obtained geometric structure of pristine monolayers and their electronic band structures as shown in Fig.2. h-VN monolayer is a graphene-like structure. The calculated lattice parameter is 3.26 Å . It is an halfmetallic material because the conduction provided by only one spin direction as seen in electronic band structure. While h-VN is metallic by spin up electrons, it has a band gap value of 3.47 eV by spin down electrons. MoS<sub>2</sub>,

MoSe<sub>2</sub> and MoS<sub>2</sub> are nonmagnetic semiconductors with band gap values of 1.60 eV, 1.27 eV, 1.41 eV respectively. Lattice parameters of MoS<sub>2</sub>, MoSe<sub>2</sub> and MoSSe monolayers were calculated as 3.21 Å, 3.32 Å and 3.27 Å respectively .

When we look at the interactions between h-VN monolayer and the substances (Fig.3), firstly there is no deformation on the monolayers. We see that lattice parameter values of these systems (heterostructure) are between the values of both monolayers that created the heterostructure. The calculated lattice parameters were written on the Fig.3. We. The distance between VN monolayer and the substrates are in the range of 3.07-3.30 Å. We placed the VN monolayer on both surfaces of the MoSSe janus. The distance between VN plane and S atoms are lower than the heterostructure where h-VN is placed on MoS<sub>2</sub>. However the distance between Se atoms and VN plane is higher than heterostructure where h-VN is placed on MoSe<sub>2</sub>.

In order to investigate electronic structure of the heterostructures considered in this study, we calculated the electronic band gaps of them. h-VN monolayer lost its half-metallic nature after the interaction between MoS<sub>2</sub> and MoSe<sub>2</sub> . However h-VN placed on MoSSe janus over S atoms, it turns to metal, while h-VN placed on MoSSe over Se atoms, the system is half-metallic and the electronic band gap by spin down electrons is 1.28 eV.

Finally we investigated t-VN monolayer and a few layer t-VN. t-VN monolayer has 2 V and 2 N atoms in the unitcell and a little buckling parameter . The calculated lattice parameters were shown in Fig.4. It has no vdW space in two-layer and three-layer form as expected. It shows bulk form by increasing the number of layer. t-VN phase shows half-metallic nature as found in h-VN form. The electronic band gap decrease with the number of layer.

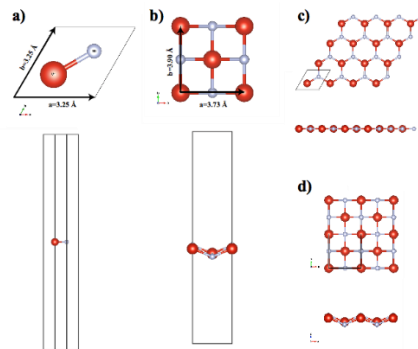


Figure 1: Top and side views of (a) h-VN unitcell, (b) t-VN, unitcell, (c) 4x4x1 supercell of h-VN, (d) 2x2x1 supercell of t-VN.

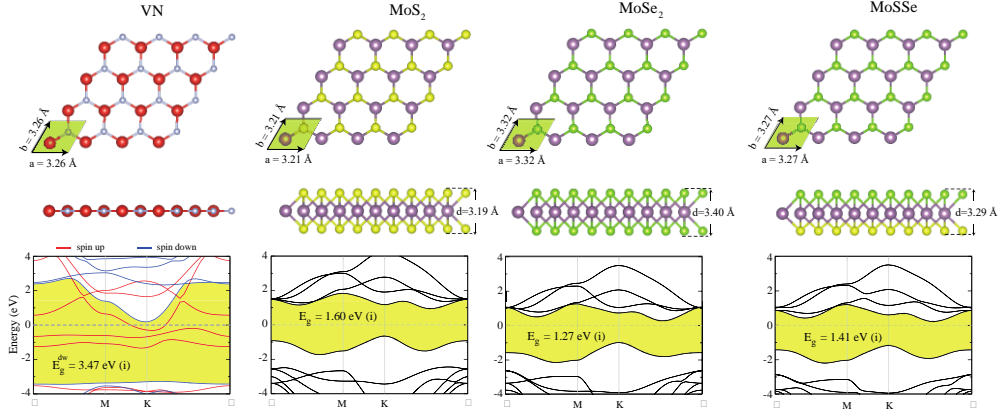


Figure 2: Top and side views of monolayers with their electronic band structures.

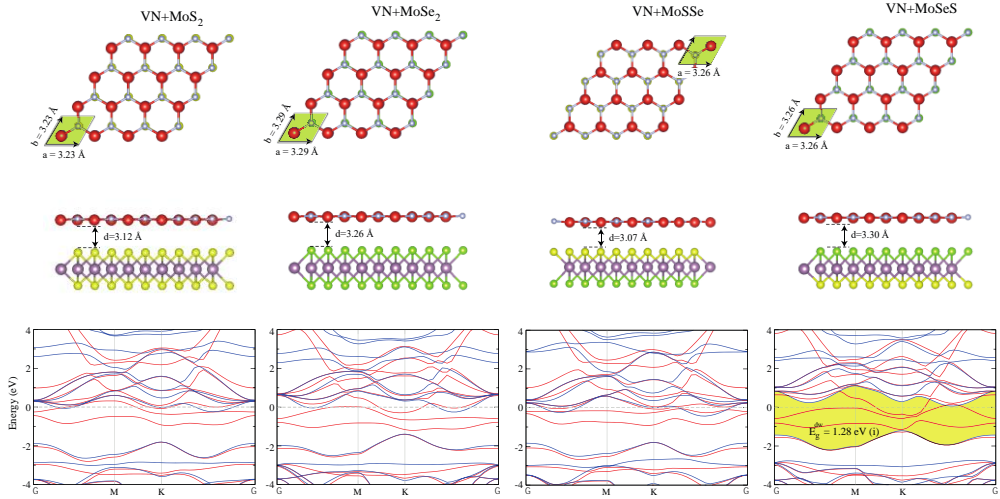


Figure 3: Top and side views of heterostructures with their electronic band structures.

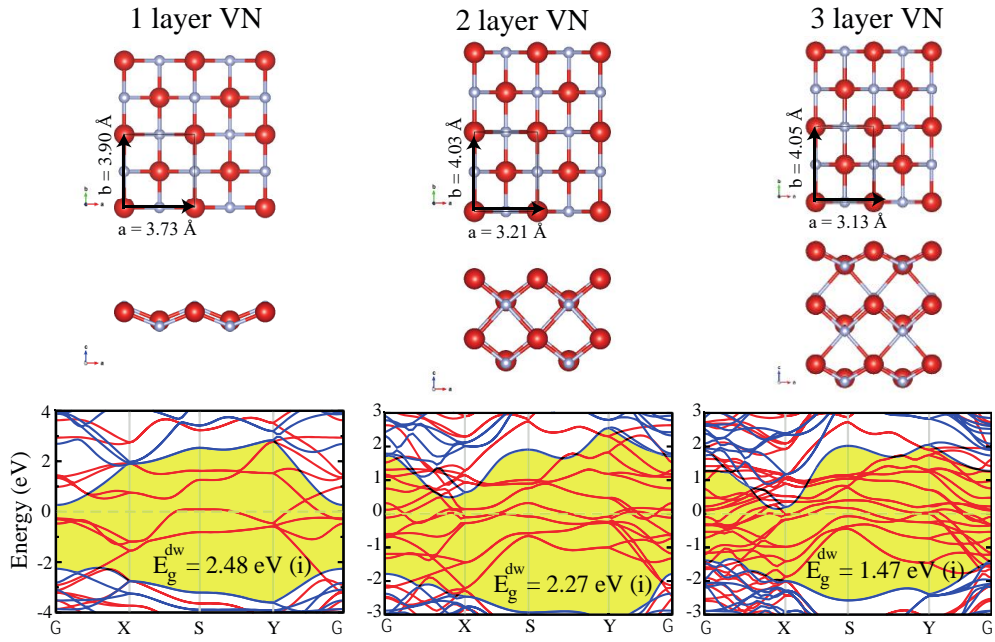


Figure 4: Single layer, two-layer and three-layer t-VN structure with their electronic band structures.

**References:**

- A. K. Geim and K. S. Novoselov *Nat. Mater.*, 6, 183, (2005)
- A. Splendiani, L. Sun, Y. B. Zhang, T. S. Li, J. Kim, C. Y. Chim, G. Galli, F. Wang, *NanoLett.* 10, 1271 (2010)
- B. Radisavljevic, A. Radenovic, J. Brivio, V. Giacometti, A. Kis, *Nat. Nanotech.* 6, 147 (2011)
- F. Schwierz, Graphene transistors *Nat. Nanotechnol.* 5, 487, (2010)
- H. J. Monkhorst, J. D. Pack, *Phys. Rev. B* 13, 5188, (1976)
- K. K. Kim, A. Hsu, X. Jia, S. M. Kim, Y. Shi, M. Hofmann, D. Nezich, J. F. Rodriguez-Nieva, M. Dresselhaus, T. Palacios, J. Kong, *NanoLett.* 12, 161 (2012)
- K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A. A. Firsov, *Science*, 306, 666 (2004)
- L. Li, Y. Yu, G. J. Ye, Q. Ge, X. Ou, H. Wu, D. Feng, X. H. Chen, Y. Zhang, *Nat. Nanotech.* 9, 372 (2014)
- L. Zhang, P. Bampoulis, A. N. Rudenko, Q. Yao, A. Van Houselt, B. Poelsema, M. I. Katsnelson, H. J. W. Zandvliet, *Phys. Rev. Lett.* 116, 256804 (2016)
- S. Bae, H. Kim, Y. Lee, X. Xu, J-S. Park, Y. Zheng, J. Balakrishnan, T. Lei, H. R. Kim, Y. I. Song, Y-J. Kim, K. S. Kim, B. Özyilmaz, J-H. Ahn, B. H. Hong, S. Iijima, *Nature Nanotech* 5, 574 (2010)
- T. C. Berkelbach, M. S. Hybertsen, D. R. Reichman, *Phys. Rev. B* 88, 045318, (2013).
- W. Auwärter, H. U. Suter, H. Sachdev, T. Greber, *Chem. Mater.* 16,343 (2004)
- Y. Yu, C. Li, Y. Liu, L. Su, Y. Zhang, L. Cao, *Sci. Rep.* 3, 1866 (2013)



# KENTSEL BOŞLUKLARIN TASARLANMASINDA KENT ARKEOLOJİSİNİN ÖNEMİ

**Arş. Gör. Elif Ceren TAY**

Yıldız Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Yasemen SAY ÖZER**

Yıldız Teknik Üniversitesi

**ÖZET:** Tarih boyunca yerleşik yaşamın sürdüğü kentler, farklı uygarlıkların sosyal ve kültürel değerleriyle şekillenmişlerdir. Bu süreçte her uygarlık, kendi mimari değeriyle ve bulunduğu dönemin yapım teknolojisiyle bir takım izler bırakmıştır. Bir kentte farklı dönemlere ait kalıntı ve izlerin yatayda ve düşeyde veya farklı açılarda dizilmesi kente çok katmanlılık değeri katar. Çok katmanlı kentlerde farklı kültürlere ait izler mevcuttur. Kültürel izler, kentsel kimliğin oluşmasında ve gelecek kuşaklara aktarılmasında önemli rol oynar. Meydanlar, parklar, sokaklar gibi kentsel açıklıklar, kent içerisinde yer alan boşluklardır. Kentsel boşluklar, toplumların kültürel değerleriyle inşa edilir. Çok katmanlı yerleşimlerde farklı toplumlara ait kalıntılar ve izler, kentsel boşlukların fiziksel yapısının oluşumunda etkilidir. Çalışma, kentsel boşluklarda bulunan tarihsel katmanların kentli tarafından algılanabilmesi ve gelecek kuşaklara aktarılabilmesi için kentsel tasarım unsuru olarak değerlendirilmeleri gerektiğini vurgular. Bu amaçla, kent arkeolojisi bir yöntem olarak önerilmiştir. Kent arkeolojisinin amacı, kentin tarihsel sürekliliğiyle ilgili değerleri koruyarak kentsel tasarımın bir parçası olarak değerlendirmek, günümüz yerleşimi ile bir araya getirmek ve birlikte ele almaktır. Çalışma dahilinde elde edilen bulgulara göre kentsel boşluklarda yer alan kültürel katmanların korunarak ve en az müdahale ile kentsel tasarıma dahil edilmesi, bu buluntuların yerinde sergilenmesi ve kentsel tasarım alanı içerisinde yer alan bütün katmanların eşit önemle değerlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel açık alan, Kent arkeolojisi, Kentsel tasarım,

## **The Importance of Urban Archeology in the Design of Urban Spaces**

**ABSTRACT:** The cities, which the settled life continues, have been shaped by the social and cultural values of different civilizations. In this process, each civilization has left some traces with its architectural value and the construction technology of its period. Arranging the remains and trace of different period in city as a horizontally and vertically or at different angles adds multi-layered value to the city. There are traces of different cultures in multi-layered cities Cultural traces play an important role in the formation of urban identity and transferring it to future generations. Urban spaces such as squares, parks and streets are the spaces in the city. Urban spaces are built with the cultural values of societies. Remains and traces of different communities in multi-layered settlements are effective in the formation of the physical structure of urban spaces. The study emphasizes that the historical layers in the urban spaces should be evaluated as urban design elements in order to be perceived by the urban and transferred to the next generations. For this purpose, urban archeology has been proposed as a method. The aim of urban archeology is to protect the values which related to the historical continuity of the city, to evaluate it as a part of urban design, to combine it with today's settlement and to take it together. According to the findings obtained in the study, it was concluded that the cultural layers in the urban spaces should be included in urban design with the least intervention, and these findings should be exhibited on the spot and all layers in the urban design area should be evaluated equally.

**Key Words :** Urban public space, Urban archeology, Urban design

### **1.GİRİŞ**

Kentsel açık alanlar, insanların birbirleriyle ve çevredeki nesnelere ilişki kurmak üzere buldukları yerlerdir (Krampen, 1979). Kentliler, sosyal ve kültürel gereksinimlerini kentsel açık alanlarda karşılar. Bu alanlar, günlük kent yaşamının şekillendiği, kentlinin ortak kullanım alanlarıdır. Kentsel açık alanlar, aynı zaman içerisinde, çok farklı gruplarca, birden fazla işlevle etkin olarak kullanılabilirlerdir (Giritlioğlu, 1991). Dolayısıyla çok yönlü ve çok boyutlu alanlardır. Tarih boyunca, kentsel açık alanlar buluşma, görüşme, hareket etme, gösteri alanı, pazar alanı, bayram, siyaset, kültür ve ticaret mekanı gibi işlevlerde toplum tarafından kullanılmışlardır.

**Resim 1a., 1b.** Orta Çağ Meydanı Piazza del Compao, Sierra (URL1) , (URL2)



Kent dokuları, doluluk ve boşluklarla ifade edilirler. Kentsel açık mekânlar, kent dokusu içinde dolulukların dışında kalan sokak, cadde gibi doğrusal ve meydan, park gibi noktasal boşluklardır (Kürkçüoğlu, Ocakçı, 2015). Tantan ise, kentsel açık alanları yapılanmış alanlar arasında kalan işlevsel boşluklar olarak tanımlar (Tantan, 1996). Meydanlar, parklar ve kent aksları kentsel açık alanlara örnek verilebilir.

“Kentsel tasarım” kavramı, kentsel açık alanların en iyi şekilde kullanılması için bir düzenleme ve yönlendirme aracı olan ortaya konulmuştur (Boduroğlu, 2001). Kaplan vd.’ne göre kentsel tasarım, “Kentsel mekânda fiziksel, sosyo-kültürel ve sosyo-ekonomik bağlamlarda çok boyutlu, kentsel detay irdeleme ve çözümlenmelerini içeren ayrıntılı bir düzenleme yöntemidir.” (Kaplan, Bayraktar, Tekel, Çalgüner, & Yalçın, 2003). Bartholomew ise kentsel tasarımı belli bir binanın ya da bir parçanın ayrıntılı olarak tasarımından önce, insan yapısı çevrenin genel düzeyde, büyük parçalarının tasarlanması sanatı olarak tanımlamıştır (Bartholomew, 1980). Kentsel tasarım, fiziksel düzenlemelerin yanısıra sosyal, kültürel, estetik ve toplumsal bileşenlerin tasarlanmasını da kapsamaktadır. Bu sebeple kentsel tasarım, çok disiplinli bir tasarım alanıdır. Çalışmada kentsel açık alanların içlerinde bulunan ve kentin tarihine ait olan bir takım kalıntı ve izler bu alanlara anlam katan öğeler olarak ele alınmış, ve bu öğeleri içeren kentsel açık alanların tasarlanmasında kent arkeolojisi bir yöntem olarak önerilmiştir.

**Resim 1c. , 1d.** Kentsel tasarım alanı olarak Braynt Park (URL 3), Sundance Square( URL4)



## 2.KENT ARKEOLOJİSİ KAVRAMI

Sommella (1984), kent arkeolojisini kentin bütün tarihiyle ilgilenen ve kentle ilişkili bir kavram olarak tanımlamıştır (Boylu, 1994). 1999 tarihli Avrupa Konseyi raporunda ise, kent arkeolojisi, kentlerin arkeolojilerinin anlaşılmasını, kentsel alanlardaki gelişmelerin arkeolojik potansiyeli tahrip etmesinin önlenmesini ve arkeolojik değerlerin güncel yaşamla bütünleşmesini amaçlayan bir alan olarak tanımlanmıştır (Leech, 1999). Ülkemizde kent arkeolojisine dair öncü çalışmaları gerçekleştiren Altınöz, kavramı kentin geçmişi ile geleceği arasında bağlantı kurmak ve tarihsel sürekliliğini sürdürmek amacıyla yatay ve düşey gelişimini, bütün dönemleri ve bu dönemlerin bir araya gelişleriyle birlikte araştırmak anlamak ve değerlendirmek olarak nitelendirmiştir (Altınöz, 2018). Gökçay (2009), kentsel arkeolojiyi çok katmanlı kentin geçmişi ile bugününü çeşitli yöntemlerle araştırıp belgelemek, kentliye bu bilgileri iletmek olarak tanımlamıştır (Gökçay, 2009). Tuna (2003), kent arkeolojisinin yalnızca arkeolojik sondaj raporlarından elde edilen veriler ile kazı sonuçlarının değerlendirilmesi olmadığını, kentin fiziksel, sosyal ve ekonomik kısacası kent ile ilgili tüm bilgileri tekrar yorumlanması süreci olduğunu belirtmiştir (Tuna, İstanbul Suriçi'nde Kentsel Arkeolojik Kültür Mirası, 2003). Avrupa İyi Uygulama Kodu'na göre kent arkeolojisi kent merkezlerinde, kentin geçmişini anlamak için arkeolojik yöntemlerle yapılan çalışmalardır. Bu sebeple kent arkeolojisi arkeolojinin alt başlığı olan farklı bir disiplindir (Council of Europe, 2000). Kent arkeolojisi, kentin tarihsel sürekliliğiyle ilgili değerleri koruyarak, onları kent planlamasının bir parçası olarak değerlendirmeyi, günümüz yerleşimi ile bir araya getirmeyi ve birlikte ele almayı amaçlar. Kentteki arkeolojik değerlerin ortaya çıkmasıyla görünen tarihi çevrelerin literatüre dayandırılarak bütünsel olarak korunması, değerlendirilmesi ve kent ve kentliyle sunulması çalışmalarını kapsar. Kent ve kentliyi ele alır.

II. Dünya Savaşı'nın ardından, tahrip olan Avrupa kentlerinin yeniden onarımı sırasında kentlerin eski dönemlerine ait katmanlar ortaya çıkmış ve savaş sonrasında Avrupa Devletleri arasında kurulan Avrupa Konseyi gibi kurumlar aracılığıyla ortak Avrupa mirası gibi söylemler ortaya çıkmıştır. Bu gelişmelerin devamında kent arkeolojisi, 1960 ve 70'li yıllarda bir disiplin olarak konuşulmaya başlanmış, Avrupa ülkelerinde uygulama alanı bulmuştur. 1980'li yıllarda ise kent arkeolojisi çalışmaları daha sistemli bir şekilde gerçekleşerek, yeni arkeolojik araştırma teknikleri gelişmiştir. Ancak buna rağmen yer altında olan potansiyel arkeolojik alanlar tahrip olmuştur. 1990'lı yıllarda tarihi çevrenin korunması önemli bir gündem haline gelmiş, tarihi çevrelerin kentle bütünleşmesi, sunumu ve yorumlanması kavramları ortaya çıkmıştır. Bu dönemde kentsel gelişme planlamalarında koruma hedefleri ele alınmıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde ise kentsel katmanlar sistemli ve bilimsel veri tabanlarına işlenmeye başlanmıştır. Böylece arkeolojik alanların planlanması belirli ölçütlere ve bilimsel verilere dayandırılmıştır. Coğrafi bilgi sistemi ve kentsel gelişim haritaları bu çalışmalara örnek verilebilir. Ayrıca bu dönemde disiplinler arasındaki keskin sınırlar yumuşamış, kent arkeolojisi çalışmaları disiplinler arası yürütülmeye başlanmıştır.

### **3. ULAŞILABİLİRLİK PROJELERİ: TOPRAK ALTINDAKİ KENTSEL ARKEOLOJİK KALINTILARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR KORUNMASI VE GELİŞTİRİLMESİ**

I. ve II. Dünya Savaşları'nın ardından, kültür varlıklarının korunması için çeşitli örgütler kurulmuş, konferanslar düzenlenmiş, çeşitli tüzük ve tavsiyeler yayınlanmıştır. Ulaşılabilirlik Projeleri: Toprak Altındaki Kentsel Arkeolojik Kalıntıların Sürdürülebilir Korunması ve Geliştirilmesi (Accessibility Projects: Sustainable Preservation and Enhancement of Urban Subsoil Archaeological Remains) 2003-2005 yılları arasında ICOMOS'un katkılarıyla gerçekleştirilmiştir. Programın amacı kent içerisindeki arkeolojik alanların kent ile uyum içerisinde bütünleşmesini amaçlamaktadır (ICOMOS, 2003-2005). APPEAR Projesi'nde, kentsel arkeolojik alanlarda yapılacak tasarımlarda izlenmesi gereken başlıklar belirlenmiştir. Bu çalışmalar, alanın değerinin ve arkeolojik potansiyelinin belirlenmesi, kalıntıların niteliğinin tanımlanması, kalıntıların bozulmasına neden olan faktörlerin ve korunmuşluk durumunun tespiti, yatırım maliyetinin ve potansiyel finansmanın hesaplanması, fizibilite çalışmalarının yapılması, potansiyel kullanıcıların ve paydaşların belirlenmesi şeklinde sıralanabilir (ICOMOS, 2003-2005). APPEAR Projesi, arkeolojik kent merkezlerinde yapılacak müdahalelere yönelik bir rehberdir. Bu rehberde tarihi kent merkezlerinin değerlendirilmesi altı ana başlıktan oluşmaktadır. Başlıklar; Arkeolojik Alanın Sunumu ve Yorumlanması (1), Arkeolojik Alanlarda Düzenleme ve Yönetim (2),

Arkeolojik Alanlarda Ekonomik ve Sosyo-kültürel Etki (3), Arkeolojik Alanlarda Mimari ve Kentle Bütünleşme (4), Arkeolojik Alanlarda Koruma ve Restorasyon (5) ve Kentsel Arkeoloji (6) şeklinde sıralanır.

#### 4.KENTSEL AÇIK ALANLARDA YER ALAN ARKEOLOJİK ALAN ÖRNEKLERİ

Çalışma kapsamında 6 adet örnek incelenmiştir. Kentsel açık alanlarda yer alan arkeolojik örnekler seçilirken, kent arkeolojisi kavramının ortaya çıktığı ve olgunlaştığı Avrupa kıtasından olmalarına önem verilmiştir. Seçilen örneklerin ortak yanı tümünün meydan, park, kentsel açıklık gibi kamusal kullanımı olan kentsel açık alanlarda yer almasıdır. Örnekler, günümüzde de yaşamın yoğun bir şekilde devam ettiği tarihi kent merkezlerinde bulunmaktadır. Örneklerde, kentin farklı dönemlerine ait kalıntılar kentliye sunulmaktadır. Seçilen örnekler, kent arkeolojisine dair uygulamalar Ulaşılabilirlik Projeleri: Toprak Altındaki Kentsel Arkeolojik Kalıntıların Sürdürülebilir Korunması ve Geliştirilmesi'nde belirlenen başlıklara göre sınıflandırılmıştır.

**Resim 4a.** Seçilen örneklerin haritadaki konumları (Yazar tarafından hazırlanmıştır)



**Tablo 1.** Seçilen örneklerin haritadaki konumları sırasıyla isimleri (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

1	Metropol Parasol/İspanya, Sevilla
2	Museum Of The Roman Theater Of Cartagena /İspanya, Cartagena
3	Archäologischer Pavillon / Almanya/ Aachen/Elisagarten
4	Berliner Mauer, Berlin/Almanya
5	Petar Zoranic and Sime Budinic Plaza
6	Plovdiv Square, Filibe/Bulgaristan

#### 4.1.Metropol parasol

İspanya'nın Sevilla kentinde, bir Pazar yeri olarak kullanılan Plaza de la Encarnacion meydanı, Pazar yerinin yıkılmasıyla kent içerisinde bir boşluk haline gelmiştir. Daha sonra meydana Metropol Parasol'un inşa edilmesiyle meydan, yeniden kent yaşamına katılmıştır. Metropol Parasol içerisinde bulunan Roma yerleşimi kalıntılarının, koruma çatısı, şeffaf yüzeylerin oluşturulması, güneşten koruyan saçağın aynı zamanda üzerinde gezinilen bir kent balkonu olarak kullanılması ile kentle bütünleşmesi sağlanmıştır.

**Resim 4b., 4c., 4d.** Metropol Parasol konumu (URL5), Metropol Parasol görseller (Say Özer, Erişim tarihi: Mart 2019)



**Tablo 2.** Metropol Parasol künyesi (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

Özgün ve Güncel kullanım	Çok katmanlı yapı kompleksi/ Meydan, Pazar yeri Müze, Bar-Restoran, teras
Tasarımın Kullanılmaya Başlandığı Yıl	2011 yeni tasarım yılı
Alanı	Toplam 18.000 m <sup>2</sup> (5.000 m <sup>2</sup> kapalı alan, 13.000 m <sup>2</sup> açık alan)
Tasarım Ekibi	J. Mayer ve ekibi
Tasarım Finansörü	YAyuntamiento de Sevilla und SACYR
Tasarımın Elde Edilme Yöntemi	Mimari tasarım yarışması
Yerleşim Dönemleri	Roma Dönemi
Öne Çıkan APPEAR Başlığı	Mimari ve Kentle Bütünleşme (4), Sunum ve Yorumlama (1), Ekonomik ve Sosyo Kültürel Etki (3)

#### 4.2. Museum Of The Roman Theater Of Cartagena

İspanya’da bir liman yerleşimi olan Cartagena, 2000 yıllık tarihi boyunca Roma, Bizans ve Katalan yerleşimi olmuştur. 1988 yılında yapılan bir arkeolojik çalışmada M.Ö. 1. Yüzyıla tarihlenen Roma tiyatrosunun kalıntılarına ulaşılmıştır. 1999 yılında yeterli fon sağlandıktan sonra yetkililer, kentin yenilenmesi ve bir cazibe merkezi haline getirilmesi için , mimar Rafael Moneo ile anlaşır. Moneo ve ekibi, tiyatro kalıntılarının ve yaklaşık 1000 sene sonra yapılan katedralin bir müze kapsamında sergileyerek kentle bütünleşmesini sağlar. Müzenin tanıtım merkezi, kentin önemli bir meydanında, mevcut bir yapı yeniden düzenlenerek tasarlanır.

**Resim 4e., 4f., 4g.** Museum Of The Roman Theater Of Cartagena konumu (URL5), Museum Of The Roman Theater Of Cart görseller (Say Özer, Erişim tarihi: Mart 2019)



**Tablo 3.** Museum of the Roman Theater of Cartagene (Yazar tarafından, Say Özer'in ders notları kullanılarak hazırlanmıştır.)

Özgün ve Güncel Kullanım	Roma tiyatrosu, katedral/ Müze, meydan
Tasarımın Kullanılmaya Başlandığı Yıl	2008 Müze tasarımı
Alanı	Bulunamadı
Tasarım Ekibi	Rafael Moneo ve ekibi
Tasarım Finansörü	Cartagena Puerto de Culturas, 977,719 € bütçe
Tasarımın Elde Edilme Yöntemi	Mimarlık mühendislik ofisi
Yerleşim Dönemleri	M.Ö. 1. Yüzyıl tiyatro yapısı, 1939 eski katedral bombalanır, 1988 katedral ve çevresinde onarım ve temizleme çalışması
Öne Çıkan APPEAR Başlığı	Arkeolojik Alanlarda Mimari ve Kentle Bütünleşme (4), Arkeolojik Alanlarda Düzenleme ve Yönetim (2)

### 4.3. Archäologischer Pavillon

Almanya'nın Aachen kentinde bulunan bir kent parkı olan Elisagarten'da kentin farklı dönemlerine ait bir takım kalıntılar bulunmuştur. Bu kalıntılar, Elisagarten parkı içinde koruma çatısı ve şeffaf yüzeyler oluşturularak kentliye sunulmuş ve aydınlatma elemanı olarak bir kentsel donatı haline getirilmiştir. Böylece kalıntılar kentsel tasarım ögesi olarak kullanılmaktadır

**Resim 4h., 4i., 4j.** Archäologischer Pavillon konumu (URL5), Archäologischer Pavillon görseller (URL7)



**Tablo 4.** Archäologischer Pavillon (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

Özgün ve Güncel Kullanım	Çok katmanlı yapı kompleksi /Pavyon-kent parkı aydınlatma elemanı
Tasarımın Kullanılmaya Başlandığı Yıl	2013
Alanı	160 m <sup>2</sup>
Tasarım Ekibi	Kadawittfeld Mimarlık Ofisi
Tasarım Finansörü	Aachen kenti ile DSA Firması
Tasarımın Elde Edilme Yöntemi	Mimari tasarım yarışması
Yerleşim Dönemleri	M.Ö.4700 ilk yerleşim tarihi, M.S. 910-1500 Orta Çağ yerleşimi, 2009 Ulusal Mimari Proje Yarışması
Öne Çıkan APPEAR Başlığı	Arkeolojik Alanlarda Sunum ve Yorumlama (1)

#### 4.4. Berliner Mauer (Berlin Duvarı)

II. Dünya Savaşı'nın ardından 1961 yılında Doğu Almanya ile Batı Almanya'yı ayırmak amacıyla Almanya'nın Berlin kentinde bir duvar örülmüştür. Kent hafızasında acı hatıralarla yer eden duvar 1990 yılında yıkılmış ve iki kent birleşmiştir. Bu sebeple bir mimari tasarım yarışması düzenlenmiş ve uygulanan tasarımda Berlin duvarı kalıntı ve izleri, yapı sınırlarının zemin seviyesinde ve farklı malzemelerle algılatılması ile kent içinde sergilenmektedir. Ücretsiz gezilebilen ziyaretçi merkezi ile konuyla ilgili bilgilendirme sağlanılmaktadır

**Resim 4k., 4l., 4m.** Berlin Mauer konumu (URL5), Berlin Mauer Görseller (Say Özer, Erişim tarihi: Mart 2019)



**Tablo 5.** Berlin Mauer künyesi (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

Özgün ve Güncel Kullanım	Sınır duvarı/ Kentsel Anıt, Açık hava müzesi
Tasarımın Kullanılmaya Başlandığı Yıl	2014
Alanı	45.000m <sup>2</sup>
Tasarım Ekibi	Kohlhoff+Kohlhoff Mimarlık, Zerr/Haphe /Nieler Mimarlık, ON Architektur
Tasarım Finansörü	Berlin Senatosu ve Alman Federal Hükümeti
Tasarımın Elde Edilme Yöntemi	Mimari tasarım yarışması
Yerleşim Dönemleri	•1961 ilk yapım •1990 Duvarın fiziken yıkımına başlandı •1994 yılında Bernauer Strasse’de “Berlin Duvarı Anıtı” yarışması •1998 yılı tasarlanan anıtın ziyarete açılması •2006 yılında Bernauer Strasse, merkez olarak kabul edilmesi •2007 yılında Bernauer Strasse, için mimari yarışma düzenlenmesi •
Öne Çıkan APPEAR Başlığı	Arkeolojik Alanlarda Mimari ve Kentle Bütünleşme (4), Arkeolojik Alanlarda Sunum ve Yorumlama (1)

#### 4.5.Petar Zoranic and Sime Budinic Plaza

Hırvatistan’ın Zadar kentinde bulunan tarihi kent meydanında, Roma ve Orta Çağ dönemlerinden kalan mimari buluntular, tarihi ve mimari açıdan önem taşıyan yapılar ve Rönesans dönemine tarihlenen bir kalenin kalıntıları yer almaktadır. Meydanda yer alan bütün buluntular, yapı sınırlarının zemin seviyesinde algılatılmasıyla ve şeffaf döşemeler altında korunarak zemin kotu ile uyum içinde kentliye sunulmuştur.

**Resim 4n., 4o., 4p.** Petar Zoranic and Sime Budinic Plaza konumu (URL5), Petar Zoranic and Sime Budinic Plaza görseller (URL6)



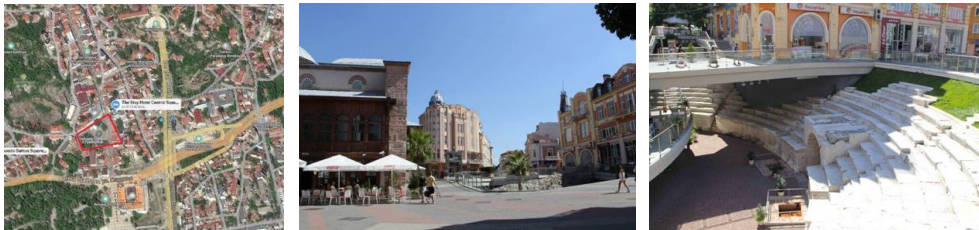
**Tablo 6.** Petar Zoranic and Sime Budinic Plaz Künyesi (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

Özgün ve Güncel Kullanım	Kentsel aks, şehir kapısı, Roma kulesi, Roma formu/mezdan, kentsel açık alan
Tasarımın Kullanılmaya Başlandığı Yıl	2013
Alanı	2.900 m <sup>2</sup>
Tasarım Ekibi	Kostrenćić-Krebel Arhitektı
Tasarım Finansörü	Zadar Belediye Meclisi (bütçe 79.000 €)
Tasarımın Elde Edilme Yöntemi	Mimari tasarım yarışması
Yerleşim Dönemleri	•Roma •Orta Çağ Dönemi
Öne Çıkan APPEAR Başlığı	Mimari ve Kentle Bütünleşme (4), Sunum ve Yorumlama (1)

#### 4.6. Plovdiv Square

Bulgaristan'ın tarihi kent merkezi Filibe'de yer alan meydan, Philippopolis Forumu kalıntıları ve Osmanlı Dönemine ait yapıları bünyesinde barındırmaktadır. Kentin tarihi dokusuna ait kalıntı, iz ve yapılar, düzenlenen mimari tasarım yarışması sonucunda, buldukları çevreyle bütünleşik olarak sunulmuştur.

**Resim 4r., 4s., 4t.** Plovdiv Square konumu (URL5), Plovdiv Square görseller (Say Özer, Mart 2019)



**Tablo 7.** Plovdiv Square Künyesi (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

Özgün ve Güncel Kullanım	Forum / meydan
Tasarımın Kullanılmaya Başlandığı Yıl	2014
Alanı	57.000m <sup>2</sup> açık alan
Tasarım Ekibi	FORA Mimarlık
Tasarım Finansörü	OneArchitectureWeek ile Plovdiv Belediyesi
Tasarımın Elde Edilme Yöntemi	Mimari tasarım yarışması
Yerleşim Dönemleri	•Roma, Bizans ve Osmanlı Dönemleri
Öne Çıkan APPEAR Başlığı	Arkeolojik Alanlarda Mimari ve Kentle Bütünleşme (4), Arkeolojik Alanlarda Ekonomik ve Sosyo Kültürel Etki (3)

## 5.SONUÇ

Çalışmada, kentsel açık alanlarla kentsel tasarım arasındaki ilişki ele alınmış, bünyesinde kentin farklı dönemlerine ait kalıntı ve izleri barındıran kentsel açıklıkların tasarım ölçütleri irdelenmiştir. Bu kapsamda kent arkeolojisi, tarihi kent merkezlerinde yer alan kentsel açık alanların değerlendirilmesinde bir yöntem olarak önerilmiş, çalışma dahilinde bir takım örnekler incelenmiştir. Örnekler seçilirken, kentsel arkeoloji kavramının ortaya çıktığı ve olgunlaştığı Avrupa kıtasından olmasına ve tarihi kent merkezlerinde yer almalarına önem verilmiştir. Kent arkeolojisi kavramı 1960'lı yıllarda ortaya çıkan ve günümüze kadar olan süreçte gelişen arkeolojiden farklı bir disiplindir. Seçilen örnekler, çok katmanlı kentler için bir tasarım rehberi olan APPEAR Projesi alt başlıklarına göre de değerlendirilmiştir. Kent arkeolojisi yöntemi, kent merkezlerinde bulunan kentsel açık alanların tasarlanması mimarinin kentle bütünleşmesini (APPEAR) beraberinde getirmektedir.

Örnekler ele alındığında, tarihi kent merkezlerinde bulunan kentsel açık alanların kent arkeolojisi yöntemiyle değerlendirilmesinde mimari tasarım yarışmalarının da önemli bir yer tuttuğu sonucuna ulaşılmıştır. Seçilen altı örnekten beş tanesi mimari tasarım yarışmasıyla elde edilmiştir. Kentin farklı dönemlerine ait katmanların eşit önemde kentliye sunulduğu ve korunduğu örneklerde mimari tasarım yarışmaları önerilen bir yöntemdir. Ek olarak bu alanların sunum ve yönetiminde yerel yönetimlerin ve finansörlerin ortaklaşa çalışması, kamunun söz sahibi olması ve tasarım ekibinin disiplinlerarası çalışması önemlidir.

Kentsel arkeolojik alanların, kentsel tasarım ürünü olarak değerlendirilmesinde; envanter çalışmalarıyla desteklenmesi, kent planlama çalışmalarında yer alması, bu alanlara dair yapılacak çalışmaların disiplinlerarası olması, bu alanlara ait alınacak kararların yatırımcı, yerel yönetim ve kamunun ortaklaşa çalışmasıyla belirlenmesi sonucuna ulaşılmıştır.

### **KAYNAKLAR**

- Ahunbay, Z. (2016). *Tarihi Çevre Koruma Ve Restorasyon*. İstanbul: YEM Yayın.
- Altınöz, A. B. (2002). Koruma karar verme sürecine katkı olarak çok- katmanlı kentlerdeki tarihsel katmanlaşmanın değerlendirilmesi Bilimleri, coğrafi bilgi sistemlerini (CBS) temel alan bir yaklaşım. Uygulama örnekleme: Bergama. *Doktora Tezi*. ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Altınöz, A. G. (30 Kasım-2 Aralık 2018). Kentsel Arkeoloji Çalışmayı Sunumu. İstanbul.
- Aykaç, P. (2009). Kentsel Arkeolojik Alanlarda Tasarım Süreci. *Dosya Ankara Mimarlar Odası, no. 14.1*, 36-43.
- Bartholomew, R. (1980). Urban Design: Some Basic Questions. *Urban Design International 1 (2)*, 50-55.
- Belge, B. (2004). Çok Katmanlı Tarihi Kent Merkezlerinin Yönetimi: Kentsel Arkeoloji ve Planlama. *Planlama Dergisi, no. 4*, 48-56.
- Boduroğlu, Ş. (2001). Kentsel Dış Mekânların Aydınlatılmasının Kentsel Tasarım İlkeleri Açısından İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tez*. İstanbul: MSGSÜ, Fen Bilimler Enstitüsü.
- Boylu, A. (1994). Urban Archaeology “A Visionary Framework for Urban Archaeology in Turkey. *Unpublished Master’s Thesis*. Ankara: The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
- Erder, C. (2018). *Tarihi Çevre Algısı*. İstanbul: YEM Yayın.
- Council of Europe, (2000). Avrupa İyi Uygulama Kodu.
- Giritlioğlu. (1991). *Şehirselsel Mekan Ögeleri ve Tasarımı*. İstanbul: İ.T.Ü.

- Kaplan, H., Bayraktar, N., Tekel, A., Çalgüner, T., & Yalçın, Ö. (2003). Kentsel Tasarım Süreci ve Yönetimine İlişkin Bir Yöntem Denemesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(2), s. 1-15.
- Karabağ, N. E. (2008). Kent Arkeolojisi Metoduyla Çok Katmanlı Kentlerdeki Tarihsel Sürekliliğin Çözümüne Korunması (İzmir Örneği). *Doktora Tezi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kürkçüoğlu E., Ocakçı M., (2015). Kentsel Dokuda Mekânsal Yönelme Üzerine Bir Algı-Davranış Çalışması: Kadıköy Çarşı Bölgesi. *Megaron Dergisi*.
- Krampey M. (1979). *Meaning In The Urban Environment*. London: Pion Limited,.
- Leech, R. (1999). *Archaeology and town "Report on the situation of Urban Archaeology in Europe*. Strasbourg: Council of Europe.
- Lynch, K. (1960). *Kent İmgesi*. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Özer, Y. S. (Erişim Tarihi: 10.03.2020). MUSEUM of the ROMAN THEATER of CARTAGENA Ders Notları .
- Özer, Y. S. (Erişim tarihi: Mart 2019). Fotoğraf Arşivi.
- Taşçı, H. (2012). Kent Meydanı ile Kent Kimliği İlişkisi: Üsküdar Meydanı Örneği. , Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Taşçı, B., & Levi, E. A. (2016). Çok Katmanlı Yerleşimlerde Kalıntıların Sunumuna Dair Yaklaşımlar. *Mimarist* 5, 104-111.
- Tantan, B. (1996). Açık Mekan Kullanımı İle Kullanıcı İsteklerinin İrdelenmesi: Kuruluş Cemiltopuzlu Parkı Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tuna, N. (2000). Kentsel arkeoloji üzerine. *İdol Dergisi*, no.7, 7-13.
- Tuna, N. (2003). İstanbul Suriçi'nde Kentsel Arkeolojik Kültür Mirası. *İstanbul Dergisi*, no:46, 88-93.

### **İnternet Kaynakları:**

- URL1. (Erişim Tarihi: 10.03.2020). <https://www.pps.org/places/piazza-del-campo> adresinden alındı
- URL2. (Erişim Tarihi: 12.03.2020). <https://www.pps.org/places/columbia-road-flower-market> adresinden alındı
- URL3. (Erişim Tarihi: 09.03.2020). <https://www.pps.org/projects/bryantpark> adresinden alındı

- URL4. (Erişim Tarihi: 10.03.2020). <https://www.pps.org/projects/from-parking-lot-to-gathering-place-sundance-square-leads-as-a-model-for-programmable-public-space> adresinden alındı
- URL5. (Erişim Tarihi: 07.04.201). <https://www.google.com.tr/intl/tr/earth/> adresinden alındı
- URL6. (Erişim Tarihi: 06.04.2019). : // www . archdaily . com / 478606 / \newline-petar - zoranic - square - and - sime-budinic-plaza-kostrencic-krebel adresinden alındı
- URL7. (Erişim Tarihi: 08.04.2019). www . archdaily . com / 474262 / archaeologicalpavilionkadawittfeldarchitektur adresinden alındı
- URL8. (Erişim Tarihi: 08.11.2017)ICOMOS. (2003-2005). *The APPEAR Project*. <http://www.in-situ.be> adresinden alındı
- URL9. Gökçay, M. (Erişim Tarihi:14.12.2017). Gökçay M., İstanbul Kent Arkeolojisi, 2009. Available: [http : // mmetingokcay . blogspot . com / 2009 / 12 / istanbul - kent - arkeolojisi.html](http://mmetingokcay.blogspot.com/2009/12/istanbul-kent-arkeolojisi.html) adresinden alındı

# YAZILIM TANIMLI AĞLARDA PAKET GECİKMESİNİN ÖLÇÜMÜ İÇİN ETKİN BİR YÖNTEM

**Özgür TONKAL**

Gazi Üniversitesi

**Doç.Dr. Hüseyin POLAT**

Gazi Üniversitesi

**ÖZET:** Yazılım Tanımlı Ağ (Software-Defined Networks, SDN) son yıllarda ortaya çıkan yeni bir mimari yaklaşımdır. OpenFlow protokolü aracılığı ile farklı uygulama ve servislere (VoIP, Online Oyun, IPTV, video konferans, Yüksek çözünürlüklü video akışı vb.) yönelik özel yönlendirme algoritmalarının uygulanmasına izin vermektedir. SDN yaklaşımının geleneksel ağ çözümlerinin yerini alacağı öngörülmüş olsa da mevcut OpenFlow ağlarında hizmet kalitesi (QoS) politikalarını etkin bir şekilde uygulamak için gecikmeyi dinamik olarak ölçebilecek kural tanımı bulunmamaktadır. Bu çalışmada SDN QoS sorununu çözebilecek bir ölçme yöntemi kullanılmıştır. Denetleyici üzerine yazılan algoritma ile gecikme ölçümü yapılmıştır. Yapılan testlerde, %90 dan daha yüksek bir ölçüm doğruluğu elde edilmiştir. Bu yöntem ile özellikle gecikme süresinin önemli olduğu VoIP gibi uygulamalarda denetleyici, en iyi performansı verecek yol yönlendirmesini yapılabilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Yazılım Tanımlı Ağ (SDN); Hizmet Kalitesi(QoS); Gecikme Ölçümü.

## An Effective Method for Measuring Packet Latency in Software-Defined Networks

**ABSTRACT:** Software Defined Networks (SDN) is a new architectural approach that has emerged in recent years. OpenFlow protocol allows the implementation of special routing algorithms for different applications and services (VoIP, Online Gaming, IPTV, video conferencing, High definition video streaming etc.). Although the SDN approach is foreseen to replace traditional network solutions, existing OpenFlow networks do not have a rule definition that can dynamically measure latency to effectively implement QoS policies. In this study, we use a measurement method that can solve SDN QoS problem. In the tests performed, a measurement accuracy of more than 90% was obtained. With this method, especially in applications such as VoIP, where latency

is important, the controller will be able to direct the route that will give the best performance.

**Keywords:** Software Defined Network (SDN); Quality of Service (QoS); Latency Measurement.

## I. GİRİŞ

İnternet ağının her geçen kullanımını yaygınlaşmaktadır. Bu gelişime paralel olarak son kullanıcıya yönelik, internet altyapısını kullanan yeni uygulama ve servisler (VoIP, Online Oyun, IPTV, video konferans, Yüksek çözünürlüklü video akışı vb.) ortaya çıkmaktadır. Bu uygulama ve servisler kendilerine özgü akış yapılarına sahiptirler. Bununla birlikte başarılı bir aktarım için farklı ağ yapılandırma özelliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin, VoIP gibi uygulamalar ağ üzerindeki gecikmeye duyarlı iken video konferans gibi uygulamalar veri akışları için belirli bir bant genişliğine ihtiyaç duyarlar (Yang vd, 2016:61). Bu gereksinimleri sağlamak için kullanılan ağ üzerinde iyi bir Servis Kalitesi (QoS) yapılandırması tanımlanmış olmalıdır. Bununla birlikte değişken ağ trafiğindeki artışa ve kaynakların etkin kullanımına cevap verebilecek esnek ve dinamik yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Yazılım Tanımlı Ağ (Software-Defined Networks, SDN) son yıllarda ortaya çıkan yeni bir mimari yaklaşımdır. SDN, geleneksel ağ mimarisinden farklı olarak kontrol düzlemini veri düzleminde ayırarak merkezi bir denetleyici üzerinden ağın doğrudan programlanabilmesini sağlamaktadır. Kontrol düzlemi diğer bir deyişle ağın zekâsı, yüksek performanslı bir sunucuya taşınmakta ve ağın yönetimi merkezi bir denetleyici yazılımı üzerinden gerçekleştirilmektedir. Veri düzlemi ise OpenFlow protokolü destekli yönlendirici veya anahtarlayıcı üzerinde bırakılmakta ve sadece paketlerin iletiminden sorumlu olmaktadır. SDN mimarisinde kullanılan birçok protokol olmakla birlikte OpenFlow protokolü bunlar arasında en başarılı protokoldür (Open Network Foundation, 2018). SDN OpenFlow protokolü aracılığı ile veri akışını sağlamaktadır. Böylece büyük ve karmaşık ağlar; hızlı ve kolay bir şekilde yapılandırılabilir, dinamik bir yönetim mekanizmasına sahip olmuşlardır.

SDN mimarisinin sahip olduğu merkezi ve dinamik yönetim anlayışı, geleneksel ağlardaki QoS problemleri için yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

## II. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Literatürde SDN üzerinde dinamik QoS yönetimi konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin Görkemli vd. (2015) yatıkları çalışmada İnternet Protokolü

üzerinden ses (VoIP) ve görüntü hizmetinin yüksek kaliteli ve kesintisiz bir şekilde nasıl verilebileceğini incelemişlerdir. Son kullanıcılara garantili QoS sağlamak amacı ile trafik önceliklendirmesi ve bant genişliği sınırlandırması gibi uyarlanabilir yöntemler kullanmışlardır. Trafik yoğun ortamlarda testlerini gerçekleştirerek paket kayıplarını yüzde beşten fazla ve gecikme değerlerini yüzde elliden fazla düşürmüşlerdir.

Tomovic vd. (2014) çalışmalarında otomatik olarak öncelikli akışlar için bant genişliği garantisi sağlayan özgün bir model geliştirmişlerdir. Ağ üzerindeki trafik performansını arttırmak için standart en kısa yol yönlendirmesi yerine, kaynak kullanımını ile bilgileri kullanan yeni bir algoritma önermişlerdir. SDN ortamında yaptıkları testler sonucunda geliştirdikleri çözümün En Kısa Yol ve IntServ algoritmalarından daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

WilsonPrakash vd. (2019), SDN' de dinamik bir trafik yönetimi ve yük dengelemesi yapmak için bir test ortamı oluşturmuşlardır. Rastgele Planlama(Random Scheduling), Round Robin ve Ağırlıklı Round Robin(Weighted Round Robin) algoritmalarını kontrolcüye yükleyerek ağ trafiği üzerindeki performanslarını karşılaştırmışlardır. Ağırlıklı Round Robin (WRR) algoritmasının diğer algoritmalarla kıyaslandığında daha kısa tepki süresi ve daha iyi throughput değerlerine sahip olduğunu ortaya konulmuştur. Yahya vd. (2018) çalışmalarında uçtan uca ağ verimliliğini arttırmak için bağlantı kullanımına dayalı en iyi çoklu yolu kullanmak için bir yöntem önermektedir. Yöntem, kullanılabilir tüm yolları bulmak ve bağlantı kullanımına göre en iyi yolu seçmek için DFS (Derinlik İlk Arama) algoritmasını kullanmaktadır. Trafiği seçilen en iyi en iyi yollara dağıtmak için, OpenFlow anahtarlarının grup eylem özelliği kullanılmaktadır. Test sonucu, çok yollu yönlendirmenin kontrollü ve homojen bir ortamda tek yollu yönlendirmeden daha üstün olduğunu göstermektedir. Heterojen yol kapasitelerine sahip ortamlarda, verim önemli ölçüde farklı olmadığı gözlemlenmiştir. Bu yazıda sunulan çalışma; SDN ağlarında QoS yönetimi için önemli parametrelerden biri olan gecikme ölçümünü konu edinmektedir.

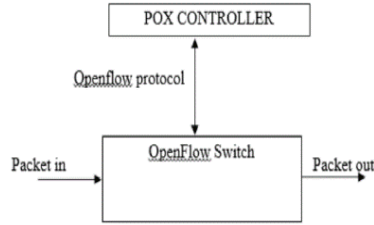
### III. ÖNERİLEN SİSTEM MİMARİSİ

#### A. Denetleyici

SDN ağlarında kontrol düzleminde denetleyici yer alır. Denetleyici ağın genel bir görünüşüne sahiptir ve ağdaki trafik akışını yönetmekten sorumludur. Anahtarlar gelen akışları denetleyiciye gönderir ve denetleyici daha önceden belirlenmiş kurallara uygun olarak ağ trafiğini yönlendirir. SDN ağlarında kullanılan anahtarlar, akış tablosu girişine bağlı olarak basit bir iletme aygıtı olarak çalışırlar.

POX; Python tabanlı, açık kaynak kodlu SDN kontrol cihazıdır. Yeni ağ uygulamalarına hızlı bir şekilde uyum sağlaması sebebi ile birçok araştırmacı çalışmalarında POX denetleyicisini kullanmaktadır. Mininet sanal makinesi ile önceden yüklenmiş olarak gelen POX kontrol cihazları ile OpenFlow cihazları; anahtarlara, yük dengeleyicisine ya da güvenlik duvarları cihazlarına dönüştürülebilmektedir. POX denetleyicisi Şekil 1’ de gösterildiği gibi anahtarlar ile OpenFlow protokolü aracılığı ile iletişim kurmaktadır.

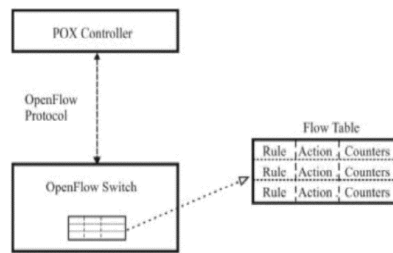
Şekil. 1. Kontrolcü-Anahtar İletisimi



### B. OpenFlow Anahtarı

OpenFlow Anahtarı, SDN ağlarında paketleri ileten bir yazılım ya da donanım aygıtı olabilmektedir. Ağ trafiğini iletirken OpenFlow protokolünü temel almaktadır. OpenFlow Anahtarı, paketleri iletmek için denetleyici tarafından verilen tüm kuralları içeren açık bir akış tablosu tutmaktadır. Şekil 2’ de gösterildiği gibi OpenFlow Anahtarı akış tablolarını içermektedir.

Şekil. 2. OpenFlow Anahtarı



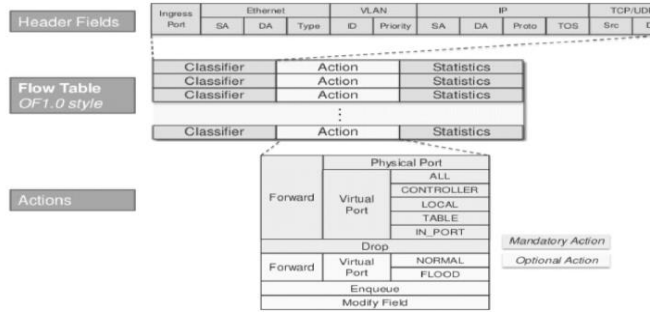
### C. OpenFlow Tablosu

OpenFlow tablosunda denetleyici tarafından verilen yönlendirme kuralları yer almaktadır. Denetleyicideki üzerindeki her kural, OpenFlow tablosundaki 2 veya daha fazla kural arasındaki uyumsuzlukların çözümüne yardımcı olan bir öncelik ala-

nına sahiptir. Tablodaki her kural, bir süre sonra otomatik olarak zaman aşımına uğrar veya denetleyici belirli bir kuralın kaldırılmasını açıkça emreder. Kurallar kaynak adrese, hedef adrese, port numarasına veya protokole dayalı olabilmektedir.

Şekil 3, Sınıflandırıcı alanın IP adresini içerdiği Açık Akış tablosundaki çeşitli alanları göstermektedir. Gelen paketleri sınıflandırmak için Port bilgisi ve Eylem alanı, her bir sınıflandırıcı için kontrol cihazı tarafından belirtilen yönlendirme kuralını içerir.

Şekil 3. OpenFlow Tablosu



#### D. Mininet Benzetim Aracı

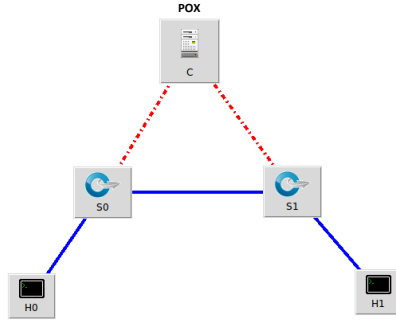
Mininet, Yazılım Tanımlı Ağ teknolojileri araştırmalarını desteklemek üzere tasarlanmıştır. Sanal düğümler oluşturmak için sanallaştırma teknolojisi olarak Linux ağ ad alanlarını kullanmaktadır. Tek bir işletim sisteminde binlerce sanal düğümü destekleyebilen Mininet, SDN denetleyicileri oluşturan araştırmacılar için en faydalı benzetim aracıdır. OpenFlow protokolünü tamamen desteklemesi, eşzamanlı kullanıcıların aynı anda çalışabilmesi, gerçek donanımlara (kontrolcü, SW, pc) bağlantı yapabilmesi, kablosuz mobil ağ uygulamalarını desteklemesi ve litetarürde yaygın kullanılması gibi özellikleri sebebiyle bu çalışmada ağ sanallaştırma ortamı olarak Mininet'in kullanılmıştır.

## IV. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR

Şekil 4' te görüldüğü topoloji bir POX denetleyici, 2 tane OpenFlow sanal anahtar (ovsk) ve 2 istemciden oluşmaktadır. Bütün anahtar ve istemci bilgisayarlara sabit ip numaraları verilmiştir. Bir istemci istek gönderdiğinde hedef IP akış tablosu aracılığı ile anahtarda kontrol edilir. Eğer hedef akış tablosunda tanımlı değil ise anahtar isteği denetleyiciye yönlendirir. Denetleyiciden aldığı bilgiye dayanarak hedef port aracılığı ile isteğe cevap verir. Bir dahaki sefere aynı hedef adrese sahip bir istek geldiğinde, doğrudan akış tablosu girişine dayalı olarak isteği doğrudan iletir.

Her akış tablosu girişi bir zaman aşımı süresine sahiptir. Denetleyici, programlanabilir kontrol mantığına dayalı tüm kararları alır ve bunları akış tablosuna kural olarak uygular, anahtarlarda bu kurallara uygun olarak paketleri yönlendirir.

Şekil .4. Uygulama Topolojisi



Bu çalışmada; Phemius, K. ve Bouet, M. (2013)' nin çalışmalarında ortaya koyduğu gecikme ölçüm metodu kullanılmıştır. Buna göre Şekil 5' de gösterildiği gibi C denetleyici, S0 ile S1 OpenFlow anahtarlar ve H0 ile H1' de terminallerdir. Senaryomuzda; ağdaki trafik akışının çeşitli nedenlerle değişmesi durumunda S0 ile S1 arasındaki gecikmede değişkenlik gösterecektir. Bu durumda denetleyici, gecikmeyi ölçmeli ve trafik akışının yönünü gerekirse S0-S1 yolu dışında başka bir yol üzerinden göndermelidir.

Gecikmeyi ölçmek için denetleyici S0 anahtarına gelen paketi S1 anahtarına göndermesini ve sonra tekrar kendisine geri göndermesini istemektedir. Böylece denetleyici formül (1) - (6) ile S0-S1 anahtarları arasındaki gecikmeyi tespit edebilmektedir.

$$T_{toplam} = T_3 + T_1 + T_3 \quad (1)$$

$$T_3 = T_{toplam} - T_1 - T_2 \quad (2)$$

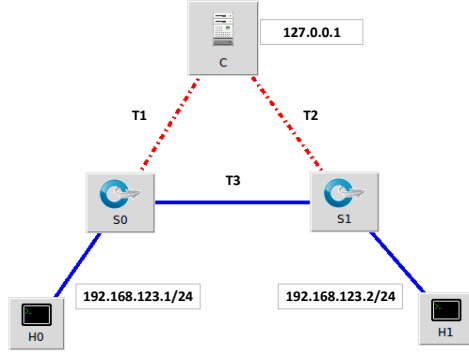
$$T_1 = 0.5 * (T_b - T_a) \quad (3)$$

$$T_2 = 0.5 * (T_b - T_a) \quad (4)$$

$$T_a = \text{"port_stats_request"} \text{ paketi iletim zamanı} \quad (5)$$

$$T_b = \text{"port_stats_received"} \text{ paketi iletim zamanı} \quad (6)$$

Şekil. 5. Uygulama Ayrıntılı Topoloji Gösterimi



Şekil 5’ de gösterilen topoloji mininet benzetim ortamında oluşturulmuştur. OpenFlow anahtarları istemci bilgisayarları birbirine bağlamaktadır. Denetleyici, OpenFlow anahtarlar üzerinde mutlak bir kontrol yetkisine sahip olup ağ trafiğini tek bir noktadan yönetmektedir. Yalnızca anahtarlar denetleyici ile iletişim kurabilmektedir.

İstemci bilgisayarlara sabit IP verilip, denetleyici sanal makine “localhost (127.0.0.1)” üzerine konumlandırılmıştır. Kontrolcü ile anahtarlar 127.0.0.1:6633 numaralı port üzerinden iletişim sağlamaktadırlar.

Gecikme ölçüm metodu, Python programlama dilini destekleyen POX denetleyicisi üzerine uygulanmıştır. Şekil 6’ da görüldüğü gibi S0-S2 anahtarları arasındaki yol üzerindeki gecikme, belirli aralıklarla (15sn) değiştirilmiş (10ms-50ms-200ms) ve bu değişikliklerin H0-H1 istemcileri arasındaki iletişim süresini nasıl değiştirdiği ping komutu yardımı ile gözlemlenmiştir.

Şekil. 6. Uygulama Çıktıları

```

mininet@mininet-vm:~/mytests$ sudo ./mymininet1.py
*** Scratch network demo (kernel datapath)
*** Creating nodes
*** Creating links
(100.00Mbit 1ms delay 0% loss) (100.00Mbit 1ms delay 0% loss) (100.00Mbit 1
delay 0% loss) (100.00Mbit 10ms delay 0% loss) (100.00Mbit 1ms delay 0% loss
100.00Mbit 1ms delay 0% loss) *** Configuring hosts
*** Starting network using Open vSwitch
s0-eth0
s0-eth1
s1-eth0
s1-eth1

*** Waiting for switch to connect to controller.
*** h0 : ('ping -i 1 -c 45 192.168.123.2,')
PING 192.168.123.2 (192.168.123.2) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=7 ttl=64 time=29.8 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=8 ttl=64 time=36.5 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=9 ttl=64 time=29.9 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=10 ttl=64 time=26.9 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=11 ttl=64 time=28.9 ms

64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=15 ttl=64 time=29.9 ms
-- s0 ('ethtool -K s0-eth1 gro off,')
-- s0 ('tc qdisc del dev s0-eth1 root,')
-- s0 ('tc qdisc add dev s0-eth1 root handle 10: netem delay 50ms,')
-- s1 ('ethtool -K s1-eth0 gro off,')
-- s1 ('tc qdisc del dev s1-eth0 root,')
-- s1 ('tc qdisc add dev s1-eth0 root handle 10: netem delay 50ms,')
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=17 ttl=64 time=111 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=18 ttl=64 time=108 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=19 ttl=64 time=109 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=20 ttl=64 time=107 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=21 ttl=64 time=108 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=22 ttl=64 time=110 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=23 ttl=64 time=108 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=24 ttl=64 time=108 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=25 ttl=64 time=109 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=26 ttl=64 time=115 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=27 ttl=64 time=108 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=28 ttl=64 time=108 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=29 ttl=64 time=108 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=30 ttl=64 time=109 ms
-- s0 ('ethtool -K s0-eth1 gro off,')
-- s0 ('tc qdisc del dev s0-eth1 root,')
-- s0 ('tc qdisc add dev s0-eth1 root handle 10: netem delay 200ms,')
-- s1 ('ethtool -K s1-eth0 gro off,')
-- s1 ('tc qdisc del dev s1-eth0 root,')
-- s1 ('tc qdisc add dev s1-eth0 root handle 10: netem delay 200ms,')
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=32 ttl=64 time=408 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=33 ttl=64 time=410 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=34 ttl=64 time=408 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=35 ttl=64 time=408 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=36 ttl=64 time=408 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=37 ttl=64 time=409 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=38 ttl=64 time=409 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=39 ttl=64 time=409 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=40 ttl=64 time=409 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=41 ttl=64 time=409 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=42 ttl=64 time=408 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=43 ttl=64 time=408 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=44 ttl=64 time=408 ms
64 bytes from 192.168.123.2: icmp req=45 ttl=64 time=408 ms
-- 192.168.123.2 ping statistics --
45 packets transmitted, 37 received, 17% packet loss, time 44058ms
rtt min/avg/max/ndev = 26.127/203.441/410.005/163.308 ms
*** Stopping network
mininet@mininet-vm:~/mytests$
    
```

Şekil 7’ de denetleyici üzerinde de anahtarlar üzerine gecikme ölçüm metodu uygulandıktan sonraki sonuçlar görülmektedir.

Şekil. 7. Uygulama Kontrolcü Çıktısı

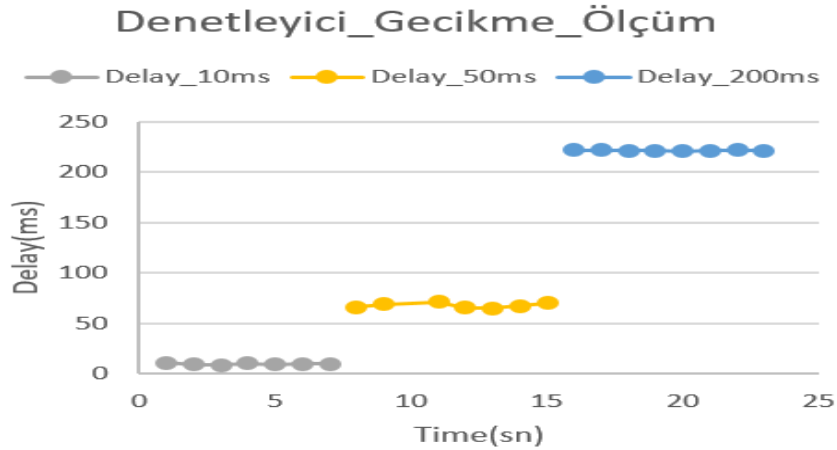
```

mininet@mininet-vm:~/pox/ext$ cd ..
mininet@mininet-vm:~/pox$ ./pox.py measure_delay
POX 0.1.0 (beta) / Copyright 2011-2013 James McCauley, et al.
start time: 1.38408400288e+12
INFO:core:POX 0.1.0 (beta) is up.
INFO:openflow_of_01:[00-00-00-00-01 1] connected
ConnectionUp: 00-00-00-00-00-01
INFO:openflow_of_01:[00-01-00-00-00-01 2] connected
ConnectionUp: 00-01-00-00-00-01
INFO:recoco:Task <Timer/tid4> scheduled multiple times
delay: 10.7114257812 ms
delay: 9.14892578125 ms
delay: 8.85288574219 ms
delay: 10.3378244141 ms
delay: 9.14904785156 ms
delay: 9.47253417969 ms
delay: 10.0002441406 ms
delay: 66.0543212891 ms
delay: 68.8538853516 ms
delay: 71.533203125 ms
delay: 65.3425292969 ms
delay: 65.1446533203 ms
delay: 67.4195556641 ms
delay: 68.1226806641 ms
delay: 70.2185059594 ms
delay: 221.955932617 ms
delay: 222.170410156 ms
delay: 221.516479492 ms
delay: 221.397338867 ms
delay: 221.052285156 ms
delay: 221.305419922 ms
delay: 221.792480469 ms
delay: 221.883129883 ms
INFO:openflow_of_01:[00-00-00-00-01 1] closed
ConnectionDown: 00-00-00-00-00-01
INFO:openflow_of_01:[00-01-00-00-00-01 2] closed
ConnectionDown: 00-01-00-00-00-01

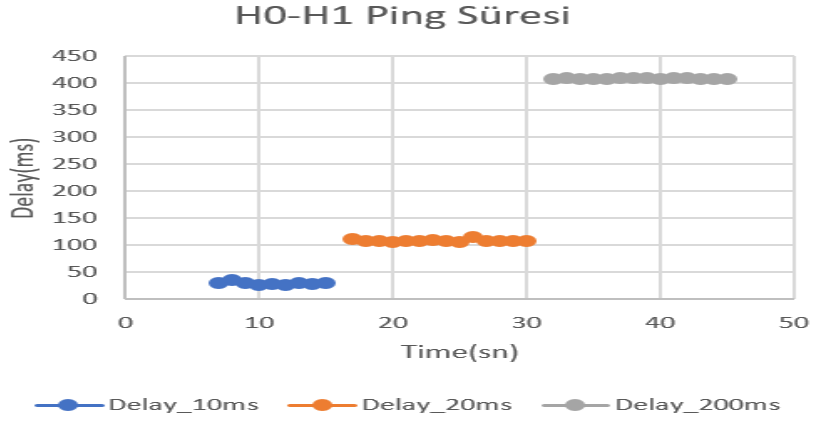
```

Şekil 8 ve Şekil 9’ da gecikme ölçüm değerleri verilmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre denetleyici üzerinde yapılan ölçüm sonuçları öngörülen gecikme değerlerine paralel sonuçlar vermiştir. %90 dan daha yüksek bir ölçüm doğruluğu elde edilmiştir.

Şekil. 8. Denetleyici Üzerindeki Gecikme Ölçüm Değerleri



Şekil. 9. H0-H1 Arası Gecikme Ölçüm Değerleri



## V. SONUÇ

Dinamik ve akıllı bir bir QoS yönetimi için farklı uygulamalara hızlı cevap verebilecek yeni yönetim modellerine ihtiyaç vardır. SDN'nin vaat ettiği merkezi ve dinamik yönetim anlayışı QoS uygulamaları için farklı bir bakış açısı getirmektedir.

Bu çalışma SDN QoS parametrelerinden biri olan gecikme ölçümünü konu edinmiştir. SDN topolojisi üzerinde iki anahtar üzerindeki yol için gecikme ölçümü yapılarak gerekli durumlarda ağın farklı yolları kullanması sağlanabilecektir. Ses ve görüntü iletim süresinin öneminin her geçen gün arttığı düşünülürse QoS uygulamalarının önemi daha iyi anlaşılacaktır.

Bu çalışma SDN ağlarında akıllı ve dinamik yönlendirme konusunda bir ön çalışma olarak kabul edilebilir. Bundan sonraki çalışmalarda gecikme hesabının daha karmaşık topolojilerde gerçek ağ trafiği ortamında yapılması planlanmaktadır. Yapılacak bu hesaba göre, denetleyiciye ağ trafiğini dinamik ve otonom olarak yönlendirme yeteneği kazandırılması planlanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Görkemli, B., Tatlıcioğlu, S., Kömürçüoğlu, M., Karaman, M. A., Karakaya, Ö., & Ulaş, A. (2015, May). Qos control and prioritization with SDN. In 2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 2613-2616). IEEE.
- OpenFlow Switch Specification v1.1.0. Available online: <http://archive.openflow.org/documents/openflowspec-v1.1.0.pdf>, (Mart 2018).
- Phemius, K., & Bouet, M. (2013, October). Monitoring latency with openflow. In Proceedings of the 9th International Conference on Network and Service Management (CNSM 2013) (pp. 122-125). IEEE.
- Tomovic, S., Prasad, N., & Radusinovic, I. (2014, November). SDN control framework for QoS provisioning. In 2014 22nd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR) (pp. 111-114). IEEE.
- WilsonPrakash, S., & Deepalakshmi, P. (2019, April). Artificial Neural Network Based Load Balancing On Software Defined Networking. In 2019 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS) (pp. 1-4). IEEE.
- Yahya, W., Basuki, A., Akbar, S. R., & Bhawiyuga, A. (2018, July). Improving End-to-End Network Throughput Using Multiple Best Paths Routing in Software Defined Networking. In 2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE) (pp. 187-191). IEEE.
- Yang, S. N., Ho, S. W., Lin, Y. B., & Gan, C. H. (2016). A multi-RAT bandwidth aggregation mechanism with software-defined networking. Journal of Network and Computer Applications, 61, 189-198.

# BİR GÖÇ TÜRÜ OLARAK 1923 TÜRK – YUNAN NÜFUS MÜBADELESİNİN KENTSEL MEKANA ETKİSİNİN İRDELENMESİ

Arş. Gör. Serhat ULUBAY

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Feride ÖNAL

İstanbul Gedik Üniversitesi

**ÖZET:** Türkçe'ye “değiş-tokuş” olarak çevrilen “Mübadele” kelimesi, 1923 yılında Türk ve Yunan hükümet yetkililerinin Anadolu'da yaşayan Hıristiyan Rumların Yunanistan'a, Yunanistan'da yaşayan Müslüman Türklerin Anadolu'ya karşılıklı olarak yerleştirilmesi üzerine uzlaşılacak bir anlaşmadır. Bu anlaşma, Lozan görüşmeleri esnasında yaşanan müzakereler sonucunda karşılıklı olarak kabul edilmiştir. 1923 yılına tarihlenen Türk – Yunan Nüfus Mübadelesi, boyutları itibarıyla dünya tarihinin en büyük ve kapsamlı nüfus değişimlerinden biri olması açısından önem taşımaktadır. Mübadele ile birlikte Anadolu ve Yunan Coğrafyası'nda 1.5 milyondan fazla nüfus yer değiştirmek zorunda kalmıştır. Sayısal boyutuyla bile dünya tarihinde önemli bir yere sahip olan mübadele sonucunda; her iki coğrafyada, kentsel ve mekansal değişim ve dönüşümler yaşanmıştır. Bu değişim ve dönüşümleri, Anadolu'dan göç eden bir topluluk üzerinden gözlemleyen Hirschon şu ifadeleri kullanmaktadır: “...Bu yerinden etme vakasından elli yıl sonra... Pire Limanı yakınlarına yerleştirilen insanların arasında yaşadım...günlük aktivitelere katıldım, fiziki, kültürel ve sosyal çevrelerini nasıl algıladıklarını içselleştirdim... Anadolu coğrafyasını ve geçmişte yaşadıkları anavatanı hayali bir biçimde yeniden yaratarak kendilerine tahsis eden fiziki yerleşim alanını anlamlı bir mekana dönüştürmüş olmaları çalışmanın en önemli unsurlarından biriydi... Şaşırtıcı şekilde, yerel özellikler önceki anavatanın bölgesel özelliklerini yansıtıyordu...” Aradan geçen 97 yıla rağmen, geldikleri yere ait yaşantılarını sürdürme biçimlerini hafızalarında canlı tutma nedenlerinin başında, mübadelenin gönüllü bir göç olmaması, insani ve toplumsal travmayı içerisinde barındırması yatmaktadır. Bu toplumsal travmada, unutmaya-alışma duygularının yerine, gelecek kuşaklara aktarmanın yolu seçilmiştir. Hatta bu toplumsal travma, sadece insani boyutla sınırlı kalmamış, mekanın örgütlenmesinde, toplumun işbölümünün kurulmasında, kentsel kimliğin ve kültürün şekillenmesine kadar kendini göstermiştir. Bu çalışma, 1923 Türk-Yunan Nüfus Mübadelesi'nin yarattığı mekansal değişim ve dönüşümün okunmasını amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Nüfus Mübadelesi, Mekan, Değişim, Dönüşüm.

### **Examining the Effect of 1923 Turkish - Greek Population Exchange as a Migration Type on Urban Space**

**ABSTRACT:** The word ‘‘Mübadele’’ which is translated into Turkish as ‘‘değiş-tokuş (which means exchange in English)’’ is an agreement made in 1923 between Turkish and Greek government officials regarding sending the Christian Greeks living in Anatolia to Greece and Muslim Turks living in Greece to Anatolia mutually. This agreement was mutually approved as a result of negotiations carried out during the Lausanne negotiations. The Turkish - Greek Population Exchange, dated to 1923, is important in terms of being one of the largest and most comprehensive population exchanges in the world history. More than 1.5 million people in the Anatolian and Greek Geography had to change places with the population exchange. As a result of the population exchange, which has an important place in the world history even with its numerical dimension, urban and spatial changes and transformations have occurred in both geographies. Hirschon who observed these changes and transformations through a community migrating from Anatolia, uses the following statements: ‘‘... Fifty years after this displacement case... I lived among people who were settled near the Port of Piraeus... I took part in daily activities, internalized how they perceive their physical, cultural and social environment. ... The fact that they turned the physical settlement area given to them into a meaningful space by recreating the Anatolian geography and the homeland they had lived in the past imaginarily was one of the most important elements of the study... Surprisingly, local features reflected the regional features of the previous homeland... ‘‘ Despite the 97 years that have passed, the main reason for keeping their way of living belonging to the place from which they came in their memories alive is due to the fact that the population exchange was not a voluntary immigration and that population exchange includes a humanitarian and social trauma in itself. In this social trauma, the way of transferring the past memories to the next generations has been chosen instead of forgetting and getting used to the new space. This social trauma was not only limited to the humanitarian dimension but also manifested itself in the organization of the space, the establishment of the division of society and the shaping of urban identity and culture. This study aims to examine the spatial changes and transformations that 1923 Turkish-Greek Population Exchange created.

**Key Words:** Population Exchange, Space, Change, Transformation.

## **1.BİR GÖÇ TÜRÜ OLARAK 1923 TÜRK –YUNAN NÜFUS MÜBADELESİ**

Genel anlamı itibariyle göç, çeşitli nedenlerden dolayı (doğal afetler, savaşlar, baskılar, hastalıklar vs.) insanların, yerleşik oldukları yaşam alanlarını terk ederek, başka coğrafyalara doğru yer değiştirme hareketi olarak tanımlanmaktadır. Tarih boyunca, bu durumun bireysel örneklerine rastlamak mümkün olduğu gibi, kitlesel olarak toplumun tamamını veya bir kesimini kapsayan boyutlarıyla da karşılaşmış olmamız olasıdır (Arı, 2017). Mübadele ise, göç türleri içerisinde, ayrı bir yere konumlanan tarihsel bir süreçtir. Mübadele, Anadolu topraklarında yaşayan Ortodoks Rumlar ile Yunanistan Coğrafyasında yaşayan Müslüman Türklerin karşılıklı olarak değişimi esasına dayanan, 1923 yılında Türkiye ve Yunanistan hükümet yetkililerinin üzerinde uzlaştığı uluslararası bir anlaşmadır. Yaşanan bu karşılıklı nüfus değişimi ile birlikte, Ege'nin her iki yakasında, 1.5 milyondan fazla insan yer değiştirmek zorunda kalmıştır (Arı, 2003), (Tevfik, 2014). Boyutları itibariyle dünyanın önemli yer değiştirme hareketlerinden biri sayılan 1923 Türk – Yunan Nüfus Mübadelesi'ni, diğer göç türlerinden ayıran özellikler ise; uluslararası anlaşmaya dayanan ilk nüfus değişimi olması, karşılıklı ve zorunlu oluşu, geri dönüş yolunun kapalı olmasıdır (Arı, 2017).

Bu büyük yer değişimi hareketi, hem Anadolu topraklarında, hem de Yunan Coğrafyası'nda köklü mekansal değişimlerin yaşanmasına yol açmıştır. Her iki coğrafyada yer alan kentlerde yaşanan değişim ve dönüşümler, uzun yıllar kendisini hissettirmiştir. Yaşanan göçün gönüllülük esasına dayalı olmaması ve zorunlu bir yer değiştirme eylemi olması, toplumsal bir travmayı beraberinde getirmiştir (Kurtuluş, 2011). Türkiye'den ayrılmak zorunda kalan Rumlar üzerine Özsoy'un söyledikleri trajedinin boyutunu gözler önüne sermektedir. Özsoy, zorunlu göçte tabi tutulan nüfusun bir bölümünün değil nereye gittiklerini, Yunanistan'ın adını dahi bilmediklerini ifade etmektedir (Özsoy, 2010). Bu durumun yarattığı hasar, uzun yıllar Anadolu ve Yunan Coğrafyası'nda göç edenlerin mekansal pratiklerinde karşımıza çıkmaktadır. Sonraki başlıklarda, Mübadelenin hem Türkiye, hem de Yunanistan kentlerinde yarattığı kentsel değişim ve dönüşümler ele alınacaktır.

**Resim 1a.** Yer Değiştirmek Zorunda Kalan Mübadillerin Nakli Esnasından Fotoğraflar (URL 1)



## 2.1923 TÜRK –YUNAN NÜFUS MÜBADELESİ’NİN TÜRKİYE’DE KENTSEL MEKANA ETKİLERİNE GENEL BAKIŞ

Bektaş’a göre; insan, içinde yaşam sürdürdüğü çevreyi kendisi yaratır. Yarattığı çevre de insanı etkiler, biçimlendirir ve insanı yeniden yaratır. Bu döngü yaşam boyunca kesintisiz devam eder. İnsan çevreyi biçimlendirir, çevre insanı dönüştürür (Bektaş, 2001). Mübadiller açısından ele alındığında; Bektaş’ın öne sürdüğü bu insan – çevre döngüsü, zorunlu yer değiştirme hareketi ile birlikte kesintiye uğramıştır. Bu kesinti, gidenler için ne kadar alışması zor bir durumu beraberinde getirdiyse, geride kalanların, kentsel mekanlara adapte olmaları ve doldurmaları açısından da o kadar zor olmuştur. Mübadele’nin yarattığı kentsel boşluğu Muğla kenti üzerinden inceleyen Kurtuluş, Türkes’ten alıntılar yaparak, Mübadele sonrası kentteki durumu şöyle anlatmaktadır: “*Muğla Rumlardan arındığı gün bomboş kalır. Uzunoluk değirmeni susar. Fırınların ateşi birden söner. Dülger ve yapıcı sıkıntısı başlar. Andon’un yıllarca yaktığı Saburhane Hamamı soğur. Anlaşılır ki Muğla sinai ve ticari hayatının ağırlığı Rumlarla birlikte gitmiştir.*” (Kurtuluş, 2011), (Türkes, 1973). Muğla kenti o kadar boşalmıştır ki, gidenlerin boşalttıkları konutlar nedeniyle, kentte elli yıl sonra bile yeni konuta ihtiyaç duyulmamaktadır (Kurtuluş, 2011).

Tıpkı Muğla’da olduğu gibi, Anadolu’nun bir çok kentinde de yaşanan bu büyük çaplı değişim kendini göstermektedir. İzmir’in savaş öncesi 250.000 olan nüfusunun 100.000’ini Rumlar oluşturmaktadır. 1937 yılına gelindiğinde ise, kentin nüfusu savaş öncesi nüfusun çok altında kalmış ve 170.000 olarak belgelenmiştir. Anadolu’nun diğer kentlerinde de benzer durumlar söz konusudur. Bursa, 120.000 gayrimüslim nüfusunu kaybederken, Samsun’un Mübadele sonrası nüfusu 45.000’den 28.000’e düşmüştür. Mübadeleden muaf tutulan İstanbul’da bile nüfus

1.000.000'dan 700.000'lere kadar inmiştir. İstanbul'da, 339.000 Rum'un kenti terk ettiği tahmin edilmektedir (Arnold, Bizziouras, 2016).

**Resim 2a., 2b.** Rumların Mübadele ile gidişiyile boş kalan Muğla kent merkezinde yer alan Saburhane yerleşimi (Arkitekt Dergisi, 1973)



Anadolu'nun dört bir yanında yaşanan bu büyük nüfus değişimleri, kentlerin sosyokültürel ve mekansal değişimler yaşamasını beraberinde getirmiştir. Yaşanan bu değişimlerin boyutlarını, kentlinin ortak ticari kullanım verileri ortaya koymaktadır. İzmir'de mübadele sonucu, 10.200 ev terk edilmiştir. 1915 yılı verilerine göre, 264 endüstri kuruluşunun, % 80.4'ü gayrimüslimlerin idaresi altında olan kentte (Gürsoy, 2016) ,1920'lere gelindiğinde 2000'den fazla dükkân, 79 adet fabrika, 2 hamam ve bir hastane terk edilmiş olarak bulunmaktadır (Arnold, Bizziouras, 2016). Kentten Rumların gidişiyile birlikte, tarım yapılan araziler boş kalmıştır. Komşu Aydın kentinde de durum benzer niteliktedir. Aydın'da Rumlardan geriye 2.7 milyon dönüm arazinin boş kaldığı görülmektedir (Kurtuluş, 2011).

**Resim 2c.** Mübadele öncesi İzmir (URL 2)



Giden Rumların kentlerde yarattığı sosyokültürel ve mekansal boşluk kadar, kentsel mekanı etkileyen diğer önemli unsur da, Yunanistan’dan Mübadele ile gelen Müslüman Türklerin mekana adaptasyonlarında yaşanmıştır. Mübadele İmar ve İskan Vekaleti, mübadeleyle Yunanistan’dan Türkiye’ye gelen nüfusu, ‘yeteneklerine ve mesleklerine göre’ iskan etme yöntemini tercih etmiştir. Fakat, göç etmek zorunda kaldıkları coğrafyalardaki koşullara benzer yerleşimler bulmak pek mümkün değildir. Örneğin Mudanya’da zeytincilik faaliyetinde bulunan Rumlar, Mübadele ile gönderilince, yerlerine Doğu Makedonya bölgesinden göçmenler yerleştirilmiştir. Fakat geldikleri yerlerde tütün işleri ile iştigal olan göçmenler, bu bölgedeki binlerce yıllık zeytin ağaçlarını kesip tütün üretmeyi denemişlerdir. Başarısızlıkla sonuçlanan bu eylem, hem mübadillere, hem de kente ekonomik ve çevresel zarar olarak geri dönmüştür. Kayseri civarına yerleştirilen göçmenlere ise ev ve atölye verilmiş, fakat tarımla uğraşan bu insanlar ekim yapacakları toprak bulamamışlardır (Arnold, Bizouiras, 2016). Yaşanan bu uyumsuzluk, kentsel mekanın tahribatı olarak uzun yıllar kendini göstermiştir.

Bir diğer sorun ise, yaşadıkları mekana adapte olamama duygusu olarak ortaya çıkmıştır. Yunanistan’dan Türkiye’ye zorunlu göçle gelen nüfus, devlet tarafından, birincil çözüm olarak, mübadeleyle giden Rumların boşalttıkları yerleşimlere yerleştirilmiştir. Fakat bir müddet sonra, bu yerleşimler, kültürel farklılıklar ve mekansal gündelik alışkanlıklar sebebiyle, gelenler tarafından terk edilmiştir. Bu yerleşimlerin bazıları, kent içerisinde metruk alanlar, bazıları ise terkedilmiş yerleşimler olarak günümüze kadar ulaşmıştır. Bu yerleşimlere Anadolu’nun bir çok bölgesinde rastlamak mümkündür. Fethiye’de ‘hayalet kent’ olarak bilinen Kayaköy yerleşimi terke uğrayan bu örneklerin başında gelmektedir.

**Resim 2d.** Terk edilmiş bir yerleşim; Fethiye – Kayaköy (URL 2)



### **3.1923 TÜRK –YUNAN NÜFUS MÜBADELESİ’NİN YUNANİSTAN’DA KENTSEL MEKANA ETKİLERİNE GENEL BAKIŞ**

1923 Türk – Yunan Nüfus Mübadelesi’nin etkileri, Ege’nin diğer yakasında farklı bir boyutta ortaya çıkmıştır. Türkiye’den giden Rum nüfusun sayısal fazlalığından ve kentin nitelikli iş gücünü temsil ettiklerinden dolayı oluşan ve kentsel boşluk olarak tariflenen durum, Yunanistan’da ‘yığılma’ olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü, mübadele sonrasında, Anadolu’dan Yunanistan’a göç eden nüfus, mevcut Yunanistan nüfusunun yaklaşık üçte birine karşılık gelmektedir. Bu durum kentlerde yoğun bir nüfus yığılmasına sebep olmuştur. Atina, Selanik, Kavala, Drama, Serez gibi büyük kentlerde, göçle gelen nüfus, yerli halkın sayısını geçmiş ve yerli halkı azınlık durumuna düşürmüştür (Gürsoy, 2016), (Yerolympoş, 2017). Göçle gelen kitlere ev sahipliği yapmak durumunda kalan bu kentlerin merkez bölgeleri, dev çadır yerleşimlere ve baraka yığınlarına dönüşmesine sebep olmuştur. Yaşadıkları coğrafyaları ve tüm kültürel değerleri ellerinden kayıp giden Rum göçmenler, geldikleri yeni vatanlarında, kıtlık, salgın hastalık ve barınma sorunu gibi bir çok hayati zorluklarla karşı karşıya kalmışlardır. Yunanistan’da yaşanan kriz, büyük boyutlara ulaştığı için, Yunan hükümeti, uluslararası destekler sayesinde bu sorunun üstesinden gelebilmiştir.

Yaşanan bu denli büyük nüfus yığılmasının, Yunan kentlerinin kentsel mekana etkisi oldukça büyük olmuştur. Özellikle büyük kentlerde, barınma sorununun yanı sıra kamu hizmetlerinin eksikliği de baş göstermiştir. Bazı şehirlerde kentin nüfusunun çok üzerinde göç alması, kentin tüm dinamiklerini etkilemiştir.

**Resim 3a.** Mübadele sonrasında Anadolu'dan gelen Rum nüfus, Yunan kentlerine yığılmış, kentleri adeta bir baraka-kentlere dönüştürmüştür (URL 4)



Yunan hükümetinin ilk etapta çözümü, Türk hükümetinin icraatlarıyla paralellik göstermektedir. Yunanistan'a mübadele ile gelen Rumlara tıpkı Türkiye'de olduğu gibi, göçle ayrılan Türklerin boşalttıkları mekanlar yerleşmeleri için verilmiştir. Verilen bu yerleşim alanlarının, yetmeyeceği anlaşılınca Yunan kentlerinde devlet tarafından göçmen yerleşimleri kurulmuştur. Yunanistan'ın dört bir yanında inşa edilen bu yerleşimler, Yunan kentlerinde kentsel mekanın değişiminin yolunu açmıştır (Colonas, 2007).

Fakat bir müddet sonra, tıpkı Türkiye'de mübadele ile gelenlerin mekanı terk etmelerine benzer tepkiler Yunanistan'da da kendisini göstermiştir. Rum göçmenler, kendilerine verilen yerleşimleri ve yeni göçmen mahallelerini değiştirme veya terk etme yoluna gitmişlerdir. Anadolu'da beraber yaşadıkları toplulukları yeniden bir araya toplamak ve kendi yaşam alanlarını üretmenin yolunu aramışlardır. Yunanistan'ın bir çok yerinde, Anadolu'dan gelen Rumların kendi kurdukları yerleşim alanları, büyük nüfus değişiminden kısa bir süre sonra ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu dönemde başlayan, bugün bile izlerine rastlayabileceğimiz, Anadolu kökenli Rum toplulukların yerleşimlerine rastlamak mümkündür. Trakyalılar, İzmirli, Kapadokyalılar ve diğer Anadolu kökenli Rum göçmenler, kurdukları yerleşimlerle kentsel mekanın şekillenmesinde başat rol oynamışlardır (Örnek, Nahya 2019).

**Resim 3b.** Mübadele sonrasında kendilerine verilen mekanları terk eden Anadolu Rumların kurdukları yerleşimlerden (S.Ulubay, 2019)



Tıpkı Türkiye’de olduğu gibi, Yunan hükümeti de meslek ve yeteneklerine göre göçmenleri yerleştirme politikası izlemeye çalışmıştır. Fakat bu çaba, Türkiye’dekine benzer bir akıbetle noktalanmış ve başarısız olmuştur. Göçmenler terk etmek zorunda kaldıkları coğrafyalara benzer yerleşimlerin arayışına girmişlerdir (Balta, 2015).

Yunan kent merkezlerinde rastlanan bir diğer sorun da Anadolu’dan mübadele ile gelen göçmenlerle, yerli halkın aralarında zaman zaman gerginlikler yaşanmasıdır. Yerli Yunan halkıyla, Mübadele ile gelen göçmenlerin kültürel farklılıkları bu ayrımı tetiklemiştir. Bu ayrışma ve çatışmalar da, mübadele ile gelen göçmenleri, yeni yerleşim arayışlarına itmiştir.

#### 4.SONUÇ YERİNE

1923 Türk – Yunan Nüfus Mübadelesi, yirminci yüzyılın en büyük ve en kapsamlı nüfus değişimlerinin başında gelmektedir. Yaşanan bu geniş çaplı nüfus değişimi hareketi, suyun her iki yakasında da köklü değişim ve dönüşümleri beraberinde getirmiştir. Bu çalışma, yaşanan nüfus değişiminin kentsel mekan üzerine etkisini ele almaya çalışmıştır.

Mübadele ile gelen nüfus, hem Türkiye’ye, hem de Yunanistan’a kendi yaşam pratiklerini de beraberinde getirmiş ve bu pratikleri yerleştikleri coğrafyalara taşıma gayreti içerisinde olmuşlardır. Yeni kurulan hayatlarla beraber, geride bıraktıkları coğrafyaları unutmak yerine, sıkı sıkıya zihinde tutmayı, belleklerine kazımayı ve

gelecek kuşaklara aktarma yolunu tercih etmişlerdir. Öyle ki, yeni topraklarda kendilerine verilen mekanları terk etmiş, bu hiç tanımadıkları coğrafyalarda, geride bırakmak zorunda kaldıkları yaşantılarına benzer yerleşimleri kurma yolunu denemişlerdir.

Aradan geçen yüz yıla yakın zaman dilimine rağmen, suyun her iki yakasında da, hala bu izlere rastlamak mümkündür. Bu durum, bize, mekan kurmanın bir formülünün olmadığını, mekan duygusunun insanla ve toplumsal olanla sıkı bir bağının olduğunun ispatı niteliğindedir. Daha ilginç olan ise, birinci kuşaktan başlayan bu bağın, sonraki kuşaklarda zayıflamak yerine daha da kuvvetlenerek artmasıdır. Mübadil torunları, büyüklerinin terk etmek zorunda kaldıkları mekanları, hiç görmeseler bile özlemle anmaları ve kendi yaşantılarının bir parçasına dönüştürmeleridir.

Bu durum bize, duyguların mekan yoluyla aktarımının kanıtı niteliğindedir.

#### **KAYNAKLAR**

- Arı, K. (2003), Büyük Mübadele Türkiye'ye Zorunlu Göç (1923-1925), Türk Tarih Vakfı Yayınları, 3. Baskı, İstanbul.
- Arı, K. (2017), Türk Roman ve Öyküsünde “Mübadele”, Atatürk ve Türkiye Cumhuriyeti Tarihi Dergisi, Sayı: I/1 (2017 Yaz), Sf. 5-28.
- Arkitek Dergisi (1973), Marmaris Kale Civarı Eski Yerleşme Dokusu, Arkitekt, Sayı: 350 (1973-02), Sf. 75-81
- Arnold, C.E., Bizziouras, N. (2016), Yerleşen Uluslar: Bölgesel Ekonomi-Politik ve Yunan-Türk Nüfus Mübadelesi, 90. Yılında Türk – Yunan Zorunlu Nüfus Mübadelesi Yeni Yaklaşımlar Yeni Bulgular, Sempozyum Bildiri Metinleri, Çeviren: Albayrak, Ö., Lozan Mübadilleri Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Balta, E. (2015), Nüfus Mübadelesi, İngilizceden Çeviriler: Müfit Günay, Ahmet Akşit, Fransızcadan Çeviriler: Melike Işık Durmaz, İnkilap Yayınları, İstanbul.
- Bektaş, C. (2011), Aigina Poros Hydra Midilli Sakız, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul.
- Colonas, V. (2007), 1923'ten Önce ve Sonra Küçük Asya Rumlarının Konut Sorunu ve Mimari Tarzı, Ege'yi Geçerken 1923 Türk – Yunan Zorunlu Nüfus Mübadelesi, Derleyen: Renee Hirschon, Çevirenler: Müfide Pekin, Ertuğ Altınay, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2. Baskı, İstanbul.

- Gürsoy, Y. (2016), Türkiye – Yunanistan Nüfus Mübadelesi'nin Siyasi Rejimlere 1930'lardaki Etkisi, 90. Yılında Türk – Yunan Zorunlu Nüfus Mübadelesi Yeni Yaklaşımlar Yeni Bulgular, Sempozyum Bildiri Metinleri, Lozan Mübadilleri Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Kurtuluş, H. (2011), Mübadeleyle Giden Rumlar Turizmle Gelen Avrupalılar "Muğla'da Eşitsiz Kentsel Gelişme", Bağlam Yayınları, İstanbul.
- Örnek, S., Nahya, N. Z. (2019), Gavustima Festivali: Mübadil Bir Topluluğun Yerleşmesi ve Festivalin Kimlik İfadeleri, Mübadil Kentler: Türkçe Konuşan Rum Ortodokslar, Editör: Cingöz, Y, 1. Baskı, Lozan Mübadilleri Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Özsoy, İ. (2010), İki Vatan Yorgunlarının İkili Hayatları, Selanik'ten Tuzla'ya Mübadele Sempozyum Bildirileri, Yayına Hazırlayan: Temizel, K., Güvenç, S., Lozan Mübadilleri Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Tevfik, İ. (2014), İnsan ve Mekan Yüzüyle Mübadele, 1923'ten Bugüne Zorunlu Göç, 2. Baskı, İnkilap Yayınları, İstanbul.
- Türkeş, Ü. (1973), Kurtuluş Savaşı'nda Muğla, Yelken Matbaa, Muğla.
- Yerolympos, A. (2017), Yunanistan'da İki Savaş Arası Dönemde Şehir Planlama ve Mülteci Sorunu: Geçici "Çözümler" ve Uzun Vadeli Zararlar, Ege'yi Geçerken 1923 Türk – Yunan Zorunlu Nüfus Mübadelesi, Derleyen: Renee Hirschon, Çevirenler: Müfide Pekin, Ertuğ Altınay, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2. Baskı, İstanbul.

#### **İnternet Kaynakları:**

- URL 1: <https://www.izmir.bel.tr/tr/Haberler/lozanin-aci-meyvesi-mubadele/16122/156> (Erişim Tarihi: 03.03.2020)
- URL 2: <https://m.bianet.org/bianet/azinliklar/141452-bir-zamanlar-izmir-de-rumlar> (Erişim Tarihi: 09.03.2020)
- URL 3: [https://www.ntv.com.tr/galeri/seyahat/muglanin-hayalet-koyu-kaya-koy,TJwvHrHj9k-3QF18a2hJpg/\\_YXO0n9IS0WC43T1R004rg](https://www.ntv.com.tr/galeri/seyahat/muglanin-hayalet-koyu-kaya-koy,TJwvHrHj9k-3QF18a2hJpg/_YXO0n9IS0WC43T1R004rg) (Erişim Tarihi: 17.03.2020)
- URL 4: <https://www.quora.com/Did-Greece-ever-persecute-the-Turks-in-the-Greek-part-of-Thrace-such-as-Thessaloniki> (Erişim Tarihi: 18.03.2020)



# EL YAZISINDAN KİŞİLİK ANALİZİNE İLİŞKİN ALANYAZIN İNCELEMESİ: MEVCUT DURUM VE FIRSATLAR

**Ümit DEMİR**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Bora UĞURLU**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**ÖZET:** El yazısından farklı kişisel bilgilere ulaşabilme merakı ve bunu kullanma yöntemi her zaman ilgi konusu olmuştur. El yazısından karakter analizi literatürde grafoloji olarak bilinmektedir. Bu bilimin dalının geçmişi Romalılara kadar uzanmaktadır. Tarihçi Suetonius Tranquillus ilk defa birçok imparatorun farklı yazım stilleri olduğunu fark etmiştir. Yazı yazma olgusu aslında bir beyin fonksiyonudur. Beyinden gelen sinyallerin elle, ayakla ya da ağız yardımıyla kalem veya benzeri vasıtalarla kâğıt üzerine aktarma işlemidir. El yazısı da parmak izi, kan grupları ve DNA gibi kişiden kişiye değişen ve iki şahsı birbirinden ayırt eden temel özelliklerden olup, adli bilimlerce geçerliliği kabul edilmiş, ayırt edici unsurlardandır. Bilgisayar teknolojilerinde ve makine öğrenmesi gibi yazılım geliştirmedeki gelişmeler ile el yazısından kişilik analizi çalışmalarına da ivme kazandırmıştır. Bu nedenle bu konu son yıllarda uluslararası düzeyde birçok araştırmaya konu olmuşken ülkemizde bu konudaki çalışmaların son derece sınırlı olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile ulusal ve uluslararası düzeyde gerçekleştirilen çalışmalar derlenerek ulusal düzeyde gerçekleştirilecek el yazısına dayalı kişilik çalışmalara yol gösterici olması beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** El yazısı, kişilik analizi, makine öğrenmesi

## **Literary Review of Personality Analysis from Handwriting: Current Situation and Opportunities**

**ABSTRACT:** The curiosity to access personal information different from the handwriting and the method of using it has always been a matter of interest. Character analysis from handwriting is known in the literature as graphology. The history of this branch of science goes back to the Romans. Historian Suetonius Tranquillus first noticed that many emperors had different writing styles. The phenomenon of writing is actually a brain function. It is the

process of transferring signals coming from the brain to the paper with a hand, foot or mouth with a pen or similar means. Handwriting is one of the main features that vary from person to person and distinguish two individuals such as fingerprints, blood groups, and DNA, and are among the distinguishing elements accepted by forensic science. It has also accelerated personality analysis studies from handwriting through developments in computer technologies and software development such as machine learning. For this reason, while this subject has been the subject of many kinds of research at the international level in recent years, it has been observed that the studies on this subject in our country are extremely limited. It is expected that this study will be a guide for handwritten personality studies to be carried out at the national level by compiling the studies carried out at the national and international levels.

**Keywords:** Handwriting, personality analysis, machine learning

## 1.GİRİŞ

El yazısından farklı kişisel bilgilere ulaşabilme merakı ve bunu kullanma yöntemi her zaman ilgi konusu olmuştur. El yazısından karakter analizi literatürde grafoloji olarak bilinmektedir. Bu bilimin dalının geçmişi Romalılara kadar uzanmaktadır. Tarihçi Suetonius Tranquillus ilk defa birçok imparatorun farklı yazım stilleri olduğunu fark etmiştir (Roberts, 2002). Bunun üzerine farklı yazım şekillerinin değişik karakter özelliklerini yansıttığını öne sürmüş ve bu konuda teorileri ilk defa dile getirmiştir. Yine, 17. yy. yazarlarından Alerius Prosper ve Comilo Baldo farklı el yazısı şekilleri ve kişilikler arasında bağlantı kurmaya çalışmıştır (Uğurlu ve diğer., 2010).

Yazı yazma olgusu aslında bir beyin fonksiyonudur. Beyinden gelen sinyallerin elle, ayakla ya da ağız yardımıyla kalem veya benzeri vasıtalarla kâğıt üzerine aktarma işlemidir (Ataç, Aydoğdu ve Bora, 2012). El yazısı, kişilerde çeşitli iç ve dış sebeplerden kolaylıkla etkilenen ancak adli tanımlama işlemlerinde önemli bir tanı aracıdır. El yazıları incelenirken araştırılan pek çok tanı unsuru vardır. Bu tanı unsurlarının bazıları sadece bir özelliği bazıları ise birkaç özelliği birden yansıtmaktadır (Birincioğlu ve diğer., 2010:33). El yazısı da parmak izi, kan grupları ve DNA gibi kişiden kişiye değişen ve iki şahsı birbirinden ayırt eden temel özelliklerden olup, adli bilimlerce geçerliliği kabul edilmiş, ayırt edici unsurlardandır (Huber ve Headrick, 1999:33). Birincioğlu (2013), adli işlemlerde de kişinin el yazısının kimlik özelliği taşıdığını, kişiden kişiye farklılıklar gösterdiğini ve bu nedenle kişiye özel bir beceri olduğunu belirtir. El yazısının öznelliğini ortaya koyan özelliklerinin; eğitim, yazıbirimler veya sözcükler arası uzaklık, yazıbirim boyutları, kıvrımları vb. olduğunu, veri tabanlarına bu bilgilerin işlendiğini ancak Türkiye’de gelişmiş ülkelerdeki

gibi (A.B.D’de CEDAR ‘Centre of Excellence for Document Analysis and Recognition’ ve Almanya’da FISH ‘Forensic Information System for Handwriting’ gibi) bir veri tabanının olmadığını belirtmektedir. Bu nedenle Türkiye’deki gelişmelerin yetersiz olduğu, raporlamalarda uzman kanılarınin gerekçelerinin yazılmamasının tartışmalara ve kuşkulara neden olduğunu aktarmaktadır. Bu ve diğer nedenlerden dolayı el yazısı analizi giderek önem kazanmaktadır. Bilgisayar teknolojilerinde ve makine öğrenmesi gibi yazılım geliştirmedeki gelişmeler ile el yazısından kişilik analizi çalışmalarına da ivme kazandırmıştır. Bu nedenle bu konu son yıllarda uluslararası düzeyde birçok araştırmaya konu olmuşken ülkemizde bu konudaki çalışmaların son derece sınırlı olduğu görülmüştür.

## **2.YÖNTEM**

### **Araştırma Modeli**

Alanyazın taraması aynı konu üzerinde yapılmış çalışmaların, belirlenen amaç ve ölçütler doğrultusunda incelenmesi olarak ifade edilmektedir. Sistematik alanyazın incelemelerini içeren eğitim araştırmalarında alan yazında bulunan önemli ilişkileri ve uygulamaları ortaya çıkararak gelecek çalışmalara ve alandaki uygulamalara yönlendirici olmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu araştırmada elde edilen çalışmalar belirlenen ölçütlere göre betimsel olarak analizi yapılmaktadır (Gough, Oliver ve Thomas, 2018).

## **3.BULGULAR**

### **Yazılım Geliştirmede Karar Yapılarının Kullanımı ve Yapay Sinir Ağları**

Geçmişten günümüze kadar baktığımızda insanoğlunun hayatının birçok safhasında “karar verme” durumunda kaldığı görülmektedir. Verilecek her bir karar istenen bir sonuç doğurabileceği gibi karar vericiyi istenmeyen durumlarla da karşı karşıya bırakabilir. Bu nedenle karar verme süreci doğru bir şekilde gerçekleştirilmelidir (Arslan ve Yılmaz, 2010). Bugün alınmış başarılı kararları incelediğimizde temelde bilginin doğru bir biçimde kullanıldığını görüyoruz. Günümüz yöneticileri artık içinde buldukları rekabet ortamında bilginin karar verme sürecinde doğru kullanımının organizasyonlara veya kurumlara neler kazandırdığının bilincindedirler. Bu nedenledir ki; çağımız yöneticileri bilgi teknolojilerine yatırımlar yaparak organizasyonların veya kurumların stratejik hedeflerine ulaşmalarını hızlandırmaktadırlar.

Geçmiş dönem yöneticilerinin karar verme sürecinde karşılaştıkları en büyük problemlerden biri bilgi toplamak iken, günümüz yöneticilerinin karar verme

sürecinde karşılaştıkları en büyük problem toplanan verilerden anlamlı sonuçlar çıkartılması olarak değişmiştir. Bu aşamada toplanan veri miktarı da önem arz etmektedir. Veri miktarı arttıkça karar vericilerin bu verileri anlamaları ve yorumlamaları da zorlaşmaktadır. Bu problemi çözmek için karar vericiler ellerindeki veri yığınlarından gerekli olan bilgileri çıkartacak, veriler arasındaki gizli desenleri, örüntüleri gösterecek sistemlere ihtiyaç duymaktadırlar. Son yıllarda karar vericilerin karar verme aşamasında karar destek sistemlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Geliştirilen ve karar vericilerin kullanımına sunulan karar destek sistemleri organizasyonların veya kurumların içinde veya dışında bulunan verilere son kullanıcıların rahatlıkla ulaşabilmelerini sağlamaktadır. Bu sayede ihtiyaç duyulan bilgilere hızlı ve zamanında erişim, kurumlarda kararların zamanında alınmasına yardım ederek verimliliği ve alınan kararların kalitesini yükseltmektedir. Bu kararların alınmasında yapay sinir ağlarının kullanımı birçok kolaylık sağlayabilmektedir.

Genel olarak yapay sinir ağları insan beyninin biyolojik sinir yapısını taklit ederek sinirsel algılayıcılar yardımı ile önceden öğrenilmiş ya da sınıflandırılmış bilgileri kullanarak yeni bilgiler türetebilen ve oluşturabilen, karar verebilen bilgisayar programlarıdır (Keskenler ve Keskenler, 2017). Yapay sinir ağları (YSA); örüntü tanıma veya sınıflandırma, sıra tanıma, veri sıkıştırma, öğrenme süreci boyunca fonksiyon modelleme gibi belirli bir uygulama geliştirme için yapılandırılabilir. Bir sinir ağı, dijital bir model kullanmak yerine, işleme elemanları arasında bağlantılar oluşturarak, bağlantılar üzerindeki ağırlıkları ve etkinleştirme işlevini kullanarak işlemlerini gerçekleştirirler. YSA; uyarlamalı öğrenme, öz-düzenleme, gerçek zamanlı çalışma ve yedekli bilgi kodlama yoluyla hata toleransı işlemlerinin gerçekleştirilmesinde birçok kolaylık sağlayabilmektedir (Lokhande ve Gawali, 2017). Etkin kararlar alınmasında konu ile ilgili birçok veri setinin alınımı ve yorumlanması büyük önem taşımaktadır. Veri madenciliği çalışmalarının yapılması bu süreçte gerekmektedir.

### **Veri Madenciliği**

Veri madenciliği; konu ile ilgili uzmanlardan, gözlem ve deneyler sonucunda elde edilen verilerden üstü kapalı, çok net olmayan, önceden bilinmeyen ancak potansiyel olarak kullanışlı bilginin genelleme yapacak şekilde çıkarılmasıdır (Akgöbek ve Çakır, 2009). Bu noktada kendi başına bir çözüm değil çözüme ulaşmak için verilecek karar sürecini destekleyen, problemi çözmek için gerekli olan bilgileri sağlamaya yarayan bir araçtır. Veri madenciliği; analiste, iş yapma aşamasında

oluşan veriler arasındaki şablonları ve ilişkileri bulması konusunda yardım etmektedir. Veri madenciliği kümeleme, veri özetleme, değişikliklerin analizi, sapmaların tespiti gibi belirli sayıda teknik yaklaşımları içerir. Başka bir deyişle, veri madenciliği, verilerin içerisindeki desenlerin, ilişkilerin, değişimlerin, düzensizliklerin, kuralların ve istatistiksel olarak önemli olan yapıların yarı otomatik olarak keşfedilmesidir. Temel olarak veri madenciliği, geniş veri setleri arasındaki desenlerin yada düzenin, verinin analizi ve yazılım tekniklerinin kullanılması ile ilgilidir. Amaç, daha önceden fark edilmemiş veri desenlerini tespit edebilmektir (Baykasoğlu, 2005). Veri madenciliği sürecinde, keşfedilmemiş ve potansiyel olarak yararlı ve anlamlı bilgilerin depolandığı arka planda istatistikler, yapay zeka, makine öğrenimi, paralel ve dağıtılmış işleme ve veritabanı yönetim sistemlerini içeren veri analiz teknikleri kullanılır (Ayre, 2006; Berry & Linoff, 2000; Han, Kamber, & Pei, 2012). Veri madenciliği birçok özelliği ile makine öğrenmesi ile ilişkilendirilebilmektedir. Veri madenciliği ile makine öğrenmesinin gerçekleştirilebilmesi için ihtiyaç duyulan veri setleri elde edilebilir.

### **Veri Madenciliği ile Makine Öğrenimi**

Makine öğrenimi (Machine Learning) çevresel durum gözlemleri ve geçiş tabanlı kuralların eşdeğer olduğu öğrenme işlerinin ve öğrenmenin otomasyonudur. Bu geniş bir sahadır, yani sadece örneklerden öğrenme değil aynı zamanda takviye öğrenimi ve öğretmenle öğrenim bu sahaya girmektedir. Bir öğrenme algoritması veri kaynakları ve onun beraberinde yer alan giriş bilgisi ve sonuçlardan oluşur. Makine öğrenimi önceki örnekleri ve sonuçları inceler ve bu işleri nasıl yeniden yapacağını öğrenir ve yeni durumlar hakkında genellemeler yapar (Akgöbek ve Çakır, 2009). Genellikle bir makine öğrenim sistemi tek bir gözlemleyici kullanmaz, eğitim kümesi adı verilen bütün bir sistem kullanır. Bu set içinde örnek gözlem kodları bulunan ve makine tarafından okunabilen bazı formlar bulunur. Veri tabanındaki bilginin keşfi veya veri madenciliği ve makine öğreniminin bir parçası problemlerin işaret ettiği algoritmalarla ilgilidir (Akgöbek ve Çakır, 2009).

İstatistiksel yöntemlerde veya yapay sinir ağlarında veriden bir fonksiyon öğrenildikten sonra bu fonksiyonun insanlar tarafından anlaşılabilir bir kural olarak yorumlanması zordur. Oysa, karar ağaçları oluşturulduktan sonra kökten yaprağa doğru inilerek her dal bir kural oluşturacak şekilde kurallar yazılabilir. Bu şekilde kural çıkarma veri madenciliği çalışmasının sonucunun doğrulanmasını sağlar (Apaydın, 2000). Karar ağacı tabanlı algoritmalar genellikle karar ağacını oluşturmak için en büyük bilgi kazancını veren özelliklerden arama yapmak için bilginin entropi ölçüsünü kullanırlar [8, 9]. Entropisi en düşük olan karakteristik, en iyi olarak

kabul edilir ve bu karakteristik karar ağacının kökünü oluşturur. Örnek kümesi bu karakteristiğe göre küçük alt kümelere bölünür ve ağacın her dalı bir sınıf değerine karşılık gelecek şekilde dallandırılır. Karar ağacı geliştirme prosedürü, eğitime örnekleri kullanıcının belirlediği sonlandırma ölçütüne göre doğru sınıflandırılınca kadar devam eder (Akgöbek ve Çakır, 2009).

Karar ağacı tabanlı algoritmalar Böl-ve-Fethet metoduna göre işlem yaparak örnekleri alt kümelere ayırırlar. Böl-ve-Fethet öğrenme metodu, bir örnek kümesini, her bir alt kümede sadece tek bir sınıf kalıncaya kadar alt kümelere ayırır. Doğrudan kural üreten algoritmalar ise kapsama metoduna göre işlem yaparlar. Bu metot ile verilen örnek kümesinde daha genel kurallar elde etmek için örnek kümesi sınıf değerlerine göre alt kümelere ayrılır ve verilen alt kümede arama yöntemleri kullanılarak kural üretilmeye çalışılır.

### **El Yazım Biçimlerine Yönelik Araştırmalar**

Kalemin kâğıda dokundurulduğu andan itibaren bıraktığı izler, şekiller, desenler gibi özellikler kişiyi, tıpkı parmak izi, DNA'sı gibi eşsiz bir şekilde betimlemizde yardımcı olmaktadır (Uğurlu ve diğer., 2010). El yazısından karakter analizi literatürde grafoloji olarak bilinmektedir. Bu bilimin dalının geçmişi Romalılara kadar uzanmaktadır. Tarihçi Suetonius Tranquillus ilk defa birçok imparatorun farklı yazım stilleri olduğunu fark etmiştir (Roberts, 2002). Bunun üzerine farklı yazım şekillerinin değişik karakter özelliklerini yansıttığını öne sürmüş ve bu konuda teorileri ilk defa dile getirmiştir. Yine, 17. yy. yazarlarından Alerius Prosper ve Comilo Baldo farklı el yazısı şekilleri ve kişilikler arasında bağlantı kurmaya çalışmıştır (Uğurlu ve diğer., 2010). Daha sonraları Abbott Jean-Hippolyte Michon ve Abbott Flandrin 19 yy. da modern grafolojinin temellerini oluşturmaya başlamıştır. Grafoloji terimini ise ilk defa Abbott Michon kullanmıştır (Roberts, 2002).

### **El Yazısı ve Kişilik Analizine Yönelik Araştırmalar**

Yazı yazma olgusu aslında bir beyin fonksiyonudur. Beyinden gelen sinyallerin elle, ayakla ya da ağız yardımıyla kalem veya benzeri vasıtalarla kâğıt üzerine aktarma işlemidir (Ataç, Aydoğdu ve Bora, 2012). El yazısı, kişilerde çeşitli iç ve dış sebeplerden kolaylıkla etkilenen ancak adli tanımlama işlemlerinde önemli bir tanı aracıdır. El yazıları incelenirken araştırılan pek çok tanı unsuru vardır. Bu tanı unsurlarının bazıları sadece bir özelliği bazıları ise birkaç özelliği birden yansıtmaktadır (Birincioğlu ve diğer., 2010:33). El yazısı da parmak izi, kan grupları ve DNA gibi kişiden kişiye değişen ve iki şahsı birbirinden ayırt eden temel özelliklerden olup,

adli bilimlerce geçerliliği kabul edilmiş, ayırt edici unsurlardandır (Huber ve Headrick, 1999:33). Kaymaz, Gürsakal ve Eroğlu (2010) imza ve kişilik arasındaki ilişki durumunu belirlemek amacıyla 39 yöneticinin imza analizini Benoit adı verilen yazılım ile gerçekleştirerek bunun kişilik ile ilişkisini sorgulamışlardır. Sonuç olarak imza ile kişilik arasında hiçbir ilişki bulunamamıştır.

Asra ve Shubhangi (2017), 200 yetişkinin katılımı ile gerçekleştirdikleri araştırmada geliştirmiş oldukları SVM sınıflandırmasını kullanan el yazısı kişilik analizi yazılımı ile katılımcıların doldurmuş olduğu kişilik analiz ölçeği sonuçlarının %95 oranında tutarlı sonuç elde ettiğini bulmuşlardır. Lokhande ve Gawali (2017), 10 kişiye ait 60 imzanın kişilik analizini gerçekleştirmek amacıyla yapmış oldukları çalışmada; kişilik tahmini için yapay bir sinir ağı ve yapısal tanımlama algoritması kullanılmış ve elde edilen doğruluk oranı sırasıyla %100, %95, %94, %96 ve %92 olarak belirlenmiştir. Fallah ve Khotanlou (2016), araştırmalarında el yazısı çalışarak bireyin kişiliğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Minnesota Çok Yönlü Kişilik Envanteri (MMPI), sistemlerini eğitmek için kullanmışlardır. El yazısı ile ilgili özellikleri sınıflandırmak için bir Gizli Markov Modeli (HMM) kullanılmıştır. El yazısı özelliklerini sınıflandırmak için bir sinir ağı (NN) yaklaşımı kullanılmıştır. El yazısı örneği bu sınıflandırıcılar tarafından analiz edilerek veri tabanındaki desenlerle karşılaştırılmıştır. El yazısından elde edilen yazılımsal çıktı MMPI ölçeğinde elde edilen çıktı ile %70'in üzerinde doğruluk sunmuştur.

Chernov ve Caspers (2020), geliştirmiş oldukları kişilik analizi yazılımı sonuçlarını 16 boyutlu kişilik testi sonuçları ile karşılaştırmışlardır. 58 kişinin katıldığı çalışma sonucunda 16 kişilik boyutunun 14 tanesinin sonucu ile yazılımın değerlendirme sonuçlarının uyumlu olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Kaymaz, Gürsakal ve Eroğlu (2010) çalışmalarında yoğun programlarında çok sık imza atan işletme yöneticilerinin imzalarını incelediler. İmzaların fraktal boyutu (orantılı büyütülmüş ya da küçültülmüş hali) ile kişilik testlerinin sonuçları arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışmışlardır. Araştırmaları sonucunda imza ve kişilik arasında bir ilişki olmadığı sonucuna varmışlardır.

Mutalib, Ramli, Rahman, Yusoff ve Mohamed (2008) gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında 20 katılımcının eğitim, 10 katılımcının test için el yazısı örneğini alarak özellik çıkarımı için bulanık mantık sisteminde kullanmışlardır. Bu çalışmada kişilerin hislerini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, Mamdani çıkarma yöntemi ile katılımcıların duygu kontrol seviyeleri çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak gruplandırılmıştır. El yazısı yazarları, çalışmanın duygusal kontrol düzeylerini el yazısı analizi ile tanımlayabildiğini onaylamışlardır. Gavrilescu ve Vizireanu(2018), çevrimdışı el yazısını analiz ederek bireyin büyük beşli kişilik ölçeğine göre kişilik özelliklerini belirlemeyi amaçlayan sinir ağlarına dayanan üç katmanlı

mimariyle yazılım geliştirmişlerdir. Büyük beşli kişilik tipini hem önceden tanımlanmış hem de rastgele metinler içeren 128 katılımcıdan toplanan el yazısı özellikleriyle ilişkilendiren alinyazındaki ilk veri tabanını oluşturduklarını ifade etmektedirler. Bu veri tabanında yeni mimarilerini test ederek, rastgele veri seti kullanıldığında ders içi testlerde%84,4 ve test sürecinde ise katılımcılar %80,5 doğruluk değeri elde etmişlerdir. Eğitim aşamasında ise el yazıları üzerinde uygulandığında önceden tanımlanmış metinlerin daha fazla yüzdeler oran elde edildiğini bulmuşlardır. Test amacıyla yapılan uygulamada, eğitim aşamasında rastgele veri kümelerinin kullanıldığından%7 daha yüksek oran elde edilmiştir. Deneyime Açıklık, Dışadönüklük ve Nevrotiklik kişilik boyutları için en yüksek (%84'ün üzerinde) tahmin doğruluğunu elde etmişlerdir. Dürüstlük ve Uyumluluk kişilik boyutu için ise tahmin doğruluğu oranı %77 civarındadır. Sonuç olarak büyük beşli ölçeğin uygulanarak kişiliğin belirlenmesi için kullanılan anketten veya psikolojik görüşmelerden daha hızlı sonuç elde edilmiştir.

Mevcut alanyazın araştırmaları incelendiğinde kişilik analizine yönelik farklı ölçme araçlarının kullanıldığı görülmektedir. Türkçe uyarlaması yapılmış olması ve değerlendirme kolaylığı açısından büyük beşli kişilik ölçeği bu çalışmada kullanılacaktır. Ayrıca mevcut alanyazın araştırmalarında benlik algısına yönelik herhangi bir araştırmaya ulaşılamamıştır. Çalışmalarda örneklem grubunun çoğunlukla 100 ün altında olduğu görülmektedir. Alanyazında ulaşılan 11 çalışmadan sadece iki araştırmanın (Gavrilescu ve Vizireanu(2018)-128 katılımcı, Asra ve Shubhangi (2017)-200 katılımcı) olduğu görülmektedir. Makine öğrenmesine dayalı sistemlerde mümkün olduğunca fazla örnek kullanımı analizlerin hata payını düşürecektir. Bu nedenle mevcut araştırmanın alana katkı getirmesi beklenilmektedir.

#### **4.TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER**

Mevcut alanyazın araştırmaları incelendiğinde ülkemizin bu araştırma konusunda maalesef istenilen düzeyde olmadığı görülmektedir. Bu konuda ulusal düzeyde gerçekleştirilen araştırmalar son derece sınırlıdır. Uluslararası olarak gerçekleştirilen çalışmalarda ise kişilik analizine yönelik farklı ölçme araçlarının kullanıldığı görülmektedir. Çalışmalarda örneklem grubunun çoğunlukla 100 ün altında olduğu görülmektedir. Alanyazında ulaşılan 11 çalışmadan sadece iki araştırmanın (Gavrilescu ve Vizireanu (2018) 128 katılımcı, Asra ve Shubhangi (2017) 200 katılımcı) olduğu görülmektedir. Makine öğrenmesine dayalı sistemlerde mümkün olduğunca fazla örnek kullanımı analizlerin hata payını düşürecektir. Yurt dışında bu konudaki çalışmalar büyük bir hızla devam ederken ülkemizde bu konuda henüz yazılım geliştirme konusunda çalışmaların yapılmamış olması ülkemiz açısından düşündürücüdür. Yapılan

alanyazın araştırmasında çıkan bir sonuç ülkemizin henüz makine öğrenmesi ve karar alma yapılarına yönelik çalışmalarda istenilen düzeye erişmediğidir. Nesnelerin interneti (OiT) ve Endüstri 4.0 ile hızlı gelişim gösteren makine öğrenmesine yönelik çok fazla yol kat etmemiz gerekmektedir. Bu nedenle öncelikli olarak kodlama eğitimlerinde (özellikle lisans ve önlisans eğitimlerinden itibaren) makine öğrenmesini destekleyen eğitimlere ve derslere ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda aşağıda yer alan öneriler getirilmiştir.

(1)Ulusal düzeyde makine öğrenmesine dayalı uygulamalar içeren çalışmalara ve eğitimlere yer verilmeli ve bu çalışmalar ulusal desteklerden yararlanması sağlanmalıdır.

(2)El yazısı analizine yönelik yazılım geliştirmeye yönelik ulusal çalışmalar yapılabilir.

(3)El yazısı analizine yönelik çalışmalarda farklı kişilik tipi ölçek verileri karşılaştırmaları yapılabilir.

#### KAYNAKÇA

- Akgöbek, Ö., & Çakır, F. (2009). Veri madenciliğinde bir uzman sistem tasarımı. *Akademik Bilişim*, 9, 801-806.
- Asra, S., & Shubhangi, D. C. (2017). A Simple Systematic Approach to Mood Invariant Handwriting Analysis Using SVM Classifier. *Asian Journal For Convergence In Technology (AJCT)*, 3.
- Ataç, Y., Aydoğdu, E., & Bora, T. (2012). Adli bilimlerde el yazısının kişiye aidiyetinin tespiti. *Turkish Journal of Police Studies/Polis Bilimleri Dergisi*, 14(4), 113-132.
- Ayre, L. B. (2006). Data Mining For Information Professionals. *San Diego, California: USA*.
- Berry, M. J. , & Linoff, G. (2000). *Mastering data mining*. New York: John Wiley & Sons Inc .
- Birincioğlu, İ. (2013). *Sahtecilik*, 3. Tıp Hukuku Günleri "Adli Belge İncelemeleri" Paneli, 26-27 Eylül, (s. 84-98). İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, İstanbul.
- Chernov, Y., & Caspers, C. (2020). Formalized Computer-Aided Handwriting Psychology: Validation and Integration into Psychological Assessment. *Behavioral Sciences*, 10(1), 27.

- Fallah, B., & Khotanlou, H. (2016, April). Identify human personality parameters based on handwriting using neural network. In *2016 Artificial Intelligence and Robotics (IRANOPEN)* (pp. 120-126). IEEE.
- Gavrilescu, M., & Vizireanu, N. (2018). Predicting the Big Five personality traits from handwriting. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2018(1), 57.
- Gough, D., & Richardson, M. (2018). Systematic reviews. In *Advanced Research Methods for Applied Psychology* (pp. 75-87). Routledge.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier ISBN:978-0-12-381479-1.
- Huber, R. A., & Headrick, A. M. (1999). *Handwriting identification: facts and fundamentals*. CRC press.
- Kaymaz, K., Gürsakar, N., & Eroğlu, U. (2010). Analyzing the relationship between signature and personal traits: A research on managers. *Guc: The Journal of Industrial Relations & Human Resources*, 12 (3), 29–40.
- Keskenler, M. F., & Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 5(2), 8-18.
- Lokhande, V. R., & Gawali, B. W. (2017, October). Analysis of signature for the prediction of personality traits. In *2017 1st International Conference on Intelligent Systems and Information Management (ICISIM)* (pp. 44-49). IEEE.
- Mutalib, S., Ramli, R., Rahman, S. A., Yusoff, M., & Mohamed, A. (2008, August). Towards emotional control recognition through handwriting using fuzzy inference. In *2008 International Symposium on Information Technology* (Vol. 2, pp. 1-5). IEEE.
- Roberts, P. (2002). *Love Letters: The Romantic Secrets Hidden in Our Handwriting*. Career Press.
- Uğurlu, B., Kaçan, K., & Türkyılmaz, İ. (2010). Bilgi Güvenliğinde El Yazısı. *Akademik Bilişim 2010*.

# SOĞUK İKLİM BÖLGELERİNDEKİ TOPLU KONUT YAPILARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ: KUZEY AVRUPA ÜLKELERİ ÜZERİNDEN BİR DEĞERLENDİRME

**Ayşegül ER**

Gazi Üniversitesi

**Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK**

Gazi Üniversitesi

**Doç. Dr. Fatma Zehra ÇAKICI**

Atatürk Üniversitesi

**ÖZET:** Enerji konusu ülkelerin ekonomik düzeylerini, ulusal ve uluslararası politikalarını belirleyici bir unsur haline gelmiştir. Enerji talebinin/tüketiminin sürekli artması ve kaynakların azalması konusu “tüketilen enerjiyi azaltmak” amacıyla enerji etkin yapılar konusunda politikalar üretmeyi, tasarımlar geliştirmeyi zorunlu hale getirmektedir. Yapı sektörünün, birincil enerjinin %40’ını tüketiyor olması gerçeği, mimari başta olmak üzere ilgili tüm disiplinleri bu konuda yenilikçi yaklaşımlar geliştirmeye yöneltmektedir. Özellikle ekstrem iklim koşullarındaki yapılarda, kullanıcıların iklimsel konforunu sağlamak için büyük ölçüde enerji harcanmaktadır. Bu bölgeler için, iklim koşullarına uygun ve maksimum performansı sağlayacak tasarımların hedeflenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada soğuk iklim bölgelerinde iklim verilerinin, konut yapılarında enerji tüketimini en aza indirecek tasarım kriterleri ele alınarak; soğuk iklim bölgelerinde konut tasarımı için bir yol haritası oluşturulması hedeflenmiştir. Bu amaçla, öncelikle soğuk iklim bölgelerindeki toplu konut yapılarının enerji etkin tasarımı açısından yapının; konumu, yönlmesi, yapı kabuğu elemanları, yapı malzemeleri ve yapım yöntemleri gibi enerji tüketiminde doğrudan etkili olan tasarım kararları incelenmiştir. Bu kararlar doğrultusunda Kuzey Avrupa ülkelerinden seçilen iki toplu konut yapısının ilgili tasarım parametreleri araştırılarak, soğuk iklim bölgelerindeki toplu konut yapılarının enerji performansları tartışılmıştır. Elde edilen veriler ışığında çalışmanın nihai hedefi olan “soğuk iklim bölgelerindeki toplu konut yapıları için gerekli tasarım ölçütleri” ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji etkin tasarım, Yenileme, Toplu konut, Soğuk iklim

**Investigation of Mass Housing Buildings in Cold Climate Regions Within  
the Context of Energy Efficiency:  
An Evaluation on North European Countries**

**ABSTRACT:** Energy has become a determining factor in the economic levels, national and international policies of the countries. The issue of constantly increasing energy demand / consumption and reducing resources makes it compulsory to develop policies and develop designs on energy efficient buildings in order to reduce the energy. Since building sector consumes 40% of primary energy, to develop innovative approaches in this sector is crucial. Especially in buildings in extreme climatic conditions, a great deal of energy is used to provide the climatic comfort of the users. Suitable designs providing maximum performance for climatic conditions should be targeted. This study, by considering the design criteria that will minimize the energy consumption of the climate data in cold climates and residential buildings, aimed to create a road map for housing design in cold climates. For this purpose, design decisions that directly affect energy consumption such as location, orientation, building envelope elements, building materials and construction methods were examined. Then, the relevant design parameters of two mass housing buildings selected from Northern European countries were investigated and the energy performances of mass housing buildings were discussed. In the light of the data obtained, "the necessary design criteria for mass housing buildings in cold climatic zones", which are the ultimate goal of the study, have been introduced.

**Keywords:** Energy efficient design, Mass housing, Refurbishment, Cold climate

## **1.Giriş**

Günümüz toplumlarının birincil ihtiyaçları arasında önemli bir paya sahip olan “enerji” gereksinimi, hem ulusal hem de uluslararası politikaları belirleyici temel bir unsur haline gelmiştir. Yapılı çevrelerin, birincil enerjinin %40’ından (IEA, 2018) fazla bir oranını kullanıyor olduğu gerçeği bu alanda, tasarım aşamasından uygulama aşamasına kadar alınacak her türlü tedbiri gerekli kılmıştır. Dolayısıyla enerjinin etkin tasarımın konuşulduğu bir platformda iklimsel tasarımda ilk sırada yerini almıştır. Bu sebeple “çevresel sürdürülebilirlik” temel hedefiyle “ekolojik mimarlık, yeşil bina, enerji etkin yapı tasarımı, pasif ev, sıfır enerji mimarlığı ve son hedef olarak nitelendirilebilecek pozitif enerjili bina” gibi kavramların ve tasarım yaklaşımlarının her geçen gün daha çok konuşulup tartışılması, uygulamaların yaygınlaştırılması kaçınılmaz hale gelmiştir.

### **1.1.Konutlarda Enerji Tüketimi**

Dünya genelindeki enerji talebi, her ülkede farklı oranlarda olmakla birlikte, küresel ölçekte sürekli artmakta ve bu talebi karşılamak için gereken küresel enerji yatırımları da giderek büyümektedir. Enerji tüketim değerlerinin yüksek olduğu ülkeler çoğunlukla soğuk iklim ülkeleridir. Örneğin, İspanya ve İsveç değerleri AB ortalamasından sırasıyla %25 daha düşük ve %5 daha yüksektir. Enerji tüketim değerlerinin AB ülkeleri arasında bu denli değişim göstermesinin nedeni iklim koşulları, mekan ısıtma veya konutların teknik özellikleri vb. durumlar ile açıklanabilmektedir. (Odyssee-Mure, 2018) IEA'nın "*Energy Efficiency Indicators:2018*" raporunda, sektörler göre nihai enerji tüketimleri incelendiğinde %20 ile üçüncü sırada konut sektörünün "nihai enerji tüketimi yer almaktadır. Mekân ısıtması ise bu tüketimin yaklaşık yarısından sorumludur. Uluslararası Enerji Ajansı'nın verilerine göre, 2016 yılında konutlarda tüketilen enerjinin yarısı mekân ısıtmasında, %17'si evsel sıcak suda, %4'ü soğutmada ve %3'ü aydınlatmada kullanılmaktadır. Konut stoğunda enerji tüketimi değerlendirildiğinde uç iklim koşullarında yapılacak bina tasarımlarına odaklanmanın önemi anlaşılacaktır. Sıcak iklim bölgelerinde soğutma, soğuk iklim bölgelerinde ise ısıtma; mevcut konut yapılarında enerji tüketimi üzerine ciddi yük bindirmektedir. (Pacheo vd., 2012) Soğuk iklimlerde mevcut konut yapılarında enerji tüketiminin yarısı "mekânları ısıtma" için kullanılmaktadır. Bu sebeple bu çalışmada İsveç ve Danimarka'dan seçilmiş toplu konut yapılarında yapılmış olan iyileştirmeler incelenip, soğuk iklim bölgeleri için gerekli tasarım parametrelerini ortaya koymak hedeflenmiştir.

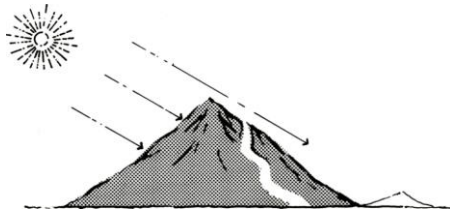
### **2.Soğuk İklim Bölgelerindeki Yapılı Çevrenin Enerji Verimliliği Bağlamında Tasarımı**

Soğuk iklim bölgelerinde enerji korunumunun sağlanması için tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadar her bir evrenin dikkatle planlanması gerekmektedir. Dolayısıyla yapıya iklimsel tasarım olarak etki edecek her bir veri çok önemlidir. Bu veriler yapının tasarımında, malzeme ve yapım teknikleri seçiminde belirleyici rol oynamaktadır. Bu verilerin proje tasarım aşamasında uygulanması binanın nihai maliyetini azaltacaktır. (Pacheo vd., 2012) Bina ölçeğinde iç mekân termal konforunu ve enerji tasarrufunu etkileyen en önemli tasarım parametreleri, bina kabuğunun oryantasyonu, bina şekli ve optik ve termofiziksel özellikleridir. Bu parametrelerin tümü birbiriyle ilişkilidir ve birbirlerinin değerlerine bağlı olarak her bir parametrenin uygun değer değerleri belirlenmelidir. Soğuk iklim bölgesinde konut tasarımlarında enerji tüketimine etki edecek olan parametreler şöyle sıralanabilir: Arazi Ya-

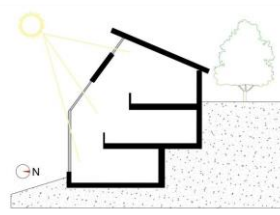
pısı/Konum/Yönlenme, Yapı Kabuğu, Yapı Malzemeleri ve Yapım Sistemleri (Çakıcı, 2013; Kısaovalı, 2009; Karagülle, 2009). Sürdürülebilir bütünleşmiş bir tasarım elde etmek için, tasarım sürecinde doğru noktada en iyi alternatifin seçilmesi önemlidir. (Lechner, 2015)

## 2.1.Arazi Yapısı, Form ve Yönlenme

Soğuk iklim bölgesinde, kışın ısı kaybını en aza indirmek ve yaz aylarında iç mekân ısı kazanımını azaltmak için optimize edilmiş bir bina ve cephe konseptine ihtiyaç vardır. (Hausladen vd., 2011) Yapının tasarlanacağı arazi seçilirken bulunduğu iklim koşullarını ve iklim elemanlarını dikkate almak gerekmektedir. Güneye bakan yamaçlar(Şekil 2.1.1), kuzeye bakan yamaçlardan çok daha sıcaktır, çünkü çok daha fazla güneş ışığı alırlar. Bu nedenle, kayak pistleri genellikle dağların kuzey yamaçlarında, üzüm bağları ise güney yamaçlarda bulunur. (Lechner, 2015) Yapının güney yamaçlarına konumlandırılması gün ışığına erişimini daha verimli hale getirmektedir.



Şekil 2.1.1. Güney yamaçlarının gün ışığı(Lenhrner,2015)



Şekil 2.1.2.Yapı yönlenmesi (Jahawar, 2012)

Bina şekli, soğuk iklimlerde toplam ısı kaybını ve termal konforu etkileyen önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. (Oral ve Yılmaz, 1988) Hem rüzgarı saptırmak hem de yüzey alanı/hacim oranını en aza indirmek için köşeleri yuvarlatılmış aerodinamik şekiller ve kompakt tasarımlar kullanmak soğuk iklim bölgeleri için avantajlı formlar olmaktadır. Bu kompakt yapı formunun kabuğu, ısı köprülerini önlemek için yalıtım sürekliliği olan hava geçirmez bir kabuk olmalıdır. (Lechner, 2015) Dolayısıyla yüzey alanı/hacim oranının düşük olması son derece önemlidir. Yüzey alanı/ hacim oranı fazla olan binalar hem rüzgarın olumsuz etkisi ile karşılaşmakta hem de yüzey alanı/hacim oranı düşük olan binalara oranla daha fazla ısı kaybetmektedir. Bina formu, tüm binanın toplam ısı kaybı açısından en önemli bileşenlerden biridir ve toplam ısı transfer katsayısı (U-değeri) yapı kabuğundan ısı kaybını belirler. (Koçlar Oral, Yılmaz, 2002) Yapı kabuğu bileşenlerinin her birinin ısı transfer kat sayısının incelenmesi yapı kabuğunun ısı transferini belirlemede önemli olmaktadır.

**Yapı Kabuğu:** Yapı kabuğu iç ve dış arasındaki ara yüzdür; iklim koşullarına iyi adapte olmuşsa, iç ortamda konfor koşullarını sağlamak için daha az teknoloji ve enerjiye ihtiyaç duyulacaktır. (Hausladen vd., 2011) Pasif güneş kazanımlarını en üst düzeye çıkarmak için termal kütlelerin yanı sıra yüksek performanslı bina kabuğu kullanılarak enerji verimliliği üst düzeye çıkarılabilir. (Chen vd., 2012) Bina kabuğu, ısıyı, havayı ve nemi tutmak için birincil sistemdir. Bina kabuğu bileşenler arasındaki hava ve nem hareketi için çok kritik olduğundan yalıtımın düzgün bir şekilde monte edilmeli ve doğrudan iletken termal köprü oluşturulmamalıdır (Alseth ve Andersen, 2018).

**Duvarlar:** Duvarlar bir yapının dış iklim ile temas eden en büyük alana sahip yüzeyleridir. Dolayısıyla soğuk iklimde binaların önemli bir bileşeni olmaktadır. Dış duvarlar, verimli, yüksek performanslı yalıtıma sahip olmalıdır. (Dehlin vd., 2018). Kışın iletimi, ısı kaybını önlemek adına bina kabuğu için iyi bir termal koruma gereklidir. Isı köprülerinden kaçınmak, minimum 20-30 cm kalınlığında bir yalıtım katmanı oluşturmak gerekmektedir. (Hausladen vd., 2011) Ayrıca Ts-825 standardına göre soğuk bölgelerde duvarların U değerinin en fazla 0.36 W/m<sup>2</sup>K olması gerekmektedir (Atmaca, 2016).

**Pencereler ve Kapılar:** Bir yapıdaki pencerelerden kaynaklanan enerji etkisi, iklim, pencere yönü, pencere alanı, gölgeleme koşulları ve pencere (çerçeve ve cam) tipi gibi çeşitli tasarım kararlarına bağlıdır. (Hausladen vd, 2011) Binadaki en zayıf halka olan pencereler, toplam ısı tüketiminin% 50'sinden fazlasını oluşturmaktadır. (Yu ve Wang, 2018) Yapıda pencereler konumlandırılırken güneşe bakan pencere alanının stratejik boyutlandırılmasıyla enerji tüketiminden önemli ölçüde tasarruf sağlanabilir. (Chen vd., 2012) Kuzey, doğu ve batı cephelerindeki cam yüzdesi% 30 ile% 40 arasında olmalıdır. % 50'ye varan güney cephe cam yüzdesi, ısıtma enerjisi talebi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. (Hausladen vd., 2011) Pencereler ve kapılar düşük ısı geçirgenliğine (U) sahip olmalıdır. (Dehlin vd., 2018) Pencereler bina zarfının önemli parçalarıdır. Ts-825 standardına göre soğuk bölgelerde pencerelerin U değerleri en fazla 1.8 W/m<sup>2</sup>K olması gerekmektedir (Atmaca, 2016) Pencerelerde çift veya üçlü cam, low-e kaplamalar kullanmak ısı kaybını önlemede faydalı olmaktadır. (Lechner, 2015)

**Temel ve Döşeme:** Soğuk bir iklimin özelliklerinden biri, donma sıcaklığına sahip dönemlerin uzunluğudur. Bu donmuş zeminlerle sonuçlanır ve don derinliği etki alanı bir binanın veya başka bir yapının temeli için son derece önemlidir. Donmadan kaynaklanan hasarı önlemek için, bina temellerinin ile donma derinliğinin arasında belirli bir mesafe olması gerekir. Don nüfuz etme derinliği neme ve donma süresinin uzunluğuna bağlıdır ve nem ve suyun donmasını önlemek ve temele zarar

vermemek için temel etrafında uygun drenajın sağlanması önemlidir. (Alseth, Andersen, 2018) Temelde ve döşemelerde oluşturulacak yalıtım katmanının önemi yapı için çok büyüktür ve bu noktalarda U değerinin Ts-825 standardına göre soğuk bölgelerde en fazla 0.36 W/m<sup>2</sup>K olması gerekmektedir. (Atmaca, 2016)

**Çatı:** Bir binanın çatı yüzeyi, sadece geometri veya çatı pencereleri, mekanik ekipman, vb. açısından değil, aynı zamanda buz ve kar problemlerinin çözümü için tasarım açısından karmaşık bir bölge olabilir. Yıllık yağmur yağışı, kar yağışı güneşli gün sayısı ve rüzgâr çatı tasarımına yön verecek değişkenlerdir. Rüzgârı bina üzerinde saptırmak ve güneşli tarafta korunaklı bölgeler oluşturmak için uzun eğimli çatılar kullanmak avantajlı bir tasarımdır. (Lechner, 2015) Tasarlanan bu çatıların U değerinin Ts-825 standardına göre soğuk bölgelerde en fazla 0.21 W/m<sup>2</sup>K olması gerekmektedir. (Atmaca, 2016)

### 2.3. Yapı Malzemeleri ve Yapım Sistemleri

Soğuk iklim bölgelerinde gece ve gündüz hava sıcaklık farkının yüksek olması kullanılacak malzemeler açısından ciddi problemler oluşturmaktadır. Nem, soğuk iklim nedeniyle ekstra komplikasyonlara neden olur ve malzemeleri artan yüzey nemine ve yüzey yoğuşmasına duyarlı hale getirir. Binanın soğuk hava koşullarına maruz kaldığı süre, soğuk iklimde bina tasarımıyla ilgili problemler için bir faktördür. Malzemeler, düşük sıcaklığa ve sıcaklık değişimlerine ne kadar uzun süre maruz kalırsa, bina performansını korumak için o kadar fazla bakım ve enerji gerekir. (Alseth, Andersen, 2018). İç ve dış ortam sıcaklık farklılığı, soğuk iklimlerde sıcak iklimlere oranlara daha fazladır. Bu yüzden sağlam inşaat malzemeleri ve ekipmanları donmaya yatkınlık nedeniyle düşük sıcaklıklarda çalışmaya elverişli olmalıdır. Yüksek seviyede yalıtım sunan ince malzemeler tüm bina uygulamaları için değerlidir. (DOE, 2015) Yalıtım tabakası için sert malzemeler (polistiren veya mineral yün blokları) kullanılmalı ve bloklar arasındaki ısı köprülerine yol açabilecek boşluklardan kesinlikle kaçınmak gerekir. (IEA TASK37, 2010 )

## 3.KUZEY AVRUPA ÜLKELERİNDEN DANİMARKA VE İSVEÇ TOPLU KONUT ÖRNEKLERİ

### 3.1.İsveç Brogarden Toplu Konut Örneği

1971-73 yılları arasında yapılmış, 3 katlı, 2-3 odalı, asansörsüz ve toplam 300 adet konut bulunan toplu konut sitesidir. İlk aşama da 18 dairenin yenilenmesi ve diğer konutlar için analiz yapılması hedeflenmiştir. (Danielsson vd., 2015; IEA,

2014) Ciddi bir yenileme ihtiyacı olan yapıda özellikle cephe malzemelerini değiştirmek, havalandırma-radyatör sistemlerini değiştirmek, erişilebilirliği artırmak, iç ortam konfor koşullarını iyileştirmek, enerji verimliliğini artırmak amacıyla yenileme yapılmıştır. (IEA, 2014; Janson,Wall, 2012) Yenileme pasif ev teknolojisi ile yapılmıştır ve binaların ömrünü 50 yıl daha uzatmak yenileme prensiplerinden biridir. (Danielsson vd., 2015) Tablo 3.1.1.'de yapının kimlik bilgileri ile birlikte yapının yönlendirmesinin kuzey-güney doğrultusunda olduğu görülmektedir. Dikdörtgen plana sahip kompakt bir form tercih edilmiştir. Arazi yapısı eğimli olmayıp, düz bir alan içerisinde tasarlanmıştır. Yenilenmeden önce duvarların 95 mm yalıtım ve tuğlalardan oluştuğu, U değerinin  $0.40 \text{ W / (m}^2\text{-K)}$  olduğu bilinmektedir. Yenilenmeden sonra dış duvarların U değeri yaklaşık  $0.12 \text{ W / (m}^2\text{-K)}$  olup önceki ısı köprüleri azaltılmıştır (Adolfsson, Andersson, 2016; IEA,2014) Zeminin yalıtımsız betondan oluştuğu bilinmektedir. (IEA,2014) Yenilenmeden önce 0.50 olan U değeri yenilendikten sonra 0.26 olmuştur. (Adolfsson, Andersson, 2016) Yenilenmeden önce çatı plakasında 300 mm'lik bir yalıtım bulunmaktadır. (IEA, 2014)

Tablo 3.1.1. Brogarden örneğine ait yapı kimlik bilgileri (IEA,2013; IEA,2014; Adolfsson, Andersson, 2016; Janson, 2008; Janson,Wall, 2012; Morrin, 2014; Danielsson, Gustafsson, 2015)

İsveç- Brogarden Toplu Konut Örneği	
Yapı Kimlik Bilgileri	
Yapım Yılı/Yeri	1971-1973 / Brogarden, Alingsas
Arazi Durumu	Eğimi az, düz arazi
Bina Yönlenmesi	Kuzey-Güney
Kat Sayısı/Konut Sayısı	3 Kat/ 18 Konut
Bina Sayısı/Yerleşim	1 Blok/ Ayrık Nizam
Yenileme Yılı/ Mimarı	2008/ Efem architects
Yıllık Enerji İhtiyacı	175 Mwh





Enerji verimliliği bağlamında yapılan yenilemeler;

- Zemin katta, duvarlarda ve çatıda yalıtım
  - Yeni cephe malzemesi
  - U değeri düşük kapı/pencereler
  - Yapı kabuğunun hava sızdırmazlığı
  - Balkonların yenilenmesi
  - Girişin yenilenmesi
  - Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma
  - Enerji tasarruflu ev aletleri
  - Sıcak su kullanımı için güneş panelleri yapılmıştır. (Janson, 2008)(IEA,2013)
- Enerji verimliliği dışında yapılan yenilemeler sonucunda;
- Yeni balkonlar ve daha geniş oturma odaları
  - Daha iyi iç mekan iklimi
  - Daha fazla erişilebilirlik (zemin kat)
  - Yeni su / kanalizasyon sistemi, elektrik tesisatları, banyolar ve mutfaklar yenilemeleri yapılmıştır.(IEA,2014)

Cephe elemanlarının genişlemesinden sonra eklenen cephe katmanlarını kapsayacak şekilde çatı genişletilmiş ve ekstra yalıtım yapılmıştır (Adolfsson, Andersson, 2016) Eski yapıya ait pencereler alüminyum çerçeveli, U değeri 2.0 W / (m<sup>2</sup>-K) olan, çift camlı pencerelerdir. Yenilendikten sonra U değeri 0.8' düşmüş ve 3 camlı pencereler ile değiştirilmiştir (Adolfsson, Andersson, 2016) ve kapılar daha düşük U değerine sahip kapılar ile değiştirilmiştir (IEA2014) Brogarden toplu konut örneğine ait yenileme çalışmaları karşılaştırmalı olarak Tablo 3.1.2.'de derlenmiştir. Türkiye'de yenileme yapılacak soğuk iklim bölgesinde yapılara dair U değerleri ile incelenen örneklere ait U değerleri kıyaslanmıştır.

Brogarden konutları pasif ev tekniklerine göre yenilenmiş, iç ortam konfor koşulları sağlanmış olup konut içi sıcaklık yıl boyunca yaklaşık 20°C'dir. (Morris, 2014) Yenilemeden önce binalarda asansör bulunmuyorken, yenilemeden sonra erişilebilirliği sağlamak adına 148 konuta artık asansör ile erişim sağlanmaktadır. (IEA, 2014; Danielsson vd., 2015) Eski balkonlar oturma odasına dahil edilmiş olup ısı köprülerini azaltmak adına yeni balkonlar cephenin dışına inşaa edilmiştir. (Adolfsson, Andersson, 2016; IEA, 2013) Tablo 3.1.3.'te de görüleceği gibi yapı yenilendikten sonra ciddi bir enerji verimliliği sağlanmış olup, toplam apartman enerji tüketimini %75, ısıtmada kullanılan enerjiyi neredeyse %80 azaltmıştır. (Janson,Wall, 2012; Morris, 2014)

Tablo 3.1.2. Brogarden örneğine ait yenileme bilgileri (IEA,2013; IEA,2014; Adolfsson, Andersson, 2016; Janson, 2008; Janson,Wall, 2012; Morrin, 2014; Danielsson, Gustafsson, 2015; İZODER,2016))

İsveç- Brogarden Toplu Konut Örneği								
Yenileme Çalışmaları	U Değeri W/(m <sup>2</sup> -K)	TR-U değeri W/(m <sup>2</sup> -K)	Toplam Kalınlık		Yapılan Değışiklikler			
			Önce	Sonra	Önce	Sonra		
Yapı Kabuğu Elemanları	Duvar	0.40 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.12 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.19 W/(m <sup>2</sup> -K)	9.5 cm yalı-tım+tuğla	48,3 cm	9,5 cm yalıtım	Çelik kirişlerden ve mineral yünden yeni cephe tipi
	Pencere Kapı	2.0 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.8 W/(m <sup>2</sup> -K)	1.10 W/(m <sup>2</sup> -K)	-	-	Çift camlı	Üç camlı
	Temel Zemin Döşeme	0.50 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.26 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.28 W/(m <sup>2</sup> -K)	32 cm	46,7 cm	Yalıtım-sız	Isı yalıtımı, su yalıtımı ve zemin kaplama malzemesi
	Çatı	0.30 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.10 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.13 W/(m <sup>2</sup> -K)	30 cm	54 cm	15 cm yalıtım	+23 cm yalı-tım
Önce				Sonra				

Tablo 3.1.3. Brogarden örneğinin enerji tüketim verileri (IEA,2014'den derlenmiştir.)(18 daire için)

İsveç- Brogarden Toplu Konut Örneği		
Enerji Tüketimi	Hesaplanan	Ölçülen
Yenileme öncesi	175 MWh / yıl	175 MWh / yıl
Yenileme sonrası	74 MWh / yıl	77 MWh / yıl
Tasarruf	101 MWh / yıl	98 MWh / yıl


### 3.2.Danimarka Traneparken Toplu Konut Örneği

Traneparken, Kopenhag'ın 55 km batısındaki Hvalsø köyünde bulunmaktadır. Yapı Danimarka'nın tipik 1960 yıllarına ait beton yapı özelliklerini taşımaktadır. (IEA, 2014 ) Yapının hem iç ortam konfor koşullarını artırmak hem de her bir daireye balkon ekleyerek yapının görsel etkileşimini sağlamak, mevcut yapının yenileme amaçlarındandır. (Knudsen vd., 2015) Yenilemeden önce, binalar kullanıcılar için konforsuz olmakla beraber enerji tüketim değerleri de oldukça yüksektir. Yapının pencereler, çatılar ve iç ortam konfor koşulları ile ilgili problemleri olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla yenileme senaryoları içinden yapının enerji performansını en çok artıracak senaryo benimsenmiştir.( IEA, 2017)

Tablo 3.2.1. Traneparken yapı kimlik bilgileri (IEA,2017; IEA,2014; Thomsen vd., 2015; Knudsen vd., 2015)

Danimarka- Traneparken Toplu Konut Örneği	
Yapı Kimlik Bilgileri	
Yapım Yılı/Yeri	1969 / Traneparken, Hvalsø
Arazi Durumu	Eğimi az, düz arazi
Bina Yönlenmesi	Kuzey-Güney, Doğu-Batı
Kat Sayısı/Konut Sayısı	3 Kat/ 66 Konut
Bina Sayısı/Yerleşim	3 Blok/ Ayrık Nizam



Yenileme Yılı/ Mi-marı	2011-2012/ ARKIPLUS	
Yıllık Enerji İhtiyacı	736 Mwh	

Yenilenmeden önce dış duvarın orijinal konstrüksiyonun iki prefabrik beton blok arasında 50 mm yalıtım malzemesinden oluştuğu bilinmektedir.(Knudsen vd., 2015) Ancak cephenin bazı yerlerinde( pencerelerin arasında) yalıtım kalınlığı 50 mm'den 45 mm'ye düşmektedir ve dış duvarların U değeri 0.66 W/K m<sup>2</sup> 'dir. (IEA, 2017) Yenileme sırasında dış duvarlara ek 190 mm'lik ısı yalıtımı ile birlikte toplam yalıtım 240 mm'ye ulaşmıştır. Yenilemeden sonra dış duvarların U değeri 0.15 W/Km<sup>2</sup> olmuştur. (IEA, 2014) Eklenen bu yalıtım, ısı köprülerini önlemek adına binanın bodrum katına kadar devam etmiştir.(Knudsen vd., 2015)

Mevcut toplu konut yapısına ait pencerelerin U değeri 2.4 W/Km<sup>2</sup> olmakla beraber çift camlı ve camlar arasında 6 mm'lik yalıtım boşluğu olduğu bilinmektedir. (IEA, 2014; IEA, 2017) Mevcut yapının kuzey tarafında bulunan oturma odalarında Fransız pencereler olduğu görülmektedir. Yenilenmeden sonra bu cepheye ait pencere açıklıkları küçültülmüştür. (Knudsen vd., 2015) Pencereler ve kapılar düşük u değere sahip pencereler / kapılar ile değiştirilmiştir. Aüminyum-ahşap çerçeveli ve U değeri 0.8 W/Km<sup>2</sup> olan 3 camlı pencereler kullanılmıştır. (IEA, 2014) Temel yalıtımının 45 mm olduğu ve yenilenmeden önce 0.66 W/Km<sup>2</sup> olan U değerinin yenilenmeden sonra da 0.66 W/Km<sup>2</sup> olarak kaldığı, herhangi bir iyileştirme yapılmadığı anlaşılmaktadır. ( IEA,2014) Yenilenmeden önce mevcut toplu konut yapısına ait çatı katmanını 250 mm ve U değeri 0.2 W/Km<sup>2</sup> iken yenilenmeden sonra çatı katmanının kalınlığı 435 mm ev U değeri 0.09 W/Km<sup>2</sup> olmuştur. (IEA, 2014; Knudsen vd., 2015) Binaların ısıtılması için A bloğunun altında bulunan 200 kW 'luk bir ısı eşanjörü ile bölgesel ısıtma sağlanmaktadır.3 Bloğun ısıtması da buradan sağlanmaktadır ve ısıtma sisteminde bir değişiklik yapılmamıştır. Her blokta önceden izole edilmiş sıcak suyu boyleri bulunmaktadır. Toplamda 8 adet 300 litrelik tank vardır. (IEA, 2014; IEA, 2017)

Yenilenmeden önce binalar; banyo, tuvalet ve mutfaklardan mekanik bir egzoz havası sistemi ile havalandırılıyorken yenilenmeden sonra, ısı geri kazanımlı dengeli bir mekanik havalandırma sistemi kurulmuştur ve banyo, tuvalet, mutfak haricinde yatak odaları ve oturma odaları için de havalandırma sağlanmıştır. Isı geri kazanımlı nem kontrollü mekanik havalandırma sisteminin (şekil 3.2.4.) kurulumu için mevcut egzoz havası kanalları yeniden kullanılmıştır. (Knudsen vd., 2015) Örneğe dair yenileme çalışmaları Tablo 3.2.2.'de verilmiştir ve bu yapı kabuğu yenilemelerine dair

değerler Türkiye'nin soğuk iklim bölgesi için yenileme yapılacak konutlarına dair U değerleri kıyaslanmıştır. Tablo 3.2.2. Traneparken örneğin dair yenileme çalışmaları (IEA,2017; IEA,2014; Thomsen vd., 2015; Knudsen vd., 2015; İZODER, 2016)

Tablo 3.2.2. Traneparken örneğin dair yenileme çalışmaları (IEA,2017; IEA,2014; Thomsen vd., 2015; Knudsen vd., 2015; İZODER, 2016)

Danimarka- Traneparken Toplu Konut Örneği								
Yenileme Çalışmaları	Ça	U Değeri		TR-U değeri	Toplam Kalınlık		Değişiklikler	
		W/(m <sup>2</sup> -K)	W/(m <sup>2</sup> -K)		Soğuk İklim	Önce	Sonra	Önce
Yapı Kabuğu Elemanları	Duvarlar	0.66 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.15 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.19 W/(m <sup>2</sup> -K)	5 cm yalıtım	24 cm yalıtım	İki prefabrik beton arasında 5 cm yalıtım	Dış duvarlara ek 19 cm yalıtım ve cephe kaplama malzemesi
	Pencere-ler/Kapılar	2.4 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.8 W/(m <sup>2</sup> -K)	1.10 W/(m <sup>2</sup> -K)	-	-	Çift camlı	Üç camlı, low-e
	Te-mel/Zemin Dö-şeme	0.66 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.66 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.28 W/(m <sup>2</sup> -K)	4,5 cm yalıtım	4,5 cm yalıtım	4,5 cm yalıtım	Değişiklik yapılmamıştır
	Çatı	0.20 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.09 W/(m <sup>2</sup> -K)	0.13 W/(m <sup>2</sup> -K)	25 cm	43,5 cm	Tek kat yalıtım	Mineral yün ile üç kat yalıtım(30 cm )



Merdivenlerdeki aydınlatmaların hepsinde enerji tasarruflu ampüller kullanılmıştır ve bu aydınlatmalar gün ışığına duyarlı sensörlü aydınlatma sistemleridir. Dolayısıyla aydınlatmada bir değişiklik yapılmamıştır. (IEA, 2014) Ortak alanların enerji tüketiminde kullanılmak üzere bir bloğun çatısında güneş panelleri kullanılmıştır. Güneş panelleri, elektrik üretimi için güneye bakacak şekilde monte edilmiştir (IEA, 2014;Knudsen vd., 2015) Yapıya ait yenilemeler kapsamında enerji verimliliği bağlamında ve enerji verimliliği dışında yapılan yenilemeler aşağıdaki gibidir.

Enerji verimliliği bağlamında yapılan yenilemeler;

- Dış duvarlara ek yalıtım
- U değeri düşük kapı/pencereler,
- Çatıda ek yalıtım,
- Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma
- Çatıda güneş panelleri kurulumu ile gerçekleştirilmiştir. (IEA, 2014)

Enerji verimliliği dışında yapılan yenilemeler neticesinde;

- Balkon eklenmesi kullanıcıların konfor koşullarını etkilemiş ve daha fazla kullanım alanı oluşturmasına fayda sağlamıştır.

Yeni yeşil çevre ve havalandırma iç ortam konfor koşullarını artırmıştır.(IEA, 2014)

Tablo 3.2.3. Traneparken örneğinin enerji tüketim verileri

Danimarka- Traneparken Toplu Konut Örneği		
Enerji Tüketimi	Hesaplanan	Ölçülen
Yenileme öncesi	728 MWh / yıl	736 MWh / yıl
Yenileme sonrası	502 MWh / yıl	506 MWh / yıl
Tasarruf	226 MWh / yıl	230 MWh / yıl

Sadece bina kabuğundan kaynaklı iyileştirmeler ile 120 MWh ve ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma yenilemesi ile 106 MWh olmak üzere yıllık toplam enerji tasarrufu 226 MWh/yıl (Tablo 3.2.3) sağlanmıştır (IEA, 2014). Toplam enerji talebi ve ısıtma için enerji faturası% 31 oranında azaltılmıştır (Thomsen vd., 2015).

#### 4.DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Yapılar tasarlanırken bulunduğu iklim koşulları, arazi yapısı, ve fonksiyonel ihtiyaçları değerlendirerek tasarlamak gerekmektedir. Kullanılacak malzemelerin U değere, kalitesi, işçiliği ve farklı malzemelerin birleşim noktalarındaki minimize edilmiş ısı köprüleri tüketilen enerji üzerinde son derece önemli olmaktadır. İklim ve enerji verilerini dikkate almadan tasarlanmış bir yapıyı yıkıp yeniden yapmak çok ciddi bir maliyet ve iş yükü gerektirmektedir bu bağlamda yapılarda enerji etkin yenileme stratejilerine başvurmak en verimli çözüm yöntemi olmaktadır. Yenileme işlemi enerji tüketiminde ilk sırada yerini alan soğuk iklim bölgeleri için daha da önem arz etmektedir. Mevcut yapıda arazi koşulları ve form değiştirilemeyeceği için yapının, yapı kabuğu elemanları üzerinde değerlendirmeler yapmak gerekecektir. İncelenen örneklerden elden edilen veriler, Türkiye'nin soğuk iklim kuşağında yenilenecek mevcut konut yapılarının gerektirdiği U değerleri ile kıyaslandığında hedeflenen katsayıları sağlamış, bazı noktalarda daha iyi sonuçlara ulaştığı görülmüştür. İncelenen yapılarda genel olarak yapı kabuğu elemanlarının her birinin U değerini düşürmek amaçlanmış ve bu yönde çalışılmıştır. Yapılarda ısı köprüsünün en çok beklendiği balkonlar içeri alınmış ve yapının dışında bir balkon oluşturulmuştur. HVAC sistemlerinde iyileştirmeler yapılmış, özellikle enerji geri kazanımlı sistemler kullanılmış ve bu noktalardan da enerji tasarrufları sağlanmıştır. Sonuç olarak, ülkemizde soğuk iklim bölgesinde yapılacak enerji etkin yenilemeler mevcut konut stoğunun tükettiği enerjiyi azaltacak ve ekonomik olarak enerjide harcanan maliyetin azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

## KAYNAKÇA

- Adolfsson, L. ve Andersson, C. (2016). *Multi-Active Facades For Renovation Of Million Programme Houses An Analysis from Energy and Life Cycle Cost Perspectives*, Master Thesis in Energy-efficient and Environmental Buildings Faculty of Engineering, Lund University
- Alseth, N.B. ve Andersen, L. (2018). *Green Buildings in Cold Climate*, Master's thesis in Integrated Building Technology, The Arctic University of Norway
- Atmaca, U. (2016). *TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler*, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Konya.
- Çakıcı, F.Z. (2013). The Development of a Building Energy Performance Evaluation Program (EnAd) for Architectural Design Process, PhD dissertation, Middle East Technical University, Department of Architecture, Ankara.
- Danielsson, A. Gustafsson A. ve Thuvander, L. (2015). Tio år tio exempel Byggande för hållbar utveckling i Göteborg mellan åren 2003-2013, s.18-20, [http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/237687/local\\_237687.pdf](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/237687/local_237687.pdf)
- Dehlin, S. Heincke, C. ve Koskinen, P.(2018). Passive House Construction Above the Arctic Circle, In book: *Cold Climate HVAC 2018* s.3-15. CCC 2018. Springer Proceedings in Energy. Springer, Cham
- DOE, (2015), Quadrennial Technology Review an Assessment of Energy Technologies and Research Opportunities Chapter 5: Increasing Efficiency of Building Systems and Technologies, s.145-165
- Hausladen, G. Liedl, P. ve Saldanha, M. (2011). *Building to Suit the Climate A Handbook*, Birkhauser Architecture , s.45-58
- IEA, (2013). Apartment Building in Brogården, Alingsås SE, IEA SHC Task 37 *Advanced Housing Renovation with Solar & Conservation*, Sweden
- IEA, (2014). Shining Examples of Cost-Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56), Energy in Buildings and Communities Programme
- IEA, (2017). *Co-Benefits Of Energy Related Building Renovation - Demonstration of Their Impact on The Assessment Of Energy Related Building Renovation (Annex 56)*, Energy in Buildings and Communities Programme, Civil Engineering Department, Guimarães, Portugal
- IEA, (2018). *Energy Efficiency Indicators Highlights*, <https://webstore.iea.org/energy-efficiency-indicators-2018-highlights> Erişim: 19.03.2020

- IEA, 2010, *Lessons From Exemplary Housing Renovations*, Task 37 Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation / Subtask B, Solar Heating & Cooling Programme, [https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Lessons\\_from\\_Case\\_Studies.pdf](https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Lessons_from_Case_Studies.pdf), Erişim: 20.03.2020
- İZODER. (2016). *Türkiye İçin U-Değerleri Haritaları Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (EPBD) Bağlamında Maliyet Etkinliğe Yönelik Karşılaştırmalı Metodolojinin Uygulanması*, s.26, <https://www.izoder.org.tr/dosyalar/haberler/Turkiye-U-degerleri-haritasi-raporu-2016-Turkce.pdf>
- Jahawar, K. (2012). *Green Architecture A Detailed Report On High Performance Building For Cold Climate*, Vastu Kala Academy, Technology, Business
- Janson. U. (2008). Experiences from Apartment Buildings as Passive Houses in Sweden, *The 11<sup>th</sup> International Passive House Conference*, Lund University
- Janson. U. ve Wall. M. (2012). *Miljonprogrammet utveckla eller avveckla*, Fokuserar. Stockholm. 287-292
- Karagülle, C. (2009). *Yerel Verilerin Konut Tasarım Sürecinde Değerlendirilmesi: Mardin Örneği*, Thesis (PhD), İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology
- Kısaovalı, P., 2009, *Türkiye İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistematiğinin Oluşturulması: Kayaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi*, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Edirne
- Knudsen. H.N. Thomsen. K.E. Rose. J. ve Bergsoe. N.C. (2015) *Tenants' Experiences and Satisfaction in Social Housing Subject to Comprehensive Retrofitting A Danish Case Study*, Danish Building Research Institute, Denmark
- Lechner. N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting Sustainable Design Methods for Architects*, 4<sup>th</sup> Edition, s.79-139
- Morrin. N. (2014). *Sustainability Case Study-Miljonhemmet Brogarden Alingsas Sweden*, Case Study 64, Skanska
- Odyssee-Mure, (2018). <https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/buildings-energy-efficiency-trends.html> Erişim: 20.03.2020
- Pacheo. R. Ordonez. J. ve Martinez. G. (2012). Energy efficient design of building: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16(6)
- Thomsen. K.E. Rose. J. Morck.O. Jensen S.O. ve Ostergaard I. (2015). Energy Consumption in an Old Residential Building Before And After Deep Energy Renovation, *Energy Procedia*, vol. 78

- Oral G.K ve Yılmaz Z. (1988). Determination of Building Envelope U Value in According to Building form from Heating Energy Conservation Point of View. *Renewables: The Energy for the 21<sup>st</sup> Century World Renewable Energy Congress VI* 1–7, UK
- Yu. L., ve Wang X.I. (2018). The Study of Energy-Saving Window Technology Adaption for Green Buildings in the Severe Cold Region of Northern China, In book: *Cold Climate HVAC 2018*, s.159-170



# BİR YAPAY SİNİR AĞI MİMARİSİ OLUŞTURMADA KULLANILAN AKTİVASYON FONKSİYONLARININ EĞİTİM PERFORMANSINA ETKİLERİ

**Öğr. Gör. Ahmet DURAK**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

**Öğr. Gör. Dr. Ali IŞIKTAŞ**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

**ÖZET:** Yapay sinir ağları insan beyninden esinlenerek geliştirilmesinden dolayı oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bunun aksine görüntü işleme, istatistik, tahmin gibi konularda oldukça başarılıdır. Fakat eğitim süreçlerinin nasıl çalıştığı tam olarak bilinmemektedir. Bundan dolayı çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır. Aktivasyon fonksiyonları yapay sinir ağlarında kilit bir rol onar. Bu nedenle daha iyi performans elde etmek için özelliklerinin iyi bilinmesi gereklidir. Bu çalışmada, literatürde en sık kullanılan hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve sigmoid aktivasyon fonksiyonu karşılaştırılmıştır. İki aktivasyon fonksiyonu aynı eğitim algoritmalarına tabi tutularak karşılaştırılmış ve deney sonuçları grafikler üzerinde gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar eğitim algoritması ve ağ mimarisinin daha hızlı oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay sinir ağları, kurutma, modelleme, aktivasyon fonksiyonları

## The Effects of Activation Functions Used in Creating an Artificial Neural Networks Architecture on Training Performance

**ABSTRACT:** Artificial neural networks have a very complicated structure due to their development inspired by the human brain. On the contrary, they are very successful in image processing, statistics, prediction. However, it is not known exactly how education processes work. Therefore, various problems are encountered. Activation functions play a key role in artificial neural networks. For this reason, it is necessary to know its features well to get better performance. In this

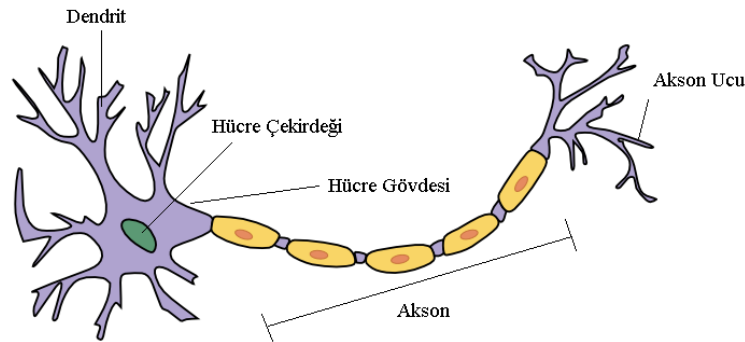
study, the most frequently used hyperbolic tangent activation function and sigmoid activation function were compared. The two activation functions were used in the same training algorithms and the experiment results are shown on the graphs. The results obtained allow the quickly creation of the training algorithm and network architecture.

**Keyword:** Artificial neural networks, drying, modelling, activation functions

## 1.GİRİŞ

Yapay sinir ağları (YSA) insan beyninin biyolojik sinir ağlarından (Şekil 1.1. Biyolojik Nöron (Gupta vd., 2016) esinlenerek ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda insan beyninin öğrenme, bu yolla yeni bilgiler elde etme ve elde ettiği bilgiler ile yeni şeyler keşfedebilme gibi yeteneklerini gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır.

YSA, temel olarak ağırlıklarla çarpılan girdilerden oluşur. Yapay sinir hücrelerine dışarıdan verilen bilgiler girdi olarak adlandırılır. Ağırlık değerleri ise hücreye girdi olarak verilen bilgilerin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Ağırlıklar daha sonra nöronun aktivasyonunu belirleyen bir matematiksel fonksiyondan geçirilir (Gupta, vd., 2016).



Şekil 1.1. Biyolojik Nöron (Gupta vd., 2016)

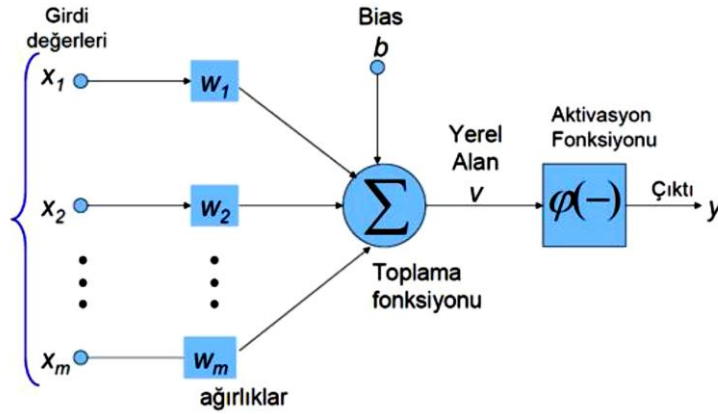
Genel anlamda YSA'ları, biyolojik sinir sisteminin işlevi taklit edilerek insan beyninin modellenmesi için tasarlanması için geliştirilmiş sistemlerdir. Ve bu sayede aşağıdaki işlemleri gerçekleştirmekle görevlendirilmişlerdir:

- Öğrenme
- İlişkilendirme
- Sınıflandırma

- Genelleme
- Tahmin
- Özellik belirleme
- Optimizasyon

Bu işlemleri yapan sinir ağlarının ortak noktası ise bir müdahale yapılmaksızın, elinde bulunan bilgilere göre sonuç üretebilmesidir. Yapay sinir ağları öğrenme işlemi sırasında verilen bilgiler ile kendini düzenleyerek daha sonraki girdiler için doğru kararlar verebilme yeteneğine sahiptir (Kakıcı 2009).

Yapay sinir hücreleri de biyolojik sinir hücrelerine benzer yapıdadır. Yapay nöronlar da aralarında bağ oluşturarak yapay sinir ağlarını meydana getirirler. Tıpkı biyolojik nöronlarda olduğu gibi yapay nöronların da giriş impulslarını aldıkları, bu impulsları toplayıp işledikleri ve çıktılarını ilettikleri bölümleri bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Yapay Sinir Hücresi (Biçer A, 2018)

Bir yapay sinir hücresi beş bölümden oluşmaktadır;

Girdiler

Ağırlıklar

Birleştirme fonksiyonu

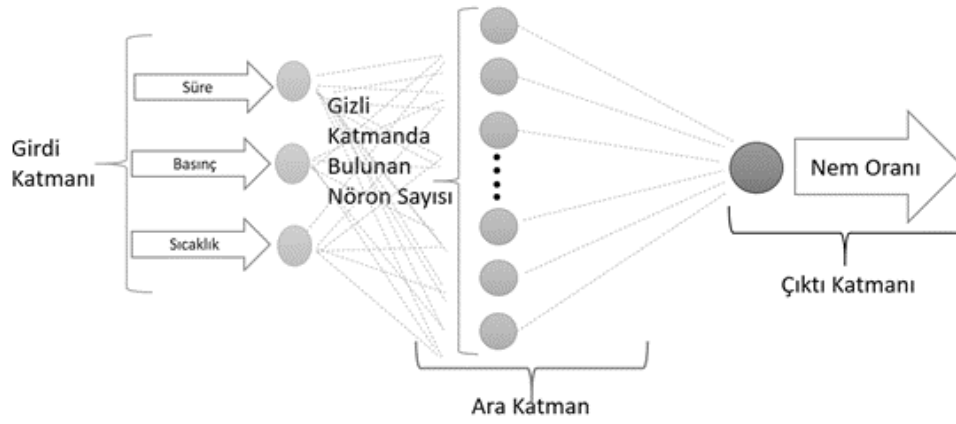
Aktivasyon fonksiyonu

Çıktılar

## 2.MATERYAL VE METOD

Yapay sinir ağları ile modellemede yapılmış olan iplik kurutma deneyinin verileri kullanılmıştır. Bu veriler hem logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu ile hem de tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu ile ayrı ayrı uygulanmıştır.

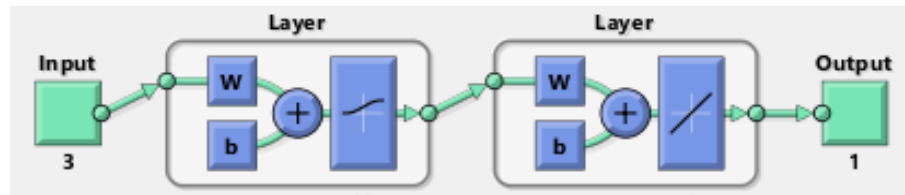
Farklı basınç ve farklı sıcaklıklarda yapılan deneylerin, kurutulması esnasında düşmekte olan nem oranları ve kurutma süreleri elimizde mevcut olan verilerdir. Ağ mimarisi oluşturulurken süre, basınç ve sıcaklık şartları girdi, azalan nem oranı ise çıktı olarak tasarlanmıştır.



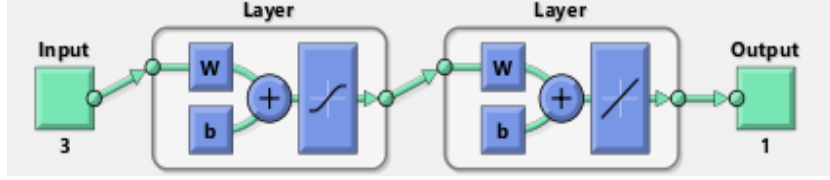
Şekil 2.1 Yapay Siniri Ağ Mimarisi

Deneylerden elde etmiş olduğumuz veri sayısı 96 adettir. Bu verilerin 80 tanesi ağın eğitimi, geri kalan 16 tanesi ise ağın testi için uygulanmıştır.

Aktivasyon fonksiyonlarının karşılaştırılması için aynı şartlarda, aynı veriler kullanılarak farklı iki ağ yapısı oluşturulmuştur.

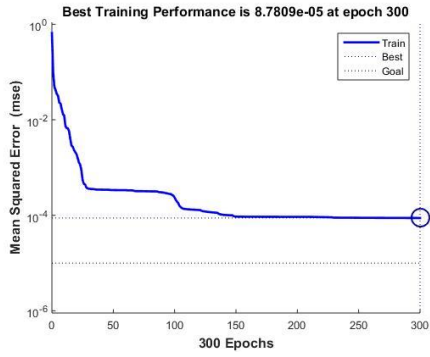


Şekil 2.2 Logaritmik Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu İle Oluşturulan Ağ

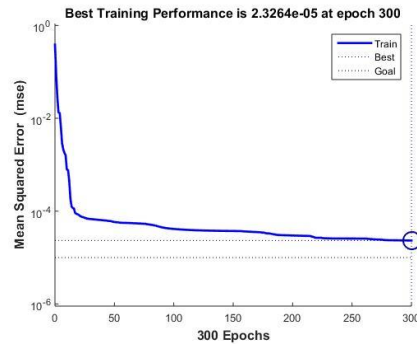


Şekil 2.3 Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu İle Oluşturulan Ağ

Eğitim ilk olarak logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu ve 10 nöron ile denemeye başlanmıştır.

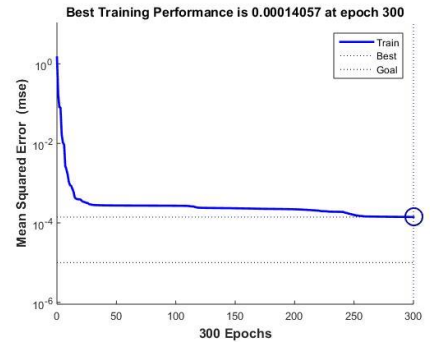


Şekil 2.4 LSAF Ve 10 Nöron İle Eğitim

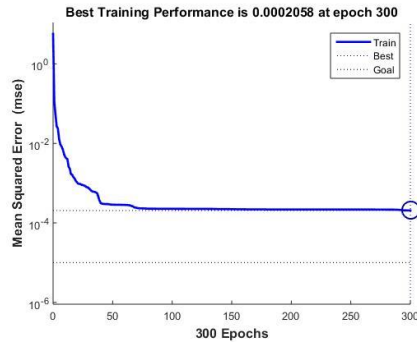


Şekil 2.5 LSAF Ve 11 Nöron İle Eğitim

Eğitim

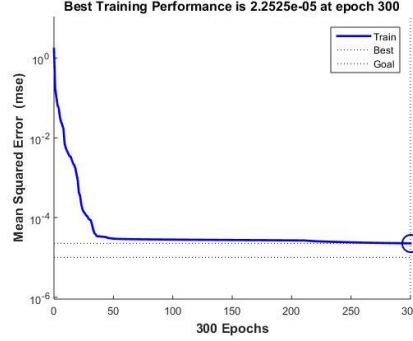
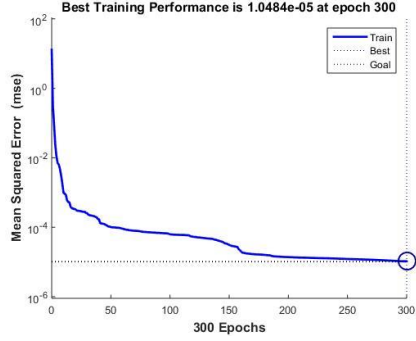


Şekil 2.6 LSAF Ve 12 Nöron İle Eğitim

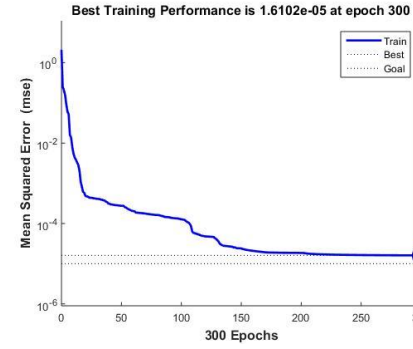


Şekil 2.7 LSAF Ve 13 Nöron İle Eğitim

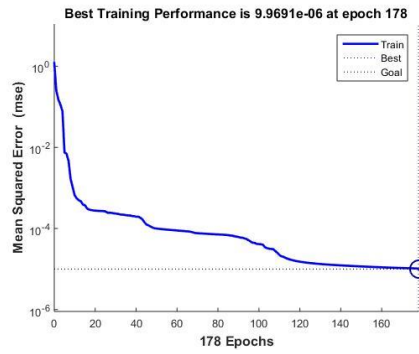
Eğitim



Şekil 2.8 LSAF Ve 14 Nöron İle Eğitim Şekil 2.9 LSAF Ve 15 Nöron İle Eğitim

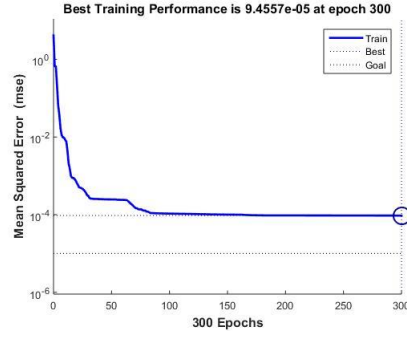
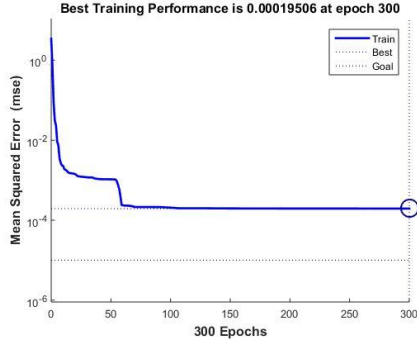


Şekil 2.10 LSAF Ve 16 Nöron İle Eğitim Şekil 2.11 LSAF Ve 17 Nöron İle Eğitim

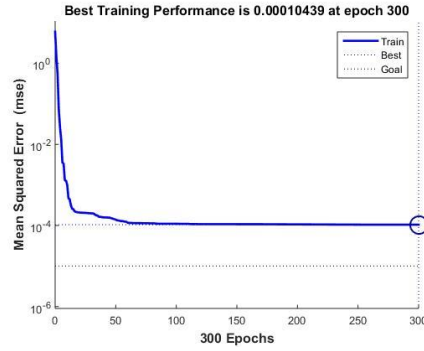
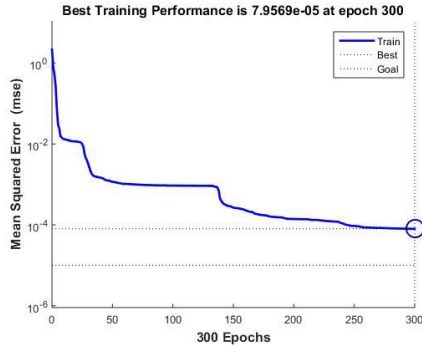


Şekil 2.12 Lsaf Ve 18 Nöron İle Eğitim

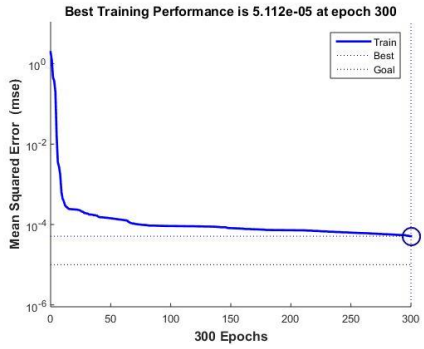
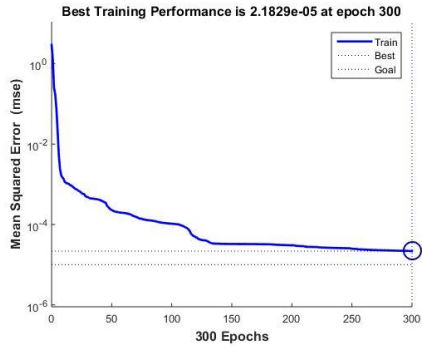
Logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu ile yapılan eğitim 18. nöronda başarılı bir şekilde gerçekleşti. Daha sonra eğitim tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu ve 10 nöron ile denenmeye başlanmıştır.



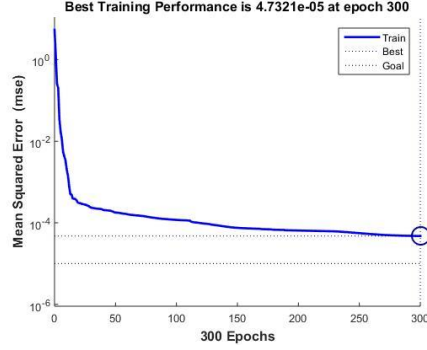
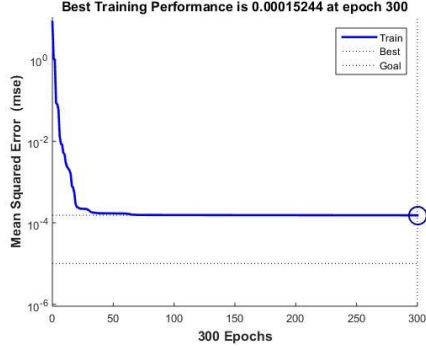
Şekil 2.13 THAF Ve 10 Nöron İle Eğitim Şekil 2.14 THAF Ve 11 Nöron İle Eğitim



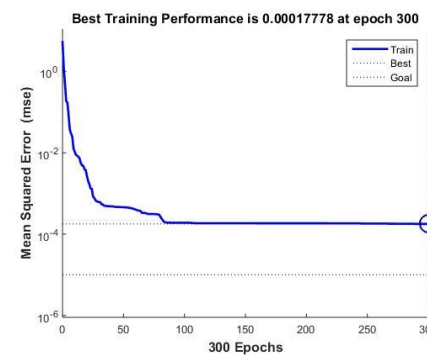
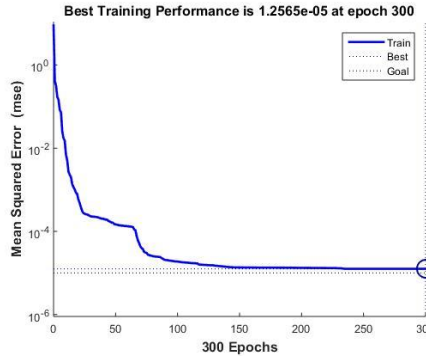
Şekil 2.15 THAF Ve 12 Nöron İle Eğitim Şekil 2.16 THAF Ve 13 Nöron İle Eğitim



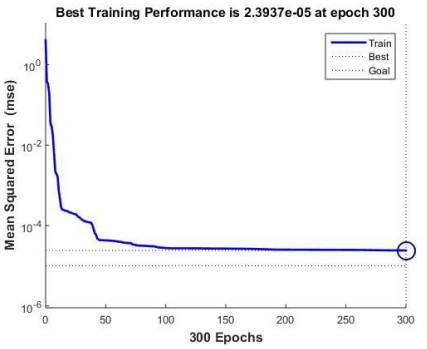
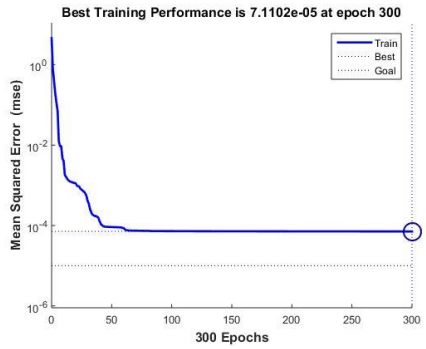
Şekil 2.17 THAF Ve 14 Nöron İle Eğitim Şekil 2.18 THAF Ve 15 Nöron İle Eğitim



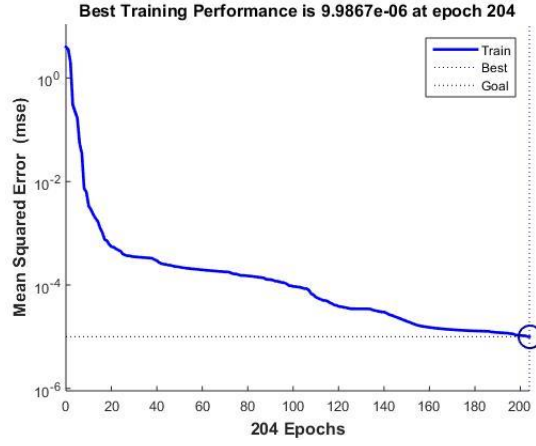
Şekil 2.19 THAF Ve 16 Nöron İle Eğitim Şekil 2.20 THAF Ve 17 Nöron İle Eğitim



Şekil 2.21 THAF Ve 18 Nöron İle Eğitim Şekil 2.22 THAF Ve 19 Nöron İle Eğitim



Şekil 2.23 THAF Ve 20 Nöron İle Eğitim Şekil 2.24 THAF Ve 21 Nöron İle Eğitim



Şekil 2.25 THAF Ve 22 Nöron İle Eğitim

Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu ile yapılan eğitim 22. nöronda başarılı bir şekilde gerçekleşti.

### 3.SONUÇ

Gerçekleşen eğitimler sonucunda ağlar teste tabi tutulmuştur. Testler sonucunda elde edilen veriler ise Tablo.1'de görülmektedir.

Tablo.1 Deneysel Sonuçlar İle Modelleme Sonuçlarının Karşılaştırılması

Deneysel Veri Sonuçları	Logaritmik Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu	Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu
0,110	0,106176	0,097079
0,258175	0,245796	0,288114
0,396361	0,363204	0,352802
0,060	0,084068	0,136072
0,338	0,275231	0,322347
0,374627	0,39178	0,411491

1	0,978674	0,980743
0,231466	0,263563	0,27386
0,209	0,169716	0,205229
0,047878	0,146509	0,178648
0,375	0,290888	0,344409
0,186964	0,187726	0,185121
0,244773	0,241979	0,239172
0,247249	0,228814	0,210963
0,303845	0,290481	0,240004
1,000	0,941831	0,868329

Bu veriler ışığında karşılaştırmalar yapılmıştır. Eğitimin gerçekleştiği nöron sayısı, modeller ve deney seti arasındaki ki-kare testi, korelasyon katsayısı ve standart hata gibi istatistiksel verilere göre logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu daha hızlı eğitilmiş ve reel verilere daha yakın olduğu görülmüştür.

Tablo 2. Deneysel Verilerin Modeller İle Arasındaki İstatistiksel Analizi

	Logaritmik Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu	Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu
$\chi^2$	0,893	0,757
$e_s$	0,039	0,047
r	0,979	0,965

## KAYNAKLAR

- Biçer A (2018). Enerji Talep Tahminine Yönelik Program Geliştirme ve Bir Bölge için Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Doan, C. D. ve Liong, S. Y., “Generalization For Multilayer Neural Network Bayesian Regularization Or Early Stopping”, <http://masters.donntu.org/2012/etf/snegina/library/ar1.pdf>, 18 Ocak 2018.
- Gupta, P., Gupta, N. ve Dey, P., 2016, Artificial Neural Network for Cytodiagnosis of Endometrial Carcinoma, *Analytical and Quantitative Cytopathology and Histopathology*, 38 (4), 249-254.
- Kakıcı A (2009). Yapay Sinir Ağları. <http://www.ahmetkakici.com/category/yapay-sinir-aglari/> (Erişim Tarihi, 10.11.2011).
- Lin C, Lee G (1996). Neural Fuzzy Systems. Prentice Hall, 236-240, 242, 445-448.
- M. F. Moller, “A scaled conjugate gradient algorithm for fast supervised learning”, *Neural Networks*, 6(4):525–533.
- Sharma, B. ve Venugopalan, K., (2014). “Comparison of Neural Network Training Functions for Hematoma Classification in Brain CT Images”, *IOSR Journal of Computer Engineering*, 16(1):31-35.
- W.W. Hager ve H. Zhang, “A survey of nonlinear conjugate gradient methods”, *Pacific of Journal Optimization*, 2(35):35–58.



# DKP SAC MALZEMENİN V-BÜKME İŞLEMİ SONRASI GERİ ESNEME DAVRANIŞI

**Öğr. Gör. Dr. Ali İŞIKTAŞ**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

**Öğr. Gör. Ahmet DURAK**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

**ÖZET:** Dkp sac malzemeler ev aletleri ve otomotiv sanayi yedek parçalarının üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dkp sac malzemenin şekillendirilmesinde karşılaşılan en önemli problemlerden biri geri esnemedir. Dkp sac malzemenin şekillendirilmesi sırasında oluşan bu geri esneme davranışı nihai ürünün şeklini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, dkp sac malzeme farklı bükme açılarında şekillendirilmiş ve daha sonra bükme açısı, malzeme kalınlığı ve ütüleme işleminin geri esnemeye etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, bükme açısının artması ile dkp sac malzemede meydana gelen geri esneme miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, malzeme kalınlığı ve ütüleme süresinin artmasıyla dkp sac malzemede meydana gelen geri esneme miktarının azaldığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Dkp sac, Geri esneme, V-bükme.

## Springback Behaviour of Dkp Sheet Material After V-Bending Process

**ABSTRACT:** Dkp sheet materials are widely used to manufacture household appliances and automobile industry spare parts. One of the most important problems which occur in forming dkp sheet material is springback. The springback behavior that occurs during forming of dkp sheet material has a negative impact on the form of the final product. In this study, dkp sheet material was formed in different bending angles and then the effects of bending angle, material thickness and holding time on springback were experimentally analyzed. As a result of the experiments, it was observed that the amount of springback in dkp sheet material increased as the bending angle increased. In addition, it was determined that the amount of springback in dkp sheet material decreased as material thickness and holding time increased.

**Keywords:** Dkp sheet, Springback, V-bending.

## 1. GİRİŞ

Sac metal malzemelerin şekillendirilmesi otomotiv parçaları, makine ekipmanları ve ev aletlerinin imalatında yaygın kullanılan bir işlemdir. Sac malzemelerin şekillendirilmesi işlemindeki en önemli sorunlardan biri istenilen bükme açısında ürünler elde edilememesidir (Aghchai vd., 2016:19). Sac malzemelerin şekillendirilmesi esnasında, malzemeye uygulanan kuvvet kaldırıldığında malzemede gerilmeler oluşmaktadır. Sac malzeme bu gerilmelerden dolayı ilk halini almaya çalışmakta ve bu durum bükülen malzemenin esneyerek açılmasına neden olmaktadır (Baseri vd., 2011:38). Bükme işlemi sonrası doğru bükme geometrisine sahip ürünlerin oluşmasının nedeni olan bu durum geri esneme olarak adlandırılmaktadır.

Malzemede oluşan geri esneme ürünün geometrik ölçülerinin değişmesine yol açmakta ve montaj problemlerine sebep olmaktadır (Carden vd., 2002:44). Sac malzemelerde bükme işlemi sonrası oluşan geri esneme nedeniyle tekrar kalıp hazırlanmak durumunda kalınmaktadır. Bu durum ilave zaman ve maliyet artışı anlamına gelmektedir. Bu nedenle, bükme işlemi sonrası oluşacak geri esnemeyi önceden tahmin etmek zaman ve maliyet açısından önemli kazançlar sağlar (Li vd., 2002:44).

Literatürde geri esneme üzerine araştırmaların yapıldığı görülmektedir. Geri esneme üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde; bakır ve çelik malzemeler modüler bir V bükme kalıbı kullanılarak büküldükten sonra zımbanın bekleme süresi ve malzeme kalınlığının geri esneme üzerine etkisini incelenmiştir (Tekaslan vd., 2006:27) (Tekaslan vd., 2008:23). Soğuk haddelenmiş TRIP çeliğinin V bükme işlemi sonrası oluşan geri esneme miktarı deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır (Fei ve Hodgson, 2006:236).

Bu çalışmada, dkp sacın şekillendirilmesinde bükme açısı, malzeme kalınlığı ve ütüleme işleminin geri esnemeye etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bükme deneylerinde numune olarak 1 mm, 1.5 mm ve 2 mm kalınlıklarında Dkp sac kullanılmıştır. Dkp sac numuneler V bükme kalıpları kullanılarak farklı bükme açılarında (60°, 90° ve 120°) şekillendirilmiştir. Bükme işlemi sonrası koordinat ölçüm cihazı (CMM) kullanılarak numunelerin açıları ölçülmüş ve geri esneme değerleri hesaplanmıştır.

### 2.1. Numunelerin Hazırlanması

1000x2000 mm boyutlarında temin edilen Dkp sac levhalar giyotin tezgâh kullanılarak 30x60 mm test numune ölçülerine kesilmiştir. Sac levhaların kesimi haddelme yönünde yapılmıştır. Sac levhaların giyotin tezgâhta kesilmesi Şekil 1’de gösterilmiştir.



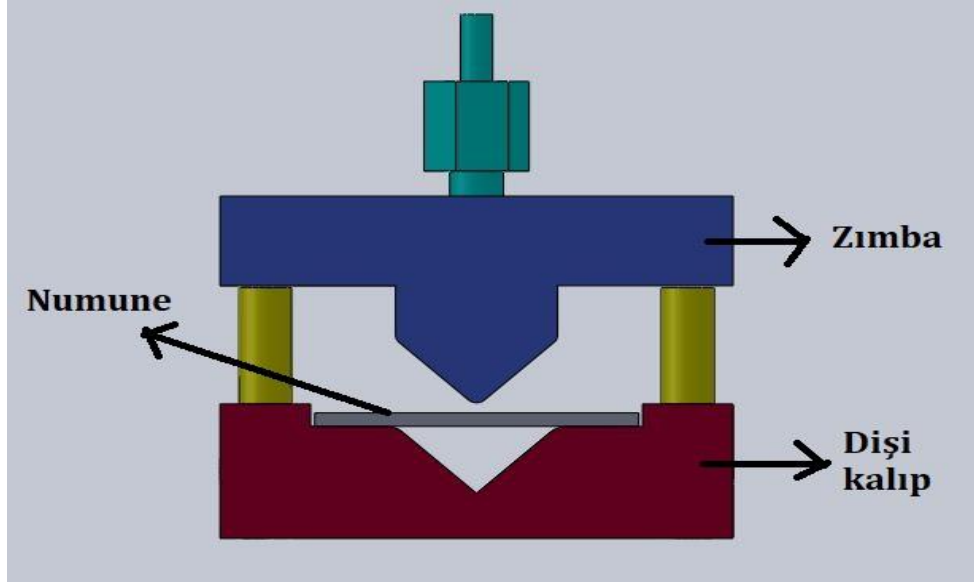
Şekil 1. Sac levhaların giyotin tezgâhta kesilmesi

## 2.2. V Bükme Deneyi

Sac malzemelerin şekillendirilmesi ile ilgili uygulamalarda en sık karşılaşılan bükme yöntemlerinden biri V bükme işlemidir. Bu nedenle deneysel çalışmada V bükme yöntemi kullanılmıştır. Deneysel çalışmada, Dkp sac numuneleri V bükme kalıpları kullanılarak farklı bükme açılarında ( $60^\circ$ ,  $90^\circ$  ve  $120^\circ$ ) şekillendirilmiştir. Deney numunelerinin şekillendirilmesinde kullanılan bükme kalıpları St 37 çelik malzemesinden, Cnc dik işleme merkezinde hassas olarak üretilmiştir.

V bükme deneyleri 10 ton kapasiteli hidrolik preste yapılmıştır. Sac malzemeleri bükme için kullanılan presin hızı ayarlanabilir olup, deney sırasında 5 mm/sn sabit hız kullanılmıştır. Bükme cihazı özel bir yazılım ile kontrol edilmektedir. Bükme testi öncesi yaklaşma hızı, bükme hızı, bükme sonrası çekilme hızı ve zımba strok değeri bu yazılım programına girilerek bükme deneyleri yapılmıştır.

Bükme deneyleri öncesi numune kalıba yerleştirilmiştir. Daha sonra bükme cihazının kontrol edildiği yazılım kullanılarak deney başlatılmıştır. Presin çalışması ile zımba malzemeye temas etmekte ve bu sayede bükme işlemi başlamaktadır. Bükme işlemi zımba ile dişi kalıp arasında sac kalınlığı kadar mesafe kalana kadar devam etmektedir. Sac kalınlığı kadar mesafe bırakılmasındaki amaç ise sacın deforme olarak yapısının bozulmasını önlemektir.  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  ve  $120^\circ$  bükme geometrisi elde edilmesiyle birlikte, V bükme işlemi tamamlanmaktadır. Deneylerde kullanılan  $90^\circ$  bükme kalıbı ve deney numunesi Şekil 2’de gösterilmiştir.



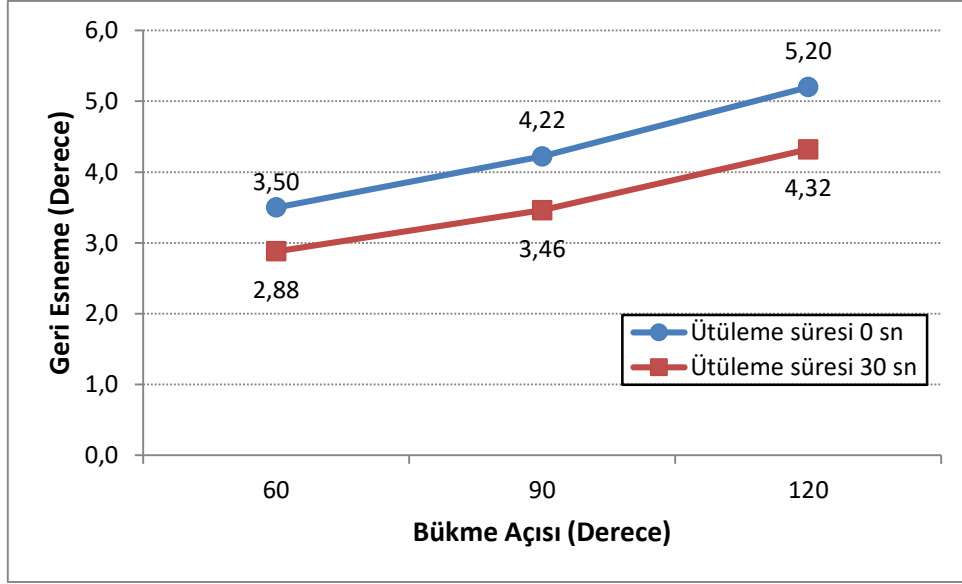
Şekil 2. V bükme deneylerinde kullanılan 90° bükme kalıbı

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Dkp sacların V bükme kalıplarında şekillendirilmesiyle oluşan geri esneme miktarı deneysel olarak araştırılmıştır. Geri esneme testlerinde kullanılan deney numuneleri 30x60 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Numunelerin malzeme kalınlıkları ise 1 mm, 1.5 mm ve 2 mm olarak seçilmiştir. Numuneler 60, 90 ve 120° bükme açılarında şekillendirilmiştir. Ayrıca, zımbanın sac malzeme üzerinde bekletilmesinin (ütüleme işlemi) geri esnemeye etkisi araştırılmıştır. Deneylerde, her parametre için 10 adet numune kullanılarak testler tekrarlanmıştır. Deneyler sonrası bükülmüş olan numunelerin açıları koordinat ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüş olup, bu değerlere göre numunelerin geri esneme miktarları hesaplanmıştır.

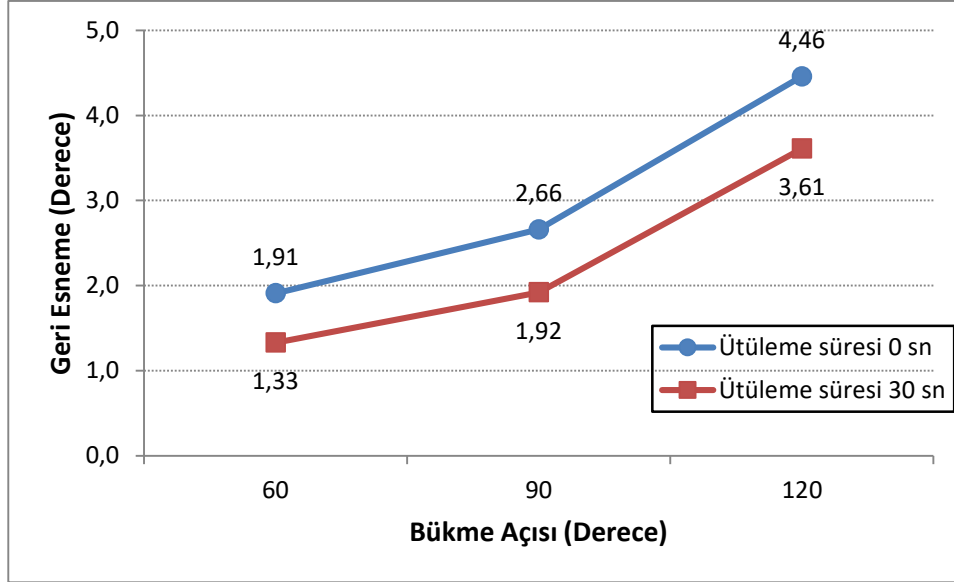
#### 3.1. Bükme Açısı ve Ütüleme İşleminin Geri Esnemeye Etkisi

Deneysel çalışmalardan elde edilen verilere göre bükme açısı ve ütüleme işleminin geri esneme davranışına etkisi Şekil 3-5’de verilmiştir.



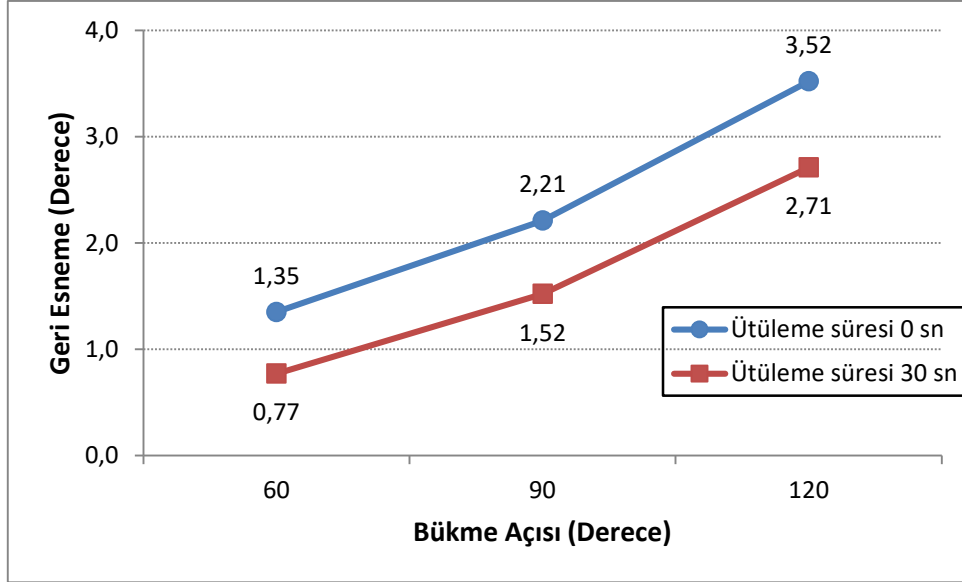
Şekil 3. 1 mm kalınlığındaki Dkp sacın geri esneme sonuçları

Şekil 3 incelendiğinde, ütüleme işlemi uygulanmayan 1 mm kalınlığındaki Dkp sacın farklı bükme açılarında şekillendirilmesi neticesinde en az geri esnemenin  $3.50^\circ$  ile  $60^\circ$  bükme açısında, en fazla geri esnemenin  $5.20^\circ$  ile  $120^\circ$  bükme açısında olduğu belirlenmiştir. Ütüleme işlemi uygulanan aynı kalınlığındaki Dkp saca ise en az geri esnemenin  $2.88^\circ$  ile  $60^\circ$  bükme açısında, en fazla geri esnemenin  $4.32^\circ$  ile  $120^\circ$  bükme açısında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. 1.5 mm kalınlığındaki Dkp sacın geri esneme sonuçları

Şekil 4 incelendiğinde, ütüleme işlemi uygulanmayan 1.5 mm kalınlığındaki Dkp sacın farklı bükme açılarında şekillendirilmesi neticesinde en az geri esnemenin  $1.91^\circ$  ile  $60^\circ$  bükme açısında, en fazla geri esnemenin  $4.46^\circ$  ile  $120^\circ$  bükme açısında olduğu belirlenmiştir. Ütüleme işlemi uygulanan aynı kalınlığındaki Dkp saca ise en az geri esnemenin  $1.33^\circ$  ile  $60^\circ$  bükme açısında, en fazla geri esnemenin  $3.61^\circ$  ile  $120^\circ$  bükme açısında olduğu belirlenmiştir.

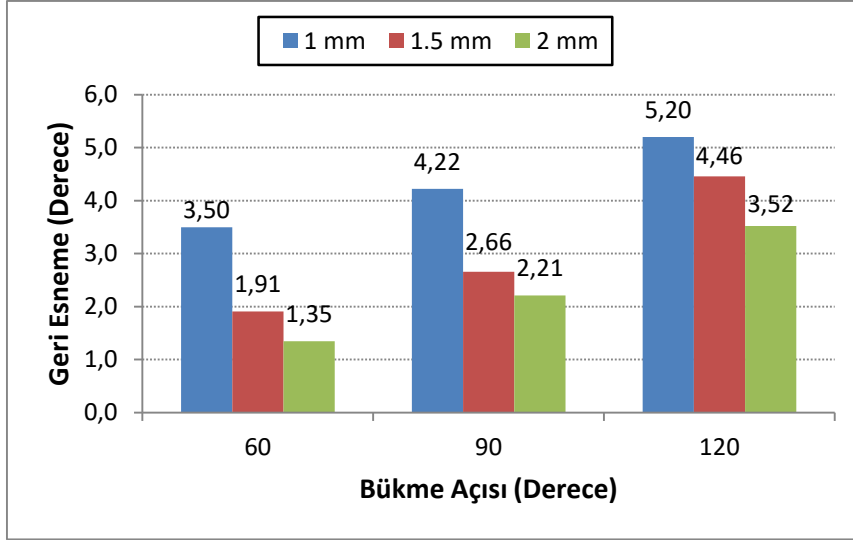


Şekil 5. 2 mm kalınlığındaki Dkp sacın geri esneme sonuçları

Şekil 5 incelendiğinde, ütüleme işlemi uygulanmayan 2 mm kalınlığındaki Dkp sacın farklı bükme açılarında şekillendirilmesi neticesinde en az geri esnemenin  $1.35^\circ$  ile  $60^\circ$  bükme açısında, en fazla geri esnemenin  $3.52^\circ$  ile  $120^\circ$  bükme açısında olduğu belirlenmiştir. Ütüleme işlemi uygulanan aynı kalınlığındaki Dkp saca ise en az geri esnemenin  $0.77^\circ$  ile  $60^\circ$  bükme açısında, en fazla geri esnemenin  $2.71^\circ$  ile  $120^\circ$  bükme açısında olduğu belirlenmiştir.

### 3.2. Malzeme Kalınlığının Geri Esnemeye Etkisi

DeneySEL çalışmalarından elde edilen verilere göre Dkp sac malzeme kalınlığı ve geri esneme davranışı arasındaki ilişki Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Farklı bükme açılarında malzeme kalınlığının geri esnemeye etkisi

Şekil 6 incelendiğinde, dkp sacın tüm bükme açılarındaki testlerinde malzeme kalınlığının artmasıyla geri esneme miktarının azaldığı görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dkp sac malzeme farklı bükme açılarında şekillendirilmiş ve daha sonra bükme açısı, malzeme kalınlığı ve ütüleme işleminin geri esnemeye etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Yapılan deneyler sonucunda, bükme açısının artması ile dkp sac malzemede meydana gelen geri esneme miktarının arttığı tespit edilmiştir.

- Dkp sacın tüm bükme açılarındaki testlerinde, malzeme kalınlığının artmasıyla geri esneme miktarının azaldığı görülmüştür.

- Ütüleme işlemi (zımbanın malzeme üzerinde bekletilmesi) uygulanan Dkp saclarda meydana gelen geri esneme miktarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Fakat zımbanın malzeme üzerinde bekletilmesi, malzemelerin proses süresini arttırmaktadır.

#### Teşekkür

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje numarası: 2011/44.

## KAYNAKLAR

- Aghchai, A., Abolghasemi, A., Moradkhani, B., & Tajik, M. (2016). Experimental, theoretical and numerical investigation of springback behavior of Al/composite/Al sandwich sheet. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 19(6), 659-678.
- Baseri, H., Bakhshi-Jooybari, M., & Rahmani, B. (2011). Modeling of spring-back in V-die bending process by using fuzzy learning back-propagation algorithm. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8894-8900.
- Carden, W. D., Geng, L. M., Matlock, D. K., & Wagoner, R. H. (2002). Measurement of springback. *International Journal of Mechanical Sciences*, 44(1), 79-101.
- Li, K. P., Carden, W. P., & Wagoner, R. H. (2002). Simulation of springback. *International Journal of Mechanical Sciences*, 44(1), 103-122.
- Tekaslan, Ö., Şeker, U., & Özdemir, A. (2006). Determining springback amount of steel sheet metal has 0.5 mm thickness in bending dies. *Materials & design*, 27(3), 251-258.
- Tekaslan, O., Gerger, N., & Seker, U. (2008). Determination of Copper sheet metal in "V" bending dies. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23(1), 231-238.
- Fei, D., & Hodgson, P. (2006). Experimental and numerical studies of springback in air v-bending process for cold rolled TRIP steels. *Nuclear Engineering and Design*, 236(18), 1847-1851.



# SAC ŐEKILLENDİRME TEKNOLOJİSİNDE GÜNCEL GELİŞMELER

**Dr. Burcu ERTUĞ**  
Nişantaşı Üniversitesi

**ÖZET:** Sac Şekillendirme yöntemleri, metal geometrisini değiştirmek ve karmaşık parça üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Söz konusu yöntemler arasında sac profilleme, bükme, derin çekme, sıvama ve sac gerdirme sayılabilir. Sac Şekillendirmede yeni geliőtmeler, üretim yöntemlerinde önemli inovasyonlara yol açmıştır. Bu yöntemlerden birisi artımlı sac Şekillendirme, bölgesel adımlı deformasyon olup özelleştirilmiş üretimlerde ve karmaşık ürünlerde kullanımı artmaktadır. Ancak bu yöntemde geometri hassasiyeti düşüktür. Bu sorun, CNC takımlarda uygun kontrol stratejisi uygulanarak aőılabilmektedir. Esnek sac profil imali, diğer bir yöntem olup otomotiv endüstrisinde farklı profillerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu yöntemde eksenel eğilme önemli bir üretim hatası oluşturmaktadır. Esnek sac profil imali yöntemi, günümüzde farklı üretime adapte edilmiştir. Diğer bir uygulama, esnek sac yüzey profil yöntemi olup henüz yaygınlaőmamıştır. Son yıllarda ise, hafif otomotiv parçaların üretiminde kullanılan yüksek mukavemetli çelik sacların deformasyon davranışının simülasyonunu gerçekleştirmek için modeller geliőtirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** sac metal Şekillendirme, artımlı sac Şekillendirme, esnek sac yüzey profil yöntemi

## Recent Research Advances in Sheet Metal Forming Technology

**ABSTRACT:** Each sheet metal forming technique aims to modify the metal geometry in order to produce complex parts with roll forming, bending, deep drawing, spinning and stretch forming. There are current advances in the sheet metal forming field opening a gate for some innovative manufacturing techniques. Among these methods, the incremental sheet forming method is a local progressive deformation, which currently widens its application in the customized productions and complex sheet parts. This method lacks the required accuracy in the geometry. This drawback has been overcome by applying appropriate control strategy in CNC machine tool. The flexible roll forming is another method to produce various automotive profiles. A significant defect

in this method is the longitudinal bow. Currently, the flexible roll forming has been adapted to double layered blank. The surface flexible rolling is an effective technique. However, this method is yet a rare application. In order to manufacture lightweight automotive products, a number of models for simulating deformation of the sheets from the high strength steels.

**Keywords:** sheet metal forming, incremental sheet forming, flexible rolling

## 1.GİRİŞ

Sac şekillendirme yöntemleri, metal geometrisini değiştirmek ve karmaşık parça üretmek amaçlarıyla kullanılan proseslerdir. Söz konusu yöntemler arasında bükme, derin çekme, sıvama germe sayılabilir. Sac şekillendirme proseslerinde sacın kalınlığı 0.4-0.6 mm.'dir. Bu proseslerde en çok kullanılan malzeme düşük karbonlu çeliklerdir. Söz konusu işlemler, oda sıcaklığında yapılır (soğuk işlem). Sac şekillendirmede, kütleli şekil verme yöntemlerine kıyasla düşük kuvvetler uygulanmaktadır. Metalin çekme mukavemeti değeri, şekillendirme yöntemi seçiminde önemli bir parametredir. Sac şekillendirme hataları, büyük ölçüde incelme, yırtılma vb. Nedenlere dayanmaktadır. Çoğu sac şekillendirme prosesi, pres makinalarında gerçekleştirilmektedir (Şekerci vd., 2018).

### 1.1.Sac Metal Kesme İşlemleri

Kesme prosesinde iki kenar arasına makaslama uygulanmaktadır. Başlangıçta zımba kesilecek yüzeye doğru basma uygulayarak yüzeyde plastik deformasyon oluşturmaktadır. Aşağı doğru hareket eden zımba, sac metal içine girerek sacı iki parçaya ayırmaktadır. Saca giriş kalınlığı, sac metal kalınlığının 1/3'ü kadardır. Zımba-kalıp arası boşluğun uygun ayarlanması durumlarında her iki kırılma çizgisi birbiriyle eşlemekte ve temiz kesme yüzeyi tabir edilen yüzeyler elde edilmektedir (Şekerci vd., 2018).

### 1.2.Sac Metal Bükme İşlemleri

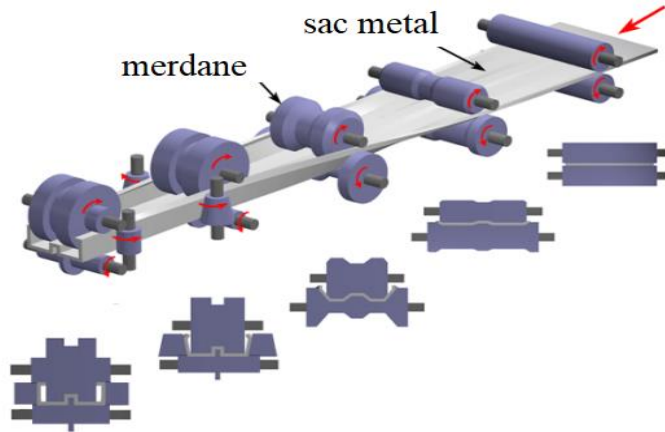
Bu yöntemde, yüzey alanında değişim minimum olmaktadır. Şekil değişimi, doğrusal eksen etrafında meydana gelmektedir. Kullanılan zımba ve kalıp, doğru açıklığa sahip olmalıdır. Bükme prosesi yapılırken tarafsız eksenin altında kalan bölge basma ve üstünde kalan bölge çekme gerilmeleri altındadır (Demirkol, 2010).

Bükme prosesinde metal hasarını önleyecek minimum bükme çapının belirlenmesi önemlidir. Sac metalin sertliği ve sac metal kalınlığı da kritik faktörlerdir. Bükme prosesi, metalin incelmeye neden olacağından son parça boyutlarının belirlenmesi de önem taşımaktadır (Şekerci vd., 2018).

Mekanik veya hidrolik presler kullanılan bu proseste, talaş kaldırma yapılmaz. Bu yöntem beyaz eşya sektörü ile otomotiv sektöründe yaygın kullanılan bir prosedir. Sac metalin dış bölgesinde uzama ve kesit daralma, iç bölgede ise kısılma ve kesit genişleme gerçekleşmektedir. Ağırlık merkezinden geçen nötr eksenle uzama veya kısılma olmaz. Bükme işlemleri, V veya U bükme olarak gruplandırılmaktadır. İşlemin başlangıcında sac metalde elastik deformasyon gerçekleşmekte ve takiben ise, plastik deformasyon meydana gelmektedir. Sac metale uygulanan yükün kaldırılması, elastik toparlanma oluşturmakta ve sonuç parça ilk haline geri dönme eğilimi göstermektedir (geri yaylanma). Proseste kullanılan kalıplar iki parçadan oluşmaktadır. Çıkıntılı olan erkek kalıp, zımba ve girintili olan dişi kalıp ise, matris olarak adlandırılmaktadır. Sac metali sabitlemek veya kırışmayı engellemek amacıyla pot çemberi kullanılabilir (Hekim, 2016).

### 1.3.Merdanelerle Şekillendirme

Merdanelerle şekillendirme yöntemi, merdaneler yardımıyla kademeli olarak gerçekleştirilmektedir. Şekillendirme sırasında bükme yapılırken deformasyonların bir noktaya yığılması sacın çatlaması önlenmektedir. Arzu edilen profile bağlı olarak çok sayıda merdane kullanılabilir (Demirkol, 2010).



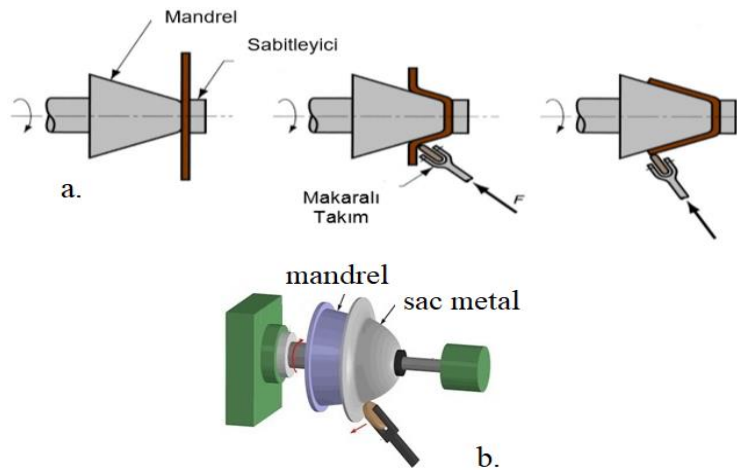
Şekil 1 Merdanelerle Şekillendirme (Dubina, 2014).

Merdanelerle şekillendirme Şekil 1’de verildiği üzere, sürekli bükme işlemidir. Sabit profile sahip ve uzun parçaların büyük miktarda üretimine uygundur. Merdane takımları, yatay paralel şaft çiftleri üzerinde yerleştirilmiştir. Daha hassas kontrol ve esneklik sağlamak ve malzeme üzerindeki gerilmeleri sınırlandırmak için yanal merdaneler de kullanılabilir. Şekillendirilmiş saclar daha sonra arzu edilen boyutlarda kesme işlemine tabi tutulabilir (GROOVER, 2010).

Her merdane kalıbının şekli ve boyutu, farklı olabilir veya çok sayıda özdeş kalıp farklı konumlara yerleştirilebilir. Kalıplar, sac metalin altında ve üstünde veya yan konumlarda bulunabilir. Kalıplar yağlanarak kalıp-sac arası sürtünme azaltılır böylece takım ömrü uzatılmış olur. Yağlayıcı, üretim hızını da artırır. Üretim hızı, metal kalınlığı, merdane sayısı ve her bükmedeki yarıçap değerlerine de bağlıdır (CUSTOM PART NET, 2020).

#### 1.4.Sıvama

Sıvama yöntemi, kademeli olarak uygulanan bir işlemdir. Eksenel simetriye sahip parçaların üretimine uygun olup üç farklı biçimde gerçekleştirilebilir: Geleneksel sıvama, keserek sıvama ve tüp sıvama. Geleneksel sıvama yönteminde mandrel, dönen bir mekanizmaya tutturularak sac metal basma aparatı ile mandrel üzerine basılmaktadır. Mandrel ve pul döndürülmekte iken, sac metal üzerine bir gereç yardımıyla bastırılmaktadır. Amaç, sac metalin mandrel üzerine yatırılmasıdır (Demirkol, 2010).

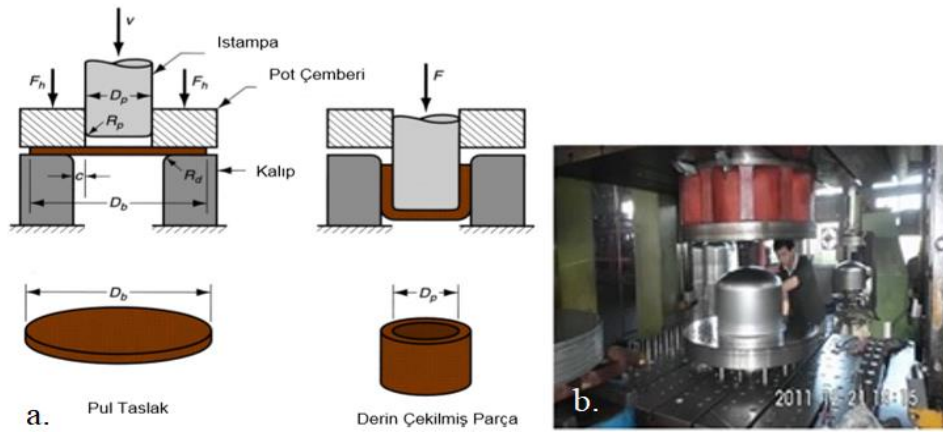


Şekil 2 a. Sıvama (Demirkol, 2010), b. Sıvama makinası (CUSTOM PART NET, 2020).

Sıvama disk veya tüp metal Şekil 2’de görüldüğü gibi yüksek hızda döndürülür ve CNC kontrollü sıvama makinası yardımıyla aksenal olarak simetrik parçalar üretilir. Bu yöntemin önemli uygulamaları, roket burun konisi ve mutfak ürünleridir. Pratik olarak alüminyum, paslanmaz çelik, yüksek mukavemetli alaşımlar, yüksek sıcaklık alaşımları vb. her sünek metal bu yöntemle şekillendirilebilir. Sonuç parçaların çapları ve derinlikleri, sadece düzenek boyutuna bağlıdır. Parçanın son çapı, ilk çapından küçüktür dolayısıyla radyal olarak uzama söz konusudur. Yüzey veya form kritik değilse mandrel kullanmaya gerek duyulmaz. Sıcak sıvamada metal, torçtan sağlanan ısı ile ısıtılır. Daha sonra sıcak metal, dönme sırasında ısıtılmış yüzeye baskı yapılarak şekillendirilir (DEGARMO vd., 2003;PALTEN and PALTEN, 2002).

### 1.5.Derin Çekme

Bu yöntemde, düz saclar kullanılarak basit veya karmaşık şekilli parça imal edilmektedir. Şekillendirme türü, soğuk işlemdir. Mermi kovanları, otomotiv sac parçaları, yakıt tankları vb. üretilen önemli parçalardır (Demirkol, 2010).



Şekil 3 a. Derin çekme işlemi (Demirkol, 2010), b. Derin çekme (DEEP DRAWING, 2020).

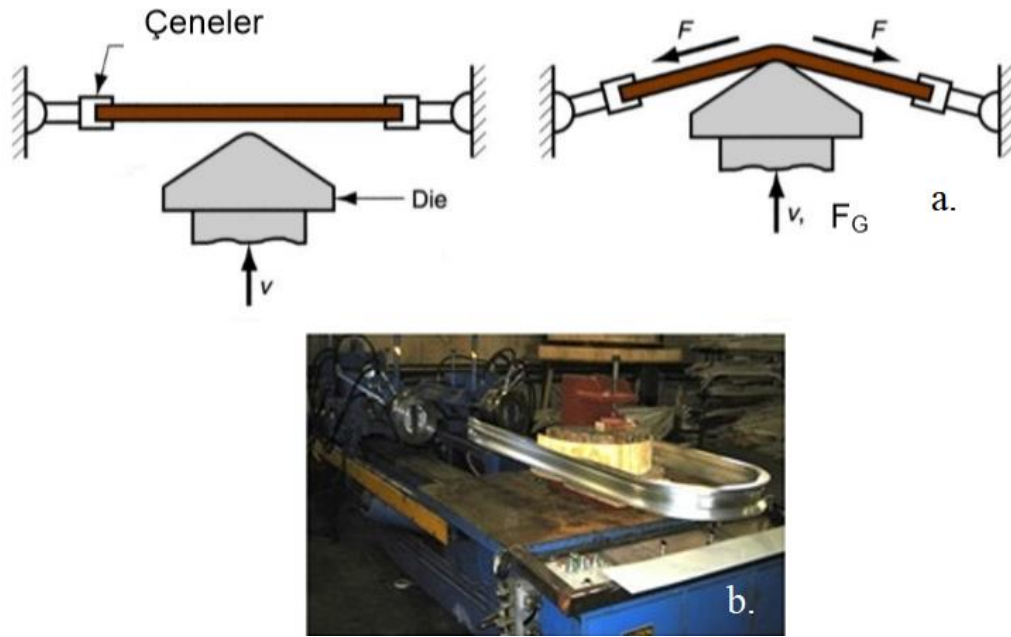
Derin çekme yöntemine Şekil 3’de verildiği üzere, belirli bir boyutta taslak pul kesme ve kalıbın üzerine yerleştirme aşaması ile başlanır. Parça üzerine pot çemberiyle bastırılarak metal sacın akma mukavemetinin % 1.5’ine kadar gerilme uygulanır. Bunu takiben ıstampa, pula temas ederek metal sacı kalıbın içine doğru çekmektedir ve sonuç olarak sac metalde bükülme gerçekleşmektedir. Derin çekmede flanş,

radyal çekme gerilmesi ve teğetsel basma gerilmesine maruz kalmaktadır. Basma gerilmeleri, flanş kırışmalarına neden olmaktadır. Ancak pot çemberinin, sac metalin flanş bölgesine uyguladığı basma uygun bir değerdeyse flanş bölgesinde kırışma önlenir (Demirkol, 2010).

Derin çekmede son parçaların derinliği, parça çapının yarısından daha büyüktür. Üretilen parçaların kesitleri düz, eğimli vb. olabilmektedir. Bu yöntemde silindirik veya dikdörtgen şekilli parçalar en yaygın parçalardır. Derin çekme, alüminyum, bakır vb. sünek metallerde daha etkili bir yöntemdir. Zımba ve kalıp, sac metale uygulanan kuvvetlerin etkisi altında aşınmaya maruz kalmaktadırlar ve takım çeliği, karbon çeliği vb. yapılmaktadırlar (CUSTOM PART NET, 2020).

### 1.6. Germe İşlemleri

Germe yönteminde Şekil 4’de verildiği üzere, sac metal çeneler ile kenarlardan yakalanmakta ve hareketine izin verilmemektedir. Bunu takiben, kalıpla gerilen sac metale basma gerilmeleri uygulanarak sonunda sac metalin kalıp şeklini alması sağlanmaktadır (Demirkol, 2010).



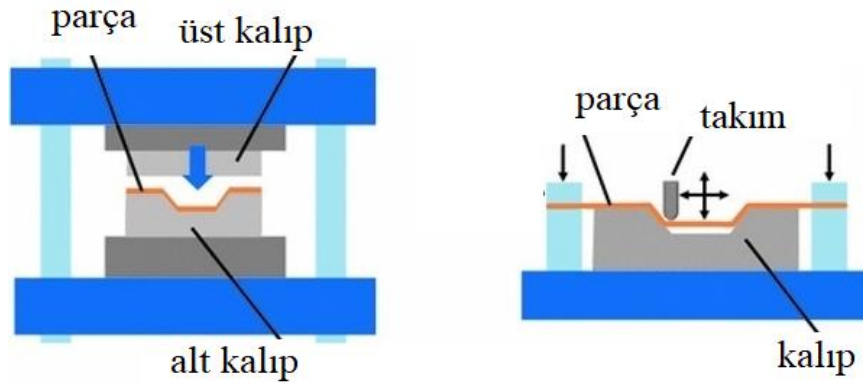
Şekil 4 a. Germe işleminde (Demirkol, 2010), b. Germe (SOUTHERN STRETCH, 2020).

En çok kullanılan germe presleri, dikey doğrultulu olup kalıp bir pres tablası üzerine oturmaktadır ve sac seviyesine hidrolik koç ile kaldırılmaktadır. Çenelerin sac metali yakalaması ile çekme gerilmeleri etkisinde şekillendirme başlar (CAPPSMFG SHEET-METAL FORMING, 2020).

Bu yöntemle üretilen parçalar, çok yüksek doğruluk ve düzgün yüzeylere sahiptirler. Bu yöntem için sünek metaller tercih edilmektedir, en yaygınları ise alüminyum, çelik ve titanyumdur. Üretilen parçalar, otomobil kapı panelleri gibi büyük eğri yüzeyler veya uçaklardaki kanat panelleri olabilir. Düz saclardan basit veya karmaşık şekillerde parçaları imal etmede kullanılan bir yöntemdir (CUSTOM PART NET, 2020).

## 2.SAC ŞEKİLENDİRMEDE YENİ GELİŞMELER

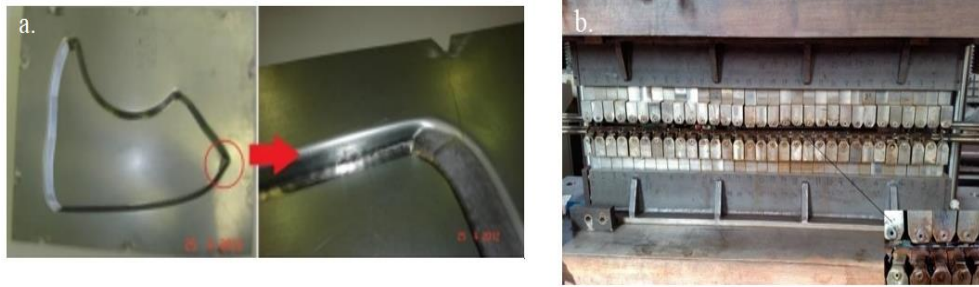
Sac şekillendirmede yeni gelişmeler, üretim yöntemlerinde önemli innovasyonlara yol açmıştır. Söz konusu yeni yöntemlerden, özellikle otomotiv sektöründeki aşağıdaki yöntemler tanıtılacaktır; esnek sac şekillendirme, sıcak şekillendirme ve artımlı sac şekillendirme. Şekil 5 'de verilen artımlı sac şekillendirme yönteminin özelleşmiş üretimlerde ve karmaşık ürünlerde kullanımı artmaktadır. Ancak bu yöntemde geometri hassasiyeti düşüktür. Bu dezavantaj, CNC takımlarda uygun kontrol stratejisi uygulanarak giderilebilmektedir. (Durgun ve Sakin, 2016).



Şekil 5 Geleneksel derin çekme ve tek nokta artımlı sac şekillendirme (Hirt vd., 2015)

Bu yöntemde sac metal, bilgisayar kontrollü CNC işleme tezgahına bağlanarak farklı noktalardan basma uygulanmakta ve basma noktası hareket ettirilerek saca şekil verilmektedir. Deformasyon şekli olarak sıvama yöntemine benzer olup sıvama

işleminde şekillendirilen malzeme hareketlidir. Oysa bu yöntemde ise şekillendirilen metal hareketsizdir. Şekil 6’da ön çamurluk sacının artımlı sac şekillendirme ile üretimi gösterilmiştir. Malzeme deformasyonu, lokal ve artımlı olarak yapıldığından, şekillendirme kuvveti geleneksel yöntemlere göre çok küçüktür. Bu yöntemler, kullanılan temas durumuna (tek nokta kontak, iki nokta kontak vb) göre farklı uygulanabilir. Yüzey kalitesi ve şekillendirme verimi oldukça yüksektir. (Durgun ve Sakin, 2016).

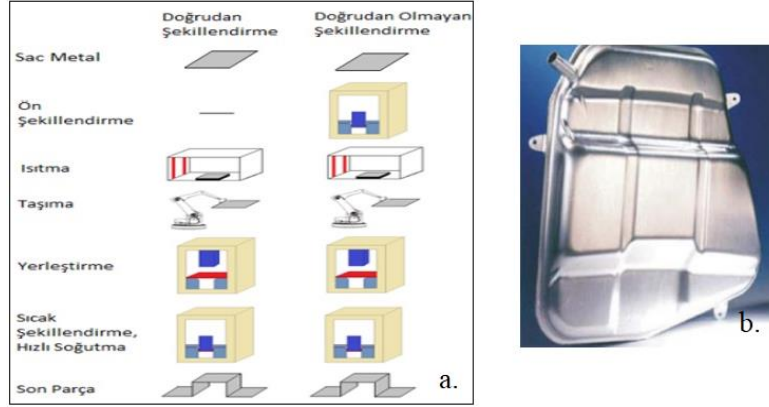


Şekil 6 a. AA2024 ve AA7075 Alaşımli Ön Çamurluk Sacının Üretimi (Durgun ve Sakin, 2016). b. Esnek Haddeme (Li vd., 2018).

Diğer bir güncel yöntem esnek sac profil imali yöntemi olup otomotiv endüstrisinde farklı profillerin üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, günümüzde farklı üretilere adapte edilmiştir. Diğer bir uygulama, mikro esnek haddemedir ve hadde doğrultusunda veya dik doğrultuda farklı kalınlıklara sahip inovatif sac mamül üretilmektedir. Alüminyum alaşımı ince saclar, mikro-haddeler yardımıyla farklı geçiş zonu uzunlukları elde etmek için esnek haddeleme uygulanmaktadır. (Jiang vd., 2017).

3-boyutlu sac parçalar ise, esnek yüzey haddeleme olarak adlandırılan bir yöntem ile üretilebilmektedir. Hadde doğrultusunda üniform olmayan uzama ve kalınlık doğrultusunda eğme deformasyonu sağlanmaktadır. Bu yöntemle konveks ve eyer yüzeyi parçaları vb. 3-boyutlu parçalar üretilebilmektedir. Bu tür şekillendirmede doğruluk oldukça yüksektir (Li vd., 2014).

Sıcak şekillendirme prosesi ile ise, otomotiv endüstrisi için parça üretimi yapılmaktadır. Hızlı soğutma ile metale martenzitik mikroyapı kazandırılır ve yüksek mukavemetli parçalar üretilebilir. Sıcak şekillendirme yönteminin aşamaları Şekil 7’de görüldüğü üzere, sac metalin ısıtılması, taşınması, yerleştirilmesi, şekillendirilmesi ve hızlı soğutmadır (Güler, 2015).



Şekil 7 a. Sıcak Şekillendirme Prosesi (Güler, 2015), b. AA-5754 Alüminyum Alaşımından Üretilmiş Bir Yakıt Tankı (Esener vd., 2018)

Kare çekme prosesi ise son yıllarda, otomotiv parçalarının üretiminde kullanılan yöntemdir. Şekil 7, alüminyum 5754 alaşımından sac kullanılarak derin çekme prosesiyle şekillendirilmiş bir yakıt tankını göstermektedir. Proses parametreleri göz önüne alınarak sonlu elemanlar yöntemi ile malzeme fire miktarı azalmıştır ve şekillendirilebilirlik geliştirilmiştir. Son yıllarda, sonlu elemanlar analizleriyle, sac metal şekillendirme analiz ve simülasyonları üzerine odaklanılmaya başlanmıştır. Farklı metallerden yapılmış ve boyutları farklı saclarda, şekillendirme sırasında oluşabilecek deformasyon ve gerilmeler hesaplanabilmektedir. İş parçalarında deformasyon ve gerilmeleri dağılımı, kalıntı gerilmeler vb. mekanik değerlerin tahmin edilmesi konusunda araştırmalar artmıştır (Esener vd., 2018)

### 3.SONUÇLAR

Yeni ve inovatif sac metal şekillendirme prosesleri, özellikle otomotiv sektöründe kullanılan farklı sac metal alaşımlarının ve malzemelerinin de geliştirilmesi ile hızlıca ilerleme göstermektedir. Yeni malzemelerin tasarlanması ve uygun malzemelerdeki sayı ve çeşitliliğin artması, farklı mekanik özelliklere sahip otomotiv malzemeleri için yeni üretim yöntemleri tasarlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Bunun nedeni, geliştirilen her malzemenin şekillendirilebilirlik özelliğinin farklı olmasıdır. Öte yandan, otomotiv sektöründe kullanılan metal esaslı parçalar genellikle kompleks geometrilere sahiptir. Son olarak, özellikle otomotiv sektöründe sac metal şekillendirme işlemlerinde proses tasarımı da son derece önem kazanmaktadır. Dolayısıyla analiz ve simülasyon yöntemleriyle gerekli hesaplamaların yapılması proses sürelerini düşürmede ve maliyetleri azaltmada giderek daha yaygın olarak yer bulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- CAPPSMFG SHEET-METAL FORMING (2020). “Stretch Forming Process”, <http://www.cappsmfg.com/sheet-metal-forming/stretch-forming-process/>, 20.03.2020.
- CUSTOM PART NET (2020). “Sheet Metal Forming”, <http://www.custompart-net.com/wu/sheet-metal-forming>, 20.03.2020.
- DEEP DRAWING (2020). “Deep Drawing TW Files”, [http://www.deepdrawing.com.tw/upload\\_files/](http://www.deepdrawing.com.tw/upload_files/), 20.03.2020.
- DEGARMO, E.P. BLACK, J.T. KOHSER, R.A. (2003). *Materials and Processes in Manufacturing*, December 29, 9th Ed.
- DEMİRKOL, M. (2010). İTÜ Makina Mühendisliği Bölümü, İmal Usulleri, Plastik şekil Verme Teknolojisi Ders Notları.
- DUBINA, D. (2014). *Cold-formed Steel Design Eurocode 3: Design of Steel Structures Part 1-3 Design of Cold-formed Steel Structures*, Politehnica University, Timisoara, Romania, 16-17 October, Brussels, Belgium.
- DURGUN, İ. SAKİN, A. (2016). “Artımlı sac şekillendirme tekniği ile otomobil sac parça üretimi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22:(1), 8-16.
- ESENER, E. SÖNMEZ, E. FIRAT, M. (2018). “Metal Şekillendirme Proseslerinde Sac Açınım Geometrisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Geliştirilmesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 6(1): 79-89.
- GROOVER, M.P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. John Wiley & Sons.
- GÜLER, M.A. (2015). “Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Sıcak Şekillendirme Tekniğinin İncelenmesi”, Mühendis ve Makina, 56:660, 41-51.
- HEKİM, A. (2016). *Sac Bükmede Geri Yaylanmanın Sonlu Eleman Yöntemi İle İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.
- HIRT, G. BAMBACH, M. BLECK, W. PRAHL, U. STOLLENWERK, J. (2015). “The Development of Incremental Sheet Forming from Flexible Forming to Fully Integrated Production of Sheet Metal Parts”, (Ed.) BRECHER, C., *Advances in Production Technology. Lecture Notes in Production Engineering*. Springer.
- JIANG, Z. ZHAO, J. XIE, H. (2017). *Practice of Micro Flexible Rolling Microforming Technology Theory, Simulation, and Practice*, 325-346.

- LI, R.J. LI, M.Z.QIU, N.J. CAI, Z.Y. (2014). “Surface flexible rolling for three-dimensional sheet metal parts”, *Journal of Materials Processing Technology*, 214: 2, 380-389.
- LI, Y. LI, M. LIU, K. and LI, Z. (2018). “Effect of Differential Speed Rotation Technology on the Forming Uniformity in Flexible Rolling Process”, *Materials (Basel)*. 11(10): 1906.
- PALTEN, H. PALTEN, D. (2002). “Metal Spinning: From Ancient Art to High-Tech Industry”, *Metal Forming Magazine*, 36: 9, 30-34.
- SOUTHERN STRETCH (2020). “Stretch Forming”, <http://www.southernstretch.com/images/press.jpg>, 20.03.2020.
- ŞEKERCİ, E.M. MEŞECİ, E.Y. DÜZKAYA, E. ÖRS, D. (2018). *Sac Metal Şekillendirme Ve Uygulamaları, Bitirme Çalışması*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.



# TRANSFER PRESLERDE DURUM İZLEMESİ VE BİR KESTİRİMCİ BAKIM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

**Aynur GÜRSOY ÖZCAN**

Toyotetsu Otomotiv Parçaları Sanayi ve Ticaret A.Ş.

**Erkut YİĞİT**

Toyotetsu Otomotiv Parçaları Sanayi ve Ticaret A.Ş.

**Necdet Yusuf TOKSÖZ**

Toyotetsu Otomotiv Parçaları Sanayi ve Ticaret A.Ş.

**ÖZET:** Endüstri 4.0 kapsamında makinelere yapılan yatırım miktarı arttıkça, bakım maliyetleri daha çok önem kazanmıştır. Bakım ve onarım süresi uzun süren arıza sayısını azaltarak üretim kayıplarını ve maliyetlerini minimum seviyede tutabilmek için bakım sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Çalışan sistemi algılayıcılardan alınan verilerle anlık olarak değerlendiren ve makinelerden alınan titreşim, sıcaklık gibi verilerin kontrol limitleri içinde olup olmadığını sürekli kontrol ederek sistemde problem meydana gelebileceğini önceden haber veren kestirimci bakım yöntemleri günümüzde oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışmada, makinelerin ilgili yerlerine yerleştirilen algılayıcılar sayesinde sistem anlık olarak incelenmekte ve belirlenen alt ve üst kontrol limitlerine göre bakım ihtiyacı zamanı tahmininde bulunan ve anormal durumlar yaklaştığında ilgili kişilere uyarı mesajı verebilen kestirimci bakım sistemi geliştirilmiştir. Uygulama otomotiv parçaları üreten bir firmada yapılmış ve makine arızalarını meydana gelmeden önce tespit edilip gerektiği zaman bakım yapmayı sağlayan bir kestirimci bakım sistemi geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Titreşim ve Sıcaklık Analizi, Korelasyon, Kestirimci Bakım.

**ABSTRACT:** As the amount of investment in machinery increased within the scope of Industry 4.0, maintenance costs became more important. Maintenance systems should be developed in order to keep production losses and costs to a minimum by reducing the number of long maintenance and repair times. Today, predictive maintenance methods, which instantly evaluate the working system with the data received from the sensors and constantly check whether the data such as vibration and temperature from the machines are within the control limits, have gained importance. In this study, by using the sen-

sors placed in the relevant places of the machines, the system is examined instantly and a predictive maintenance system is developed, which predicts the need for maintenance according to the lower and upper control limits and can give warning messages to the relevant people when the abnormal situations approach. The application was made in a company producing automotive parts and a predictive maintenance system has been developed to detect and prevent machine breakdown before they occur.

**Keywords:** Vibration and Temperature Analysis, Correlation, Predictive Maintenance.

## 1.GİRİŞ

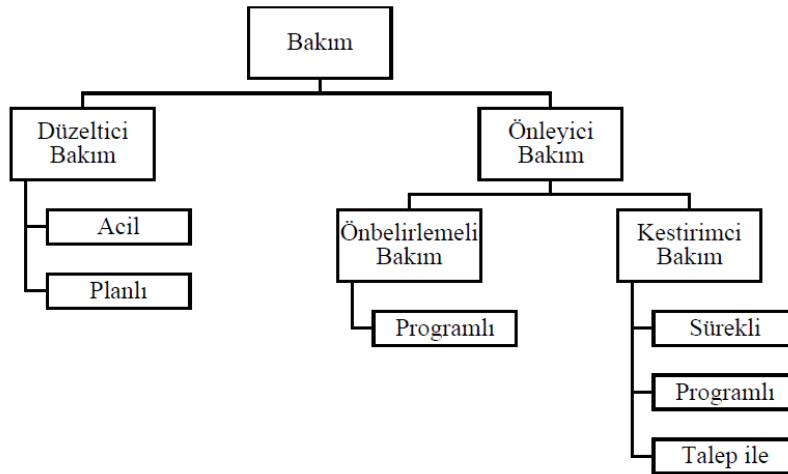
Arıza meydana geldikten sonra yapılan makine elemanlarının bakımı ve onarımı hem daha uzun süreli hem de maliyetlidir. Bakım ve onarım süresi arttıkça üretim kayıpları ve buna bağlı olarak maliyet de artar. Makine verimliliğini arttırmak ve makine bakımlarından kaynaklı üretim kayıplarını indirmek için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılmaya ve geliştirilmeye çalışan yaklaşımlardan biri de durum izlemeye dayalı kestirimci bakımdır. (Keleşoğlu, 2015:1). İnternet teknolojileriyle entegre halde geliştirilen endüstriyel üretimde bakım yönetimi de önemli ölçüde değişmektedir. Endüstri 4.0 çalışmalarıyla birlikte pek çok şirket kendilerine uygun özel stratejiler geliştirmektedirler. Kestirimci bakım da bu çalışmalar için de önemli yer almakta ve önemi giderek artmaktadır. (Gürsoy vd., 2019:57). Makine arızalarını üretimi aksatmayacak şekilde takip edebilmek, hatta arızaların oluşmadan önüne geçebilmek çok önemlidir. Kestirimci bakım çalışmalarından önce de firmalar çeşitli bakım yöntemleri geliştirmiş, periyodik olarak yapılan bakımlarla yedek parça ve yağ değişimleri yaparak arızaların önüne geçilmeye çalışılmış, ancak yüksek oranda başarılı olunamamıştır. (Göçülü G., 2015:1). Kestirimci bakım yönteminde, sistem izlenmeye alınarak belirlenen zamanlarda makinalar bakıma alınır. Makinelerin ilgili alanlarından veri toplanarak analizler yapılır ve böylece arıza kaynağı ve gelişimleri takip edilir. Bu çalışmalarla arıza duruşlarının önüne geçilerek makinelerin yüksek verimde kullanılması sağlanmış olur (Dal ve diğ., 2006:46).

Endüstriyel bir sürecin kontrol altında tutulabilmesi için süreç bir dinamik modelle izlenmelidir. Ancak izlenecek parametreler her zaman matematiksel modelleme için açıkça bilinmediğinden veya zamanla değişime uğrayabileceğinden pratikte bu uygulamalar çok da mümkün olmayabilir. Bazen de doğru bir model kurulsa bile denetleyici tarafında karmaşık sorunlara yol açabilir. Bu durumda da bir uzmanın bilgi birikiminden faydalanma yoluna gidilebilir (Dal, 2006:31). Endüstri 4.0 çağında

ise artık karar verme aşamasında uzman bir insana bağlı kalmak yerine makine öğrenmesine dayalı sistemler kullanılmaktadır. Kestirimci bakımda, sistemi anlık olarak izleyen algılayıcılardan alınan veriler ile makine öğrenmesi sağlanarak matematiksel bir model kurulur ve bu model ile arıza meydana gelmeden önce bozulma algılanarak sistem tarafından operatör bakım yapması gerektiği konusunda uyarır (Öztanır, 2018:1).

## 2. BAKIM VE VERİYE DAYALI MODELLER

EN 13306: 2010'a göre bakım aşağıdaki Şekil 1'de gösterildiği gibi sınıflandırılmıştır. Düzeltici ve önleyici bakım olarak iki ana başlık altında incelenen geleneksel bakım yaklaşımı yeni çalışmalarla 2015 yılından itibaren değişmelere uğramaya başlamıştır. Kestirimci bakım 2010 yılındaki standarda göre önleyici bakımın bir alt başlığı olarak incelenmekteyken artan önemi ile birlikte tek başına bir yöntem olarak ayrıca incelenmeye başlanmıştır (Öztanır, 2018:4).



Şekil 1. Bakım Türleri (EN-13306: 2010)

Teşhis ve prognostik amaçlı ekipman durumlarını izleyebilen bakım yaklaşımları üç ana kategoride gruplandırılabilir: istatistiksel yaklaşımlar, yapay zeka yaklaşımları ve model tabanlı yaklaşımlar. Ekipmanın mekanik bilgisine ve teorisine ihtiyaç duyan ve matematiksel arka plan gerektiren istatistiklere dayanan model tabanlı yaklaşımlar gibi yapay zeka uygulamaları PdM (Predictive Maintenance - Kestirimci Bakım) çalışmalarında giderek daha fazla uygulanmaktadır (Carvalho ve diğ., 2019:2).

Yapay zeka içerisinde makine öğrenmesi (ML: Machine Learning), birçok uygulamada akıllı tahmin algoritmaları geliştirmek için güçlü bir araç olarak ortaya çıkmıştır. ML yaklaşımları, yüksek boyutlu ve çok değişkenli verileri kullanma ve karmaşık ve dinamik ortamlarda (endüstriyel ortamlar gibi) verilerde gizli ilişkileri çıkarma yeteneğine sahiptir (Wuest ve diğ., 2016:28).

### **2.1. Düzeltici Bakım**

Düzeltici bakım, bir makine elemanını arıza meydana gelene kadar çalıştırmak ve arıza meydana geldikten sonra bakım ve onarım çalışmalarını başlatmaktır. Büyük üretim kayıplarına neden olmayacak ve bakım maliyetlerinin de çok düşük olduğu arızalar için bu bakım yöntemi uygulanabilir (Selcuk, 2016:2). Düzeltici bakım ‘Arıza bakım’ olarak da adlandırılmaktadır (Kalem, 2018:30).

### **2.2. Önleyici Bakım**

Önleyici bakım, makine ekipmanının bozulma olasılığını azaltma amacıyla önceden belirlenen kriterlere veya aralıklara göre gerçekleştirilir. Önleyici bakım ile oluşabilecek arızaları en aza indirerek plansız düzeltici bakımların ortadan kaldırılması ve ekipman güvenilirliğinin artırılması amaçlanmıştır (Faria vd., 2015:203).

### **2.3. Kestirimci Bakım**

Kestirimci bakım kısaca, sürekli kontrolü yapılan çalışan sistemden alınan verilerin kayıtlarını tutup, veri analizi yaparak arıza oluşmadan önce hızlı aksiyon almaktır.

Bakım ve onarım süreçlerinde oluşan üretim kayıplarını düşürmek ve ekipman verimliliğini arttırmak için kullanılmaktadır. Bu yöntem ile bakım maliyetlerinde de önemli derecede maliyet düşüşleri sağlanmaktadır.

Kestirimci bakımın amacı ekipmanları durdurmadan izlemek, durumları hakkında bilgi toplamak ve zamanla oluşabilecek değişimleri incelemektir. Ekipmanın belirli noktalarına yerleştirilen algılayıcılar ile izlemeye alınır. Algılayıcılardan toplanan veriler değerlendirilir (Acar, 2014:5).

#### **2.3.1.Kestirimci Bakım Yöntemleri**

Kestirimci bakım yöntemleri, çalışan makine ekipmanı üzerinden alınan değerlerin, üretici firmaların belirlediği performans kriterleri ile karşılaştırılması neticesinde uzun yıllar boyunca yapılan istatistiksel araştırmalar sonucu tespit edilmiş

verilere göre belirlenmiş olan önlemlerin tespiti ilkesine dayanmaktadır (Göçülü, 2015:9). Kestirimci bakımda temel olarak dört yöntem kullanılır:

- Titreşim analizi,
- Termal kamera analizi,
- Yağ analizi,
- Ultrasonik analizler (Göçülü, 2015:40).

Kestirimci bakımın avantajları:

- Ekipmanın gerçek mekanik durumunu gösteren gerçek verilerle çalışılır.
- Bakım planları gerçek veriler ışığında gerçekleştirilmekte ve güncellenmektedir.
- Kestirimci bakım plan dışı arızaları büyük ölçüde önlemesinin yanı sıra, gerçekleşecek arızaların diğer sistemleri yıpratmasını da engellemekte, ayrıca tamirden sonraki durum hakkında da gerçek veri sağlamaktadır.

•Bakım süresi, dolayısıyla makinenin duruşu minimum düzeye indirilerek makine verimliliği artırılmış olur.

•Bakım gerekmeyen çalışan makineler gereksiz yere durdurulmamış olur (Karabay, 2017).

•

### **2.3.1.1. Titreşim Analizi**

Makinelerin anlık veya bir süre zarfı içindeki mekanik durumlarını tespit etmek amacıyla kullanılır. Titreşim analizi makinelerin belirli noktalarından periyodik olarak alınan verilerin yorumlanması veya devamlı izlenmesi ile yapılır. En büyük avantajı arıza meydana gelmeden önce arıza oluşma olasılığı hakkında bilgi vermesi ve böylece üretim kayıplarının önüne geçilebilmesidir (Ayan, 2019:16).

Bir titreşim analiz sisteminde aşağıdaki dört temel eleman kullanılır,

- Titreşim Analizörü,
- Sinyal Toplayıcı / Dönüştürücü,
- Analiz Yazılımı,
- Veri Analizi ve Depolama için Bilgisayar.

Bir titreşim takip sistemi kurularak, sistem sürekli izlenip periyodik ölçüm yapılabilir ve bir titreşim analizörü ile çoklu bir izleme sistemi kurulabilir (Girdhar, 2004).

### **2.3.1.2. (Termal Kamera Analizi) Kızılötesi Tomografi**

Termal kamera ölçümleri, sistem çalışırken ölçüm esnasından herhangi bir duruş olmadan ekipmanın elektronik ve mekanik sistemlerinde yapılmaktadır. Çıplak gözle görülemeyen ısı artışlarını tespit ederek problemleri ekipmanları belirlemeyerek beklenmeden duruşların önüne geçilmesini sağlar. Böylece daha uygun bakım planlarının yapılması ve üretim kayıplarının azalması sağlanmış olur (Acar, 2014:10).

### **2.3.1.3. Yağ Analizi**

Makine parçalarının üzerinde çalıştığı yağ kalitesi düştüğünde ekipmanın çeşitli yerlerinde aşınma meydana gelir. Yağ analizi ile yağ kalitesi ölçülerek yağ numunesi içinde bulunan metal talaşının incelenir ve hangi parçalar üzerinde aşınmaların olduğu tespit edilir. Metal parçacık sayımı ile kir mi yoksa aşınma mı sürtünme mi olduğu tespit edilerek arıza kaynağı hakkında bilgi verebilir. Yağ akışkanlığı düştükçe metallerde sürtünme meydana gelir. Yağ analizi sayesinde yağ içerisindeki su miktarı, kimyasal yapısı, partiküller incelenerek arıza tespiti yapılabilir (Göçülü, 2015:43).

### **2.3.1.4. Ultrasonik Analizler**

Frekans değeri 20 kHz üstündeki ses dalgaları ses üstü dalgalar olarak tanımlanmaktadır. Bu frekans değerindeki ses dalgaları insanlar tarafından çıplak kulakla duyulamamaktadır. Havada uçuşan ve 20 ila 100kHz arasındaki ses dalgalarının ölçümünde temassız ultrasonik detektörleri kullanılır. Ses üstü dalgalar, meydana geldiği kaynaktan çok uzaklaşmazlar. Dönel ekipmanların çoğunda ve çoğu akışkan sistemlerde ultrasonik frekans spekleri içinde yer alan ses üstü dalgaları mevcuttur. Ses dalgalarında gözlemlenen farklı dalga boyları ekipmanın durumu hakkında bilgi verir. Problemin büyüklüğü ve yeri ultrasonik detektörler kullanılarak tespit edilmektedir. İnsan kulağıyla bile algılanamayan büyük kaçakların dedektörler sayesinde yeri dahi tespit edilebilmektedir (Acar, 2014:17).

## **3.KESTİRİMCİ BAKIM İÇİN ENDÜSTRİ 4.0**

Endüstri 4.0, üretimin tüm birimleriyle gerçek zamanlı bilgi paylaşımına dayalı, yazılım, dijital veri ve bilişim teknolojilerinin birbiriyle entegre bir şekilde çalışmasına bağlı ortak bir değer zinciri organizasyonudur (Ak U., 2018:8). Özellikle otomotiv endüstrisinde kilit rol oynaması beklenen konular; bulut bilişim, büyük veri, nesnelerin interneti ve akıllı fabrika teknolojilerinden bahsedilmiştir.

### **3.1. Bulut Bilişim Sistemi**

Endüstri 4.0'ın ana unsurlarından olan bulut bilişim, stratejik noktalara yerleştirilen algılayıcılar ile veri toplanmasını ve depolanan veri tabanının kullanıcılara aktarılabilirdiği internet platformlarıdır (Barutçu H.C., 2019:17). Bilgisayar hard-disklerinin yerine geçmeye hazırlanan bu sistem ile veri toplama ve depolama özelliğinin yanı sıra daha kolay ve hızlı bir şekilde veri analizi yapmak da mümkün hale gelebilmektedir.

### **3.2. Büyük Veri**

Sistemin çeşitli yerlerine yerleştirilen sensörler tarafından algılanan hareketin yakalanıp tanımlanması sonucu üretilen düzenli ve düzensiz büyük miktardaki veridir. Bir network üzerinden haberleşerek belirli standartlarla bir araya gelen bilgiler yapay zeka kullanılarak analiz edilir. Elde edilen veri üzerinden yapılan analiz e göre devrenin sonunda bir model geliştirilir (Aras A., 2018:7). Gelişen ileri teknoloji ile beraber her bilginin doğru değerlendirilmesi ve etkin bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır.

### **3.3. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things – IoT)**

Nesnelerin interneti sayesinde, akıllı cihazlardan anlık olarak veri alınıp veri analizi yapılabilmektedir. Makineler ile birbirini algılayan ve iletişime geçebilen nesneler aracılığıyla kablosuz ağ bağlantısı üzerinden bulut sisteme veri aktarılması işlemidir. Gelişen teknolojiyle birlikte nesnelerin interneti fabrikaların donanımsal ve yazılımsal gelişmesini sağlamaktadır. Bu gelişmelerle üretim prosesleri yeniden tasarlanarak hızlı internet kullanımına uygun hale getirilir ve hızlı ve etkin şekilde veri alınması sağlanabilmektedir (Barutçu H.C., 2019:15).

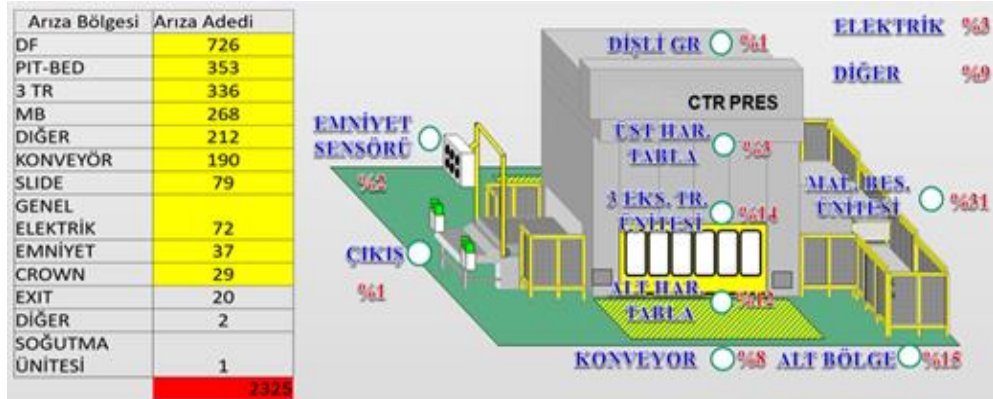
### **3.4. Akıllı Fabrika**

Akıllı fabrikalar, karmaşık üretim süreçlerini hızlı ve sorunsuz bir şekilde yönetebilen, çıkan ürünlerin de daha kaliteli, daha sorunsuz ve daha uzun ömürlü olduğu, otonom robotlarla üretimin gerçekleştiği fabrikalar olarak tanımlanmaktadır. En büyük avantajı ise üretimi her aşamada anlık olarak izleyip kontrol altında tutabilmek ve olası arızaları oluşmadan önce tespit edebilmektir.

#### 4. UYGULAMA: KESTİRİMCİ BAKIM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

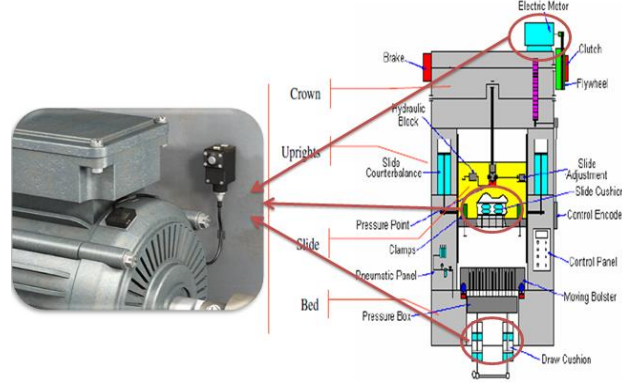
Bu çalışmada; çalışan sistemi izleyerek toplanan verileri değerlendiren ve ölçüm değerlerinin eğimini inceleyerek oluşabilecek arızaları önceden tespit etmeyi sağlayan kestirimci bakım yöntemi ile çalışmalara başlanmış ve bir sistem geliştirilerek zaman ve maliyet tasarrufu amaçlanmıştır. Proje için seçilen transfer pres hattının ilgili yerlerine sensörler eklenmiş ve sensör kontrolü “Wireless kontrolör” ile sağlanmıştır. Böylece transfer pres makinelerinin ürettiği ürün ve proses kalitesinin iyileştirilmesinden veya tasarımından kaynaklı bir problemin çözümünden öte, periyodik ve otonom bakım faaliyetlerinin optimize edilmesi, geliştirilmesi ve böylece üretim verimliliğinin artırılması sağlanabilecektir.

Sensörlerin konum ve sayıları 2010-2017 yılları arasında ilgili pres hattındaki tüm arızalar incelenerek belirlenmiştir. Şekil 2’de belirtilen, 2010 - 2017 yılı arasında gerçekleşen 2325 arızanın çözümüne etki edecek şekilde tasarlanmıştır. Transfer Pres üzerinde hangi arızanın daha fazla gerçekleştiği yüzdelik olarak gösterilmiştir.



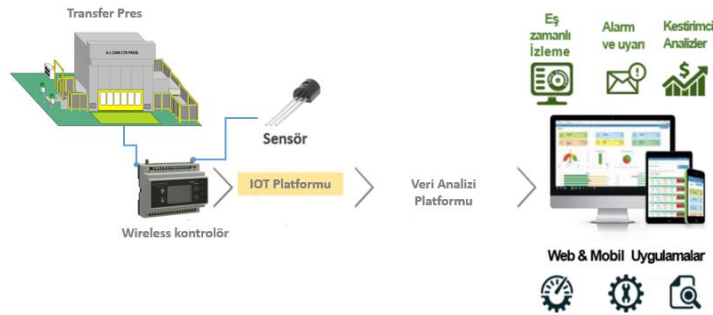
Şekil 2. 2010- 2017 Yılları Transfer Pres Arıza Dağılımı

Arıza türleri incelenerek sensörlerin yerleşim yerlerine karar verilmiştir. Örneğin; fren ve kavrama pedlerinin aşınma kontrolünü yapacak analog lazer sensörler, aşırı ısınma sebepli aşınma ve metal yorgunluğunun önüne geçebilmek için ilgili alanlara sıcaklık sensörleri, motor vibrasyon kontrolü için titreşim algılayıcı sensörler, yağ kirlilik seviyesini ölçen sensörler yerleştirilmiştir. Örnek olarak motorda oluşan vibrasyonun kontrolü için yerleştirilen sensör montaj yeri Şekil 3’de gösterilmiştir.



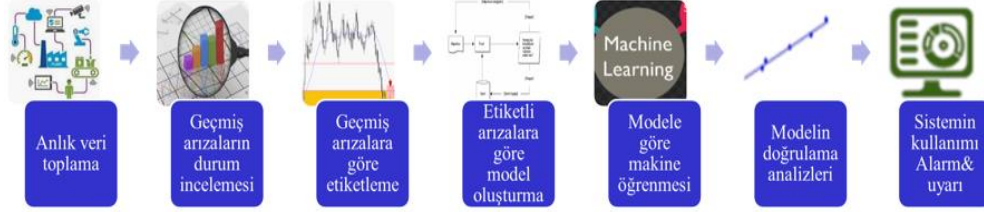
Şekil 3. Motor Vibrasyon Kontrolü için Sensör Montaj Yeri

Şekil 4’de, sistemin genel yapısını göstermektedir. Sensörler ve kontrol ünitesinden gelen tüm veriler Linux tabanlı Ubuntu işletim sisteminde influxdb time-series veri tabanında kayıt altına alınmaktadır. Ana işlemcilerde (CPU) toplanan veriler merkezde bulunan yedekli Endüstri 4.0 yazılımı veri analiz platformuna aktarılır. Veri analizleri yapılarak sistemin insandan bağımsız olarak ekranlar üzerinden izlenebilirliği sağlanır.



Şekil 4. Sistemin Mimarisi

Şekil 5’de veri tabanı oluşturularak eski arıza koşullarına göre model geliştirilmesi ve bu modele göre makine öğrenmesi sağlanarak olası arızaların önceden tahmin edilebilmesini sağlayan kestirimci bakım sisteminin adımları gösterilmiştir.



Şekil 5. Verinin Sistemi Oluşturma Aşamaları

Veri tabanındaki değerler üzerinden trend bazlı inceleme ve parametreler arası korelasyon çalışmaları yapılmış ve regresyon ağaçlarına dayalı sınıflandırma algoritması olan Gini algoritması ile her farklı kriter için bir karar ağacı yapısı oluşturulmuştur. Bu metodlar kullanılarak oluşabilecek arızaların önceden tespit edilebilmesini sağlayan model geliştirilmiştir. Alınan parametreler alt ve üst kontrol limitlerinin dışına çıkma eğilimi göstermeye başlayınca anormal durum ve bilgilendirme mailleri ilgili kişilere otomatik olarak paylaşılmaktadır.

Şekil 6’da anomali parametresinin ekran örneği verilmiştir. Ekranda titreşim, sıcaklık parametreleri ile anomali bir ekranda kontrol edilip karar verme mekanizmalarına yardım etmektedir.



Şekil 6. Örnek Anomali Ekranı

Üretim hatları ile yazılım arasında veri kesintisi olduğunda otomatik e-posta gönderen bilgilendirme sisteminin testleri gerçekleştirilmiştir. Kestirimci bakım uyarı sistemini test edebilmek için pres üzerinde duruş senaryoları denenmiştir. Sistemin ne kadar sağlıklı çalıştığı ve tepkileri ölçülmüştür.

## 5. SONUÇ

Endüstri 4.0'ın uygulandığı bir fabrikada, makinalar kestirimci bakım için büyük bir potansiyel oluşturan ortak bir grup olarak birbirine bağlıdır. Kestirimci bakım bir bakım stratejisi olarak etkili bir şekilde çalışırken, bakım yalnızca makinalara gerektiğinde uygulanır. Makinada arıza oluşmadan önce analitik veriler ışığında kestirimci bakım gerçekleştirilir. Bu kapsamda uzun süreli çalışmalarla bir insan değerlendirmesine bağlı kalmadan ve arıza oluşmadan önce olası arızaları tahmin eden bir kestirimci bakım sistemi kurulmuştur. Bakım planları gerçek veriler ışığında gerçekleştirilmekte, güncellenmekte ve gerektiği zaman bakım ve parça değişimi yapılmaktadır. Sistemin dinamik bir şekilde çalışması sağlanarak bakım maliyetlerinin de düşmesi hedeflenmektedir.

Kestirimci bakım sisteminin arızaları önceden tespit edebilmesi için veri toplanmasına ve arızaların kayıt altına alınmasına devam edilmektedir. Makine öğrenmesi algoritmaları arıza anındaki parametreleri baz alarak öğrenme işlemini yaptığından hiç arıza olmazsa gerçek sonuçlara ulaşılamayacaktır. Pres üzerindeki diğer bölgelerde de arıza yaşandıkça sisteme öğretilecek ve gelecekte makine aynı trend verilerini göstermeye başladığında arıza yaşanmadan önce arızalar tespit edilebilecektir.

## KAYNAKLAR

- ACAR G. (2018). Otomotiv Sektöründe Kullanılan Kestirimci Bakım Yöntemleri ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- AK U. (2018). Endüstri 4.0 Uygulamalarının Makine Verimliliğine Etkisi ve Beyaz Eşya Üretim Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ARAS A. (2018). Endüstri 4.0 ve Robotik Sistemlerde Sanal Gerçeklik Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- AYAN Ö.A. (2019). Döner Makine Elemanların Titreşim Analizi ile Kestirimci Bakımı, Trakya Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- BARUTÇU H.C. (2019). Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerine Etkisi: Bosch Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- CARVALHO T., SOARES F., VÍTA R., FRANCISCO R., BASTO J.P., ALCALÁ G. (2019). “A Systematic Literature Review of Machine Learning Methods Applied to Predictive Maintenance”, *Computers & Industrial Engineering*, (137): 1-14.
- DAL H. (2006). “Bulanık Mantık Kullanarak Titreşim Tabanlı Makina Durum İzlemesi ve Hata Teşhisi”, *Electronic Letters on Science & Engineering*, 2 (2): 31-37.
- DAL H., MORGÜL Ö.K., ŞAHİN İ. (2006). “Yapay Sinir Ağı (YSA) Kullanarak Titreşim Tabanlı Makina Durum İzlemesi ve Hata Teşhisi”, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (2):45-50.
- FARIA H.D., COSTA J. G. S., ve OLIVAS J. L. M. (2015). “A review of monitoring methods for predictive maintenance of electric power transformers based on dissolved gas analysis” *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 46, 201–209.
- GIRDHAR P., (2004). *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*, Elsevier, Oxford.
- GÖÇÜLÜ G. (2015). İşletmelerde Kestirimci Bakım Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

- GÜRSOY M.Ü., ÇOLAK U.C., GÖKÇE M.H., AKKULAK C., ÖTLEŞ S. (2019). “Endüstri için Kestirimci Bakım”, International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 3 (1):56-66.
- KALEM S. (2008). Yapay Sinir Ağları Kullanarak Dişli Kutusu Arıza Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- KARABAY, S. (2017). “Kestirimci Bakım Nedir?”, <http://www.maintenance-news.org/kestirimci-bakim-nedir>, 14.01.2020.
- KELEŞOĞLU C. (2015). Konik Dişlilerde Yapay Sinir Ağı Yöntemiyle Arıza Teşhisi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÖZTANIR Ö. (2016). Makine Öğrenmesi Kullanılarak Kestirimci Bakım, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- SELÇUK S. (2016). “Predictive Maintenance, Its Implementation and Latest Trends”, Proc IMechE Part B: J Engineering Manufacture, 231(9):1-10.
- WUEST, T., WEİMER, D., IRGENS, C., & THOBEN, K.D. (2016). “Machine Learning in Manufacturing: Advantages, Challenges, and Applications. Production&Manufacturing Research, 4, 23–45.



# KARAR AĞACI ALGORİTMALARI KULLANILARAK HEPATİK ENSEFALOPATİ HASTALIĞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN SINIFLANDIRILMASI

**Oğuzhan Mehmet GÜNEŞ**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

**Doç. Dr. Pelin KASAP**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

**Dr. Burçin Şeyda ÇORBA ZORLU**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

**ÖZET:** Günümüzde birçok alanda yapılan çalışmalarda sınıflandırma, tahmin ve kümeleme yaptığımızdan dolayı makine öğrenmesi algoritmalarına sıkça başvurulmaktadır. Bu algoritmalarından biri olan karar ağacı algoritmaları ise kolay yorumlanması ve basit görünümü sahip olmalarından dolayı popüler olarak kullanılan bir makine öğrenmesi yöntemidir. Bu nedenle sağlık alanında yapılan çalışmalarda da karar ağacı algoritmalarının kullanımı önem arz etmektedir. Bu çalışmada karaciğerinde fonksiyon bozukluğu olan hastalarda görülen nöropsikiyatrik anormallik olarak bilinen hepatik ensefalopati hastalığını etkileyen faktörlerin sınıflandırılması yapılmıştır. Çalışma karaciğer sirozu olan 950 hasta üzerinde yapılmış olup 24 değişkenden oluşmaktadır. Karar ağacı sınıflandırma algoritmalarından ID3, C4.5 ve CHAID algoritmaları kullanılarak verilere sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Bu algoritmalar doğruluk ve F-ölçütü kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Aynı zamanda bir diğer değerlendirme kriteri olan ROC eğrisi de göz önünde bulundurulmuştur. Bu algoritmaların sınıflandırma başarıları karşılaştırıldığında ID3 algoritmasının diğer karar ağacı sınıflandırma algoritmalarına göre %93,68 doğruluk oranı ve %96,72'lik F-ölçütü oranı ile en yüksek sınıflandırma yüzdesine sahip olduğu sonucuna varılmıştır ve 0.914 ile yüksek bir ROC eğrisi değerine sahip olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Karar Ağacı Algoritmaları, ID3, C4.5, CHAID, Hepatik Ensefalopati

## Classification of Factors Affecting Hepatic Encephalopathy Disease by Using Decision Tree Algorithms

**ABSTRACT:** Nowadays, machine learning algorithms are frequently used because of classification, estimation and clustering in the many studies. Decision tree algorithms, which is one of these algorithms, is a popular machine learning method because of its easy interpretation and simple appearance. For this reason, the use of decision tree algorithms is also important in studies in the field of health. In this study, the classification of the factors affecting hepatic encephalopathy disease known as neuropsychiatric abnormality in patients with impaired liver function has been made. The study was performed on 950 patients with cirrhosis of the liver and it consists of 24 variables. Classification process was applied to the data by using ID3, C4.5 and CHAID algorithms, which are among the decision tree classification algorithms. These algorithms were evaluated according to F-criteria and accuracy rate criteria. The ROC curve, another evaluation criterion, was also considered. When the classification success of these algorithms are compared, it is concluded that the ID3 algorithm has the highest classification percentage with 93.68% accuracy rate and 96.72% F-criterion rate compared to other decision tree classification algorithms, and it has a high ROC curve value with 0.914.

**Keywords:** Decision Tree Algorithms, ID3, C4.5, CHAID, Hepatic Encephalopathy

### 1. GİRİŞ

Makine öğrenmesi, verilen bir problemi, probleme ait ortamdan edinilen veriye göre modelleyen bilgisayar algoritmalarının genel adı olarak adlandırılmaktadır (Öztemel, 2003). Makine öğrenmesinde, önceki verinin hangi sınıftan olduğu biliniyorsa, işleme alınan verinin hangi sınıfta yer alacağını kullanılan algoritmalar yardımıyla belirlemek mümkündür. Bu algoritmalar veri tipine göre farklılıklar gösterebildiği için farklı verilerde farklı sınıflandırma başarılarına sahip olabilirler (Orhan, 2016).

Makine öğrenmesi algoritmaları bankacılık, endüstri, askeri, uzay, pazarlama, finans ve robotik sistemler gibi birçok sektörde kullanılmasının yanı sıra başarılı sınıflandırma yaptıklarından dolayı özellikle sağlık alanında üstün sınıflandırma başarısı ile hastalıkların teşhisi konusunda ilerleme kaydedilmesine olanak sağlandığından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayede hastalığa erken tanı konulabilmekte ve hastalık ilerlemeden tedavi etmek mümkün olabilmektedir. Makine öğrenmesi,

erken teşhisten yararlanabilecek hastaların sayısını yüksek doğruluk oranı ile artırmaktadır. Ayrıca, yanlış bir erken teşhis sonucu ortaya çıkabilecek gereksiz müdahalelerden kaçınılmasına olanak sağlamaktadır (Weng vd., 2017).

Tıp alanında sorunların çözümü için, özellikle hastalıklara teşhis konulurken, doktorlara yardımcı olacak birçok makine öğrenmesi algoritmalarının yer aldığı çalışma yapılmıştır ve yapılmaya da devam etmektedir. Özellikle sınıflandırma performansının başarısından dolayı karar ağacı algoritmaları yaygın olarak kullanılmıştır. Abdar ve ark. (2017), CHAID (Otomatik Ki-Kare Etkileşim Belirleme=Chi-Square Automatic Interaction Detection) ve C5.0 algoritmalarını kullanarak karaciğer hastalığının erken saptanması için algoritmaların performanslarını karşılaştırmışlardır ve sonuç olarak C5.0 algoritmasının %93,75 doğruluk oranı ile en yüksek performansa sahip olduğu sonucuna varmışlardır ve hastalığın tedavisinde bu sonucu kullanmışlardır. Lin (2009), karaciğer hastalığının teşhisi için CART (Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları=Classification and Regression Tree) yöntemi ile CBR (Case-Based Reasoning ) algoritmasını karşılaştırmış ve sonuç olarak CART algoritmasının %92,94 doğruluk oranı ile en iyi sınıflandırma yüzdesine sahip olduğu sonucuna varmıştır. Bu sonuçla hastalığın teşhisi konusunda uzmanlara yardımcı olmuştur.

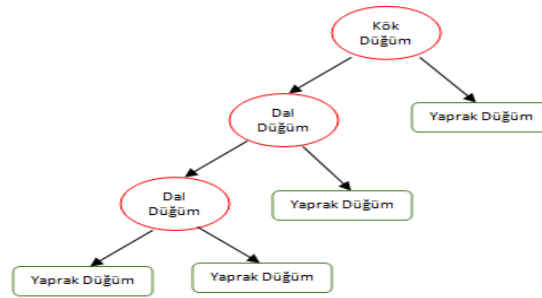
Bu çalışmada araştırılan Hepatik ensefalopati (HE) hastalığı, akut veya kronik olarak ortaya çıkan karaciğer fonksiyon bozukluğu sonucu gelişen nöropsikiyatrik bir sendromdur (Shawcross ve Jalan, 2005; Dbouk ve McGuire, 2006). Hastalığın patogenezi tamamen aydınlatılamamış olmasına rağmen bazı nedenler klinik tablonun oluşumundan sorumlu tutulmaktadır (Shawcross ve Jalan, 2005; Marsha vd., 2007). Sirotik hastalarda psikomotor disfonksiyon, hafıza bozukluğu, reaksiyon zamanında uzama minimal veya subklinik hepatik ensefalopati olarak tanımlanır. Klinik durum bu hafif tabloda olabileceği gibi daha da ağırlaşarak konfüzyon, stupor, koma ve ölüme kadar ilerleyebilir (Shawcross ve Jalan, 2005; Marsha vd., 2007). Bu yüzden HE hastalığına neden olan faktörler en erken zamanda belirlenmeli ve tedavi buna göre düzenlenmelidir.

Bu çalışmanın amacı makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmalarından karar ağacı algoritmaları kullanılarak HE hastalığına etki ettiği düşünülen faktörlerin sınıflandırmasını yapmaktır. Karar ağacı sınıflandırma algoritmalarından olan ID3, C4.5 ve CHAID algoritmaları ile veriler sınıflandırılmış ve bu algoritmaların sınıflandırma performansları karşılaştırılmıştır.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Karar Ağacı Algoritmaları

Bir karar ağacı; Şekil 1’ deki gibi kök, dal ve yaprak düğümlerden meydana gelmektedir. Bütün karar ağaçları önlem alınmaz ise ezber yapmaktadır. Bir alt ağacın gönderilip yerine yaprak konulması durumuna budama denir. Budama işlemi hem ezber yapmasını önlemekte hem de öngörülü hata oranını minimum yapmayı ve sınıflandırma modelinin kalitesinin artmasını sağlamaktadır (Mitchell, 1997).



Şekil 1. Karar Ağacının Genel Görünümü (Otero vd., 2012)

#### 2.1.1. Karar Ağacı Sınıflandırma Algoritmaları

Karar ağacı sınıflandırma algoritmaları verinin tipine göre farklılıklar göstereceğinden dolayı bu çalışmada karar ağacı sınıflandırma algoritmalarından ID3, C4.5 ve CHAID algoritmaları kullanılmıştır.

Karar ağacı algoritmalarında ağacın dallanması için kullanılan ölçütlerden biri olan entropi kavramının önemi büyüktür. Entropi, veri kümesi içerisindeki belirsizliği ve rastgeleliği ölçmek için kullanılmaktadır ve örneklerin homojenliğini hesaplayan bir ölçüttür. Eğer, entropi 0 olduğunda örnekler tamamen homojen dağılmıştır, entropi 1 olduğunda ise örnekler homojen değildir denilebilmektedir (Sastry vd., 2010). Bu açıklama ile entropi, veride düzensiz olan örneklerin nasıl düzenli hale geleceğini veya düzenli haldeyken ne açıklayacağını anlatmaktadır. Entropi, Eşitlik (1) ile hesaplanmaktadır.

$$H(S) = - \sum_{i=1}^c p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

Burada  $S$  entropiyi,  $p$  ise olasılığı ifade etmektedir (Sastry vd., 2010). Bu çalışmada üç tane karar ağacı sınıflandırma algoritması kullanılmıştır. Bunlar;

- ID3 (*Iterative Dichotomiser*)
  - C4.5
  - CHAID (*Chi-Square Automatic Interaction Detection*)
- algoritmalarıdır.

#### 2.1.1.1. ID3 Algoritması

ID3 algoritması, İngilizcedeki karşılığı Iterative Dichotomiser kelimelerinin baş harflerinden meydana gelmektedir. “3” sayısı ise İngilizcedeki ağaç anlamına karşılık gelen “tree” kelimesine anlamca yakın olduğu için kullanılmaktadır. İsminden de anlaşılacağı üzere, ağacın temel amacı sürekli olarak ağaçtaki verileri mümkün olan en büyük iki parçaya bölmek ve böylece ağacın derinliğini azaltmaktır (Bilgisayar Kavramları, 2015).

ID3 algoritması, nümerik verilerle çalışmayıp kategorik verilerle çalışan bir algoritmadır (Onan, 2015).

#### 2.1.1.2. C4.5 Algoritması

C4.5 algoritmasının ID3'ten farkı hem nümerik hem de kategorik verilerle çalışabilmesidir. Ancak, kategorik veriler algoritma başlamadan önce bir eşik değeri belirlenerek nümerik verilere dönüştürülmelidir. Eşik değerinin hangisiyle bilgi kazanımı en iyiyse o değer seçilir. Seçilen eşik değerine göre kategoriye ayrılmaktadır (Emel ve Taşkın, 2005).

C4.5 algoritmasında her özelliğin normalize edilmiş bilgi kazancı kullanılır. En iyi bilgi kazancını veren özellik karar ağacına eklenir ve bütün yollar için bu adımlar tekrar edilir. C4.5 karar ağacında ön budama ve son budama işlemleri de yapılabilir (Quinlan, 2014; Kantardzic, 2011).

$$\text{Normalize edilmiş bilgi oranı (A)} = \frac{\text{Kazanç(A)}}{\text{Bölünme Bilgisi(A)}} \quad (2)$$

#### 2.1.1.3. CHAID Algoritması

CHAID ağacı, iki ya da daha fazla düğümün art arda oluşumuyla ortaya çıkan bir karar ağacıdır. Bu algoritma, kayıp verilerin durumuna bakılmaksızın modelleme yapmaktadır (Agresti, 1990).

CHAID algoritması analizinde, bağımlı ve bağımsız değişkenler; kesikli, sürekli yada kategorik şekilde yer alabilirler. Bağımsız değişkenlerde de ölçek türünün aynı tip olma şartı yoktur (Doğan ve Özdamar, 2003).

### 3. UYGULAMA

Bu çalışma kapsamında kullanılan verinin elde edildiği merkez Shanxi Tıp Üniversitesi-Gastroenteroloji bölümü olup 2006 yılı Ocak ayı ile 2015 yılı Aralık ayına ait 10 yıllık verilerdir (Zhang vd., 2019; Anonim, 2019). Çalışma 950 karaciğer sirozu hastası üzerinde yapılmıştır.

Veri seti 1 tane bağımlı değişken (Y: Hepatik ensefalopati) ve 23 tane bağımsız değişkenden oluşmakta olup tüm değişkenlerin tipi kategoriktir. Değişkenlerin demografik gösterimi Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Verilerin Demografik Gösterimi

Değişkenler	Kodlamalar	Veri Tipi
Cinsiyet ( $x_1$ )	Erkek = 0 ; Kadın = 1	Kategorik
Yaş ( $x_2$ )	< 45= 0 ; 45-60 = 1 ; 60 > = 2	Kategorik
Sigara Kullanımı ( $x_3$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Alkol Kullanımı ( $x_4$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Enfeksiyon ( $x_5$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Elektrolit Bozukluğu ( $x_6$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Hepatorenal Sendrom ( $x_7$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Spontan Peritonit ( $x_8$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Üst Gastrointestinal Kanama ( $x_9$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Hipertansiyon ( $x_{10}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Diyabet ( $x_{11}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Zayıf Ruh ( $x_{12}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Karaciğer Hastalığı ( $x_{13}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Örümcek Nevüs( $x_{14}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik

Sarılık ( $x_{15}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Avuç İçi Kızarması ( $x_{16}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Karın Duvarı Varisleri ( $x_{17}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Splenomegali( $x_{18}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Hepatomegali ( $x_{19}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Asit ( $x_{20}$ )	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik
Serum Albumin (g/L) ( $x_{21}$ )	>35= 0 ; 28-35 = 1 ; <28 = 2	Kategorik
Toplam Bilirubin(mmol/L) ( $x_{22}$ )	<34.2= 0 ; 34.2-51.3 = 1 ; >51.3 = 2	Kategorik
Protrombin Zamanı (s) ( $x_{23}$ )	<15= 0 ; 15-18 = 1 ; >18 = 2	Kategorik
Hepatik Ensefalopati (Y)	Hayır = 0 ; Evet = 1	Kategorik

\* $x_1 - x_{23}$ : Girdi değişkenleri , Y: Hedef değişken

Veri %60, %70 ve %80'lik eğitim kümeleri ile rastgele olarak ikiye bölünmüştür (%40, %30 ve %20 test kümesi). Uygulamada RapidMiner Studio programı kullanılmış olup algoritmalar 1000 tekrar yapılarak çalıştırılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Algoritmaların doğruluklarının karşılaştırılmasını sağlayan karışıklık matrisine Tablo 2'de yer verilmiştir.

Tablo 2. Karışıklık Matrisi

Gözlenen grup			
		Pozitif	Negatif
Tahmin edilen grup	Pozitif	Doğru pozitif	Yanlış pozitif
	Negatif	Yanlış negatif	Doğru negatif

Doğru pozitif (DP): Gerçekte pozitif olan gözlem, tahmin sonucunda da pozitif çıkmaktadır.

Yanlış pozitif (YP): Gerçekte negatif olan gözlem, tahmin sonucunda pozitif çıkmaktadır.

Yanlış negatif (YN): Gerçekte pozitif olan gözlem, tahmin sonucunda negatif çıkmaktadır.

Doğru negatif (DN): Gerçekte negatif olan gözlem, tahmin sonucunda da negatif çıkmaktadır.

Çalışmada sınıflandırma performansını ölçmek için karışıklık matrisinden elde edilen iki performans ölçüsü kullanılmıştır. Bunlar doğruluk oranı ve F-ölçütüdür.

$$\text{Doğruluk oranı} = \frac{DP+DN}{DP+DN+YP+YN} \quad (3)$$

$$F - \text{ölçütü oranı} = \frac{2 * \left(\frac{DP}{DP+YN}\right) * \left(\frac{DP}{DP+YP}\right)}{\left(\frac{DP}{DP+YN}\right) + \left(\frac{DP}{DP+YP}\right)} \quad (4)$$

Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5’te sırasıyla %60, %70 ve %80’lik veri setlerine ait ID3, CHAID ve C4.5 algoritmalarının performansları karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. %60’lık Eğitim Setine Ait Algoritmaların Performansları

Eğitim Seti	% 60	% 60	% 60
Algoritma	ID3	CHAID	C4.5
Doğruluk	<b>%93,42</b>	%92,89	<b>%93,42</b>
F-ölçütü	<b>%96,55</b>	%96,23	%96,54

Tablo 4. %70’lik Eğitim Setine Ait Algoritmaların Performansları

Eğitim Seti	% 70	% 70	% 70
Algoritma	ID3	CHAID	C4.5
Doğruluk	<b>%93,68</b>	<b>%93,68</b>	%92,63
F-ölçütü	<b>%96,72</b>	%96,68	%96,16

Tablo 5. %80'lik Eğitim Setine Ait Algoritmaların Performansları

Eğitim Seti	% 80	% 80	% 80
Algoritma	ID3	CHAID	C4.5
Doğruluk	%92,63	<b>%93,68</b>	<b>%93,68</b>
F-ölçütü	%97,00	%96,67	<b>%96,69</b>

Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5 birlikte ele alındığında en iyi performansları veren algoritmalar Tablo 6'daki gibi özetlenmiştir.

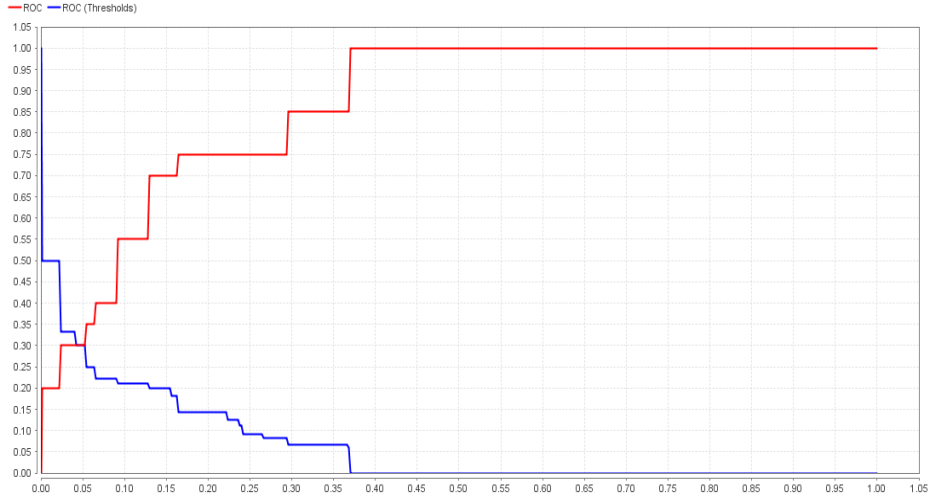
Tablo 6. Algoritmaların Performansları

Eğitim Seti	% 60	% 70	% 80
Algoritma	ID3	ID3	C4.5
Doğruluk	%93,42	<b>%93,68</b>	<b>%93,68</b>
F-ölçütü	%96,55	<b>%96,72</b>	%96,69

Tablo 6'da özetlenmiş sınıflandırma performanslarına bakıldığında en yüksek doğruluk yüzdesini veren algoritmanın %70'lik eğitim seti ile ID3 algoritması olduğu görülmektedir. Burada ID3 ile C4.5 algoritmalarında doğruluk oranları eşit bulunmuştur, fakat ikinci değerlendirme ölçüsü olan F-ölçütü oranı en yüksek sonucu verdiği için ID3 algoritması seçilmiştir. Burada algoritmanın sonuçlanması aşamasında entropi kriteri kullanılmış olup bölünme için minimum boyut 45, minimum yaprak büyüklüğü 20 ve asgari kazanç ise 2 olarak seçilmiştir.

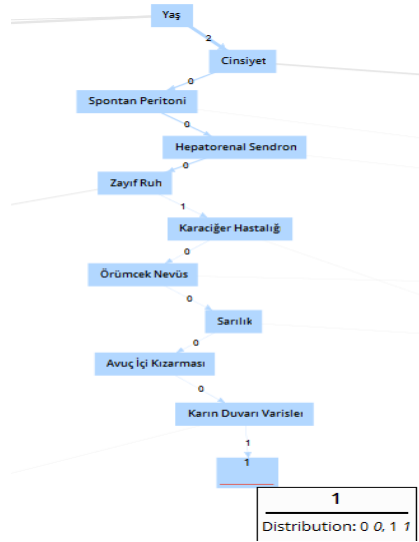
Ayrıca sınıflandırma performansının ölçülmesinde bir diğer kriter olan ROC eğrisi de %70'lik eğitim seti için Şekil 2'de verilmiştir. ROC eğrisi değeri 0.914 ile oldukça yüksek sonuç vermiştir. Bu sonuç, sınıflandırmanın iyi yapıldığını göstermektedir.

Şekil 2. %70'lik Eğitim Setinin ROC Eğrisi



İyi sınıflandırma gösteren ID3 algoritmasının birçok ağ gösterimi mevcuttur. Bu ağlardan bir tanesi Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3. %70'lik Eğitim Setinin Ağ Gösterimi



Şekil 3'teki ağ yapısına göre, yaşı 60'dan büyük olup, cinsiyeti erkek olan, spontan peritoniti olmayan, hepatorenal sendromu olmayan, zayıf ruhu olan, karaciğer hastalığı olmayan, örümcek venüsü olmayan, sarılık olmayan, avuç içi kızarması olmayan, karın duvarı varisleri olan hastaların hepatik ensefalopati hastası olarak belirlendiği söylenebilir. Bu durumlara sahip olan hasta sayısı ise 1 olarak bulunmuştur ve bu değer tüm hastaların %0,11'lik kısmına denk gelmektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmalarından olan Karar Ağacı algoritmasına ait ID3, C4.5 ve CHAID algoritmaları kullanılmıştır. Bu algoritmaların sınıflandırma yüzdeleri doğruluk ve F-ölçütü oranlarına göre karşılaştırılmıştır. Hepatik ensefalopati hastalığına ait veriler kullanılarak bu algoritmalar farklı eğitim setlerine göre karşılaştırıldığında, ID3 algoritmasının %70'lik eğitim setinde %93,68 doğruluk oranı ve %96,72 F-ölçütü oranıyla en yüksek sınıflandırma sonucuna sahip olduğu görülmektedir. Diğer bir değerlendirme ölçüsü olan ROC eğrisinde de 0.914 gibi oldukça yüksek bir değer elde edilmesi ID3 algoritmasının C4.5 ve CHAID algoritmalarından daha iyi sınıflandırma yaptığı sonucunu desteklemektedir. Bu çalışmada kullanılan değişkenlerin ve algoritmaların sağlık alanında teşhis yöntemi ve hastalığı erkenden önleme gibi faydalarının kullanılması bu alanda çalışan kişilere kolaylık sağlayabilir. Sonraki çalışmalarda farklı değişkenler ve farklı sınıflandırma algoritmaları kullanılarak doğru sınıflandırma yüzdeleri artırılarak çalışma geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Abdar, M., Yen, N. Y., Hung, J. C. S. (2017). Improving the diagnosis of liver disease using multilayer perceptron neural network and boosted decision trees. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 38:6, 953-965.
- Agresti, A. (1990). Models for matched pairs. *Symmetry Models: Categorical Data Analysis*. New York: John Wiley&Sons, 409-454.
- Anonim (2019). <https://www.nature.com/articles/s41598-019-42791-w#additional-information>, 12.11.2019.
- Bilgisayar Kavramları (2019). “Bilgisayar Kavramları”, <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com>, 25.10.2019.
- “Dbouk, N., McGuire, B. M. (2006). Hepatic encephalopathy: a review of its pathophysiology and treatment. *Current treatment options in gastroenterology*, 9:6, 464-474.”
- Doğan, N., Özdamar, K. (2003). CHAİD Analizi Ve Aile Planlaması İle İlgili Bir Uygulama. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 23:5, 392-397.
- Emel, G. G., Taşkın, C. (2005). Veri Madenciliğinde Karar Ağaçları ve Bir Satış Analizi Uygulaması, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6:2, 221-239.
- Kantardzic, M. (2011). *Data mining: concepts, models, methods, and algorithms*. John Wiley&Sons.
- Lin, R. H. (2009). An intelligent model for liver disease diagnosis. *Artificial Intelligence in Medicine*, 47:1, 53-62.
- “Morgan, M. Y., Blei, A., Grünreiff, K., Jalan, R., Kircheis, G., Marchesini, G., Riggio O., Weissenborn, K. (2007). The treatment of hepatic encephalopathy. *Metabolic brain disease*, 22:(3-4), 389-405.”
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning*. Burr Ridge, IL: McGraw Hill, 45:37, 870-877.
- Onan, A. (2015). Şirket İflaslarının Tahmin Edilmesinde Karar Ağacı Algoritmalarının Karşılaştırmalı Başarım Analizi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, Cilt: 8, Sayı: 1.
- Orhan, U. (2016). “Makine öğrenmesi”, <http://bmb.cu.edu.tr/uorhan/DersNotu/Ders01.pdf>, 25.10.2019.
- Otero, F. E., Freitas, A. A., Johnson, C. G. (2012). Inducing decision trees with an ant colony optimization algorithm. *Applied Soft Computing*, 12:11, 3615-3626.

- Öztemel, E. (2003). Yapay Sinir Ağları (Birinci Baskı). Papatya Yayıncılık Eğitim, 29-113, Türkiye.
- Quinlan, J. R. (2014). C4. 5: programs for machine learning. Elsevier.
- Sastry, P. N., Krishnan, R., Ram, B. V. S. 2010. Classification and identification of Telugu hand written character sex tracted from palm leaves using decision tree approach. *J. AppliedEngn. Sci*, 5:3, 22-32.
- “Shawcross, D., Jalan, R. (2005). The pathophysiologic basis of hepatic encephalopathy: central role for ammonia and inflammation. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 62:(19-20), 2295-2304.”
- Weng, S. F., Reys, J., Kai, J., Garibaldi, J. M., Qureshi, N. (2017). Can machine-learning improve cardiovascular risk prediction using routine clinical data?. *PloS one*, 12:4, e0174944.
- Zhang, Z., Zhang, J., Wei, Z., Ren, H., Song, W., Pan, J., Qiu, L., Liu, J., Zhang, Y. (2019). Application of tabu search-based Bayesian networks in exploring related factors of liver cirrhosis complicated with hepatic encephalopathy and disease identification. *Scientific reports*, 9:1, 6251.



# BETONARME YAPILARIN AŞAMALI GÖÇME DİRENCİ ÜZERİNE SAYISAL BİR ÇALIŞMA

**Arş. Gör. Saffet KILIÇER**

Artvin Çoruh Üniversitesi

**Prof. Dr. Korhan ÖZGAN**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Ayşe T. DALOĞLU**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Sabriye Banu İKİZLER**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**ÖZET:** Yapılar boyutlandırılırken dikkate alınan yükler, uzun yıllar boyunca yapılan istatistiksel çalışmalar ile düzenlenen yönetmelikler tarafından kullanıcılara sunulan tasarım yükleridir. Ancak bazı yapılar hizmet ömürleri süresince tasarım yüklerinden başkaca yüklerle de maruz kalabilmektedir. Bu da yapı elemanlarının bir veya birkaçının taşıma gücünü kaybetmesiyle sonuçlanabilmektedir. 1968 yılında Ronan Point apartmanında bölgesel ve 2001’de Dünya Ticaret Merkezleri’nde ki tümenden çökme sonrası araştırmacılar, eleman kaybı neticesinde yaşanan zincirleme çöküőe karşı yapıların direncini artırmanın yollarını aramaya başlamışlardır. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda, yapılar tabanda ankastre kabul edilmiş, zemin etkisi dikkate alınmamıştır. Bu çalışmada, 6 katlı betonarme bir yapı hem tabanda ankastre kabul edilerek hem de 2 farklı zemin türü için zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak incelenmiştir. Zemin Geliştirilmiş Vlasov modeli kullanılarak karakterize edilmiştir. Aşamalı göçme riskinin belirlenmesinde UFC 4-023-03 kılavuzu dikkate alınmıştır. Analizler Alternatif Yol metodu kullanılarak doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile yapılmıştır. MATLAB’de yazılan bir kod sayesinde SAP2000v21.2.0 ile MATLABR2019b eş zamanlı kullanılmıştır. Çalışma sonunda aşamalı göçme analizinde zemin-yapı etkileşiminin dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Aşamalı göçme, UFC 4-023-03, Doğrusal olmayan dinamik analiz, Betonarme yapı

## **A Numerical Study On the Progressive Collapse Resistance of Reinforced Concrete Buildings**

**ABSTRACT:** The loads considered in design of structures that is offered to the users by statistical studies carried out for many years are described the design loads. However, some buildings may be subjected to loads other than design loads during their service life. This may result in one or more of the structural members losing bearing strength. After the local damage in Ronan Point apartment in 1968 and the entirely collapse World Trade Centers in 2001, the researchers started to investigate the ways to increase the progressive collapse resistance of the structures. In studies until now, the buildings were considered as rigid at the base and soil-structure interaction was not take into consideration. In this study, a 6-storey reinforced concrete structure is examined by considering the soil-structure interaction in addition to being rigid at the base. The subsoil is represented using the Modified Vlasov model. UFC 4-023-03 guidance is taken into account in determining the risk of progressive collapse. Analyses are made via Nonlinear dynamic analysis method using Alternative Path method. SAP2000 and MATLAB are used simultaneously thanks to an interface coded in Matlab. At the end of the study, it is concluded that soil-structure interaction should be considered for the progressive collapse analysis.

**Keywords:** Progressive collapse, UFC 4-023-03, Nonlinear dynamic analysis, Reinforced concrete structure

### **1.Giriş**

Yapılar hizmet ömürleri süresince birçok farklı yüklere maruz kalmaktadırlar. Yönetmeliklerden alınan yüklemeler esas alınarak boyutlandırılan yapı elemanlarına gerek iç etkiler gerekse dış etkiler sebebiyle farklı zorlanmalar oluşabilmektedir. Projelendirme aşamasında dikkate alınmayan ani yüklere maruz kalan yapılar özellikle son yüzyılda oldukça fazladır. Bunlardan en önemlilerinden biri 1968 yılında Londra’da bir apartman dairesinde doğalgaz patlaması neticesinde meydana gelmiş ve yapının bir cephesi tabana kadar devam eden zincirleme çöküş ile hasar görmüştür (Şekil 1). Bu şekilde bir veya birden fazla elemanın dayanımını kaybetmesi neticesinde oluşan tümünden ya da kısmen çökme mekanizmasına aşamalı göçme adı verilmiştir. Bu ve benzeri beklenmedik yük etkileri direk yüke maruz kalan taşıyıcı elemanlarda hasar oluşturmakta ve hasar gören ya da dayanımını kaybeden elemanlar nedeniyle diğer taşıyıcı elemanlar daha fazla zorlanmaktadır. Diğer bir deyişle yükün yeniden dağılımı gerçekleşmektedir. Eğer taşıyıcı elemanlarda meydana gelen yükün

yeniden dağılımı neticesinde yapı ayakta kalabiliyorsa aşamalı göçme direncine sahip olarak nitelendirilmektedir.



**Şekil 1.** Ronan Point apartmanından bir görünüş [1]

Yıllar içerisinde gerek doğalgaz ve kazan patlamaları gerekse de terör, savaş ya da imalat hataları nedeniyle birçok yapı aşamalı göçmeye uğramıştır. Özellikle ülkemizde ve dünya da doğalgaz patlaması ve terör odaklı patlamalara daha sık rastlanmaktadır. İlerleyen yıllarda irili ufaklı birçok patlama vakası meydana gelmiş ancak önemsiz derecede hasar oluşturduğundan araştırmacıların fazlaca ilgisini çekmemiştir. Ancak 21. Yüzyılında başında meydana gelen ikiz kulelere ve Pentagon'a yapılan terör saldırıları ile aşamalı göçme vakaları ile ilgili araştırmalar ivme kazanmıştır. Ölümlemlerle ve yaralanmalarla sonuçlanan bu olay insanlar üzerinde küresel çapta etki bırakmıştır. 2000'li yıllarından başından itibaren yayımlanan makalelerde artış görülmüştür.

20. yüzyılın sonlarında ve 21. yüzyılın başlarında meydana gelen bazı aşamalı göçme vakaları aşağıdaki gibidir;

- Ronan Point apartmanı, Londra, İngiltere (1968),
- Arjantin-İsrail Karşılıklı Birlik Derneği, Buenos Aires, Arjantin (1994),
- Alfred P. Murrah binası, Oklahama, ABD (1995),
- Khobar Towers, Dhahran, Suudi Arabistan (1996),
- Dünya Ticaret Merkezi ve Pentagon binası, New York, ABD (2001),
- Windsor Tower, Madrid, İspanya (2005),
- Tapu Kadastro Genel Müdürlüğüne ait lojman, Ankara, Türkiye (2018),
- Apartman binası, Magnitogorsk, Rusya (2018).

Bu konuda yapılan ilk çalışmalardan biri olan Griffiths vd. [1]'nin Ronan Point apartmanında meydana gelen göçmeye yönelik yayımladıkları raporda patlamanın sadece iç duvarlara zarar vermesi gerekirken yük taşıyıcı duvarın yıkılmasıyla zincirleme reaksiyon başlattığını, bina tasarımında beklenmedik yük etkilerinin dikkate alınmadığını, rüzgar yüklerinin kısmen yanlış belirlendiğini, yapının yangına dirençli olsa bile eleman kaybı sonrası zincirleme reaksiyon başlatabileceği sonucuna varmışlardır. Ayrıca yapının birleşim noktalarının daha rijit ve sürekli hale getirilmesi gerektiği ve aşamalı göçme ile ilgili daha fazla araştırmalar yapılması, yönetmelikler hazırlanması gerekliliğini vurgulamışlardır.

Leyendecker ve Ellingwood [2] aşamalı göçme ile ilgili ilk kitapçığı yayımlayan araştırmacılar olarak literatüre girmişlerdir. Özellikle patlama ve bombalama sonucu hasar oluşmuş yapıları incelenmişlerdir. Hazırladıkları kitapçığı bir akış diyagramıyla destekleyen yazarlar tasarım kriterleri sunmamışlardır.

Dussenberry ve Juneja [3] 2002 yılında yayımladıkları çalışmalarında bu yıla kadar yapılan aşamalı göçme ile ilgili çalışmaları, raporları ve kitapçıkları irdelemişlerdir. Karşılaştırmalı olarak sundukları çalışmaların sonucunda ilerleyen yıllarda oluşturulacak yeni yönetmelikler için önerilerde bulunmuşlardır.

Fu [4] yüksek katlı yapılar üzerine yaptığı çalışmada 20 katlı bir yapının 12. katında 15 kg'lık bir bombanın patladığı varsayımı üzerine geliştirdiği yeni yöntem ile Alternatif Yol metodunu karşılaştırmıştır. Yaptığı analizler sonucu kolon yüklerini belirlemede Alternatif Yol metodunun, kesme kuvvetini belirlemede ise geliştirilen yeni yöntemin daha hassas olduğu sonucuna varmıştır. Son olarak da patlama yükü etkisine maruz kalan yapı elemanları için kolonlarda süneklik ve kesme kapasitesinin artırılması gerekliliğini önermiştir.

Song ve Sezen [5] var olan çelik bir yapının (Şekil.2) aşamalı göçme direncini belirleyebilmek için deneysel ve analitik çalışmalar yapmışlardır. Yapının zemin katında kendi belirledikleri 4 adet kolonu kaldırarak yüklerin yeniden dağılımını incelemişlerdir. Yazarlar doğrusal statik analiz ile doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemini karşılaştırmışlardır. Yönetmelikler ve kullanıcılar her ne kadar doğrusal statik analiz yöntemini daha yaygın kullansalar da çalışma sonucunda doğrusal olmayan dinamik analiz yönteminin daha gerçekçi ve doğru sonuçlara ulaştığını görmüşlerdir. Yazarlar, ayrıca 2 boyutlu ve 3 boyutlu yapı modellerini irdelemişlerdir.



Şekil. 2 Song ve Sezen'in çalışmasından bir görüntü

Khandelwal ve Diğerleri [6] geçerliliği daha önceden kabul edilmiş sayısal bir metot kullanarak merkezi ve eksantrik çaprazlara sahip 10 katlı çelik yapının Alternatif Yol metodu ve doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi kullanarak aşamalı göçme karşısındaki davranışını incelemiştir. Yaptıkları analizler sonucu merkezi çaprazlara sahip yapıların eksantrik çaprazlara sahip modellere göre aşamalı göçme dirençlerinin daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

Amerikan Savunma Bakanlığı kendi yapılarında kullanılması için 2003 yılında UFC 4-023-03 [7] aşamalı göçme tasarım kriterleri kılavuzu yayımlamıştır. Zaman içerisinde bu kılavuzu belirli aralıklarla güncellemiştir. UFC 4-023-03 halen araştırmacıların en fazla başvurduğu kılavuzdur. Kılavuz içerisinde yapıların aşamalı göçme riskinin belirlenmesi için birden fazla yöntem önerilmektedir. Bu çalışmada, Amerikan Savunma Bakanlığı'nın yayınladığı UFC 4-023-03 kılavuzunda yer alan ve yaygın olarak tercih edilen Alternatif Yol metodu ve doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi kullanılarak 6 katlı betonarme örnek bir yapının aşamalı göçmeye karşı direnci araştırılacaktır. Ayrıca aşamalı göçme riskine zemin etkisi de irdelenecektir.

## 2.Zemin Modeli

Geliştirilmiş Vlasov modelinin genel gösterimi Şekil 3'de verilmektedir. Bu modelde zeminin temelde oluşturacağı tepki aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$q_z = -2t\nabla^2 w + kw \quad (1)$$

Burada  $w$  temelin düşey yer değiştirmesini göstermektedir.  $k$  ve  $2t$  zemin parametreleri olup aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$k = \int_0^H \frac{E_s(1-\nu_s)}{(1+\nu_s)(1-2\nu_s)} \left( \frac{\partial \phi(z)}{\partial z} \right)^2 dz \quad (2)$$

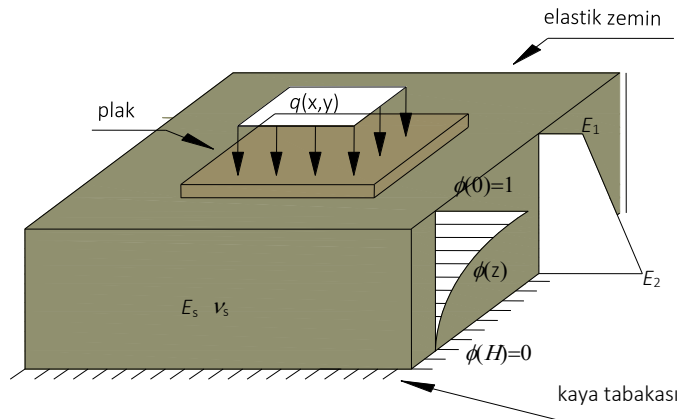
$$2t = \int_0^H G_s \phi(z)^2 dz \quad (3)$$

Burada  $H$  zemin derinliğini,  $\nu_s$  zeminin poisson oranını ve  $G_s$  ise zeminin kayma modülünü göstermektedir. Şekil 3'te görülen  $\phi(z)$  zeminin düşey yerdeğiştirmesinin derinlik boyunca değişimini vermektedir. Görüldüğü gibi  $\phi(z)$  fonksiyonu  $z=0$  için 1 ve  $z=H$  için 0 değerini almaktadır.

$$\phi(z) = \frac{\sinh \gamma \left( 1 - \frac{z}{H} \right)}{\sinh \gamma} \quad (4)$$

Burada görülen  $\gamma$  parametresi zeminin üçüncü parametresidir ve diğer zemin parametrelerinin hesabında kullanılmaktadır.

$$\left( \frac{\gamma}{H} \right)^2 = \frac{(1-2\nu_s) \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\nabla w)^2 dx dy}{2(1-\nu_s) \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} w^2 dx dy} \quad (5)$$



Şekil.3 Elastik zemine oturan bir plak şeması

Görüldüğü zemin parametreleri, dış yükler, malzeme özellikleri ve temelin düşey yer değiştirmeleri arasındaki ilişki ancak bir ardışık hesap yöntemi ile belirlenebilmektedir [8].

İhtiyaç duyulan ardışık yöntem ve zemin modelinin SAP2000 programında temsili için MATLAB ortamında geliştirilen bir ara yüz kullanılmıştır. Ara yüz içerisinde kodlanan OAPI fonksiyonları ile SAP2000 paket programı ve MATLAB ile eş zamanlı kullanılmaktadır [9].

### 3.Aşamalı Göçme Hesap Yöntemi

Aşamalı göçme hakkında birçok gelişmiş ülke yönetmelikler yayımlamıştır. Bunlardan bazıları tasarım kriterleri içerirken bazıları ise sadece yorum ve önerilerden oluşmaktadır. Bu çalışmada da kullanılan Amerikan Savunma Bakanlığı'nın yayımladığı UFC 4-023-03 kılavuzu hem içerisinde tasarım kriterleri bulundurması hem de barındırdığı gerçekçi çözüm yöntemleri sebebiyle araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.

Amerikan Savunma Bakanlığı'nın yayımlamış olduğu UFC 4-023-03 dokümanı tasarım kriterleri için Alternatif Yol Metodu, Bağ Kuvvetleri Metodu ve Lokal Direnç Metodu olmak üzere üç farklı yaklaşım önermektedir. Bu yöntemlerden Alternatif Yol Metodunun literatürdeki çalışmalarda daha fazla tercih edildiği görülmüştür. Bu yöntemin diğerlerine göre üstünlüğü hem yeni yapılacak yapılara hem de mevcut yapılara uygulanabilir olmasıdır. Bu avantajından dolayı kolon kaldırma esasına dayanan Alternatif Yol metodu sıklıkla kullanılmaktadır.

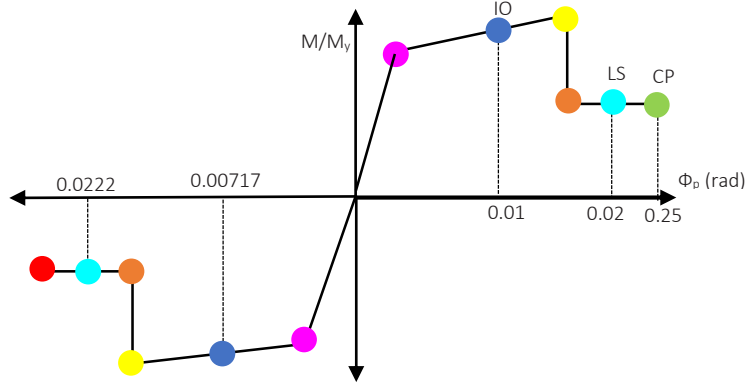
Metot;

- Doğrusal statik,
- Doğrusal olmayan statik ve
- Doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemlerini içerir.

Doğrusal olmayan dinamik analiz yönteminde diğer yöntemlere kıyasla işlem yoğunluğu fazladır. Dinamik etkilerinde hesaba katıldığı bu yöntemde 2 boyutlu analize izin verilmemektedir. Yöntem yapı geometrisi ve DCR oranından bağımsızdır. P-Δ etkisi hesaplarda dikkate alınmaktadır. Yöntemde plastik mafsallarda kabulü yapılır ve yapının aşamalı göçmeye karşı direnci bu mafsallarda oluşan dönmelere göre karar verilir. Doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi için düşey yük birleşimi,

$$G_N = 1.2D + (0.5L \text{ ya da } 0.2S) \quad (6)$$

şeklinde. Burada  $G_N$  doğrusal olmayan dinamik analiz için düşey yükü,  $D$  ölü ve cephe yüklerini,  $L$  azaltılmış hareketli yükü,  $S$  kar yükünü ifade etmektedir. Bu kombinasyon kullanılarak yapılan analizler sonucunda plastik mafsallarda oluşan dönme-ler ASCE [10] Tablo 10-7’de verilen sınır değerler ile karşılaştırılmaktadır. ASCE de verilen plastik mafsal dönme sınırları Şekil.4’te verilmektedir.



Şekil.4 Sap2000 plastik mafsal renk skalası ve dönme sınırları

#### 4.Sayısal Uygulama

Aşamalı göçme analizlerinde kullanılmak üzere 6 katlı betonarme bir yapı seçilmiştir [11]. 4 farklı kolon kaldırma senaryosu dikkate alınmıştır. Her bir katın yüksekliği 3.0 m’dir. Elastisite modülü, poisson oranı ve betonun birim hacim ağırlığı sırasıyla 30 GPa, 0.2 and 25 kN/m<sup>3</sup>’dür. Kolon boyutları 50 × 50 cm<sup>2</sup>, 40 × 70 cm<sup>2</sup> ve 70 × 40 cm<sup>2</sup>’dir. Kiriş kesitleri 30 × 60 cm<sup>2</sup>’dir. Tüm kirişlerin üzerine kalınlığı 30 cm ve yoğunluğu 5 kN/m<sup>3</sup> olan gaz beton duvarlar oturmaktadır. Döşeme kalınlığı 15 cm, hareketli yük 2 kN/m<sup>2</sup>’dir.

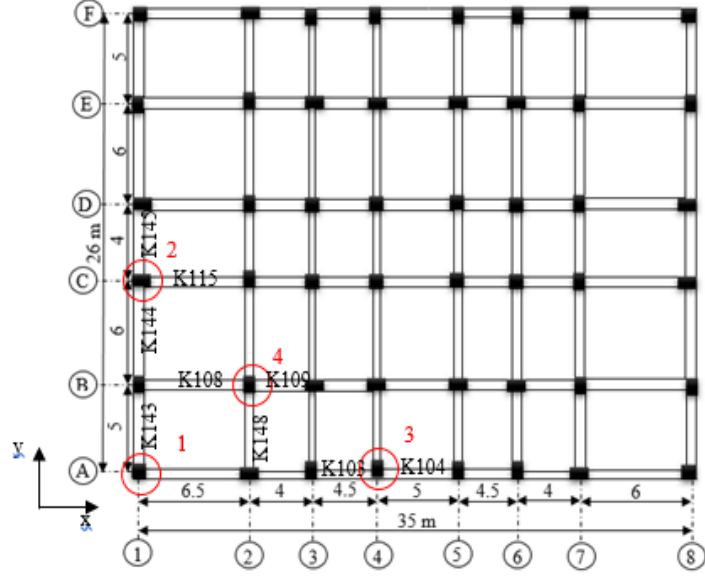
Yapı öncelikle tabanda ankastre kabulü ile çözülmüş ve aşamalı göçme riski araştırılmıştır. Daha sonra Geliştirilmiş Vlasov zemin modeli kullanılarak elastisite modülünün  $E_s = 18000$  kN/m<sup>2</sup> (gevşek kum) ve  $E_s = 90000$  kN/m<sup>2</sup> (orta sıkı kum ve çakıl) olduğu durumlar yapı-zemin etkileşiminin aşamalı göçme riski üzerindeki etkileri incelenmiştir. Seçilen kalıp planı Şekil.5’de gösterilmektedir.



Şekil.5 Yapının kalıp planı

Tüm kirişlerde mesnet donatısı üstte  $6\phi 16$  ve altta  $2\phi 16$  olacak şekilde düzenlenmiştir. Etriye aralıkları 10 cm'dir. Donatı sınıfı B420C'dir.  $40 \times 70$  cm<sup>2</sup> lik kolonlarda  $14\phi 16$ ,  $50 \times 50$  cm<sup>2</sup> kolonlarda  $12\phi 20$  ve  $70 \times 40$  cm<sup>2</sup> kolonlarda ise  $14\phi 16$  boyuna donatı kullanılmıştır. Etriyeler tüm kolonlarda  $\phi 10/100$ 'dür. Malzemelerin elastisite modülleri donatı ve beton için sırasıyla  $20000000$  kN/m<sup>2</sup> ve  $30000$  kN/m<sup>2</sup>'dir.

Alternatif Yol metoduna göre modelde doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri için sırasıyla A1, A4, C1 ve B2 kolonları sistemden çıkarılmıştır. Her bir kolon kaldırma senaryosu için ayrı ayrı aşamalı göçme denetimi yapılmıştır. Kaldırılan kolonların kalıp planı üzerindeki görünümü Şekil.6'da verilmektedir.



Şekil.6 Aşamalı göçme analizi kolon kaldırma senaryoları

UFC 4-023-03 kılavuzuna göre her bir çıkarılan kolon için doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Kolona bağlanan kirişlerde oluşan plastik mafsallı dönmelerine göre elamanın aşamalı göçme direnci değerlendirilmiştir.

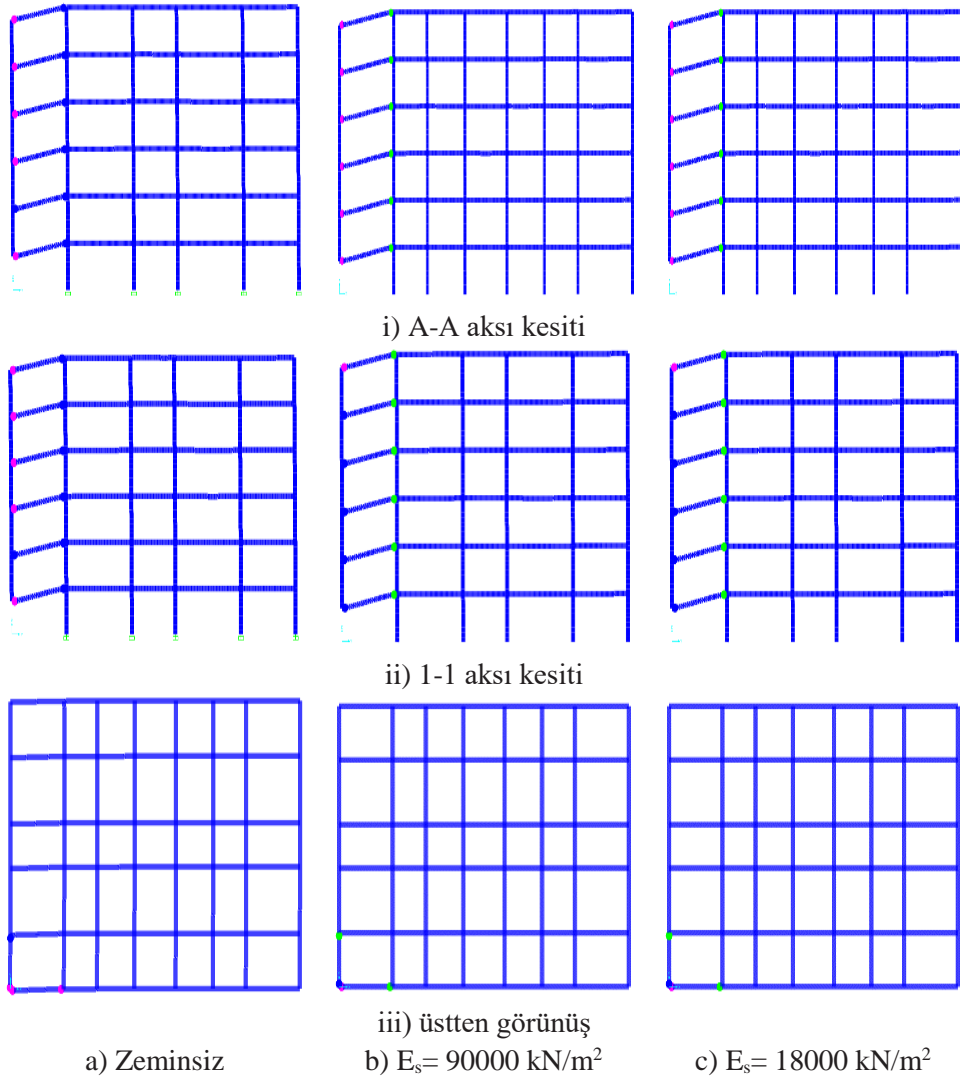
Söz konusu kolon kaldırma senaryoları hem zeminsiz hem de zeminli durumlar için yapıldığında kolonun kaldırıldığı düğüm noktasında elde edilen düşey yerdeğiştirme değerleri Tablo1’de verilmektedir.

**Tablo 1.** Kolonun kaldırıldığı düğüm noktasında elde edilen düşey yerdeğiştirme değerleri (cm)

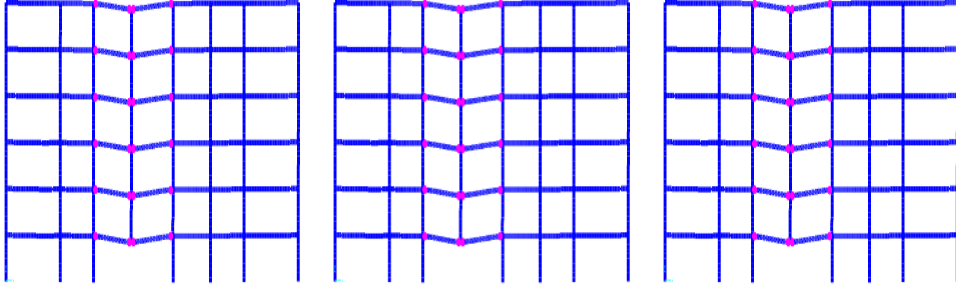
	A1 kolonu	A4 kolonu	C1 kolonu	B2 kolonu
<b>Zeminsiz</b>	5.706	2.373	4.321	3.481
<b><math>E_s= 90000 \text{ kN/m}^2</math></b>	7.190	3.587	5.348	4.682
<b><math>E_s= 18000 \text{ kN/m}^2</math></b>	7.749	7.223	8.607	5.012

Tablodan görüldüğü gibi tüm kolon kaldırma senaryolarında daha yumuşak zemine doğru gittikçe elde edilen düşey yerdeğiştirme değerleri beklenildiği gibi artmaktadır. Zeminsiz durum mesnet şartlarının en rijit olduğu duruma karşılık geldiğinden en küçük düşey yerdeğiştirme değerleri burada elde edilmiştir.

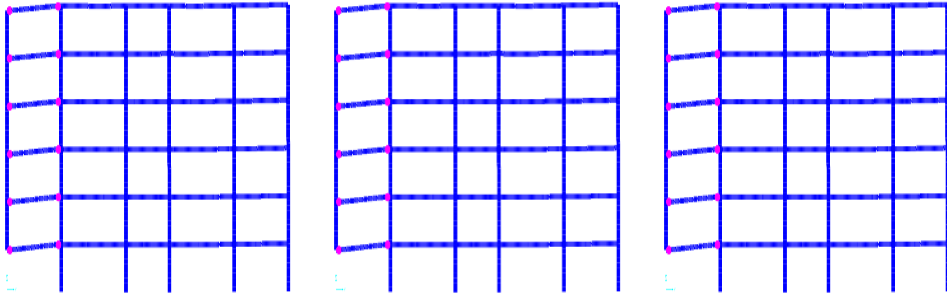
Aşamalı göçme analizi sonunda zemin cinsine bağlı olarak plastik mafsallardaki değişim Şekil 7-10'da verilmektedir.



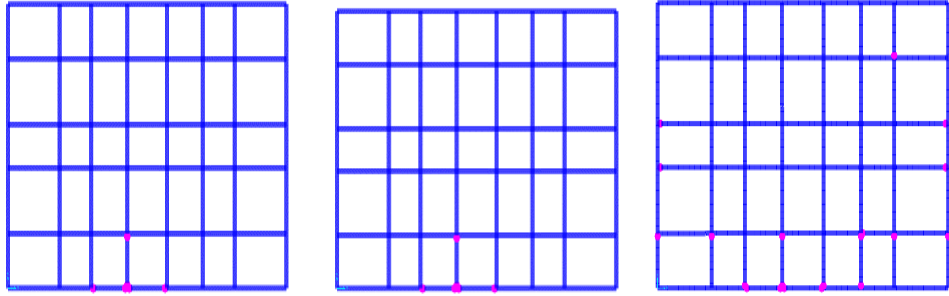
Şekil.7 A1 kolonu kaldırma senaryosu için plastik mafsalları



i) A-A aksı kesiti



ii) 4-4 aksı kesiti



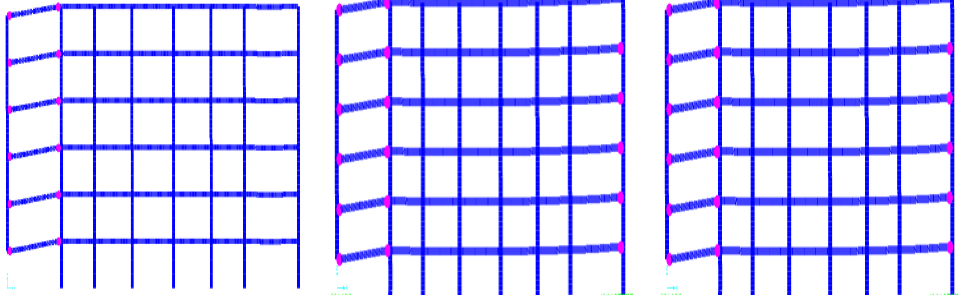
iii) üstten görünüş

a) Zeminsiz

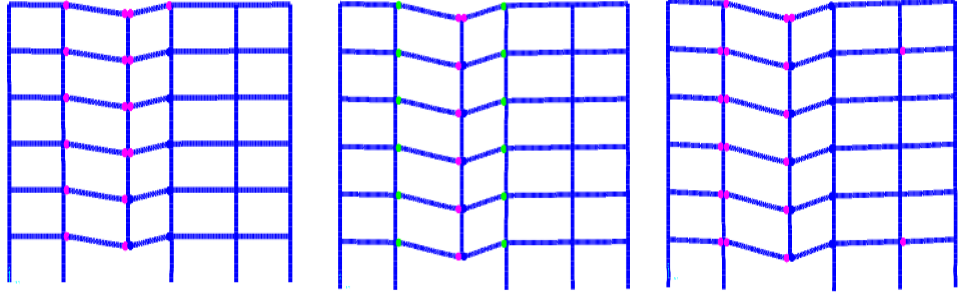
b)  $E_s = 90000 \text{ kN/m}^2$

c)  $E_s = 18000 \text{ kN/m}^2$

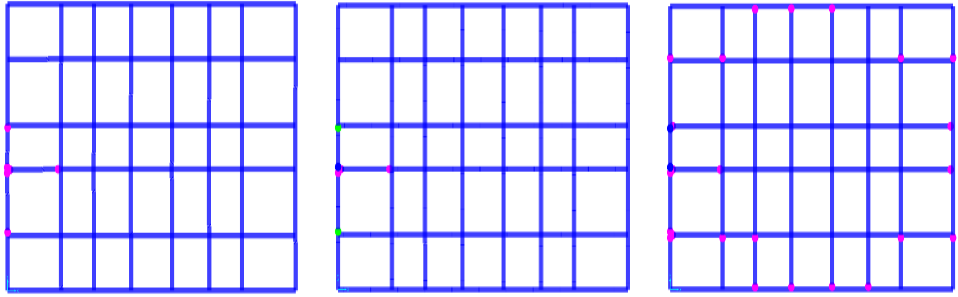
Şekil.8 A4 kolonu kaldırma senaryosu için plastik mafsalları



i) C-C aksı kesiti



ii) 1-1 aksı kesiti



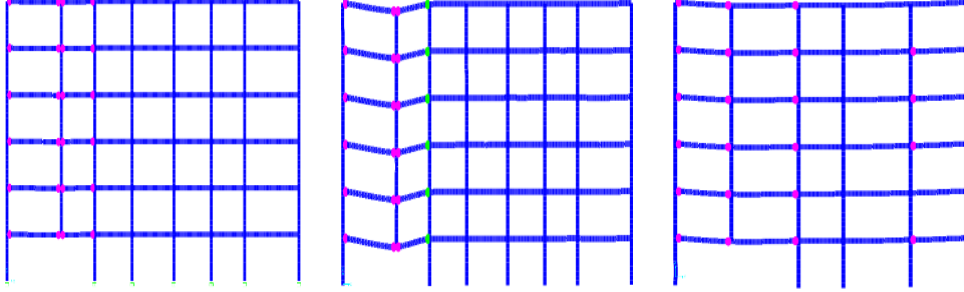
iii) üstten görünüş

a) Zeminsiz

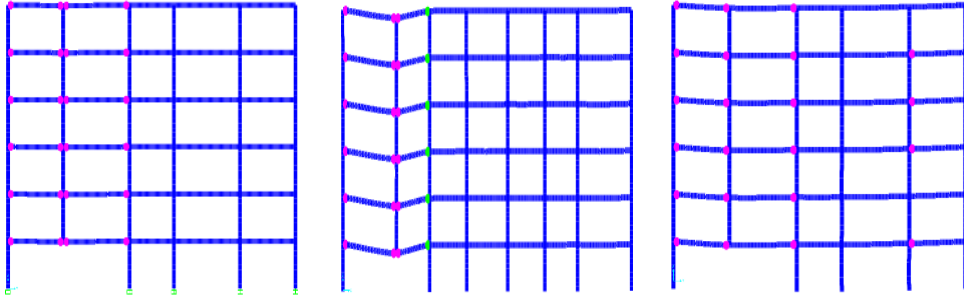
b)  $E_s = 90000 \text{ kN/m}^2$

c)  $E_s = 18000 \text{ kN/m}^2$

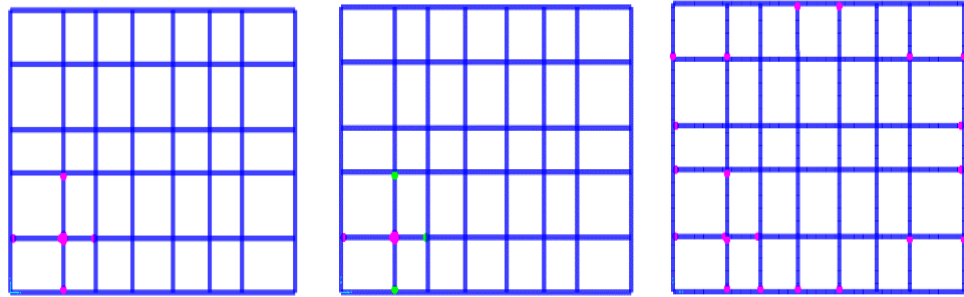
Şekil. 9 C1 kolonu kaldırma senaryosu için plastik mafsalları



i) B-B aksı kesiti



ii) 2-2 aksı kesiti



iii) üstten görünüş

a) Zeminsiz

b)  $E_s = 90000 \text{ kN/m}^2$

c)  $E_s = 18000 \text{ kN/m}^2$

Şekil. 10 B2 kolonu kaldırma senaryosu için plastik mafsalları

A1 kolon kaldırma senaryosu için zemin elastisite modülüne bağlı olarak plastik mafsallarda meydana gelen değişimi gösteren Şekil 7'ye bakıldığında zeminsiz durumda mafsallaşan kesitlerin olduğu ve bu kesitlerin bazılarında hemen kullanım sınırının (IO) aşıldığı görülmektedir. Plastikleşen ancak hemen kullanım sınırını aşmayan bazı kesitlerin zeminli çözümlerde hemen kullanım sınırını (IO) aştığı ve bazı kesitlerinde ise can güvenliği sınırına (LS) ulaştığı görülmektedir. Düzlemde kat planı incelendiğinde plastik mafsal sayısında önemli bir artış gözlenmemektedir. Tüm plastik mafsallar kaldırılan kolonun bulunduğu aks ve komşu akslarda oluşmuştur ancak kat yüksekliği boyunca süreklilik göstermiştir.

A4 kolon kaldırma senaryosunu gösteren Şekil 8'de ise yapının oturduğu zeminin yumuşaması ile birlikte mafsal sınırlarının değişmediği, tüm mafsalların elastik ötesi düzeyde kaldığı ve hemen kullanım sınırına (IO) ulaşmadığı görülmektedir. Ancak zemin elastisite modülü azaldıkça plastik dönmelerin arttığı ve elastisite modülünün 18000 kN/m<sup>2</sup> değeri için plastikleşen kesit sayısının da arttığı görülmektedir.

Şekil 9'da C1 kolunu kaldırma senaryosu için bakıldığında benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Hem plastik dönmeler artmakta can güvenliği sınırını aşmalar oluşmakta hem de plastikleşen kesit sayısında artış görülmektedir.

Şekil 10 B2 kolonu kaldırma senaryosu için plastik mafsal durumunu göstermektedir. Burada belki de en fazla etkilenen senaryonun B2 olduğu söylenebilir. Zeminsiz durumda plastikleşen ancak hemen kullanım sınırına (IO) ulaşmayan kesitler zemin etkisiyle birlikte can güvenliği sınırını (LS) aşmıştır. Zemin elastisite modülü 18000kN/m<sup>2</sup> alındığında ise mafsallaşan kesitlerin sayısının arttığı ancak plastik dönmelerin hemen kullanım sınırına (IO) ulaşmadığı gözlenmiştir. Bu durum yeniden dağılım sonrasında yapının diğer elemanlarının da taşın altına elini soktuğu ve plastikleştiği buna karşın kaldırılan kolonun etrafında plastikleşen kesitlerin biraz olsun rahatladığı şeklinde yorumlanabilir.

Tüm bu sonuçlar ışığında yapının zeminli ya da zeminsiz analizinde aşamalı göçme riskinin oluşmadığı görülmektedir. Bu durumda zemin-yapı etkileşiminin sonucu değiştirmedeği kanısını düşündürebilir. Ancak plastikleşen kesit sayısını ve mafsalın dönme düzeyini etkilemiştir. Özetle yapının davranışı değişmektedir. Dolayısıyla farklı yapı analizlerinde zemin etkisinin dikkate alınmaması gerçekçi olmayan sonuçlara götürebilir.

## 5.Sonuçlar

Yapılar ekonomik ömürleri boyunca beklenmedik yüklere maruz kalabilmektedir. Bu yükler etkisinde bölgesel ya da tümüyle hasarlar oluşabilmektedir. Beklenenin dışında gerçekleşen bu durum oldukça gevrek bir göçme mekanizması oluşturmakla birlikte can ve mal kaybını arttırmaktadır. Yapıların bir veya birden fazla elemanının dayanımını kaybetmesi neticesinde oluşan tümden ya da bölgesel çökme mekanizmasına aşamalı göçme adı verilmiştir. Bu çalışmada, 6 katlı betonarme bir yapı hem tabanda ankastre kabul edilerek hem de 2 farklı zemin türü için zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak aşamalı göçme riski açısından incelenmiştir. Zemin Geliştirilmiş Vlasov modeli kullanılarak karakterize edilmiştir. Aşamalı göçme riskinin belirlenmesinde UFC 4-023-03 kılavuzu dikkate alınmıştır. Analizler Alternatif Yol metodu kullanılarak doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile yapılmıştır. MATLAB’de yazılan bir kod sayesinde SAP2000v21.2.0 ile MATLABR2019b eş zamanlı kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmıştır.

- Yapı-zemin etkileşiminin dikkate alınması kolonun kaldırıldığı düğüm noktasındaki düşey yerdeğiştirmeleri arttırmaktadır.

- Yapı-zemin etkileşimi dikkate alındığında genel olarak kiriş plastik mafsallı dönmelerinde artma eğiliminde olduğu ancak bazı durumlarda azalarak plastikleşen kiriş sayısının arttığı görülmüştür.

- Zeminsiz çözümlerde oluşan kiriş plastik mafsallarının kolonun kaldırıldığı aks ve komşu akslarda yükseklik boyunca sürekli oluştuğu görülmektedir. Zemin dikkate alındığında özellikle zemin yumuşadıkça mafsallaşan kirişler planda yapının bütününe dağılmaktadır.

- Bu örnek için alt zemin dikkate alınmadan ve zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak yapılan tüm analizlerde aşamalı göçme riskinin oluşmadığı görülmektedir. Ancak farklı yapılarda zemin dikkate alınması sonucu değiştirebilir.

- Sonuçlar aşamalı göçme analizinde, özellikle yumuşak zeminler için, zemin-yapı etkileşiminin dikkate alınması gerektiğini göstermiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 118M998’olu proje kapsamında desteklenmektedir.

### **Kaynaklar**

- ASCE 7-16, Minimum Design Loads for Buildings and other Structures, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston (VA), USA, 2016.
- Dusenberry, D.O. ve Juneja, G., Review of Existing Guidelines and Provisions Related to Progressive Collapse, National Workshop on Prevention of Progressive Collapse, July 10-12, Arlington, Massachusetts, 2002.
- Fu, F., Dynamic Response and Robustness of Tall Buildings under Blast Loading, Journal of Constructional Steel Research, 80 (2013) 299–307.
- Griffiths, H., Pugsley, A. ve Saunders, O., Report of the Inquiry into the Collapse of Flats at Ronan Point, Canning Town. Her Majesty's Stationary Office, London, U.K. 1968.
- Khandelwal, K., El-Tawil, S. ve Sadek, F., Progressive Collapse Analysis of Seismically Designed Steel Braced Frames, Journal of Constructional Steel Research, 65 (2009) 699–708.
- Kılıçer, S. 2016. 'Yapı Zemin Etkileşiminin Betonarme Yapıların Tasarımına Etkisi', Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Leyendecker, E.V. and Ellingwood, B.R., 1977, "Design Methods for Reducing the Risk of Progressive Collapse in Buildings", National Bureau of Standards, Washington D.C.
- Özgan, K., 2007. Geliştirilmiş Vlasov Modelini Kullanarak Elastik Zemine Oturan Kalın Plakların Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi ve Etkin Zemin Derinliğinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Song, B. I. and Sezen H., "Experimental and Analytical Progressive Collapse Assessment of a Steel Frame Building," Journal of Structural Engineering, vol.56, pp. 664–672, 2013.
- Unified Facility Criteria (UFC 4-023-03), Design of Buildings to Resist Progressive Collapse, U.S. Department of Defense, Washington (DC), USA, 2016.
- Yön, M. Ş., 2017. Betonarme Binalarının Deprem Davranışının Artırimsal Dinamik Analiz Yöntemiyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.



# LANDSAT GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ERCİYES DAĞI'NDAKİ KAR VE BUZUL DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

**Öğr. Gör. Ahmet Doğukan YAZICI**

Yozgat Bozok Üniversitesi

**İrem ÖZOK YAZICI**

Yozgat Kadastro Müdürlüğü

**ÖZET:** Uzaktan algılama verileri birçok çalışmada temel veri kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Erciyes Dağı'nda bulunan kar ve buzulların değişimi ve yer yüzeyi sıcaklığının tahmini ile ilişkisi uzaktan algılanan veriler kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada 1988, 1996, 2009 yıllarına ait Landsat 5 TM, 2019 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kar ve buzullardaki değişimleri incelemek adına Normalized Difference Snow Index (NDSI), Normalized Difference Snow-Ice Index (NDSII) ve Normalized Difference Glacier Index (NDGI) kullanılmıştır. Buzul ve kar örtüsündeki değişimlerin sebebi olarak gösterilen etkenlerden biri olan yer yüzeyi sıcaklığı Landsat uydu görüntüleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda Erciyes Dağı bölgesinde bulunan kar ve buzulların zaman içerisinde azaldığı görülmüştür. Bu azalmaya sebep olduğu düşünülen yer yüzeyi sıcaklığının da yıllara göre arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma, uzaktan algılama verileri ile coğrafi bilgi sistemleri tekniklerinin buzulların ve yer yüzeyi sıcaklığının değişimlerini incelemede iyi bir araç olduğu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Buzul Haritalama, Kar ve Buzul İndeksleri, Uzaktan Algılama, Yer Yüzeyi Sıcaklığı

## **Investigation of Snow and Glacier Changes in Mount Erciyes Using Landsat Imagery**

**ABSTRACT:** Remote sensing data is used as a basic data source in many studies. In this study, the relationship between the change of glaciers located on Erciyes Mountain and the prediction of the land surface temperature was investigated by using remote sensed data. In the study, satellite images of Landsat 5 TM from 1988, 1996, 2009 and Landsat 8 OLI / TIRS from 2019 were used. Normalized Difference Snow Index (NDSI), Normalized Difference Snow-Ice Index (NDSII) and Normalized Difference Glacier Index (NDGI)

were used to examine changes in snows and glaciers. Land surface temperature, one of the factors shown as the reason for the changes in the glacier and snow cover, was estimated using Landsat satellite images. As a result of the study, it was observed that the snows and glaciers in the Erciyes Mountain region decreased over time. It was concluded that the land surface temperature, which was deemed to cause this decrease, also increased over the years. The study shows that remote sensing data and geographic information systems techniques are a good tool for investigating the changes in glaciers and land surface temperature.

**Keywords:** Glacier Mapping, Snow and Glacier Indexes, Remote Sensing, Land Surface Temperature

## 1. Giriş

Buzulların yerel iklim değişikliğine duyarlılığı, onları küresel iklim değişikliğinin açık ve yaygın olarak kullanılan bir göstergesi haline getirmektedir (Guo vd., 2015). Hidrolojik açıdan bakıldığında, buzul ve kar örtüsü alanındaki değişim, iklim değişikliğinin önemli bir göstergesidir. Buzullar en önemli tatlı su ve akarsu kaynağıdır. Buzul erime oranını anlamak, su kaynaklarının tahmini ve yönetimi için önemlidir, dünyadaki toplam buzul alanı yaklaşık 14,9 milyon km<sup>2</sup>'dir (Das ve Rai, 2018). Kar ve buz örtüsü, dünyanın birçok yerinde, insanların ekinlerin ve içme suyunun sulanması için kar erimesine dayandığı su kaynaklarını sağlar (Xiao vd. 2001). Çok yönlü kar örtüsü elde etmek, dağlık alanlarda kar erimesi akış modellemesi ve kar felaketinin izlenmesi için büyük öneme sahiptir (Xiao vd., 2020).

Elektromanyetik (EM) spektrumun görünür bölgesinde yüksek kar yansımaları ve kış aylarında büyük mekansal yayılımlar, karla ilgili bölgelerde, çığ etkilerini azaltma, stratejik hareketler, klimatoloji ve hidrolojide gelişimsel aktiviteleri etkileyen önemli bir doğal varlık olarak gösterir. Eşsiz spektral yansıma davranışı nedeniyle kar parametrelerinin optik uzaktan algılama kullanılarak izlenmesi mümkündür. Uzaktan algılama parametreleri kullanılarak kar parametrelerinin haritalanması ve alınması için karın hiper-spektral tepkisinin anlaşılması gereklidir. (Shekhar vd., 2018).

Yer yüzeyi sıcaklığı dünya yüzeyinin sıcaklığını temsil eder ve yüzey enerji dengesini, bölgesel iklimleri, ısı akılarını ve enerji değişimlerini etkileyen anahtar parametrelerden biridir. Yer yüzeyi sıcaklığı, meteoroloji istasyonları tarafından radyasyon ölçümleri ile tahmin edilebilir. Bu yöntem genellikle noktaya dayalı bir ölçüm olduğu için büyük ölçekli bir izlemeye izin vermez. Uzaktan algılanan TIR verileri, küresel olarak büyük ölçekte zamansal ve mekansal yer yüzeyi sıcaklığı analizine izin verir (Sekertekin ve Bonafoni, 2020).

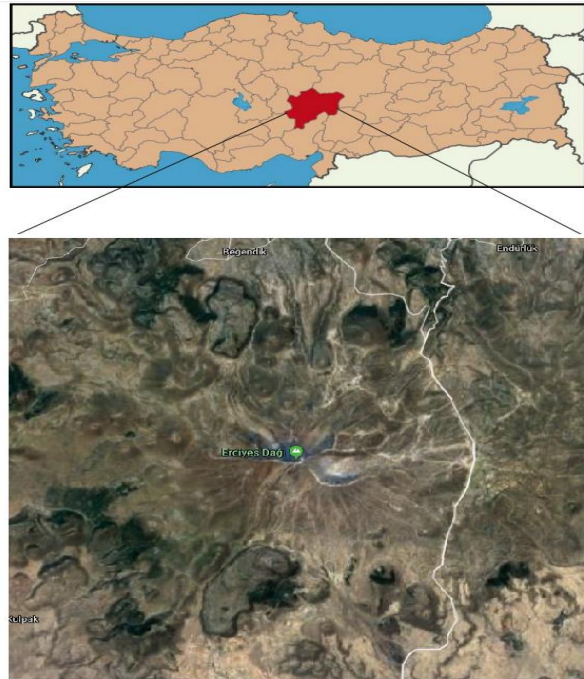
Bu çalışmada, Erciyes Dağı'nda bulunan kar ve buzulların zamansal değişimleri incelenmiş ve bu değişime etkisi olduğu düşünülen yer yüzeyi sıcaklığı unsurunun etkisi irdelenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Orta Anadolu'nun en yüksek, ülkemizin de en yüksek beşinci dağı olan Erciyes Dağı'dır. Erciyes Dağı, yaklaşık olarak 3900 metre yüksekliğe ve 3300 km<sup>2</sup> alana sahiptir (Şekil 1). Sönmüş bir volkanik dağ olan Erciyes Dağı, Kayseri şehir merkezinin 25 km güneyinde yer almaktadır. Erciyes Dağı'nın ismi Hititler dönemine uzanmaktadır ve bu isim erimeyen karların olması sebebiyle "Beyaz Dağ" anlamına gelmektedir.

Şekil 1. Erciyes Dağı Lokasyonu



Çalışma bölgesinde bulunan daimi kar ve buzul alanları Erciyes Dağı zirvesinde bulunmaktadır. Bu alanları incelerken tarih olarak yaz dönemi tercih edilmiştir. Çalışma bölgesine ait olan Temmuz ve Ağustos aylarında çekilmiş olan fotoğraflar Şekil 2'de yer almaktadır.

**Şekil 2.** Çalışma alanına ait fotoğraflar (a) 2019 Temmuz (b) 2019 Ağustos



## 2.2. Materyal

Çalışmada kullanılan veriler, Erciyes Dağı bölgesini içeren Landsat uydu görüntüleridir. Seçilen uydu görüntüleri 1988, 1996, 2009, 2019 yıllarına ve Ağustos aylarına ait görüntülerdir. Uydu görüntülerinde sonuçları etkilememesi adına bulutluluk oranı düşük olan ve çalışma alanında da bulutların olmadığı görüntüler tercih edilmiştir. 1988, 1996, 2009 yıllarına ait uydu görüntüleri Landsat 5 TM, 2019 uydu görüntüsü ise Landsat 8 OLI/TIRS uydularından temin edilmiştir. Bu verilerin tarama tarihi ve saati Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Verilerin tarama tarihi ve saatleri

Algılayıcı Türü	Tarih	Saat
Landsat 5 TM	23.08.1988	07:46
Landsat 5 TM	29.08.1996	07:32
Landsat 5 TM	17.08.2009	08:04
Landsat 8 OLI/TIRS	29.08.2019	08:15

### 2.3. Yöntem

#### 2.3.1. NDSI

NDSI, görünür ve yakın kızılötesi veya kısa dalga bantlarının normalleştirilmiş bir farkıdır. Kar ve buz haritalamak için kullanılır (Hovsepyan vd., 2018). Endeks, kar/buzun spektral özelliklerini görünür bölgede yüksek yansımaya ve SWIR bölgesinde güçlü bir emme özelliğini kullanır (Keshri vd., 2009). NDSI 'yi hesaplamada aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$NDSI = (Green-SWIR)/(Green+SWIR)$$

Landsat 5 TM için:

$$NDSI = (Bant 2 - Bant 5)/(Bant 2 + Bant 5)$$

Landsat 8 OLI/TIRS için:

$$NDSI = (Bant 3 - Bant 6)/(Bant 3 + Bant 6)$$

Formül uygulandığında elde edilen sonuç değerler -1 ve +1 arasında değişmektedir. Buzul alanlarının bulunduğu bölgelerde değerler yüksek indis değerleridir. Sonuçların doğruluk değeri seçilen eşik değerine göre değişmektedir. Aktif buzul alanlarının belirlenmesinde eşik değeri 0.4 olarak alınmıştır.

#### 2.3.2. NDSII

NDSII, Landsat verilerinin kırmızı ve orta kızılötesi spektral bantları kullanılarak hesaplanabilen bir endekstir. (Xiao vd., 2001). NDSII endeksi, NDSI'ye benzer bir eğilim izlemektedir. Ayrıca, değerlerde yayılmanın değişkenliği, NDSI indeksine kıyasla nispeten daha azdır (Shekhar vd., 2018). NDSII'yi hesaplamada aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$NDSII = (Red-NIR)/(Red+NIR)$$

Landsat 5 TM için:

$$NDSII = (Bant 3 - Bant 5)/(Bant 3 + Bant 5)$$

Landsat 8 OLI/TIRS için:

$$NDSII = (Bant 4 - Bant 6)/(Bant 4 + Bant 6)$$

Formül sonucunda elde edilen değer -1 ile +1 arasındadır. NDSII için belirlenen eşik değeri ise 0.4'tür.

### 2.3.3. NDGI

NDGI, yeşil ve kırmızı spektral bantlar yardımıyla buzul bölgeleri tespit etmeye yardımcı olan önemli bir göstergedir (Das ve Rai, 2018). Bu endeks buzul algılama ve buzul izleme uygulamalarında yaygın olarak kullanılır (URL-1).

$$NDGI = (Green-Red)/(Green+Red)$$

Landsat 5 TM için:

$$NDGI = (Bant 2 - Bant 3)/(Bant 2 + Bant 3)$$

Landsat 8 OLI/TIRS için:

$$NDGI = (Bant 3 - Bant 4)/(Bant 3 + Bant 4)$$

NDGI frekans dağılımı aynı zamanda iki modlu bir dağılıma sahiptir ve kar/buzun buzla karışmış kalıntılara karşı ayırt edilmesi için kullanılabilir (Murtaza ve Romshoo, 2015). Formül sonucunda ortaya çıkan değerler -1 ile +1 arasında yer almaktadır. NDGI için belirlenen eşik değeri ise 0.025'tir.

### 2.3.4. Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması

Dağlık alanlarda, yer yüzey sıcaklığının bilgisi su ve ısı koşulları ile ilgili önemli kara yüzeyi süreçleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (He vd., 2019).

Bu çalışmanın hedeflerinden biri de azalan buzul alanlarının yer yüzey sıcaklığı ile ilişkilendirilmesidir. Yer yüzey sıcaklığı meteorolojiye ait gözlem istasyonlarından ölçülebilmektedir. Fakat istasyon sayılarının az olması ve ölçüm yıl aralığının geniş olmaması farklı tekniklere ihtiyaç duyulmasına sebep olmaktadır. Bu bakımdan uydu görüntüleri kullanılarak yer yüzeyi sıcaklığı tahmin edilebilmektedir. Çalışmada, Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri için farklı formüller kullanılarak yer yüzeyi sıcaklığı tahmin edilmiştir. Algılayıcı türlerine göre formüller şu şekildedir.

Landsat 5 TM için:

*Atmosferik spektral ışınımı parlaklığının üst değeri ( $L_{\lambda}$ )*

$$L_{\lambda} = ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

*Yer Yüzeyi Sıcaklığı ( $T$ )*

$$T = (K_2 / \ln[(K_1 / L_{\lambda}) + 1]) - 273,15$$

*Landsat 8 OLI/TIRS için:*

*Atmosferik spektral ışınımı parlaklığının üst değeri ( $L_{\lambda}$ )*

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L$$

*Sensör sıcaklığı (TB)*

$$TB = (K_2 / \ln[(K_1 / L_{\lambda}) + 1]) - 273,15$$

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

$$NDVI = (Bant 5 - Bant 4) / (Bant 5 + Bant 4)$$

$$P_v = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2$$

$$e = 0.004 * P_v + 0.986$$

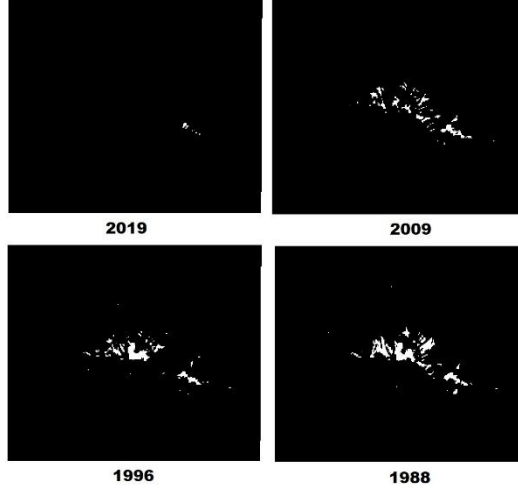
*Yer Yüzeyi Sıcaklığı (T)*

$$T = TB / [1 + (\lambda * TB / c_2) * \ln(e)]$$

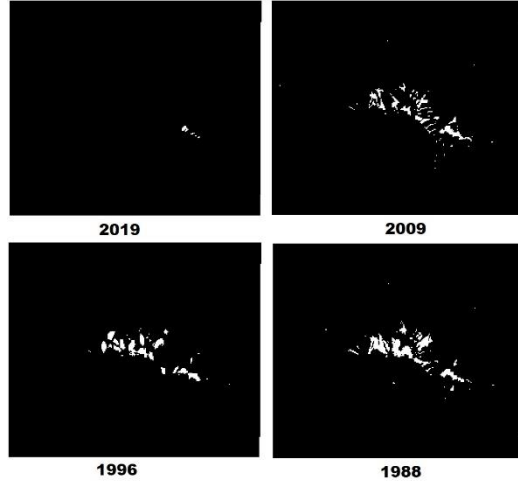
### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma sonucunda Erciyes Dağı bölgesinde 3 indeks sonucunda elde edilen değerlerde kar ve buzul alanlarında genel olarak bir azalmanın olduğu görülmektedir. NDSI için 1988 yılında 0.8073 km<sup>2</sup>, 1996 yılında 0.4977 km<sup>2</sup>, 2009 yılında 0.4239 km<sup>2</sup>, 2019 yılında ise 0.0243 km<sup>2</sup>'lik bir buzul ve kar alanı sonucuna ulaşılmıştır. NDSII için sonuçlar ise 1988 yılında 0.9063 km<sup>2</sup>, 1996 yılında 0.6624 km<sup>2</sup>, 2009 yılında 0.6237 km<sup>2</sup>, 2019 yılında ise 0.0324 km<sup>2</sup>'dir. NDGI'e göre ise 1988 yılında 0.1107 km<sup>2</sup>, 1996 yılında 0.0891 km<sup>2</sup>, 2009 yılında 0.0243 km<sup>2</sup>, 2019 yılında ise 0.0207 km<sup>2</sup>'lik alan olduğu görülmektedir. Değişim sonuçları Şekil 3, 4 ve 5'te gösterilmiştir. İndekslere göre alan değişim değerleri Tablo 1 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.

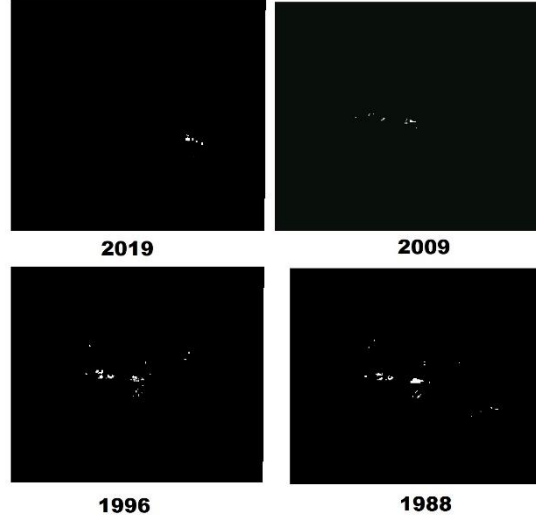
Şekil 3. NDSI Sonuçları



Şekil 4. NDSII Sonuçları



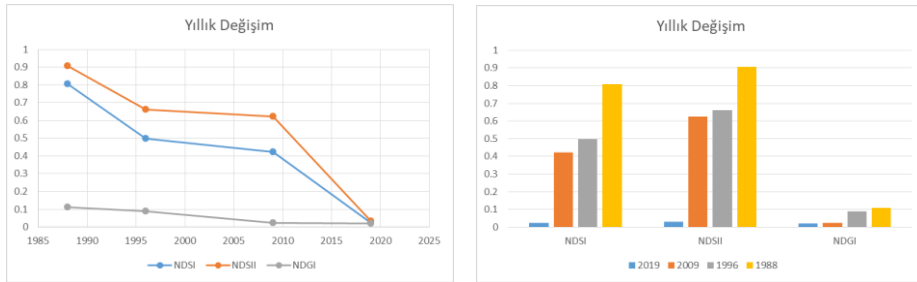
Şekil 5. NDGI Sonuçları



Tablo 2. İndekslere Göre Alan Değişim Değerleri

Yıl	NDSI (km <sup>2</sup> )	NDSII (km <sup>2</sup> )	NDGI (km <sup>2</sup> )
2019	0.0243	0.0324	0.0207
2009	0.4239	0.6237	0.0243
1996	0.4977	0.6624	0.0891
1988	0.8073	0.9063	0.1107

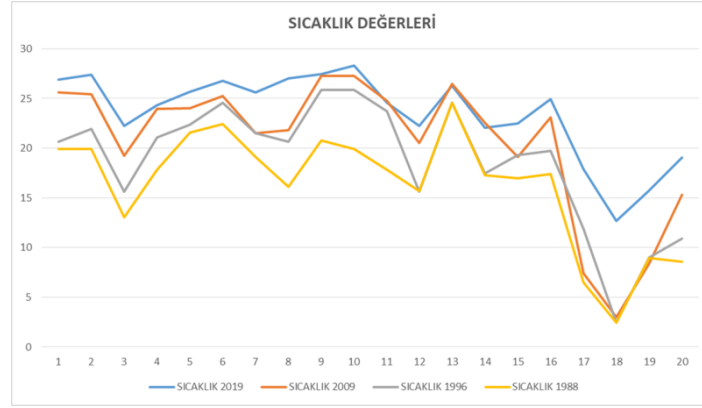
Şekil 7. İndekslere Göre Alan Değişim Grafikleri



Çalışmanın diğer adımımda ise kar ve buzul değişiminde etkili olduğu düşünölen yer yüzey sıcaklığındaki değişimin incelenmesidir. Uydu görüntöleri ile yapılan analizde 2019, 2009, 1996 ve 1988 yılları için 20 kontrol noktası kullanılarak yer yüzey sıcaklığı değerleri elde edilmiştir. 2019 yılı için bu 20 noktada en düşük sıcaklık değeri 12.65 °C, en yüksek sıcaklık değerine ise 28.28 °C olarak tahmin edilmektedir. 2009 yılı için en düşük sıcaklık değerine 3.00 °C iken en yüksek sıcaklık değerine ise 27.23 °C'dir. 1996 yılında ise en düşük sıcaklık değerinin 2.41°C olduğu ve en yüksek sıcaklık değerinin ise 25.82 °C olduğu görölmektedir. Son olarak 1988 yılında ise en düşük sıcaklık değerinin 2.41 °C, en yüksek sıcaklık değerinin ise 24.58 °C olduğu analiz sonucunda ulaşılmaktadır. Elde edilen sıcaklık değişim değerleri Tablo 3'de, değişim değerlerinin grafiği ise Şekil 8'de gösterilmektedir.

**Tablo 3.** Sıcaklık Değişim Değerleri

<b>K.Nokta</b>	<b>2019</b>	<b>2009</b>	<b>1996</b>	<b>1988</b>
1	26.89	25.59	20.61	19.93
2	27.39	25.42	21.94	19.93
3	22.25	19.25	15.64	13.06
4	24.3	23.93	21.06	17.82
5	25.68	24.00	22.37	21.56
6	26.78	25.23	24.54	22.42
7	25.58	21.51	21.50	19.09
8	27.03	21.82	20.61	16.11
9	27.44	27.23	25.82	20.76
10	28.28	27.23	25.82	19.93
11	24.58	24.76	23.68	17.82
12	22.24	20.54	15.64	15.68
13	26.29	26.45	24.54	24.58
14	22.07	22.51	17.47	17.25
15	22.45	19.09	19.28	16.97
16	24.95	23.09	19.72	17.4
17	17.88	7.40	11.88	6.50
18	12.65	3.00	2.41	2.41
19	15.71	8.36	8.98	8.95
20	19.02	15.28	10.92	8.56

**Şekil 8. Sıcaklık Değişim Grafiği**

#### 4. Sonuçlar

İnsanlık tarihinin gün geçtikçe doğa ile yarış halinde olduğu yapılan birçok çalışmanın sonucunda görülmektedir. Bu çalışmalar arasında küresel ısınma ve sonuçları yer almaktadır. Küresel ısınma dünya için ciddi bir tehlikedir. Küresel ısınmaya sebep olan en temel unsur sera gazlarının artışı olarak söylenebilmektedir. Bunun haricinde ise farklı sebepler de vardır. Bunlardan biri de yer yüzeyi sıcaklığı olarak tanımlanan jeoidin sahip olduğu sıcaklığın artışıdır.

Bu çalışmanın temel amacı Erciyes Dağı'nda bulunan kar ve buzulların zaman içerisindeki değişimlerinin incelenmesi ve bu değişimlere yer yüzeyi sıcaklığının yapmış olduğu etkinin incelenmesidir. Yapılan çalışmada, çalışma alanında bulunan kar ve buzul alanları 3 farklı indeks ile belirlenmiştir. Bu indeksler NDSI, NDSII, NDGI'dir. Çalışmada zaman dilimi olarak 1988, 1996, 2009 ve 2019 yılları seçilmiştir. Landsat uydu görüntüleri kullanılarak belirlenen kar ve buzul alanlarında, zaman dilimi içerisinde 3 indeks için de azalmanın olduğu görülmektedir.

Çalışmanı bir diğer aşaması olan yer yüzeyi sıcaklığı da Landsat uydu görüntüleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Çalışma bölgesinde değişimin incelenmesinde 20 kontrol noktası kullanılmıştır. Bu kontrol noktalarından alınan değerlere göre genel olarak yer yüzeyi sıcaklığının zaman içerisinde arttığı görülmektedir.

Çalışmanın sonucunda, Erciyes Dağı'nın kar ve buzul değişiminde azalmanın olduğu görülmektedir. Yer yüzeyi sıcaklığının da gün geçtikçe arttığı sonucuna da yapılan analizlerle ulaşılmıştır. Kar ve buzul alanların azalmasına neden olan unsurlardan birinin de yer yüzeyi sıcaklığındaki artışın olduğu görülmektedir. Bu artış kar ve buzul alanların azalmasına ve bunun sonucunda su kaynaklarının ve ekosistemin olumsuz etkilenmesine sebep olacağı söylenilebilir.

Yapılan çalışmalarda temel veri olarak uydu görüntüleri kullanılmıştır. Farklı indekslerin kullanılarak kar ve buzul alanlarının belirlenmesinde ve yer yüzeyi sıcaklığının tahmininde uydu görüntüleri başarılı sonuçlar vermektedir. Bu anlamda özellikle zamansal değişimlerin incelenmesinde ve yersel ölçü ile beraber gözlem noktalarından yapılan değerlendirmelerin g olduğu durumlarda uydu görüntülerini kullanmak iyi bir seçenek olacaktır.

### **Kaynaklar**

- Das, P. and Rai, M. (2018). “Determination of Glacier Mass Balance Using Remote Sensing and GIS Technology: A Case Study of Bara Shigri Glacier, Himachal Pradesh”, *Asian Journal of Science and Applied Technology*, 7(1): 1-7.
- Guo, W., Liu, S., Xu, J., Wu, L., Shangguan, D., Yao, X., Wei, J., Bao, W., Yu, P., Liu, Q., Jiang, Z. (2015). “The Second Chinese Glacier Inventory: Data, Methods and Results”, *Journal of Glaciology*, 61(226): 357-372. DOI: 10.3189/2015JoG14J209.
- He, J., Zhao, W., Li, A., Fengping, W., Yu, D., (2019). “The Impact of The Terrain Effect on Land Surface Temperature Variation Based on Landsat-8 Observations in Mountainous Areas”, *International Journal of Remote Sensing*, 40 (5-6): 1808-1827, DOI: 10.1080/01431161.2018.1466082.
- Hovsepyan, A., Muradyan, V., Tepanosyan, G., Minasyan, L., Asmaryan, S. (2018). “Studying The Dynamics of Lake Sevan Water Surface Temperature Using Landsat 8 Satellite Imagery”, *Annals of Valahia University of Targoviste, Geographical Series*. 18(1): 68-73 DOI: 10.2478/avutgs-2018-0008
- Keshri, A. K., Shukla, A. and Gupta, R. P. (2009). “ASTER Ratio Indices For Supraglacial Terrain Mapping”, *International Journal of Remote Sensing*, 30(2): 519-524.
- Murtaza, K. O. and Romshoo, S. A. (2015). “Recent Glacier Changes in the Kashmir Alpine Himalayas, India”, *Geocarto International*, 32(2): 188-205, DOI:10.1080/10106049.2015.1132482.

- Sekertekin, A. and Bonafoni, S. (2020). "Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over Rural Areas: Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Models and Toolbox Implementation", *Remote Sensing*, 12(294): 1-32. <https://doi.org/10.3390/rs12020294>.
- Shekhar, C., Srivastava, S., Negi, H.S., Snehmani, A.G. (2018). "Effect of Linear and Non-linear Mixing on Hyper-spectral Signatures of Snow in the Optical Region (350–2500 nm)", *Geocarto International*, 34(6): 644-663, DOI:10.1080/10106049.2018.1434683.
- URL-1. [https://www.blumarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper-19/Raster\\_Calculator.htm](https://www.blumarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper-19/Raster_Calculator.htm) (Erişim Tarihi: 14.11.2019).
- Xiao, P., Li, C., Zhu, L., Zhang, X., Ma, T., Feng, X. (2020). "Multitemporal Ensemble Learning for Snow Cover Extraction From High-Spatial-Resolution Images in Mountain Areas", *International Journal of Remote Sensing*, 41(5): 1668-1691.
- Xiao, X., Shen, Z., Qin, X. (2001). "Assessing the Potential of VEGETATION Sensor Data for Mapping Snow and Ice Cover: A Normalized Difference Snow and Ice Index", *International Journal of Remote Sensing*, 22(13): 2479-2487, DOI: 10.1080/01431160119766.



# MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİYLE HAVADAKİ OZON KONSANTRASYONU TAHMİNİ

**Buse Gül ŞEHİRLİ**

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

**Hacı Samet KÜÇÜK**

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

**Ali DEĞİRMENCİ**

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

**Ömer KARAL**

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

**ÖZET:** Tüm dünyada sanayinin hızla gelişmesi ve insan nüfusunun hızla artış göstermesi hava kirlilik oranını arttırmaktadır. Hava kirliliği, ekolojik dengeyi bozarak insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, hava kirlilik oranının sürekli ölçülmesi ve izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Pekin'deki 3 farklı hava kalitesi izleme sahasından elde edilen verilere (sıcaklık, basınç, yağış, nem, rüzgâr yönü ve hızı ile PM2.5, PM10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO ve O<sub>3</sub>) farklı makine öğrenme algoritmaları (doğrusal regresyon, ridge regresyon ve polinom regresyon) uygulanmış ve havadaki O<sub>3</sub> miktarı tahmin edilmiştir. Algoritmaların başarısını kıyaslamak için belirleyicilik katsayısı ve ortalama karesel hata performans ölçütü olarak kullanılmıştır. Son olarak, elde edilen başarı değerleri kıyaslanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Deney sonuçlarına göre, en iyi performans Tiantan ilçesinde polinom regresyon yöntemiyle ( $R^2=0.81$ , OKH=0.19) elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Troposferik ozon, Hava kirliliği, Makine öğrenmesi, Regresyon, Tahmin.

## Estimation of Ozone Concentration in Air By Machine Learning Methods

**ABSTRACT:** The rapid development of industry all over the world and the rapid increase of the human population increase the rate of air pollution. Air pollution affects human health negatively by disrupting ecological balance. Therefore, continuous measurement and monitoring of air pollution is of great

importance. In this study, different machine learning algorithms (linear regression, ridge regression and polynomial regression) were applied to the data (temperature, pressure, precipitation, humidity, wind direction and speed as well as PM2.5, PM10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub>) obtained from 3 different air quality monitoring sites in Beijing and the amount of ozone (O<sub>3</sub>) in the air was estimated. In order to compare the success of the algorithms, the coefficient of determination and mean squared error were used as a performance measure. Finally, the results were evaluated by comparing the obtained success values. According to the experimental results, the best performance is obtained in Tiantan site by polynomial regression method ( $R^2=0.81$ ,  $MSE=0.19$ ).

**Keywords:** Tropospheric ozone, Air pollution, Machine learning, Regression, Estimation.

## 1.GİRİŞ

Atmosferde bulunan gazların karışımından oluşan hava, canlıların yaşamları için büyük önem taşır. Havada katı ve gaz hallerinde bulunan bazı maddelerin çevresel ve ekolojik dengeyi bozarak canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek ve tehlikeye atacak seviyelere gelmesine "Hava Kirliliği" denir.

Havadaki gazlar belirli oranlarda bulunmaktadır. Azot (N), oksijen (O), argon (Ar), neon (Ne), helyum (He) gibi gazlar havada devamlı bulunurlar ve bu gazların miktarları sabittir. Havada devamlı bulunup miktarları değişkenlik gösteren gazlar da bulunmaktadır. Su buharı, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), ozon (O<sub>3</sub>) gibi gazlar değişkenlik gösteren gazlara örnek verilebilir. Bunların dışında havada kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), karbon monoksit (CO) ve partikül madde (PM) gibi kirleticiler de bulunur. Bu kirleticiler doğal ve antropojenik kaynaklardan meydana gelir. Kum fırtınaları, orman yangınları, volkanik patlamalar doğal kaynaklara; endüstriyel faaliyetler, ulaşımda kullanılan motorlu taşıtlar, ısı ve enerji elde edilmesi için fosil yakıt kullanımı antropojenik kaynaklara örnektir.

Sanayinin hızla gelişmesi ve insan nüfusunun artması hava kirliliğinde önemli bir artışa neden olmaktadır. Hava kirliliği önlem alınmadığında solunum yolu hastalıklarına, akciğer kanserine ve alerjik reaksiyonlara neden olabilmekte ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. Bu nedenle hava kirlilik oranı düzenli bir şekilde izlenmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Hava kirliliğinin ölçümü hassas sensörler aracılığıyla yapılmaktadır. Sensörlerden toplanan verilere geleneksel matematiksel modellerin uygulanmasına ek olarak, son yıllarda makine öğrenme algoritmaları uygulayarak hava kirliliği oranını tahmin etmek için yapılan çalışmalarda önemli bir artış olmuştur. Kaplan vd. (2014), yapay sinir ağları yöntemi ile 3 katmanlı geri beslemeli ağ

yapısında Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması kullanarak Kütahya iline ait PM10 ve SO<sub>2</sub> veri tahmini yapmışlardır. Tahmin verileri ile gerçek veriler karşılaştırılmış ve ortalama kök hatasını (OKH) hesaplamışlardır. Bulunan OKH değeri PM10 için 0,0161 ve SO<sub>2</sub> için 0,0372 çıkmıştır. Yapay sinir ağlarında Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması kullanılarak tahmin edilen sonuçların gerçek ölçüm değerlerine çok yakın olduğunu gözlemlemişlerdir. Çiçek vd. (2004), hava kirleticileri ve meteorolojik parametrelerin arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla Ankara ili Sıhhiye istasyonuna ait verilerde regresyon analizi yapmışlardır. Parametrelerin birden çok olması ve katsayıların ağırlığının değişmesi nedeniyle kademeli regresyon (stepwise regression) yöntemini kullanmışlardır. Meteorolojik parametreler ve hava kirleticileri arasındaki ilişkiyi saptamak için belirleyicilik katsayı ( $R^2$ ) değerini hesaplamışlar ve rüzgâr hızını en çok etkileyen faktör olarak tespit etmişlerdir. Zülfikar (2014) yayınladığı derleme çalışmasında, Türkiye genelinde 1995-2004 döneminde hava kirleticileri ve bunlarla ilintili belirli hastalıklar arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada, iltihaplı göz hastalıklarından, solunum sistemi tüberkülozundan, bronşit-amfizem astım ve solunum sisteminin diğer hastalıklarından yatarak tedavi gören kişiler ile kirleticiler arasındaki sebep-sonuç ilişkisi doğrusal regresyon analizi kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan hava kirleticileri ve seçilen hastalıklardan şikâyetçi hasta sayısı arasında %66,6 oranında ilişki bulunduğu gözlemlenmiştir. Turp (2019), Bitlis iline ait 2015 yılı atmosfere deşarj edilen aylık kirletici miktarları, ölçülen aylık en yüksek ve en düşük sıcaklık verileri ile Bitlis Devlet Hastanesi'ne başvuran aylık hasta sayısı arasındaki ilişkiden çoklu doğrusal regresyon yöntemi kullanarak gelecek yıldaki hasta olabilecek kişi sayısının tahminini yapmıştır. Kirleticilerin değerlerinin kış aylarında yüksek olduğunu tespit etmiş ve bunun nedeninin aşırı ve bilinçsiz kömür kullanımından kaynaklandığını belirtmiştir. Tahminler ve gerçek verilerin karşılaştırılması sonucunda  $R^2=0,98$  olarak hesaplamıştır. Tahmin edilen sonuçlar ve gerçek değerlerin çok yakın olduğu görülmüştür. İrmak ve Aydılek (2019), Adana ilinin valilik istasyonundan alınan ölçüm verilerine, farklı makine öğrenme algoritmaları uygulayarak hava kalite indeksini tahmin etmişlerdir. Ayrıca, uygulanan algoritmaların belirleyicilik katsayısı, ortalama mutlak hata (OMH) ve ortalama karesel hata gibi performans ölçütlerini hesaplamış ve çalışma süreleri açısından karşılaştırarak başarı oranlarını değerlendirmişlerdir. Rastgele orman, karar ağacı, destek vektör regresyon, k-en yakın komşu, doğrusal regresyon, yapay sinir ağı, yığın regresyon (staging regression), uyumlu artırıcı regresyon (adaboost regression), eğimli artırıcı regresyon (gradient boosting regression) ve örneklemeli toplam regresyon (bagging regression) gibi farklı makine öğrenim algoritmalarını uygulamışlardır.  $R^2$ , OMH ve OKH değerlerine bakıldığında en iyi sonuç rastgele orman yöntemi ile elde edilmiştir. Ayrıca, yığın yöntemi ile rastgele orman

yönteminin OKH değerlerinin aynı çıktığı ancak yığın yöntemi ile tahmin için daha fazla süreye ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmiştir. Uygulanan yöntemler süre bakımından incelendiğinde, doğrusal regresyon yönteminin en hızlı sonucu verdiği görülmüştür. Ayturan (2019) tarafından yapılan çalışmada, Ankara iline ait havadaki PM kirliliği derin öğrenme yöntemleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Geçitli tekrarlayan ünite (gated recurrent unit) ve yinelenen sinir ağları (recurrent neural network) kombinasyonu oluşturulmuştur. Çalışmada,  $R^2$  değerleri bir saatlik tahmin için 0.832, iki saatlik tahmin için 0.709, üç saatlik tahmin için ise 0.611 olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucuna göre kısa süreli tahmin performansının %83'e yakın olduğu görülmüştür. Bayram vd. (2006), hava kirliliğinin insan sağlığına etkilerini, hava kirliliğine karşı dünyada, Türkiye'de ve Diyarbakır'da alınan önlemleri incelemişlerdir. Hava kirliliğini sınırlandırmaya yönelik alınması gereken önlemlerden bahsetmişlerdir. Liu vd. (2018), CHARLS (China Health and Retirement Longitudinal Study) veri tabanındaki bilgileri kullanarak, Çin'de hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini incelemek için hava kirliliği, sosyoekonomik ve psikososyal değişkenleri birleştiren hiyerarşik bir doğrusal model oluşturmuşlardır. Orta ve Batı Çin'de hava kalitesi ilkbahar ve yaz dönemlerinde insan sağlığı ile pozitif yönde ilişkiliyken, sonbahar ve kış dönemlerinde ise negatif yönde ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Sousa vd. (2007), hava kirletici konsantrasyonları ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ ) ve meteorolojik parametreleri kullanarak günün saatlik ozon konsantrasyon tahminini çoklu doğrusal regresyon (ÇDR) ve ileri beslemeli yapay sinir ağları (İBYSA) algoritmaları ile yapmış ve elde edilen tahmin sonuçlarına ait hata oranlarını (ortalama yanlılık hatası (OYH), korelasyon katsayısı (R), OMH, OKH, anlaşma endeksi) karşılaştırmışlardır. ÇDR yönteminin İBYSA yönteminden daha doğru sonuçlar ürettiğini gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, Çin'in Pekin bölgesindeki 3 farklı hava kalitesi izleme sahasından elde edilen verilere farklı makine öğrenme algoritmaları uygulanarak havadaki Ozon ( $O_3$ ) miktarının tahmini yapılmıştır.  $O_3$  üç oksijen atomundan oluşan, atmosferde bulunan değişken gazlardan biridir. Oda sıcaklığında renksiz, karakteristik kokusu olan bir gazdır. Atmosferdeki diğer moleküllerle tepkimeye girerek canlılara yarar sağlayabilir veya zarar verebilir. Ozon Dünya'nın etrafında koruyucu bir kalkan oluşturarak, canlıları Güneş'in radyasyon etkisinden korur. Fakat ozon gazının yer seviyesindeki oranı arttığı zaman kirletici etkisi bulunur. Ozon kirliliği bitkilere zarar vererek ürün kayıplarına neden olmakta ve ormanlara zarar vermektedir. Aynı zamanda, insan ve hayvanlarda solunum yolu ve kalp-damar hastalıklarına da neden olabilmektedir. Çalışmada, havada bulunan  $O_3$  miktarının tahmini için seçilen yerleşim yerleri Pekin'in Gucheng, Tiantan ve Nongzhanguan ilçeleridir. Her bir ilçede 35065 durum ve her durum için 12 adet öznitelik bulunmaktadır. Veri setindeki eksik veriler, her bir öznitelik için ortalama değeri hesaplanarak tamamlanmıştır. Ayrıca, her

bir özneliliğin değer aralığı farklı olduğundan veri setindeki değerler 0-1 aralığında olacak şekilde ölçeklendirme yöntemi uygulanmıştır. Makine öğrenme algoritması olarak; doğrusal regresyon, ridge regresyon ve polinom regresyon yöntemleri uygulanmış ve havadaki O<sub>3</sub> miktarını en yüksek R<sup>2</sup> değeri ile tahmin eden yöntem belirlenmiştir.

## 2.VERİ

Çin’de sanayileşmenin artması sebebiyle hava kirliliğinde ciddi oranda bir artış görölmektedir. Hava kirliliğini takip etmek ve buna karşı önlem almak amacıyla Çin’in başkenti olan Pekin’de 36 tane hava kalitesi izleme sahası kurulmuştur. Bu sahalardan 35’i BMEC (Beijing Municipal Environmental Monitoring Center), diğeri ise Amerika Pekin Büyükelçiliği’ne aittir. Seçilen 3 hava izleme sahasından yapılan ölçümler ile elde edilen veriler bu çalışmada kullanılmıştır (Zhang vd., 2017). Söz konusu veriler makine öğrenme algoritmalarının ampirik analizi için kullanılan UCI (University of California at Irvine) veri tabanından alınmıştır (Dua ve Graff, 2019). Havada bulunan bazı gazlar ve partikül maddelerin ölçümleri ve sahanın meteorolojik verileri seçilen 3 hava kalitesi izleme sahasından saatlik ölçüm değerleri alınarak oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setindeki ölçümler 1 Mart 2013-28 Şubat 2017 tarihleri arasında yapılmıştır. Havada bulunan kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO) ve O<sub>3</sub> gazlarının; PM2.5 ve PM10 partikül maddelerinin ölçümleri Pekin Belediye Çevre İzleme Merkezi’nden alınmıştır. Her bir sahadan alınan hava sıcaklığı, rüzgâr yönü ve hızı, basınç, yağış ve nem verilerinin ölçümü ise Çin Meteoroloji İdaresi’nden en yakın hava istasyonu ile eşleştirilmiştir.

## 3.METOT

Son yıllarda yapay zeka ve makine öğrenme algoritmaları ile yapılan çalışmalarda ciddi bir artış görölmektedir (Karal ve Çankaya, 2018; Wang vd., 2019; Ma vd., 2019; Değirmenci ve Karal, 2018). Makine öğrenme algoritmalarına olan ilgiden esinlenerek bu çalışmada 3 farklı makine öğrenme tekniğinin hava kirliliği tahmininde kullanımı gerçeleştirilmiştir. Pekin’deki 3 farklı hava kalitesi izleme sahasından elde edilen verilerden (sıcaklık, basınç, yağış, nem, rüzgâr yönü ve hızı ile PM2.5, PM10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve CO) havadaki O<sub>3</sub> miktarını tahmin edebilmek için kullanılan 3 farklı makine öğrenme algoritması (polinom, doğrusal ve ridge regresyon) ayrıntılı olarak aşağıda tanıtılmaktadır.

### 3.1. Polinom Regresyon

Polinom regresyon, bağımsız değişken ve bağımlı değişken arasındaki bağıntıyı belirlenen polinom katsayısına bağlı olarak oluşturur (Moore vd., 1997). Polinom regresyon yöntemi,

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \dots + \beta_n x^n \quad (1)$$

ile ifade edilir. Burada  $\beta_0$  sabit değeri,  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  katsayıları,  $n$  polinomun derecesini,  $x$  bağımsız değişkenleri ve  $y$  ise bağımlı değişkeni temsil eder.

Polinom regresyon yöntemi, girdi değer aralığını genişletir ve değişkenler arasındaki en iyi ilişkiyi hesaplamayı hedefler. Girdi değerlerinin doğrusal bir modele uygun olmadığı durumlarda polinom regresyon yöntemi kullanılarak doğrusal olmayan bir ilişki ortaya çıkarılır. Bu yöntem, aykırı değerlere duyarlıdır. Veri kümesinde aykırı değer bulunması durumunda polinom regresyonunun performansı olumsuz anlamda etkilenir.

### 3.2. Doğrusal Regresyon

Doğrusal regresyon, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi doğrusal olarak belirleyen bir algoritmadır (Greven vd., 2019). Aynı zamanda normal en küçük kare (ordinary least squares=OLS) yöntemi olarak da bilinmektedir. Doğrusal regresyon, polinom regresyonun ( $n=1$ ) özelleştirilmiş bir halidir. Girdiler bağımsız değişkenleri oluştururken çıktı ise bağımlı değişkeni oluşturur. Çoklu doğrusal regresyon yöntemi,

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + b \quad (2)$$

$i=1,2,\dots,k$

ile ifade edilir. Burada  $b$  ofseti,  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  katsayıları,  $x_{i1}, \dots, x_{ik}$  öznitelikleri ve  $y$  ise tahmin modelini temsil eder.

Bu yöntemde tahminler ve gerçek veriler arasındaki ortalama kare hatasının toplamını en aza indirerek en iyi sonucu elde edilmesi amaçlanır. Öznitelikler arasında istatistiksel ilişki bulunur. İstatistiksel ilişki değişkenler arasındaki kesin olmayan ilişkiyi tanımlar. Bu yöntemin karmaşık bir algoritması yoktur ve bu yöntemde aykırı değerlere karşı oldukça duyarlıdır.

### 3.3. Ridge Regresyon

Ridge regresyon yöntemi,

$$\beta^{ridge} = \arg \min_{\beta} \left\{ \sum_{i=1}^n \left( y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j \right)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p \beta_j^2 \right\} \quad (3)$$

ile ifade edilir (Tao vd., 2020; Djamen, 2020). Burada  $\lambda$  ayarlama parametresi,  $\beta_j$  katsayıları,  $x_{ij}$  öznitelikleri ve  $y_i$  ise tahmin modelini temsil eder.

Ridge regresyonunda, L2 normu (katsayılarının kareleri toplamı) kullanılır. Doğrusal regresyondan farklı olarak bu teknikte maliyet fonksiyonu, katsayıların büyüklüğünün karesi kadar bir ceza eklenerek değiştirilir.  $\lambda$  parametresi model hatası ile katsayıların büyüklüğü arasındaki dengeyi kontrol eder.  $\lambda$  değeri sıfır olduğunda maliyet fonksiyonunda model katsayılarına ilişkin bir ceza uygulanmaz ve sonuç doğrusal regresyon ile aynı olur.  $\lambda$  değerini optimal belirlemek için çapraz doğrulama (cross validation) kullanılabilir.

#### 4.DENEYSEL SONUÇLAR VE YORUMLAR

Makine öğrenme algoritmalarında, veri setleri model oluşturmak ve tasarlanan modelin başarısını ölçmek için eğitim ve test olarak ikiye ayrılır. Bu ayırma işlemi kullanıcı tarafından belirlenen oranlarda yapılır ve bu oran veri setine uygulanırken sıralı veya rastgele olarak iki şekilde yapılabilir. K katlamalı çapraz doğrulama yöntemi tasarlanan modeli test etmede sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde, k sayısı kullanıcı tarafından belirlenir. Belirlenen k değerine göre, veri seti k eşit parçaya bölünür. Veri seti parçalara ayrıldıktan sonra bir tane parça test için ayrılıp veri setinin geri kalanı ise makine öğrenmesi algoritmasının eğitiminde kullanılır. Ardından test verisi ile oluşturulan modelin performansı hesaplanır. Bu işlem k defa tekrarlanarak, veri setindeki durumların hepsi hem test hem de eğitimde kullanılır. Sistemin genel performansı, elde edilen değerlerin ortalaması alınarak hesaplanır.

Regresyon yöntemlerinde kullanılan birçok performans ölçütü bulunmaktadır. Ancak, literatürde en çok tercih edilen performans ölçütü belirleyicilik katsayısıdır.  $R^2$ , regresyon kareler toplamının genel kareler toplamına oranıdır. Bu değer 1'e yakın olması modelin başarısını gösterir.  $R^2$ ,

$$R^2 = \frac{\text{regresyon kareler toplamı}}{\text{genel kareler toplamı}} = \frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \quad (4)$$

ile ifade edilir. Burada  $y$  gerçek değerleri,  $\hat{y}$  tahmin edilen değerlerini ve  $\bar{y}$  ortalama değerleri temsil eder.

Literatürde yaygın olarak kullanılan bir diğer performans ölçütü de OKH'dır. OKH, gerçek değerler ve çıkan sonuçlar arasındaki farkların karelerinin ortalamasıdır. OKH değerinin 0'a yakın olması modelin başarısını gösterir. OKH,

$$OKH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (5)$$

ile ifade edilir. Burada  $y_i$  gerçek değerleri,  $\hat{y}_i$  tahmin edilen değerleri temsil eder.

Çalışmada, doğrusal, ridge ve polinom regresyon gibi makine öğrenme algoritmaları kullanılarak havadaki  $O_3$  gazı miktarının tahmini yapıldı. Veri setindeki örneklerin dağılımından bağımsız olarak uygulanan yöntemlerin performanslarını değerlendirmek için k katlamalı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmış ve k değeri 10 olarak belirlenmiştir. Her bir yöntemin performansı  $R^2$  ve OKH değerleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemlerden polinom regresyonunun derecesi 2 ile 4 arasında seçilmiştir.

Tablo 1'in 2. sütunundan görüleceği üzere en iyi  $R^2$  skorları Gucheng ( $R^2 = 0.80$ ), Tiantan ( $R^2 = 0.81$ ) ve Nongzhanguan ( $R^2 = 0.80$ ) ilçeleri için 3. derece polinom regresyon metodu ile elde edilmiştir. En düşük  $R^2$  skorları ise Tablo 1'in 3. sütunundan görüleceği üzere doğrusal regresyon yöntemi ile elde edilmiştir. Tablo 2'den görüleceği üzere en küçük OKH değerleri 3. derece polinom regresyon metodu ile elde edilmiştir. Gucheng şehri için 0.199, Tiantan şehri için 0.193 ve son olarak Nongzhanguan şehri için 0.200 OKH değerleri elde edilmiştir. Tablo 1 ve 2'nin 3. ve 4. sütunlarından görüleceği üzere doğrusal ve ridge regresyon en düşük  $R^2$  ve en yüksek OKH değerlerini üretmişlerdir.

**Tablo 1: Regresyon Metotlarının  $R^2$  Sonuçları**

	Polinom Regresyon	Doğrusal Regresyon	Ridge Regresyon
Gucheng	0.804016	0.628275	0.628331
Tiantan	0.805067	0.622767	0.62281
Nongzhanguan	0.801487	0.612391	0.612485

**Tablo 2: Regresyon Metotlarının OKH Sonuçları**

	Polinom Regresyon	Doğrusal Regresyon	Ridge Regresyon
Gucheng	0.199417	0.371549	0.371582
Tiantan	0.193633	0.37708	0.377036
Nongzhanguan	0.199864	0.387413	0.38743

Tablo 1 ve 2’den görüleceği üzere O<sub>3</sub> miktarı tahmininde en iyi sonuçlar polinom regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. Doğrusal ve Ridge regresyon yöntemleri neredeyse aynı sonuçları vermiştir. Bu sonuçlardan Havadaki O<sub>3</sub> miktarı tahmininde ozon gazı ile diğer veriler arasındaki ilişkinin doğrusal (orantısal) olmadığı gözlemlenmiştir.

## 5.SONUÇ

Çalışmada, Çin’in Pekin kentine ait 3 farklı hava kalitesi izleme istasyonlarından alınan ölçüm verilerine makine öğrenmesi tabanlı 3 farklı regresyon yöntemi (doğrusal regresyon, ridge regresyon ve polinom regresyon) uygulanarak elde edilen sonuçların karşılaştırması yapılmıştır. Hava sıcaklığı, basınç, yağış, nem, rüzgâr yönü ve hızı, PM2.5, PM10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO verileri bağımsız değişkenler ve O<sub>3</sub> verileri bağımlı değişkenler olarak belirlendi. Sonuçların performans ölçütlerini hesaplarken k katlamalı çapraz doğrulama yöntemi (k=10) kullanıldı. Gözlemlenen deneysel sonuçlara göre en iyi sonuç Tiantan ilçesi için R<sup>2</sup> değerine göre %81 ile 3. derece polinom regresyondan elde edildi, Gucheng ve Nongzhanguan ilçelerine ait verilerde R<sup>2</sup> değerleri %80 ile 3. Derece polinom regresyon metoduyla elde edildi. OKH değerleri incelendiğinde ise en iyi sonuç 0.194 ile Tiantan ilçesine aitken, Gucheng ve Nongzhanguan ilçelerine ait OKH sonuçları sırasıyla 0.199 ve 0.2’dir.

Gelecek çalışmalar için önerilen yöntemler sadece 3 ilçeye uygulamak yerine veri setindeki ilçelerin hepsine (12) uygulanabilir. Performansı arttırmak için çalışmada kullanılan tekniklerden farklı yöntemler uygulanabilir. Buna ek olarak öznetelik seçimi yöntemleri uygulanarak öznetelik sayısı azaltılabilir ve böylece işlem süresi kısaltılabilir.

## KAYNAKÇA

- Kaplan, Y., Saray, U., & Azkeskin, E. (2014). Hava Kirliliğine Neden Olan PM10 ve SO<sub>2</sub> Maddesinin Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Tahmininin Yapılması ve Hata Oranının Hesaplanması. *Afyon Kocatepe University Journal of Science & Engineering*, 14(2).
- Çiçek, İ., Türkoğlu, N., & Gürgen, G. (2004). Ankara’da hava kirliliğinin istatistiksel analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 1-18.
- Zülfikar, H. (2014). Hava Kirliliği ile İnsan Sağlığı Üzerine İrdemeler ve Türkiye Örneği. *Türkiye Klinikleri Archives of Lung*, 15(2), 59-69.
- Turp, S. M. (2019). “Bitlis Hava Kirliliği Emisyon Envanteri ve Sağlık Etkilerinin Çoklu Lineer Regresyonla Tahmini (Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, Ocak 2019, 5 (1): 1-10)” Başlıklı Makale İçin Başlatılan Tartışmaya Cevap. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(2), 381-385.
- İrmak, M. E., & Aydılek, İ. B. (2019) Hava Kalite İndeksinin Tahmin Başarısının Artırılması için Topluluk Regresyon Algoritmalarının Kullanılması. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 7(3), 507-514.
- Ayturan, Y. A. (2019). Derin öğrenme ile havadaki partikül madde konsantrasyonu tahmini/Forecasting of particulate matter concentration with deep learning method (Doctoral dissertation).
- Bayram, H., Dörtbudak, Z., Fişekçi, F. E., Kargın, M., & Bülbül, B. (2006). Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri, dünyada, ülkemizde ve bölgemizde hava kirliliği sorunu” paneli ardından. *Dicle Tıp Dergisi*, 33(2), 105-112.
- Liu, W., Xu, Z., & Yang, T. (2018). Health effects of air pollution in China. *International journal of environmental research and public health*, 15(7), 1471.
- Sousa, S. I. V., Martins, F. G., Alvim-Ferraz, M. C. M., & Pereira, M. C. (2007). Multiple linear regression and artificial neural networks based on principal components to predict ozone concentrations. *Environmental Modelling & Software*, 22(1), 97-103.
- Zhang, S., Guo, B., Dong, A., He, J., Xu, Z., & Chen, S. X. (2017). Cautionary tales on air-quality improvement in Beijing. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 473(2205), 20170457.
- Dua, D. and Graff, C. (2019). UCI Machine Learning Repository [<http://archive.ics.uci.edu/ml>]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science.

- Karal, Ö., & Çankaya, İ. (2018). Robust ECG data compression method based on  $\epsilon$ -insensitive Huber loss function. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(4), 1142-1151.
- Wang, R., Zhang, M., Jiang, Y., & Yang, Y. (2019). Prediction model of insulator contamination degree based on adaptive mutation particle swarm optimisation and general regression neural network. *The Journal of Engineering*, 2019(16), 1423-1428.
- Ma, J., Ding, Y., Gan, V. J., Lin, C., & Wan, Z. (2019). Spatiotemporal prediction of PM<sub>2.5</sub> concentrations at different time granularities using IDW-BLSTM. *IEEE Access*, 7, 107897-107907.
- Degirmenci, A., & Karal, O. (2018). Evaluation of Kernel Effect on SVM Classification in the Success of Wart Treatment Methods. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 7(9), 238-244.
- Moore, A. W., Schneider, J., & Deng, K. (1997). Efficient locally weighted polynomial regression predictions. In *Proceedings of the 1997 International Machine Learning Conference*. Morgan Kaufmann.
- Greven, F. E., Vonk, J. M., Fischer, P., Duijm, F., Vink, N. M., & Brunekreef, B. (2019). Air pollution during New Year's fireworks and daily mortality in the Netherlands. *Scientific reports*, 9(1), 1-8.
- Tao, Y., Zhang, Z., Ou, W., Guo, J., & Pueppke, S. G. (2020). How does urban form influence PM<sub>2.5</sub> concentrations: Insights from 350 different-sized cities in the rapidly urbanizing Yangtze River Delta region of China, 1998–2015. *Cities*, 98, 102581.
- Djamen, P. Y. (2020). A comparison of variable selection methods using bootstrap samples from environmental metal mixture data.



## SERİN İKLİM TAHİLLARINDA MALİYET VE KARLILIK (2014-19)

**İrfan ÖZBERK**

Harran Üniversitesi

**Fethiye ÖZBERK**

Harran Üniversitesi

**Fahriye İPEKSEVER**

Harran Üniversitesi

**Aişe KARAMAN**

Harran Üniversitesi

**ÖZET:** Serin iklim tahıllarında karlılığı araştırmak üzere yapılan bu çalışmada Adıyaman'da faaliyet gösteren Olgunlar Tarım işletmesinin gerçek üretim gider ve gelir değerlerinden yararlanılmıştır. 2014-2019 arası işletmede üretimini yaptıkları arpa, suluda makarnalık ve ekmeklik buğday, kuruda makarnalık ve ekmeklik buğday üretim girdileri çalışmaya konu olmuştur. Üretim girdileri içine tarla kirası dahil edilmiştir. Tohum bedeli, pullukla ilk sürüm, kùltivatör ile 2 defa ikileme, mibzerle ekim işçilik ve mazot gideri, holder ile ilaçlama işçilik ve mazot gideri, zirai mücadele ilacı gideri, 2 defa gübreleme işçilik ve mazot gideri, taban gübresi gideri, üst gübre (bahar) gideri, 2 defa sulama için elektrik ve su parası, 2 defa sulama işçiliği sigorta bedeli, nakliye taşıma bedeli, biçerdöver masrafı, dekar başına hesaplanmış ve bu kalemlerin toplamı giderler toplamını oluşturmuştur. Gelir olarak; ürün verimi x borsa fiyatı = tane geliri (TL/da) bulunmuş, saman yan geliri ayrıca hesaplanmıştır. Gelir toplamından gider toplamları çıkarılmış ve dekar başına karlılık değerleri hesaplanmıştır. 2018 yılından itibaren dekar başına 8,5TL/kg tohum desteği, 14TL/da mazot desteği, 17TL/da üretici desteği gelirler hanesine dahil edilmiştir. 2019 yılında tohum desteği 8,5TL/da olarak devam etmiş, mazot-gübre desteği 20TL/da olarak gerçekleşmiş, üretici gelir desteği (verim x 48 Krş./kg) 16,8TL/da olarak gerçekleşmiştir. Buna göre 6 yıllık gelir, gider ve karlılık durumları değerlendirildiğinde en karlı seçeneğin suluda makarnalık buğday yetiştiriciliği olduğu (252,47TL/da), bunu kuruda makarnalık buğdayın takip ettiği (153.38TL/da) 3. sırada suluda ekmeklik buğdayın olduğu (149,64TL/da), kuruda ekmeklik buğday yetiştiriciliğinin 107,97 TL/da ile 4. Sırada yer aldığı ve arpanın 62,53 TL/da ile karlılıkta son sırada olduğu anlaşılmıştır. Yaklaşık dekar başına toplam 40 TL olan desteklerin çıkarılması durumunda karlılıkların

daha da aşağıya çekileceği görünmektedir. Arazi kiralari kuruda 2014 de 35TL/da iken 2018 de 100TL/da'a ulaşmıştır. Sulu arazi kiralari ise 2014 de 70 TL/da iken 2018 de 200 TL/da'a yükselmiştir. Mülk sahibi işletmelerde karlılık sınırlari arazi kirasından tasarruf edilerek biraz daha yüksek gerçekleşebilir.

**Anahtar kelimeler:** Serin iklim tahillari, üretim maliyeti ve karlılık

### **Production Cost And Profitability in Temperate Cereals (2014-19)**

**ABSTRACT:** This study aims to investigate profitability of various temperate cereals utilizing current input and income statistics of Olgunlar seed entrepreneurship between in Adıyaman between 2014 and 2019. Durum wheat, bread wheat and barley grown under dry land and supplementary irrigated condition were subjected to study. Field rent cost was included to total input statistics. Total production input per unit area (da) included seed, twice tillage, drilling, all labor, fuel, fertilizer, pesticide, electricity, insurance, transport and harvest costs. Gross income also included both grain and hay including some government seed (8,5 TL/da), fuel (14 TL/da) and direct income support (17 TL/da) starting from 2018. In 2019, seed subsidy remained same but fuel- fertilizer support increased 20 TL/da and direct income support started to be given employing average grain yield x 0,48TL. Grain income was determined multiplying the amount of grain harvested per unit area (kg/da) by marketing price (TL/kg). Net income per unit area was calculated subtracting total input (TL/da) from gross income (TL/da).

6 year average of total input and gross income statistics showed that the most profitable option was the durum wheat grown under supplementary irrigation with a 252,47 TL/da. This was followed by durum wheat under dryland (153, 38 TL/da), bread wheat under supplementary irrigation (149, 64 TL/da), bread wheat under dryland (107, 97 TL/da) and barley under dryland (62, 53 TL/da). It was also clear that as various subsidies were discarded from gross income, net income or profitability will further decrease. Rent cost of dryland field increased from 35 TL/da to 100 TL/da from 2014 to 2019. These were even higher for irrigated field. Rent cost of irrigated field was 70 TL/da in 2014 and it was 1200 TL /da in 2019. Taking into account for land cost ,land lord farmers might receive slightly higher net income.

It was concluded that durum wheat under supplementary irrigation can be recommended for farmers in the region.

**Keyword:** Temperate cereals, gross income, total inputs, net income

## 1.GİRİŞ

Serin iklim tahılları çeşitli işlemlerden geçirilerek doğrudan tüketebildiği gibi birçok gıda (ekmek, makarna, bisküvi vb.) ürününün ham maddesidir. Türkiye, Ortadoğu ve Avrupa’da ana besin maddesi olması itibarıyla stratejik ürün niteliğindedir (Anonim 2020a). Buğday ayrıca insan beslenmesi için mutlaka ihtiyaç duyulan proteinin önemli bir kısmını karşılamakta olup dünya nüfusunun % 35’ini kapsayan yaklaşık 40 ülkenin temel gıdasıdır (Kendal ve ark. 2012). Buğday dünyada ve ülkemizde gerek ekiliş gerekse üretim miktarı açısından en başta yer alan ve insan besini olması ile birlikte saman ve kepeği hayvan beslenmesinde de kullanılan önemli bir bitkidir (Mut ve ark. 2007).

Arpa ise dünyada ve ülkemizde hayvan beslemesinde yemlik, endüstride maltlık olarak yetiştirilmektedir. Hayvan yemi olarak tüketilen tahıllar içerisinde ilk sıralarda yer alan arpa tanesi yaklaşık olarak içerdiği % 7.5-15 ham protein ve % 75 oranında da hazım olunabilir besin maddeleri ile birlikte çok iyi bir besin kaynağıdır (Akkaya 1984).

Makarnalık buğdayda yapılan bir çalışmada çiftçilerin sadece yüksek verimli veya yüksek kaliteli çeşitler yerine dekara getirisi yüksek olan çeşitleri tercih etmesinin yerinde olacağı (Özberk ve ark. 2011) ancak bölge borsalarında kaliteli çeşide yeterli prim verilmediği için yüksek verimli çeşitlerin aynı zamanda yüksek dekara gelir getiren çeşitler olduğu anlaşılmıştır (Özberk ve ark. 2006).

Bu çalışmada buğday ve arpada ilave sulanan ve kuru koşullarda gerçek üretim giderleri üzerinden karlılığın saptanması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Materyal

Serin iklim tahıllarında karlılığı araştırmak üzere yapılan bu çalışmada Adıyaman’da faaliyet gösteren OLGUNLAR tarım işletmesinin gerçek üretim gider ve gelir değerlerinden yararlanılmıştır. 2014-2019 arası işletmede üretimini yaptıkları arpa, suluda makarnalık ve ekmeklik buğday, kuruda makarnalık ve ekmeklik buğday üretim girdileri çalışmaya konu olmuştur.

### 2.2. Metot

Bu çalışmada; üretim girdileri içine tarla kirası, tohum bedeli, pullukla ilk sürüm, kültivatör ile 2 defa ikileme, mibzerle ekim işçilik ve mazot gideri, holder ile ilaçlama işçilik ve mazot gideri, zirai mücadele ilacı gideri, 2 defa gübreleme işçilik ve mazot gideri, taban gübresi gideri, üst gübre (bahar) gideri, 2 defa sulama için

elektrik ve su parası, 2 defa sulama işçiliği sigorta bedeli, nakliye taşıma bedeli, biçerdöver masrafı dahil edilmiştir. bu kalemlerin toplamı dekar başına giderler toplamını oluşturmuştur.

Gelir olarak; ürün verimi x borsa fiyatı = tane geliri (TL/da) bulunmuş, saman yan geliri ayrıca hesaplanmıştır. 2018 yılından itibaren gelirler içerisinde tohum desteği, mazot desteği ve üretici desteği eklenmiştir.

Gelir toplamından gider toplamları çıkarılmış ve dekar başına karlılık değerleri hesaplanmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

**2014 yılı ürün gider- gelir hesabı:** İşletmenin 2013-14 üretim yılı giderleri Çizelge 1 de verilmiş ve Şekil 1 de görselleştirilmiştir. 2014 yılında ürün bazında giderler ve gelirler arasında paralellik bulunmaktadır. Gelir gider makası diğer deyişle karlılık en fazla suluda makarnalık buğday üretiminde görülmektedir (110,5 TL/da) görülmektedir. Bunu sırasıyla kuruda makarnalık (99 TL/da), kuruda ekmeklik (45 TL/da), kuruda arpa (26 TL/da) ve suluda ekmeklik (25 TL/da) takip etmektedir.

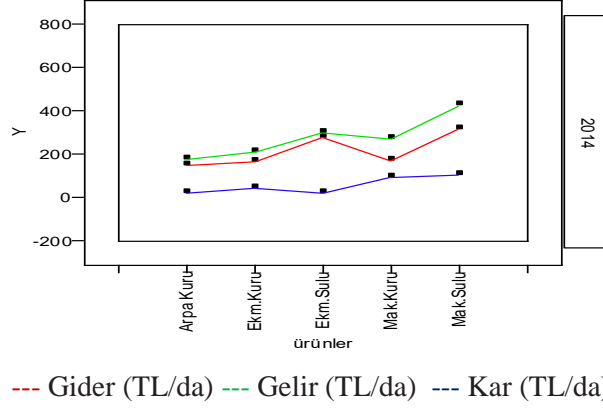
**Çizelge 1.** Olgunlar tarım işletmesi 2013-14 üretim yılı ürün bazlı gider ve gelir tablosu (TL/da)

AMAÇ	EKMEKLİK BUĞDAY		MAKARNALIK BUĞDAY		ARPA
	KURU	SULU	KURU	SULU	KURU
	1DE- KAR	1 DE- KAR	1DE- KAR	1 DE- KAR	1DE- KAR
TARLA KİRASI	35	70	35	100	35
TOHUM BEDELİ	25	25	30	30	25
PULLUKLA SURME	6	6	6	6	6
KULTUVATÖR 1 SURME	3	3	3	3	3
KULTUVATÖR2 SURME	3	3	3	3	3

## Serin İklim Tahıllarında Maliyet ve Karlılık (2014-19)

MİBZER TOHUM EKME İŞÇİLİK+MAZOT	3	3	3	3	3
İLAÇLAMA HOLDER İŞÇİLİK+MAZOT	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
İLAÇ GİDERİ	5	5	5	5	5
GÜBRELEME 2 SEFER İŞÇİLİK+MAZOT	3	3	3	3	1,5
TABAN GÜBRESİ 20/20 .0 GİDERİ	25	25	25	30	20
ÜST GÜBRE ÜRE % 46 GİDERİ	11,5	11,5	11,5	11,5	
ÜST GÜBRE A.NİTRAT % 26 GİDERİ	18	18	18	18	18
1 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+ SU PARASI)		22		22	
2 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+ SU PARASI)		22		22	
SULAMA İŞÇİLİĞİ		30		30	
SİGORTA BEDELİ	4	4	4	6	4
NAKİYE TAŞIMA	16	16	16	16	16
BİÇER MASRAFI	12	12	12	12	12
<b>GİDERLER TOPLAMI</b>	<b>171</b>	<b>280</b>	<b>176</b>	<b>322</b>	<b>153</b>
VERİM DEKARA (KG)	300	400	300	450	300
VERİM FİYATI BORSA	0,72	0,75	0,9	0,95	0,58
SAMAN VE YAN GELİR	0	0	0	0	0
<b>TOPLAM GELİR</b>	<b>216</b>	<b>305</b>	<b>275</b>	<b>432,5</b>	<b>179</b>
<b>GELİR -GİDER FARKI</b>	<b>45</b>	<b>25</b>	<b>99</b>	<b>110,5</b>	<b>26</b>

Şekil 1. Ürün bazında toplam gider, gelir ve karlılık



**2015 yılı ürün gider gelir hesabı :** İşletmenin 2014-15 üretim yılı giderleri Çizelge 2 de verilmiş ve Şekil 2 de görselleştirilmiştir. 2015 yılında ürün bazında giderler ve gelirler arasında paralellik bulunmaktadır. Gelir gider makası diğer deyişle karlılık en fazla suluda makarnalık buğday üretiminde görülmektedir (250 TL/da) görülmektedir. Bunu sırasıyla kuruda makarnalık (186 TL/da), suluda ekmeklik (131.5 TL/da), ekmeklik kuru (112 TL/da) ve arpa (81 TL/da) takip etmektedir.

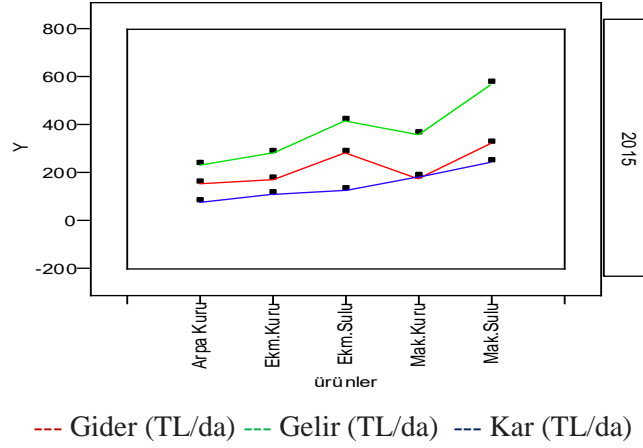
**Çizelge 2.** Olgunlar tarım işletmesi 2014-15 üretim yılı ürün bazlı gider ve gelir tablosu (TL/da)

AMAÇ	EKMEKLİK BUĞDAY		MAKARNALIK BUĞDAY		ARPA
	KURU	SULU	KURU	SULU	KURU
	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DE-KAR
TARLA KİRASI	35	70	35	100	35
TOHUM BEDELİ	30	31	33	33	28
PULLUKLA SURME	6	6	6	6	6
KULTUVATÖR 1 SURME	3	3	3	3	3
KULTUVATÖR2 SURME	3	3	3	3	3

## Serin İklim Tahıllarında Maliyet ve Karlılık (2014-19)

MİBZER TOHUM EKME İŞÇİLİK+MAZOT	3	3	3	3	3
İLAÇLAMA HOLDER İŞÇİLİK+MAZOT	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
İLAÇ GİDERİ	5	5	5	5	5
GÜBRELEME 2 SEFER İŞÇİLİK+MAZOT	3	3	3	3	1,5
TABAN GÜBRESİ 20/20 .0 GİDERİ	25	25	25	30	20
ÜST GÜBRE ÜRE % 46 GİDERİ	11,5	11,5	11,5	11,5	
ÜST GÜBRE A.NİTRAT % 26 GİDERİ	18	18	18	18	18
1 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+ SU PARASI)		22		22	
2 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+ SU PARASI)		22		22	
SULAMA İŞÇİLİĞİ		30		30	
SİGORTA BEDELİ	4	4	4	6	4
NAKİYE TAŞIMA	16	16	16	16	16
BİÇER MASRAFI	12	12	12	12	12
<b>GİDERLER TOPLAMI</b>	<b>176</b>	<b>286</b>	<b>179</b>	<b>325</b>	<b>156</b>
VERİM DEKARA (KG)	400	550	400	600	400
VERİM FİYATI BORSA	0,72	0,75	0,9	0,95	0,58
SAMAN VE YAN GELİR	0	0	0	0	0
<b>TOPLAM GELİR</b>	<b>288</b>	<b>417,5</b>	<b>365</b>	<b>575</b>	<b>237</b>
<b>GELİR -GİDER FARKI</b>	<b>112</b>	<b>131,5</b>	<b>186</b>	<b>250</b>	<b>81</b>

Şekil 2. Ürün bazında toplam gider, gelir ve karlılık



**2016 yılı ürün gider gelir hesabı :** İşletmenin 2015-16 üretim yılı giderleri Çizelge 3 de verilmiş ve Şekil 3 de görselleştirilmiştir. 2015 yılında ürün bazında giderler ve gelirler arasında paralellik bulunmaktadır. Gelir gider makası diğer deyişle karlılık en fazla suluda ekmeklik buğday üretiminde görülmektedir (222.8 TL/da) görülmektedir. Bunu sırasıyla suluda makarnalık (219.8 TL/da), arpa (155.72 TL/da), ekmeklik kuru (152.8 TL/da) ve kuru makarnalık (151.8 TL/da) takip etmektedir.

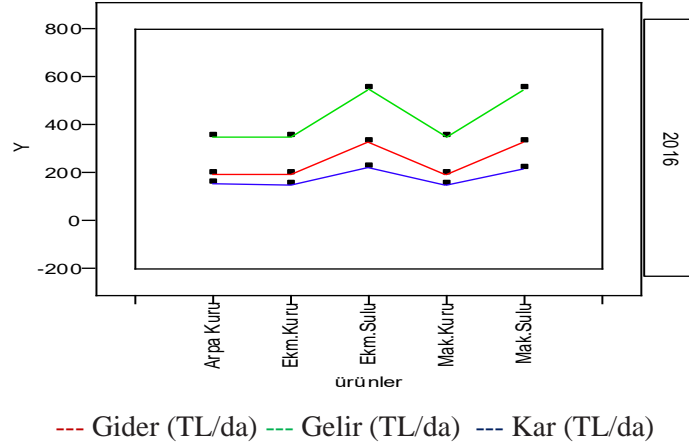
**Çizelge 3.** Olgunlar tarım işletmesi 2015-16 üretim yılı ürün bazlı gider ve gelir tablosu (TL/da)

AMAÇ	EKMEKLİK BUĞDAY		MAKARNALIK BUĞDAY		ARPA
	KURU	SULU	KURU	SULU	KURU
	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DE-KAR
TARLA KİRASI	40	100	40	100	40
TOHUM BEDELİ	34	34	35	35	31
PULLUKLA SURME	6	6	6	6	6
KULTUVATÖR 1 SURME	3	3	3	3	3

## Serin İklim Tahıllarında Maliyet ve Karlılık (2014-19)

KULTUVATÖR2 SURME	3	3	3	3	3
MİBZER TOHUM EKME İŞÇİLİK+MAZOT	3	3	3	3	3
İLAÇLAMA HOLDER İŞÇİLİK+MAZOT	2	2	2	2	2
İLAÇ GİDERİ	7	7	7	7	7
GÜBRELEME 2 SEFER İŞÇİLİK+MAZOT	2	2	2	2	2
TABAN GÜBRESİ 20/20 .0 GİDERİ	30	30	30	30	30
ÜST GÜBRE ÜRE % 46 GİDERİ	15	15	15	15	15
ÜST GÜBRE A.NİTRAT % 26 GİDERİ	18	18	18	18	18
1 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+ SU PARASI)		20		20	
2 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+ SU PARASI)		20		20	
SULAMA İŞÇİLİĞİ		30		30	
SİGORTA BEDELİ	4	4	4	6	4
NAKİYE TAŞIMA	16	16	16	16	16
BİÇER MASRAFI	15	15	15	15	15
<b>GİDERLER TOPLAMI</b>	<b>198</b>	<b>328</b>	<b>199</b>	<b>331</b>	<b>195</b>
VERİM DEKARA (KG)	350	550	350	550	350
VERİM FİYATI BORSA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,72
SAMAN VE YAN GELİR	0	0	0	0	0
<b>TOPLAM GELİR</b>	<b>350,8</b>	<b>550,8</b>	<b>350,8</b>	<b>550,8</b>	<b>350,72</b>
<b>GELİR -GİDER FARKI</b>	<b>152,8</b>	<b>222,8</b>	<b>151,8</b>	<b>219,8</b>	<b>155,72</b>

Şekil 3. Ürün bazında toplam gider, gelir ve karlılık



**2017 yılı ürün gider gelir hesabı :** İşletmenin 2016-17 üretim yılı giderleri Çizelge 4 de verilmiş ve Şekil 4 de görselleştirilmiştir. Gelir gider makası diğer deyişle karlılık en fazla suluda makarnalık buğday üretiminde görülmektedir (355 TL/da) görülmektedir. Bunu sırasıyla suluda ekmeklik (209.5 TL/da), ekmeklik kuru (74.5 TL/da), arpa (57.5 TL/da) ve kuruda makarnalık (53 TL/da) takip etmektedir.

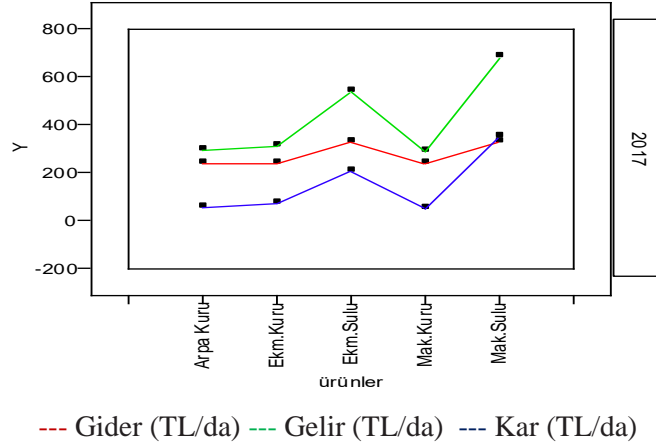
**Çizelge 4.** Olgunlar tarım işletmesi 2016-17 üretim yılı ürün bazlı gider ve gelir tablosu (TL/da)

AMAÇ	EKMEKLİK BUĞDAY		MAKARNALIK BUĞDAY		ARPA
	KURU	SULU	KURU	SULU	KURU
	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DE-KAR
TARLA KİRASI	60	150	60	150	60
TOHUM BEDELİ	37,5	37,5	38	38	37
PULLUKLA SURME	0	0	0	0	0
KULTUVATÖR 1 SURME	4	4	4	4	4
KULTUVATÖR2 SURME	4	4	4	4	4

## Serin İklim Tahıllarında Maliyet ve Karlılık (2014-19)

MİBZER TOHUM EKME İŞÇİLİK+MAZOT	4	4	4	4	4
İLAÇLAMA HOLDER İŞÇİLİK+MAZOT	2	2	2	2	2
İLAÇ GİDERİ	6	6	6	6	6
GÜBRELEME 2 SEFER İŞÇİLİK+MAZOT	2	2	2	2	2
TABAN GÜBRESİ 20/20 .0 GİDERİ	22	22	22	22	22
ÜST GÜBRE ÜRE % 46 GİDERİ	10	10	10	10	10
ÜST GÜBRE A.NİTRAT % 26 GİDERİ	8	8	8	8	8
1 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+ SU PARASI)	15	15	15	15	15
2 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+ SU PARASI)	15	15	15	15	15
SULAMA İŞÇİLİĞİ	10	10	10	10	10
SİGORTA BEDELİ	17	17	17	17	17
NAKİYE TAŞIMA	12	12	12	12	12
BİÇER MASRAFI	12	12	12	12	12
<b>GİDERLER TOPLAMI</b>	<b>240,5</b>	<b>330,5</b>	<b>241</b>	<b>331</b>	<b>240</b>
VERİM DEKARA (KG)	350	600	300	700	350
VERİM FİYATI BORSA	0,85	0,9	0,98	0,98	0,85
SAMAN VE YAN GELİR	0	0	0	0	0
<b>TOPLAM GELİR</b>	<b>315</b>	<b>540</b>	<b>294</b>	<b>686</b>	<b>297,5</b>
<b>GELİR -GİDER FARKI</b>	<b>74,5</b>	<b>209,5</b>	<b>53</b>	<b>355</b>	<b>57,5</b>

Şekil 4. Ürün bazında toplam gider, gelir ve karlılık



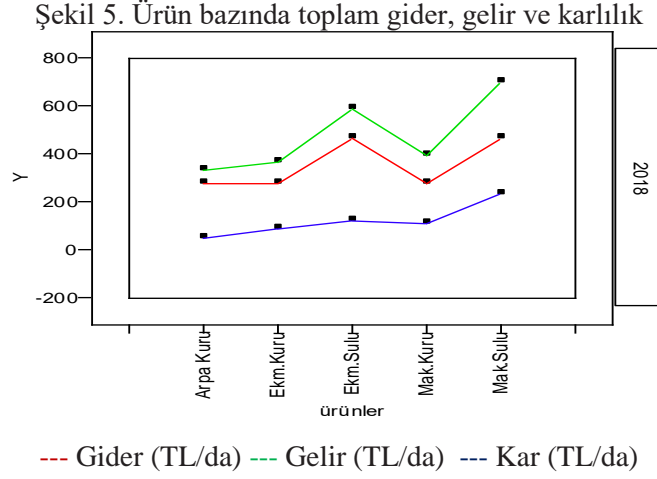
**2018 yılı ürün gider gelir hesabı :** İşletmenin 2017-18 üretim yılı giderleri Çizelge 5 de verilmiş ve Şekil 5 de görselleştirilmiştir. Gelir gider makası diğer deyişle karlılık en fazla suluda makarnalık buğday üretiminde görülmektedir (234.5 TL/da) görülmektedir. Bunu sırasıyla suluda ekmeçlik (125 TL/da), makarnalık kuru (116.5 TL/da), kuruda ekmeçlik (89.5 TL/da) ve arpa (55 TL/da) takip etmektedir.

**Çizelge 5.** Olgunlar tarım işletmesi 2017-18 üretim yılı ürün bazlı gider ve gelir tablosu (TL/da)

AMAÇ	EKMEÇLİK BUĞDAY		MAKARNALIK BUĞDAY		ARPA
	KURU	SULU	KURU	SULU	KURU
	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DE-KAR
TARLA KİRASI	100	200	100	200	100
TOHUM BEDELİ	37,5	37,5	38	38	37
PULLUKLA SURME	0	0	0	0	0
KULTUVATÖR 1 SURME	6	6	6	6	6
KULTUVATÖR 2 SURME	6	6	6	6	6

## Serin İklim Tahıllarında Maliyet ve Karlılık (2014-19)

MİBZER TOHUM EKME	6	6	6	6	6
İLAÇLAMA HOLDER MAZOT	4	4	4	4	4
İLAÇ GİDERİ	8	8	8	8	8
GÜBRELEME 2 SEFER MAZOT	3	3	3	3	3
TABAN GÜBRESİ 20/20 .0	23	23	23	23	23
ÜST GÜBRE ÜRE % 46	18	18	18	18	18
ÜST GÜBRE A.NİTRAT % 26	18	18	18	18	18
1 SEFER SULAMA(SU+ELEKT- RİK)		30		30	
2 SEFER SULAMA		30		30	
SULAMA İŞÇİLİĞİ		25		25	
SİGORTA BEDELİ	19	19	19	19	19
NAKİYE TAŞIMA	17	17	17	17	17
BİÇER	17	17	17	17	17
<b>GİDER TOPLAM</b>	<b>282,5</b>	<b>467,5</b>	<b>283</b>	<b>468</b>	<b>282</b>
ÜRÜN FİYATI BORSA	0,95	1	1,2	1,2	0,85
VERİM DEKARA (KG)	350	550	300	550	350
DESTEKLEME TOHUM	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
DESTEKLEME MAZOT GUBRE	14	17	14	17	14
DESTEKLEME MUSTAHSİL	17	17	17	17	17
SAMAN VE YAN GELİR	0	0	0	0	0
<b>TOPLAM GELİR</b>	<b>372</b>	<b>592,5</b>	<b>399,5</b>	<b>702,5</b>	<b>337</b>
<b>GELİR -GİDER FARKI</b>	<b>89,5</b>	<b>125</b>	<b>116,5</b>	<b>234,5</b>	<b>55</b>



**2019 yılı ürün gider gelir hesabı :** İşletmenin 2018-19 üretim yılı giderleri Çizelge 6 de verilmiş ve Şekil 6 de görselleştirilmiştir. Gelir gider makası diğer deyişle karlılık en fazla suluda makarnalık buğday üretiminde görülmektedir (345 TL/da) görülmektedir. Bunu sırasıyla makarnalık kuru (314 TL/da), ekmeçlik sulu (184 TL/da), kuruda ekmeçlik (174 TL/da) ve arpa (63 TL/da) takip etmektedir.

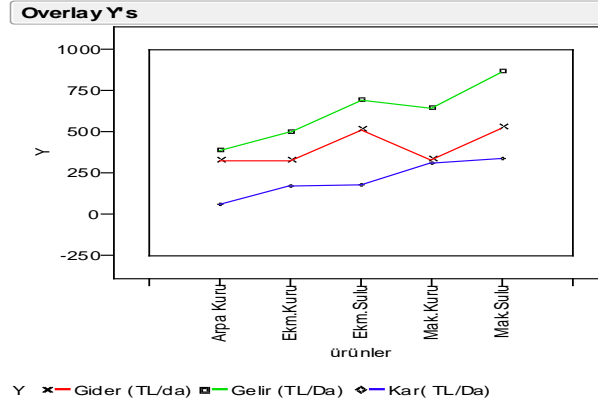
**Çizelge 6.** Olgunlar tarım işletmesi 2018-19 üretim yılı ürün bazlı gider ve gelir tablosu (TL/da)

AMAÇ	EKMEKLİK BUĞDAY		MAKARNALIK BUĞDAY		ARPA
	KURU	SULU	KURU	SULU	KURU
	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DE-KAR	1 DE-KAR	1DEKAR
TARLA KİRASI	100	200	100	200	100
TOHUM BEDELİ	41	41	46	55	42
PULLUKLA SURME	0	0	0	0	0
KULTUVATÖR 1 SURME	6	6	6	6	6
KULTUVATÖR 2 SURME	6	6	6	6	6
MİBZER TOHUM EKME İŞÇİLİK+MAZOT	6	6	6	6	6

## Serin İklim Tahıllarında Maliyet ve Karlılık (2014-19)

İLAÇLAMA HOLDER İŞÇİLİK+MAZOT	4	4	4	4	4
İLAÇ GİDERİ	8	8	8	8	8
GÜBRELEME 2 SEFER İŞÇİLİK+MAZOT	3	3	3	3	3
TABAN GÜBRESİ 20/20 .0 GİDERİ	40	40	40	40	40
ÜST GÜBRE ÜRE % 46 GİDERİ	20	20	20	20	20
ÜST GÜBRE A.NİTRAT % 26 GİDERİ	37	37	37	37	37
1 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+SU PARASI)	-	30	-	30	-
2 SEFER SULAMA ( ELEKTRİK+SU PARASI)	-	30	-	30	-
SULAMA İŞÇİLİĞİ		25		25	
SİGORTA BEDELİ	19	19	19	19	19
NAKİYE TAŞIMA	20	20	20	20	20
BİÇER MASRAFI	19	19	19	19	19
<b>GİDERLER TOPLAMI</b>	<b>329</b>	<b>514</b>	<b>334</b>	<b>528</b>	<b>330</b>
VERİM DEKARA (KG)	350	500	300	550	300
VERİM FİYATI BORSA	1,3	1,3	1,5	1,5	1,15
SAMAN VE YAN GELİR	0	0	0	0	0
Tohum desteği (TL/da)	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Mazot gübre desteği(TL/da)	20	20	20	20	20
Müstahsil gelir desteği(kg. başına Kr x verim))	48x350 = 16.8 TL	48x500 = 24 TL	48x300 = 14.4 TL	48x550 = 26.4 TL	48x300=14. 4 TL
<b>TOPLAM GELİR</b>	<b>503</b>	<b>698</b>	<b>648</b>	<b>873</b>	<b>393</b>
<b>GELİR -GİDER FARKI</b>	<b>174</b>	<b>184</b>	<b>314</b>	<b>345</b>	<b>63</b>

Şekil 6. Ürün bazında toplam gider, gelir ve karlılık



#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

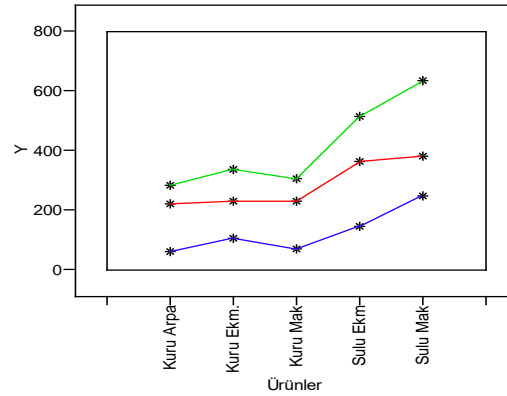
Çizelge 7. 2014-19 Üretim maliyet ve karlılık cetvelleri özeti

Yıl	Gider/ge- lir/kar (TL/Da)	Ekm buğday		Mak. buğday		Arpa
		Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
2014	Gider	171	280	176	322	153
	Gelir	216	305	275	432,5	179
	<b>Kar</b>	<b>45</b>	<b>25</b>	<b>99</b>	<b>110,5</b>	<b>26</b>
2015	Gider	176	286	179	325	156
	Gelir	288	417,5	365	575	237
	<b>Kar</b>	<b>112</b>	<b>131,5</b>	<b>186</b>	<b>250</b>	<b>81</b>
2016	Gider	198	328	199	331	195
	Gelir	350,8	550,8	350,8	550,8	350,72
	<b>Kar</b>	<b>152,8</b>	<b>222,8</b>	<b>151,8</b>	<b>219,8</b>	<b>155,72</b>
2017	Gider	240,5	330,5	241	331	240
	Gelir	315	540	294	686	297,5

Serin İklim Tahıllarında Maliyet ve Karlılık (2014-19)

	<b>Kar</b>	<b>74,5</b>	<b>209,5</b>	<b>53</b>	<b>355</b>	<b>57,5</b>
2018	Gider	282,5	467,5	283	468	282
	Gelir	372	592,5	399,5	702,5	337
	<b>Kar</b>	<b>89,5</b>	<b>125</b>	<b>116,5</b>	<b>234,5</b>	<b>55</b>
2019	Gider	329	514	334	528	330
	Gelir	503	698	648	873	393
	<b>Kar</b>	<b>174</b>	<b>184</b>	<b>314</b>	<b>345</b>	<b>63</b>
2014-19	ORT.GİDER	232,83	367,66	235,33	384,16	226
	ORT.GELİR	340,8	517,3	388,71	636,63	288,53
	<b>ORT.KAR</b>	<b>107,97</b>	<b>149,64</b>	<b>153,38</b>	<b>252,47</b>	<b>62,53</b>

Şekil 7. 2014-2019 ürün bazında toplam gider, gelir ve karlılık



--- Gider (TL/da) --- Gelir (TL/da) --- Kar (TL/da)

2014- 2019 maliyet cetveli icmal gelir, gider ve karlılık durumları değerlendirildiğinde en karlı seçeneğin suluda makarnalık buğday yetiştiriciliği olduğu (252,47 TL/da), bunu kuruda makarnalık buğdayın takip ettiği (153.38TL/da) 3. sırada suluda ekmeklik buğdayın olduğu (149,64TL/da), kuruda ekmeklik buğday yetiştiriciliğinin 107,97 TL/da ile 4. Sırada yer aldığı ve arpanın 62,53 TL/da ile karlılıkta son sırada olduğu anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- AKKAYA, A. (1984). Kıraç Koşullarda Farklı Gübre Uygulamalarının Bazı Kışlık Arpa Çeşitlerinin Kışa Dayanıklılık, Verim, Verim Unsurlarına Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Doktora Tezi, Erzurum.
- ANONİM (2020a) Serin İklim Tahılları (2016). Ankara. Megep.meb.gov.tr > moduller> serin iklim tahılları. Erişim tarihi: 16.03.2020.
- KENDAL, E., TEKDAL, S., AKTAŞ, H., ve KARAMAN, M. (2012). Bazı Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Diyarbakır ve Adıyaman Sulu Koşullarında Verim ve Kalite Parametreleri Yönünden Karşılaştırılması. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26 (2): 1-14.
- MUT, Z., AYDIN, N., BAYRAMOĞLU, H. O., ve ÖZCAN, H. (2007). Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum Aestivum* L.) Genotiplerinin Verim ve Başlıca Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2):193-201.
- ÖZBERK. İ., KILIÇ. H., ATLI. A. and ÖZBERK. F.(2006). Selection of Wheat Based on Economic Per Area. Euphytica 152, 235–245 (2006).
- ÖZBERK, İ., KILIÇ. H., ÖZBERK. F., ATLI. A., KARLI. B. and COŞKUN. Y. (2011). Variety Selection Based on Net Return Per Hectare in Durum Wheat (*Triticum Durum* L.). African Journal of Agricultural Research Vol. 6(4), pp. 1016 – 1024.

# KENEVİR ESASLI BATARYA GELİŞTİRİLMESİ

**Doç. Dr. İlhami YİĞİT**

Yozgat Bozok Üniversitesi

**Prof. Dr. Uğur KÖLEMEN**

Yozgat Bozok Üniversitesi

**Prof. Dr. Ahmet KARADAĞ**

Yozgat Bozok Üniversitesi

**ÖZET:** Süperbataryalar enerji depolama ile ilgili neredeyse sınırsız bir kullanım alanına sahiptir. Çok sayıda elektrik enerjisi depolama ürünü arasında en öne çıkan ve teknolojiye fark oluşturabilecek olan mobil telefon bataryası ve elektrikli otomobil bataryasıdır. Çünkü bu iki alanda insanoğlu, teknolojik bir tıkanıklık yaşamakta olup çok kısa şarj ve uzun kullanım süresi gerçekleştirdiği takdirde hayat standardı çok yükselecektir. Özellikle otomotiv sektöründe petrole bağımlılık da son derece azaltacaktır. Kenevir esaslı süperkapasitörlerin grafen esaslı olanlara göre iki kat daha kapasiteli ve aynı zamanda çok daha düşük maliyetli olduğu henüz keşfedilmiştir. Bu bildiriye, kenevir esaslı batarya ile ilgili dünyadaki mevcut durumdan bahsedilmekte; süperkapasitörlerin yapısı, avantajları ve dezavantajları ele alınmakta; neden kenevir esaslı batarya sorusuna güncel bilimsel kanıtlar sunulmakta; bu alanda yapılacak çalışmalar için sağlanması gereken altyapı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, Yükseköğretim Kurulu tarafından “Endüstriyel Kenevir” alanında bölgesel kalkınma odaklı üniversite olarak belirlenmiş olan Yozgat Bozok Üniversitesi ’nde oluşturulmuş araştırma grupları ve süperbatarya geliştirilmesi için oluşturulmakta olan “Kenevir Esaslı Batarya Gurubu” (KENBAG) hakkında bir kısım bilgiler verilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstriyel kenevir, Aktif karbon, Süperkapasitör, Süperbatarya

## Development of Hemp Based Battery

**ABSTRACT:** Superbatteries have an almost limitless usage of energy storage. Among many energy storage products, the most prominent ones being able to make significant differences in technology are mobile phone battery and electric car battery. Since, in these two areas, human beings experience a technological congestion, and if very short charging time and long usage time are

achieved, the living standards will greatly increase. It will also greatly reduce the dependence on oil, especially in automotive industry. It has been just discovered that hemp based supercapacitors are twice as more capacitive, and also much cheaper than grafen based ones. In this paper, the current situation of hemp based batteries in the world has been dealt with. The structure, advantages and disadvantages of supercapacitors are discussed. Scientific evidences were presented for answering the question of why hemp based battery should be used. The infrastructure necessitated for the hemp based battery development studies are evaluated. In this scope, some information has been shared about the research groups established and the “Hemp Based Battery Group” (KENBAG) being established to develop superbattery at Yozgat Bozok University, determined as regional development focused university on “Industrial Hemp” by The Council of Higher Education (CoHE).

**Keywords:** Industrial hemp, Active carbon, Supercapacitor, Superbattery

## 1. GİRİŞ

Günümüzde elektrik enerjisi depolamak için kullanılan klasik bataryalar, sınırlı düzeyde depolama kabiliyetine sahip, yüksek maliyetli ve kısa ömürlü ve çevreye zararlı olma dezavantajları yüzünden hala insanoğlu için tatmin edici bir çözüm aracı durumunda değildir. Bu kapsamda yeni yüksek performanslı elektrik enerjisi depolama yöntemleri yoğun şekilde araştırılmaya devam edilmektedir. Yakın yıllarda süperkapasitörler enerji depolamada büyük ilerlemeleri mümkün kılan bir potansiyel olarak ortaya çıkmıştır. Klasik kapasitörlerle aynı temel davranışa sahip süperkapasitörlerde daha büyük kapasitans değerlerine ulaşabilmek için daha büyük yüzey alanlı elektrotlar ve daha ince dielektrik malzemeler kullanılmaktadır. Böylece klasik kapasitörlere göre daha büyük enerji yoğunluğu ve klasik bataryalara göre daha büyük güç yoğunluğu mümkün olmaktadır (MITRE, 2006).

Son yıllarda endüstriyel kenevirin hem liflerinden hem de iç gövdesinden elde edilen aktif karbon ile süperkapasitör elektrotları için grafen benzeri nanofilmler (veya kaplamalar) yapılmaktadır. Aktif karbon filmler endüstriyel standartta grafen nanofilmlerden çok daha düşük bir maliyetli olup mükemmel elektrokimyasal davranış göstermektedir (AURI, 2020).

“Bu malzeme endüstriyel standartta grafen malzemelerden çok daha düşük bir maliyetle mükemmel elektrokimyasal performans sergilemektedir. Kanada’daki araştırmacılar süperkapasitörlerin elektrikli araba, mobil cihazlar ve benzeri elektrikli cihazlarda kullanılan şarj edilebilir klasik bataryaların yerini alacak uygun fiyatlı yeni nesil enerji kaynağı (depolama aracı) olacağına dair olumlu veriler elde etmişlerdir.” (AURI,2020)

“Kenevir, *Cannabis sativa* bitki türü grubundandır. En hızlı büyüyen bitkilerden biridir. Doğu Asya'ya özgü yıllık otsu çiçekli bir bitkidir. Liflere dönüştürülebilen ilk bitki olarak 10,000 yıl öncesine kadar çeşitli kullanımlarına rastlanmaktadır. Kağıt, tekstil, giysi, biyolojik olarak parçalanabilen plastikler, boya, yalıtım, biyoyakıt, gıda, hayvan yemi elde edilebilir” (WIKIPEDIA, 2020).

Kenevir esaslı süperkapasitörler kullanılarak süper batarya geliştirilme süreci ise aşağıda verilen sıraya göre tanımlanabilir:

Endüstriyel Kenevir Sapları → Sıyırma/Temizleme → Lifler veya İç Gövde (% 25-30) → Aktif Karbon Eldesi → Karbon Esaslı Nanofilmler (veya Kaplama) → Süperkapasitörler → Batarya Montajı, Kontrol Elektronik ve Yazılım → **Süperbatarya**.

Kenevirden aktif karbon eldesi ve karbon esaslı nano yaprakların/filmlerin (veya kaplamaların) oluşturulması için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır ve hızla geliştirmeye devam edilmektedir. Bataryanın en iyi performansı gösterebilmesi için kontrol biliminden yararlanılıp uygun elektronik ve yazılım geliştirilmelidir (ZHANG vd, 2018).

Süper bataryalar enerji depolama ile ilgili neredeyse sınırsız bir kullanım alanına sahiptir. Saat pili, kumanda pili, çeşitli piller, motosiklet ve otomobil aküleri, kesintisiz güç kaynağı bataryası, vb. sayılamayacak elektrik enerjisi depolama ürünü yanısıra en öne çıkan ve teknolojide önemli fark oluşturacak olan *mobil telefon bataryası* ve *elektrikli otomobil bataryası*dır. Çünkü özellikle bu iki alanda insanoğlu teknolojik bir tikanıklık yaşamakta olup çok kısa şarj süresi ve uzun kullanım süresi başarıldığı takdirde hayat standardı çok yükselecektir. Özellikle otomotiv sektöründe petrole bağımlılığı da son derece azaltacaktır.

Kenevir esaslı batarya için kenevirin en iyi tarafları ise kenevirin yıllık bir bitki olup yaklaşık dört ayda yetişebilmesi, yeterli sulama ile beş metre boya kadar büyüebilmesi, dönüm başına çok bol miktarda ürün alınabilmesi, şımarık büyüyen bir bitki olup hemen hemen haşarelerden etkilenmemesi ve ilaçlama gerektirmemesi, kararlı ve sürdürülebilir şekilde ürün alınabilmesidir. Kendisinden neredeyse 50,000 çeşit ürün elde edilebilen mucize bitki kenevir, yenilenebilir ve sürdürülebilir temiz enerji kaynağı olarak da fevkalade caziptir.

Bu kapsamda, “Endüstriyel Kenevir” alanında bölgesel kalkınma odaklı üniversite olarak, çok kısa sürede şarj olabilen ve yükte iken uzun kullanım süresine sahip yerli süper batarya başarıldığı takdirde, yerli otomobilimizi de dünyaca cazip hale getirme ihtimali çok yüksektir. İleri bilim ve teknolojiler kullanılarak disiplinli bir çalışma ile çok kısa sürede kolay şarj olabilen ve menzili çok yüksek bir otomobil hiç de hayal değildir.

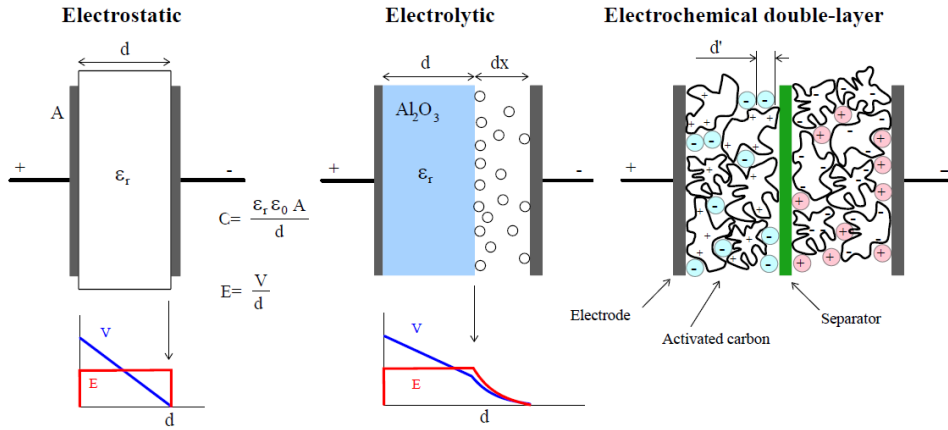
## 2. SÜPERKAPASİTÖRLER

### 2.1. Süperkapasitörlerin Yapısı

Süperkapasitörler, geleneksel kapasitörlerden farklı bir yapıya sahip olup çok daha fazla elektrik enerjisi depolayabilen enerji depolama aygıtlarıdır; “ultrakapasitörler”, “elektrokimyasal kapasitörler” veya “elektrokimyasal çift tabaka kapasitör” olarak da anılırlar.

Geleneksel kapasitörün yapısı Şekil 1(a) ‘da görülmektedir ve çalışma prensibi şöyledir. Geleneksel kapasitörler, iki birbirine paralel düz, silindirik, küresel veya eğrisel yüzeyden (elektrotlardan) ve yüzeyleri birbirinden ayrılan dielektrik (yalıtkan) malzemeden oluşur. Kapasitör elektrotlarına gerilim uygulandığında karşıt elektrik yükleri ilgili elektrotların yüzeylerinde birikir. Oluşturulan bu zıt işaretli yük farkı ile elektriksel alan meydana gelir ve böylece elektrik enerjisi depolanmış olur (HAMPARYAN, 2015; GÜRTEİN İNAL, İ. I., 2016).

Süperkapasitörün yapısı ise Şekil 1(c) ‘de görülmektedir ve çalışma prensibi şöyledir. Süperkapasitör, gerilim bağlantı uçları durumunda iki adet iletken (genelde metal), iki adet elektrot (grafen veya karbon film), elektrotları birbirinden ayıran ayırıcı ve iyonik sıvıdan (elektrolitten) oluşur. Son derece gözenekli bir yapıya sahip elektrotların yüzey alanları çok büyüktür ve ayırıcı kalınlığı son derece düşüktür.



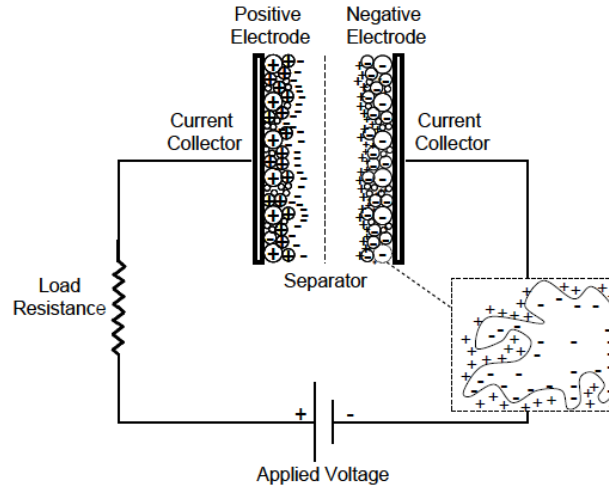
**Şekil 1. a)** Elektrostatik (geleneksel) **b)** Elektrolitik **c)** Elektrokimyasal (Süperkapasitör)

(ENG- →TR; *Electrode: elektrot, Activated carbon: aktif karbon, Seperator: ayırıcı*) (WIKIMEDIA, 2020)

Süperkapasitörün sığa değeri, dielektrik sabitleri ve yüzey alanı ile doğru orantılı, ayırıcı kalınlığı ile ters orantılı olduğundan geleneksel kapasitörün sığa değerine göre çok daha yüksektir. Ayrıca, herbir elektrot-elektrolit arası ayrı bir katman olup çift katmanda yük depolama gerçekleşmektedir (Şekil 2). Bu nedenlerle, süperkapasitörler, geleneksel kapasitörlere göre çok daha yüksek özgül enerjiye sahiptirler ve çok daha fazla enerji depolayabilirler.

“EDLC elektrotu olarak kullanılabilen malzemeler, yüksek yüzey alanlı karbon malzemeler, metal oksitler ve iletken polimerler olarak üç gruba ayrılırlar. Gözenekli karbon malzemeler, düşük maliyetli, uygun elektrokimyasal özellikler, yüksek spesifik yüzey alanı, kontrol edilebilir gözenek yapısı, yüksek ısı ve kimyasal kararlılık, yüksek korozyon direnci, kompozit malzemelerle iyi uyum ve çevre dostu olmaları sebebiyle elektrot malzemesi olarak tercih edilmektedir. ... Aktif karbonlar, yerleşik üretim teknikleri ve çok yüksek spesifik yüzey alanları (400-3000 m<sup>2</sup>/g) sebebiyle en çok tercih edilen elektrot malzemesidir.” (GÜRTEN İNAL, İ. I., 2016)

“Elektriksel çift tabaka kapasitörlerin gösterdikleri performans kullanılan elektrolitin yapısıyla da ilgilidir. Bu kapasitörlerde sulu ya da organik elektrolitler kullanılmaktadır. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve KOH gibi sulu elektrolitlerin iletkenlikleri asetonitril gibi organik elektrolitlere göre daha yüksektir. Ancak, sulu elektrolitler daha düşük bozunma voltajı sahiptir. EDLC ancak elektrolitin bozunma voltajına kadar düzgün çalışabilmektedir. Bu yüzden elektrolit seçimi süperkapasitörün kullanım amacına göre yapılmaktadır.” (HAMPARYAN, 2015)



**Şekil 2.** Süperkapasitörün çalışma prensibi (yükli) (MITRE, 2016)

(ENG- →TR; Electrode: elektrot, Current collector: akım kollektörü, Load Resistance: yük direnci)

## 2.2. Süperkapasitörlerin Avantajları

Süperkapasitörlerin üstün özellikleri maddeler halinde kısa açıklamalar ile aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a) Çevre dostu (doğaya zararlı ve zehirli bileşen içermemekte)
- b) Çok uzun batarya ömrü (500,000-1.000.000 kez)
- c) Çok yüksek şarj/deşarj hızı(0-30 saniye)
- d) Yeterince özgül enerji(yaklaşık 20 Wh/kg)
- e) Yüksek özgül güç(yaklaşık 20 kW/kg)
- f) Yüksek kararlılık(geniş yük aralığında tutarlı davranış)
- g) Çok düşük iç direnç ve ısınma(yaklaşık %95 çevrim içi verim)
- h) Çok düşük drenaj ve uzun raf ömrü (iç direnci çok düşük, kayıp çok az)
- i) Hibrit uygulamalara uygunluğu(yüksek güç yoğunluğu gereken uygulamalarda)
- j) Yüksek çalışma sıcaklık aralığı(-40 ile 70 °C arası)
- k) Sağlığa zararlı olmayışı(sağlığa zararlı bileşenler içermemekte)

## 2.3. Süperkapasitörlerin Dezavantajları

Süperkapasitörlerin dezavantajı veya geliştirilmesi gereken özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a) Çok düşük olan anma voltajlarının artırılması
- b) Hacim başına yüzey alanı ve gözenekliliği daha fazla aktif karbon eldesi
- c) Ayırıcı malzemenin geçirgenliğinin artırılması
- d) Elektrolitin iyonize olma durumunun artırılması
- e) Batarya ömrünün daha da artırılması
- e) Elektrot, ayırıcı ve elektrolit parametrelerinin azami performans için eniyilenmesi
- f) Batarya yapısına ait parametrelerin eniyilenmesi
- g) Batarya idaresi için ileri kontrol, elektronik ve yazılımın geliştirilmesi
- h) Yüksek özellikli aktif karbon için kenevir türlerinin araştırılması ve geliştirilmesi
- i) Raf ömrü, çevresel özellikler, güvenli kullanım, vb. özelliklerin geliştirilmesi

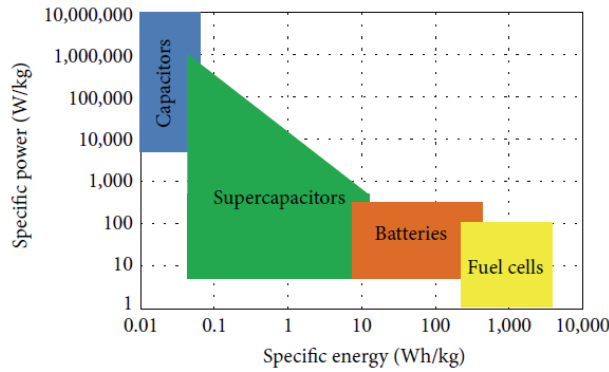
Yukarıda anılan bütün dezavantajlar süperkapasitörlerle ilgili üzerinde yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılması gereken açık problemlerdir. Ne kadar söz konusu problemler başarı ile çözümlerse o kadar önemli derecede rekabet gücü elde edilebilecek demektir. Bu nedenle, dezavantajlar başarı önünde engel değil bilakis fırsatlardır.

#### 2.4. Süperkapasitörlerin Karşılaştırılmalı Durumu

Klasik kapasitörler, süperkapasitörler ve pillerin şarj-deşarj süreleri, çevrim ömürleri ve şarj/deşarj verimleri Tablo 1 'de verilmiştir. Süperkapasitörlerin diğer benzer enerji depolama elemanları ile özgül enerji ve özgül güç durumlarının karşılaştırılması Şekil 3 'de verilmektedir.

**Tablo 1.** Klasik kapasitör, süperkapasitör ve pillerin karşılaştırılması (HAM-PARYAN, 2015)

	Klasik Kapasitörler	Süperkapasitörler	Piller
Şarj süresi	$10^6 - 10^3$ saniye	1 – 30 saniye	1 – 5 saat
Deşarj süresi	$10^6 - 10^3$ saniye	1 – 30 saniye	0.3 – 3 saat
Enerji yoğunluğu (Wh/kg)	<0.1	1 – 10	10 – 100
Güç yoğunluğu (W)	<100000	<10000	<1000
Çevrim ömrü (çevrim)	>500000	>500000	≈1000
Şarj/Deşarj verimi (%)	≈100	85 – 98	70 – 85



**Şekil 3.** Enerji depolama elemanlarının özgül enerji ve özgül güç grafikleri (SALEEM, 2016)

(ENG- →TR; Specific energy/power: özgül enerji/güç, Battery: batarya, fuel cell: yakıt pili)

### 3. KENEVİR ESASLI BATARYA

#### 3.1. Kenevir Esaslı Süperkapasitör

“Endüstriyel kenevir atık lifinin enerji depolama için süperkapasitörlerde bir bileşen olarak kullanıldığı umut verici sonuçlar veren bazı çalışmalar ve deneyler yapılmıştır. Clarkson Üniversitesi'nden David Mitlin, kenevirden grafene göre daha ucuz bir versiyon icat etti. Mitlin tarafından oluşturulan kenevir süperkapasitörler, kg başına 12 watt-saat enerji depolayabildi. Bu değer normal grafen süperkapasitördekinin iki katından daha yüksektir ve üretilmesi daha ucuzdur. Bu yeni teknoloji umut vericidir ve günümüzde yüksek düzeyde enerjiyi saklama şeklini değiştirebilir.” (WIKIPEDIA, 2020)

Yakın zamanlarda, kenevir esaslı süperkapasitörlere ait kritik değerler olan özgül kapasitans 160 F/kg, özgül enerji 19.8 Wh/kg ve özgül güç 21 kW/kg değerlerine kadar ulaşmış olup artırmak için bilimsel çalışmalar yoğun şekilde devam etmektedir (SUN,2016)

Grafen ile yapılan bir süperkapasitörün sığa değerinin (3000 Farad civarında) aynı büyüklükte bir klasik kapasitörün sığa değerinin (mikroFaradlar civarında) 100,000 katına ulaşabildiği (MAXWELL, 2020) düşünüldüğünde, kenevir esaslı bir süperkapasitörün kapasitesi daha iyi anlaşılır. Yüksek özgül güçlere sahip süperkapasitörler, kenevirden elde edilen yüksek özellikli ve daha düşük maliyetli aktif karbon elektrotlarla özgül enerjileri iyice artırılmak suretiyle, enerji depolama alanında daha da önemli bir yere getirilmiş olacaktır.

#### 3.2. NEDEN KENEVİR ESASLI BATARYA?

Kenevir esaslı bataryanın açık kaynaklarda rastlanılan tercih sebepleri aşağıdaki gibi özetlenebilir: (SUPERTECH, 2020; MORGAN, J., 2014; GROUP-IB, 2019; CANNABIS TECH, 2017; UKCSC, 2020; MPN, 2016)

- a) Yenilenebilir olma (dört ayda yetişebilen ve sulama ile 5 metre boya kadar büyüeyebilen yıllık bir bitki)
- b) Çevre dostu (doğaya zararlı ve zehirli bileşen içermemekte)
- c) Düşük üretim maliyeti (kenevir esaslı karbon, grafene göre çok daha düşük maliyetli)
- d) Çok uzun batarya ömrü (yaklaşık 1.000.000 kez)
- e) Çok yüksek şarj/deşarj hızı(0-30 saniye)
- f) Yeterince özgül enerji(20 Wh/kg üstü)

- g) Yüksek özgül güç(20 kW/kg üstü)
- h) Yüksek kararlılık(geniş yük aralığında tutarlı davranış)
- i) Çok düşük iç direnç ve ısınma(yaklaşık %95 çevrim içi verim)
- j) Çok düşük drenaj ve uzun raf ömrü (iç direnci çok düşük, kayıp çok az)
- k) Hibrit uygulamalara uygunluğu(yüksek güç yoğunluğu gereken uygulamalarda)
- l) Yüksek çalışma sıcaklık aralığı(-40 ile 70 °C arası)
- m) Sağlığa zararlı olmayışı(sağlığa zararlı bileşenler içermemekte)
- n) Yerli ve ekonomik olması(dışa bağımlı olmama ve düşük maliyet)

#### **4. GEREKLİ DONANIMSAL VE AKADEMİK ALTYAPI**

##### **4.1. Donanımsal ve Akademik Altyapı**

Kenevir esaslı batarya geliştirilmesi için altyapı projeleri şeklinde öncelikle kurulması gereken bir kısım araştırma laboratuvarları aşağıda verilmektedir.

- a) Batarya Araştırma Laboratuvarı
- b) Batarya Test Laboratuvarı
- c) İleri Kimya Laboratuvarı
- d) Nanoteknoloji Laboratuvarı
- e) Gerçek Ortam Test Platformu

Akademik altyapı için, yukarıda anılan laboratuvarlar, araştırma ve alt çalışma gruplarına uygun araştırmacılar, öğretim elemanları ve uzmanlar belirlenmeli veya istihdamı edilmelidir. Edinilen bilgilerin kurum olarak içselleştirilebilmesi, sürdürülebilirliği ve güvenliği açısından gerekli planlama ve düzenlemelerin yapılması, olabildiğince az hizmet alımına gidilmesi veya güvenli hizmet alımının sağlanması kaçınılmazdır.

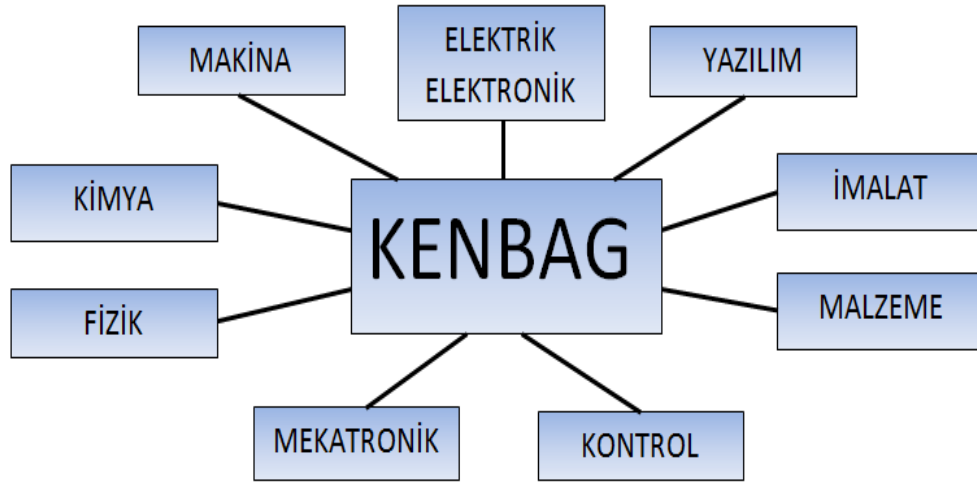
##### **4.2. Endüstriyel Kenevir Esaslı Araştırma Grupları**

Yükseköğretim Kurulu tarafından Ocak 2020 tarihinde “Endüstriyel Kenevir” alanında bölgesel kalkınma odaklı üniversite olarak belirlenmiş olan Yozgat Bozok Üniversitesi ’nde "Endüstriyel Kenevir" projesi ile ilgili yönerge Mart 2020 itibariyle Üniversite Senatosunca kabul edilmiş ve aşağıdaki araştırma gruplarının oluşturulmasına karar verilmiştir.

- a) Tarım, Gıda ve Yem Araştırmaları Grubu
- b) Tıp, İlaç ve Sağlık Araştırmaları Grubu
- c) Tekstil, Selüloz, Kompozit ve Biyomalzeme Araştırmaları Grubu
- d) Elektronik, Makina ve Enerji Araştırmaları Grubu
- e) İnşaat ve Yapı Malzemeleri Araştırmaları Grubu
- f) Temel Bilimler Araştırmaları Grubu
- g) Sosyal Bilimler, Mevzuat ve Pazarlama Araştırmaları Grubu

#### 4.3. Kenevir Esaslı Batarya Gurubu (KENBAG)

“Endüstriyel Kenevir” ihtisas alanı projesi kapsamında süperbatarya geliştirilmesi için “Elektronik, Makina ve Enerji Araştırmaları Grubu” altında oluşturulmakta olan “Kenevir Esaslı Batarya Gurubu” (KENBAG), kimya ve fizik temel bilim alanlarını ve kimya, fizik, makina, malzeme, elektrik-elektronik, mekatronik, kontrol ve yazılım mühendislikleri uygulamalı bilim alanlarını kapsayan disiplinler arası bir araştırma ve geliştirme çalışma grubudur. (Şekil 4).



Şekil 4. KENBAG alt çalışma grubuna bağlı disiplinler

## 5. SONUÇ

Bu bildiri de, öncelikle kenevir esaslı batarya ile ilgili dünyadaki ve ülkemizdeki mevcut durumdan bahsedilmiş; süperkapasitörlerin yapısı, avantajları ve dezavantajları ele alınmış; neden kenevir esaslı batarya sorusuna bilimsel kanıtlar sunularak cevaplar verilmiş; bu alanda yapılacak çalışmalar için sağlanması gereken altyapı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, “Endüstriyel Kenevir” alanında ihtisaslaşan üniversite olarak belirlenmiş olan Yozgat Bozok Üniversitesi’nde oluşturulmuş olan araştırma grupları ve süperbatarya geliştirilmesi için oluşturulmakta olan “Kenevir Esaslı Batarya Gurubu” (KENBAG) hakkında bilgiler verilmiştir.

Görüldüğü üzere kenevir esaslı batarya, yenilenebilir olma, çevre dostu, düşük maliyet, uzun batarya ömrü, yeterince yüksek özgül enerji, yüksek özgül güç, çok hızlı şarj olabilme, yüksek enerji verme hızı, yüksek kararlılık, çok düşük iç direnç ve ısınma, çok düşük drenaj ve uzun raf ömrü, hibrit uygulamalara uygunluğu, sağlığa zararlı olmayışı, yüksek çalışma sıcaklık aralığı, vb. üstün özellikler ile ülkemiz ve dünya için gelecek vadetmektedir. Yukarıda anılan bütün dezavantajlar süperkapasitörlerle ilgili üzerinde yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılması gereken açık problemlerdir. Ne kadar söz konusu problemler başarı ile çözülürse o kadar önemli derecede rekabet gücü elde edilebilecek demektir. Bu nedenle söz konusu dezavantajlar başarı önünde engel değil bilakis fırsatlar olarak görülmelidir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, Yükseköğretim Kurulu tarafından yürütülen "Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşma Projesi" kapsamında, Yozgat Bozok Üniversitesi'nin “Endüstriyel Kenevir” ihtisas alanı projesi ile “İhtisaslaşacak Üniversiteler” arasına girmesi hususunda başta Yükseköğretim Kurulu’na ve tüm emeği geçenlere teşekkürü borç bilir.

## KAYNAKLAR

AURI (2020). “Building an Industrial Hemp Industry in Minnesota”, [https://www.auri.org/wp-content/uploads/2019/08/AURI\\_HempReport\\_Final\\_SinglePages\\_sm2.pdf](https://www.auri.org/wp-content/uploads/2019/08/AURI_HempReport_Final_SinglePages_sm2.pdf), 17 Şubat 2020.

CANNABIS TECH (2017). “The Hemp Battery Performs Better than the Lithium Battery”, <https://www.cannabistech.com/articles/the-hemp-battery-performs-better-than-the-lithium-battery/>, 17.02.2020.

CRAWFORD, M. (2013). “Hemp Carbon Makes Supercapacitors Superfast”, <https://www.asme.org/topics-resources/content/hemp-carbon-makes-supercapacitors-superfast>, ASME.org, 17.02.2020.

GROUP-IB (2019). “Hemp Batteries Are More Powerful Than Lithium and Graphene, Study Shows”, <https://themindunleashed.com/2019/10/hemp-batteries-more-powerful-lithium-graphene.html>, (Science & Tech, Oct 3, 2019), 17.02.2020.

GÜRTEN İNAL, İ. I. (2016). “Biyokütle temelli aktif karbonların elektrokimyasal çift tabaka kapasitörlerde elektrot malzemesi olarak kullanımı”, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi.

HAMPARYAN, B. (2015). “AAO şablonlar içerisine nikel biriktirme ile yüksek kapasiteli hibrit kapasitör elektrotlarının üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.

MAXWELL (2020). “Cell”, Overview Documents, <https://www.maxwell.com/products/ultracapacitors/cells>, 17.02.2020.

MITRE (2006). “Supercapacitors: A Brief Overview”, <https://www.mitre.org/publications/technical-papers/supercapacitors-a-brief-overview>, 17.02.2020.

MORGAN, J. (2014). “Hemp fibres 'better than graphene”, By James Morgan Science reporter, BBC News, San Francisco, 13 August 2014, <https://www.bbc.com/news/science-environment-28770876>, 17.02.2020.

MPN (2016). “Turning Hemp Fibers Into Batteries: Another Way Hemp Could Save Our Planet”, <https://www.mintpressnews.com/turning-hemp-fibers-into-batteries-another-way-hemp-could-save-our-planet/202644/>, MPN News, 17.02.2020.

SALEEM, A. M., DESMARIS, V.D., ve ENOKSSON, P., (2016). “Performance Enhancement of Carbon Nanomaterials for Supercapacitors”. Journal of Nanomaterials, 2016: 1-17

SUN, W., LIPKA, S. M., SWARTZ, C., WILLIAMS, D. & YANG, F. Q. (2016). “Hemp-derived activated carbons for supercapacitors”, *Carbon*, 2016(103): 181–192.

SUPERTECH (2020). “No, a supercapacitor is not a capacitor”, <https://www.supercaptech.com/no-supercapacitor-is-not-a-capacitor/>, 17.02.2020.

UKCSC (2020). Earth Power: Hemp Batteries Better Than Lithium And Graphene, <https://ukcsc.co.uk/earth-power-hemp-batteries-better-than-lithium-and-graphene/>, 17.02.2020.

WIKIMEDIA (2020) “Supercapacitor\_diagram”, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/Supercapacitor\\_diagram.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/Supercapacitor_diagram.svg), 17.02.2020.

WIKIPEDIA (2020). “Hemp”, <https://en.wikipedia.org/wiki/Hemp>, 17 Şubat 2020.

ZHANG, L., HU, X.S., WANG, Z.P., SUN, F.C., VE DORRELL, D.G. (2018). “A review of supercapacitor modeling, estimation, and applications: A control/management perspective”, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 2018(81):1868-1878.



# AIRYPRIME IŞININ TÜRBÜLANSIF ATMOSFERDE NOKTASAL PARILDAMA ANALİZİ

**Asst Prof. Dr. Mert BAYRAKTAR**

Hasan Kalyoncu Üniversitesi

**ÖZET:** Bu bildiri, airyprime ışınının türbülansdaki noktasal parıldaması sunulmuştur. Dik kaynak düzleminde, airyprime ışınları alan ifadesinden faydalanarak simetrik ve asimetrik olarak ayrıca küçük ve büyük Gauss kaynak boyutlarında yaratılmıştır. Atmosfer benzetimi yapmak için dalga optikte kullanılan sayısal düzenek rastgele faz tabakaları kullanılmıştır. Deney sonuçları, teorideki küresel dalga parıldama indisi ile karşılaştırılarak doğruluğu kontrol edilmiştir. Sonuçlarımız gösteriyor ki,  $\alpha_{xx} = \alpha_{yy}$  olan simetrik airyprime ışınları güçlü türbülans altında Gauss ışınından daha az noktasal parıldamaya sahiptir. Zayıf türbülans ise küçük Gauss kaynak boyutlarına sahip simetrik ışının parıldaması daha düşüktür. Güçlü türbülans,  $\alpha_{xx} \neq \alpha_{yy}$  olan asimetrik ışınlar 1.5km mesafeye kadar çok düşük parıldama indisi değerlerine sahiptir. Bu düşük parıldama sayesinde, kablosuz optik haberleşme hattının performans artışı anlamına gelen bit hata oranı(BER) değerinin düşmesi beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler :** Airyprime ışını, noktasal parıldama, türbülans.

## **Point Like Scintillation Analysis of Airyprime Beam in Turbulent Atmosphere**

**ABSTRACT:** In this paper, we present point like scintillation behavior of airyprime beam in turbulent atmosphere. In transverse source plane, airyprime beams are generated benefiting from source field expression as symmetric and asymmetric moreover in small and large Gauss source sizes. We use numerical set-up random phase screen which is used in wave optics to simulate the atmosphere. Results of experiments are checked by comparing them with scintillation index of spherical wave in theory. Our results indicate that symmetric airyprime beams where  $\alpha_{xx} = \alpha_{yy}$  have lower point like scintillation than Gauss beam under strong turbulence conditions. In weak turbulence, scin-

tillation of small Gauss source size symmetric beam is low. In strong turbulence, asymmetric beams where  $\alpha_{xx} \neq \alpha_{yy}$  have very low scintillation index up to 1.5km distance. Because of this low scintillation, it is expected to reduce bit error rate(BER) value which means to increase in performance of optical wireless communication link.

**Keywords :** Airyprime beam, point like scintillation, turbulence.

## 1.GİRİŞ

Serbest uzay optik(FSO) haberleşme, kablosuz optik haberleşme sistemlerinin bir örneğidir. Bu sistemler için en önemli gürültü kaynağı parıldamadır (Eyyuboglu & Bayraktar, 2015).FSO sistemleri için türbülansif atmosferde Rytov metodundan faydalanarak parıldama indeksi (Andrews, 2005)'te türetilmiştir. Bu yöntemden farklı olarak, daha kolay ve çabuk sonuç veren rastgele faz tabakalarına(RPS) (Schmidt, 2010)'te değinilmiştir. Ticari lazerler genellikle Gauss alan dağılıma sahiptir. (Andrews, Al-Habash, Hopen, & Phillips, 2001)'de Gauss ışının parıldama indeksi türetilmiştir. Farklı alan dağılımına sahip ışınlar farklı parıldama değerlerine sahip olabilmektedir. Buradan yola çıkarak bilim insanları farklı kaynak alan dağılımlarına sahip ışınların parıldama ve bit hata oranı performanslarını çalışmışlardır. Cos-Gaussian ışını kullanarak annular ve cosh-Gaussian ışınlarına göre daha düşük parıldama sağlanacağı (Eyyuboglu, 2012)'te vurgulanmıştır. Sinüs oyuk ışının parıldama indeksi ve bununla birlikte de bit hata oranının Gauss ışınına göre daha düşük olduğu (Bayraktar, 2019)'de gösterilmiştir. Kesik Bessel ışınını da parıldama indeksi bakımından Gauss ışınına göre daha iyi performans göstermektedir (Eyyuboglu, Voelz, & Xiao, 2013).

Farklı alan dağılımına sahip ışınlardan birisi de airyprime ışınıdır. Airyprime ışını ve onun yayılma özellikleri (Zhou, Chen, & Ru, 2015)'de tanıtılmıştır. (Bencheikh, 2019)'de ise airyprime ışını optik bottle ışını yaratmak için kullanılmıştır.

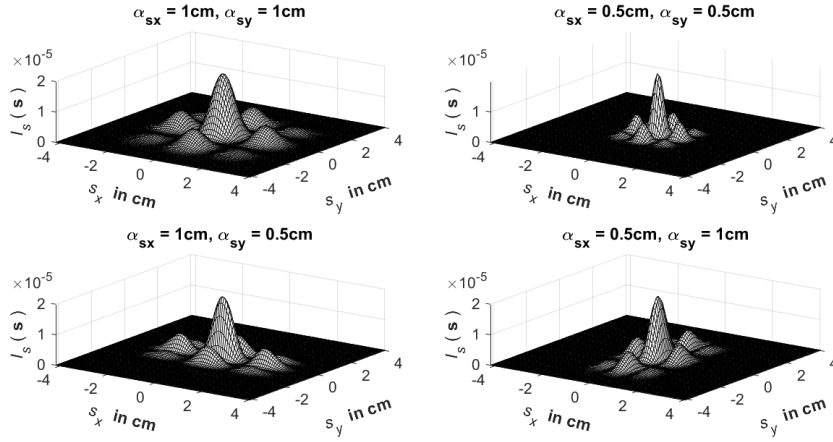
Bu çalışmada ise airyprime ışınının noktasal parıldama indeksi incelenmiştir. Verici düzleminde airyprime ışını yaratılmış ve rastgele faz tabakalarından geçirilmiştir. Alıcı düzleme ulaşan alan ifadesi kullanılarak parıldama indeksi hesaplanmıştır. Çalışmanın çıktılarının FSO sistem tasarımcılarına yol göstereceği öngörülmektedir.

## 2.AIRYPRIME IŞINI VE TÜRBÜLANS MODELİ

Kaynak düzleminde kullanılan airyprime ışının alan ifade denklem 1'de verilmiştir (Zhou et al., 2015).

$$u_s(\mathbf{s}) = u_s(s_x, s_y) = Ai'\left(\frac{s_x}{\alpha_{sx}}\right) Ai'\left(-\frac{s_x}{\alpha_{sx}}\right) Ai'\left(\frac{s_y}{\alpha_{sy}}\right) Ai'\left(-\frac{s_y}{\alpha_{sy}}\right) \quad (1)$$

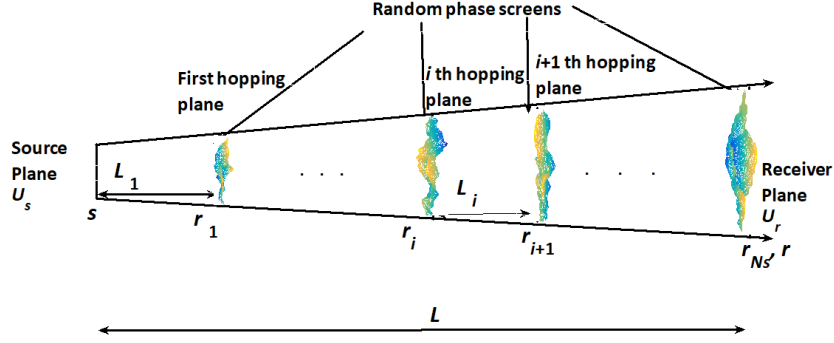
Burada  $\mathbf{s} = s_x, s_y$  kaynak düzlemi koordinatlarını,  $\alpha_{sx}$  ve  $\alpha_{sy}$  Gauss kaynak bo-yutlarını,  $Ai$  airy fonksiyonunu ve ' onun türevini ifade eder. Seçilen parametrelere göre yaratılan ayrıprime ışınlarının gösterimi şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Kaynak düzleminde seçilen ayrıprime ışınlarının şiddet dağılımları

Şekil 1'den görüldüğü üzere, kaynak düzleminde seçilen ışınlar simetrik ve asimetrik olarak seçilmiştir.  $\alpha_{sx} = \alpha_{sy}$  olduğu durumda simetrik,  $\alpha_{sx} \neq \alpha_{sy}$  durumunda ise asimetrik ışınlar ortaya çıkmaktadır. Genel olarak ise merkezde Gauss şiddeti etrafında toplanmış 8 küçük tepelikten oluşmaktadır. Bu yan tepelerin 4'ü düşük, 4'ü ise diğerlerine oranla yüksek şiddete sahiptir.

Türbülansla yayılım için kullanılan en temel yöntem Huygens-Fresnel integ-ralidir (Andrews, 2005). Buradan yola çıkarak rastgele faz tabakaları yöntemi gelişt-irilmiştir. RPS'in örnek gösterimi şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Atmosfer modeli

Verici ile alıcı arasına güçlü türbülans şartlarını da sağlayabilmek için sırasıyla 0-1200m, 1200m-3200m ve 3200m-5600m mesafe aralıklarına 21, 51 ve 91 tabaka yerleştirilmiştir. Bu tabakalar, denklem 2’de verilen modified von-Karman güç uzaysal yoğunluk fonksiyonuna göre yaratılmıştır.

$$\phi = 0.023r_0^{-5/3} \frac{\exp\left(-(\mathbf{f}/f_i)^2\right)}{\left(\mathbf{f}^2 + f_0^2\right)^{11/6}} \quad (2)$$

Burada  $\mathbf{f}$  uzaysal,  $f_i$  iç,  $f_0$  dış frekansı temsil eder ve

$$r_0 = 0.423k^2 \int_0^L C_n^2(L') dL' \quad (3)$$

Fried parametresidir ve  $C_n^2$  kırınım indisi yapı sabitini ve  $k$  dalga sayısını gösterir. Şekil 2’deki ilk tabakan sonra elde edilen alan ifadesi denklem 3’te verilmiştir.

$$\begin{aligned} u_r(\mathbf{r}, L) &= u_r(r_x, r_y, L) = \exp(jkL) \mathbf{F}^{-1} \left\{ \mathbf{F} \left[ u_s(\mathbf{s}) \exp(j\phi) \right] \mathbf{F} \left\{ \frac{-jk}{2\pi L} \exp \left( \frac{jk}{2L} \left[ (r_x)^2 + (r_y)^2 \right] \right) \right\} \right\} \\ &= \exp(jkL) \mathbf{F}^{-1} \left[ U_{s1}(\mathbf{f}) \mathbf{F}(\exp(j\phi)) \exp \left( -\frac{jk\lambda^2 L}{2} (f_x^2 + f_y^2) \right) \right] \end{aligned} \quad (4)$$

Denklem 4’te,  $\mathbf{r} = r_x, r_y$  alıcı düzlem koordinatlarını,  $\mathbf{F}$  ve  $\mathbf{F}^{-1}$  Fourier dönüşüm ve onun tersini,  $\phi_1$  rastgele faz değişimlerini,  $\lambda$  çalışma dalga boyunu gösterir. İlk tabakadan sonra, bir tabakanın çıktısı bir sonrakinin girdisi olacaktır. Tabakalar

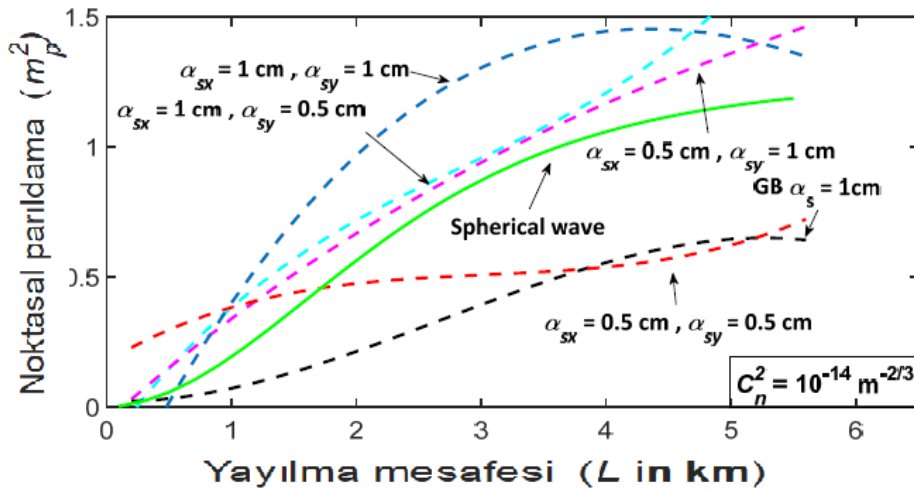
arası boş uzay şartları geçerlidir. Alınan alan ifadesi elde edildikten sonra ise noktasal parıldama indisi

$$m_p^2 = \frac{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}{\langle I \rangle^2} \quad (5)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $\langle \rangle$  ortalamayı ve  $I$  ise şiddeti belirtir. Yapılan benzetim çalışmalarında ortalama 500 deney üzerinden alınmıştır. Mantıklı bir karşılaştırma yapabilmek için tüm ışınlar 1W çıkış gücüne ayarlanmıştır. Verici düzlem tüm ışınlar için sabit ve 10 cm X 10 cm boyutlarında olup 512X512 matris formunda temsil edilmiştir.

### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

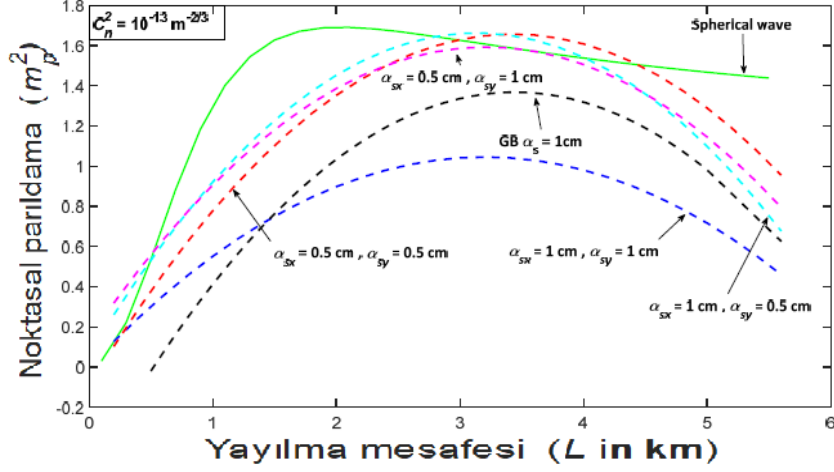
Bu bölümde airyprime ışınının türbülansif atmosferde noktasal parıldama analizi sunulmuştur. Seçilen airyprime ışınları mevcut lazerler Gauss alanına sahip ışın yapıldığı için Gauss ışını ile, deney düzeneğinin doğruluğunu göstermek için ise teorik küresel dalga ifadesi ile karşılaştırılmıştır. Şekil 3'te ortalama türbülans şartlarında yani  $C_n^2 = 10^{-14} m^{-2/3}$  iken parıldama indisi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 3.  $C_n^2 = 10^{-14} m^{-2/3}$  iken noktasal parıldama indisi değişimi

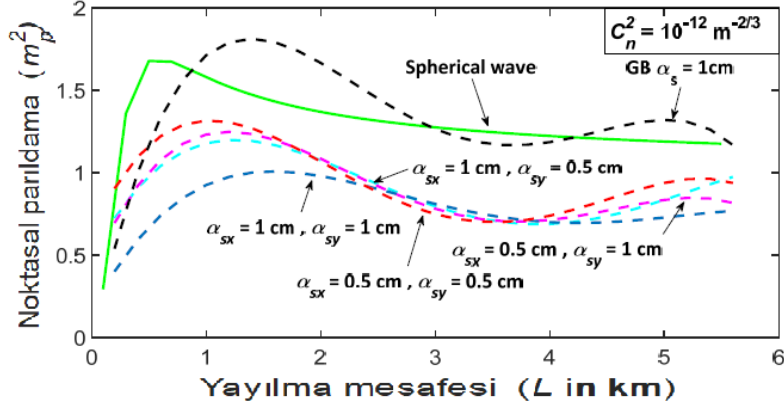
Şekil 3'ten görüldüğü üzere, airyprime ışını orta türbülans değerinde bir avantaj getirmemektedir. Ancak küresel dalgaya nazaran  $\alpha_{sx} = \alpha_{sy} = 0.5cm$  değerine sahip

airyprime ışını uzak mesafede Gauss ışını ile benzer özellik göstermektedir. Seçilen diğer airyprime ışınları ise küresel dalgadan bile yüksek parılda indisine sahiptir. Şekil 4'te ise türbülans şiddeti biraz daha arttırılmıştır.



Şekil 4.  $C_n^2 = 10^{-13} m^{-2/3}$  iken noktasal parılda indisi değişimi

Şekil 4'ten görüldüğü üzere airyprime ışını avantajını hissettirmektedir. Zaten FSO sistemleri için de gereken güçlü türbülans şartlarında iyi performans göstermesidir. Türbülans şiddeti  $C_n^2 = 10^{-13} m^{-2/3}$  olduğunda,  $\alpha_{sx} = \alpha_{sy} = 1cm$  kaynak düzlem parametrelerine sahip airyprime ışını 1.5km'den sonra avantaj sağlamaktadır. Asimetrik ışınlar ve küçük Gauss boyutlarına sahip airyprime ışını birbirlerine yakın performans göstererek Gauss ışını ve küresel dalga arasında performans göstermektedirler. Şekil 5'te ise türbülans şiddeti iyice arttırılmış ve güçlü türbülans sınıfında testler yapılmıştır.



Şekil 5.  $C_n^2 = 10^{-12} m^{-2/3}$  iken noktasal parıldama indisi değışimi

Şekil 5'ten görüldüğü üzere, seçilen tüm airyprime ışınları, Gauss ışını ve küresel dalgadan daha düşük parıldama indisine sahiptir. Seçilen airprime ışınları arasında kesin bir karşılaştırma yapmak mümkün değildir. Bu şekildeki salınımlar yapılan testlere MATLAB programında "curve fitting" uygulandığı içindir.

#### 4.SONUÇ

Serbest uzay optik haberleşme sistemlerinin en önemli gürültü kaynağı olan parıldamayı azaltmak amacıyla airyprime ışınının noktasal parıldama indisi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları gösteriyor ki, airyprime ışını orta şiddetli türbölansız fayda sağlamazken, güçlü türbölans şartlarında Gauss ışını ve küresel dalgaya göre daha düşük noktasal parıldama indisine sahiptir. Bu düşük parıldama indisi ile FSO sistemlerinde daha düşük bit hata oranı elde edilebileceği öngörülmektedir. Çalışmanın çıktılarının FSO sistem tasarımcıları açısından faydalı olması düşünülmektedir.

#### KAYNAKÇA

Andrews, L. C. (2005). *Laser Beam Propagation Through Random Media* (2 ed.). Washington: SPIE.

- Andrews, L. C., Al-Habash, M. A., Hopen, C. Y., & Phillips, R. L. (2001). Theory of optical scintillation: Gaussian-beam wave model. *Waves in Random Media*, *11*(3), 271-291. doi:Doi 10.1088/0959-7174/11/3/306
- Bayraktar, M. (2019). Estimation of scintillation and bit error rate performance of sine hollow beam via random phase screen. *Optik*, *188*, 147-154. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.05.046>
- Bencheikh, A. (2019). Airyprime beam: From the non-truncated case to truncated one. *Optik*, *181*, 659-665. doi:10.1016/j.ijleo.2018.12.117
- Eyyuboglu, H. T. (2012). Scintillation behavior of cos, cosh and annular Gaussian beams in non-Kolmogorov turbulence. *Applied Physics B-Lasers and Optics*, *108*(2), 335-343. doi:10.1007/s00340-011-4855-y
- Eyyuboglu, H. T., & Bayraktar, M. (2015). SNR bounds of FSO links and its evaluation for selected beams. *Journal of Modern Optics*, *62*(16), 1316-1322. doi:10.1080/09500340.2015.1037366
- Eyyuboglu, H. T., Voelz, D., & Xiao, X. F. (2013). Scintillation analysis of truncated Bessel beams via numerical turbulence propagation simulation. *Applied Optics*, *52*(33), 8032-8039. doi:10.1364/Ao.52.008032
- Schmidt, J. D. (2010). *Numerical Simulation Optical Wave Propagation with examples in MATLAB*: SPIE.
- Zhou, G. Q., Chen, R. P., & Ru, G. Y. (2015). Airyprime beams and their propagation characteristics. *Laser Physics Letters*, *12*(2). doi:Artn 025003  
10.1088/1612-2011/12/2/025003

# KABAK (CUCURBITA PEPO L.) KURUTMA İŞLEMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ

**Öğr. Gör Ahmet DURAK**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

**Doç. Dr. Soner ÇELEN**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

**Doç. Dr. Uğur AKYOL**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

**ÖZET:** Bu çalışmada, farklı kalınlıklardaki kabak dilimleri mikrodalga bantlı konveyör kurutucu kullanılarak kurutulmuştur. Kurutma deneyleri farklı dilim kalınlıklarının (5mm, 10mm, 15mm), farklı mikrodalga gücünün (2000W, 2800W) ve konveyör bant hızının (0.175m / dakika) kabakların bazı kuruma özelliklerine (kurutma hızı, kurutma süresi, nem içeriği) etkisi araştırıldı. Deneysel veriler kullanılarak yapay sinir ağ modeli oluşturuldu. Eğitim algoritması oluşturmak için girdi olarak kabak dilim kalınlıkları, mikrodalga güçleri, bant hızı ve kuruma süresi kullanıldı. Çıktı olarak ise ürünün azalan nem miktarı kullanılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağ modeline girdi test verileri tabi tutulmuştur. Elde edilen çıktı test verileri ile deneysel veriler karşılaştırılarak yapay sinir ağ modelinin performansı değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kabak, kurutma, yapay sinir ağları, mikrodalga

## **Modelling of Zucchini (Cucurbita pepo l.) Drying Process by Artificial Neural Networks**

**ABSTRACT:** In this study, zucchini slices at different thicknesses were dried using a microwave conveyor belt dryer. The drying experiments different slices thicknesses (5mm, 10mm, 15mm), effects of different microwave power (2000W, 2800W) and conveyor belt speed (0.175m / min) on some drying characteristics of zucchini (drying speed, drying time, moisture content) were investigated. Artificial neural network model was created using experimental data. The inputs in the training algorithm are pumpkin slice thicknesses, microwave powers, belt speed and drying time. The decreasing moisture amount of the product is the output data. The input test data were applied to the artificial neural network model created. The performance of artificial neural network model was evaluated by comparing the output test data with the experimental data obtained.

**Keywords:** Zucchini, drying, artificial neural networks, microwave

## 1.GİRİŞ

Günümüz gıda endüstrisinde kurutma teknolojileri sıkça kullanılmaktadır. Gıdaların kurutulması, içerdikleri suyun doğal ya da yapay yöntemlerle uzaklaştırılmasıdır. Suyun gıda üzerinden uzaklaştırılması ürünün ömrünü ve dayanıklılığını arttırmaya yönelik uygulanmaktadır.

Gıda kurutulmasında kullanılan birçok yöntem vardır. Bunlar; dondurarak kurutma, güneş enerjisi ile kurutma, radyo frekanslı kurutma, vakum ile kurutma, mikrodalga ile kurutma vb.

Mikrodalga ile kurutma, gıda ürünlerini kurutma için kullanılan en farklı yöntemlerden biridir. Bu kurutma tipinin en büyük avantajı ise enerji verimliliğidir. Diğer özellikleri ise kısa sürede ve daha fazla derinliğe nüfuz ederek homojen kurutma sağlar (Özsoy 2015).

Yapay Sinir Ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler elde etmek, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Demetgül ve Yazıcıoğlu 2006).

Yapay sinir ağlarının en büyük avantajlarını sayacak olursak; genelleme, tahmin, öngörü, ilişkilendirme, sınıflandırma diyebiliriz. Fakat yapay sinir ağlarının da dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar; kompleks yapılarda üst düzey donanım ihtiyacı duyarlar, yapılarını tam olarak anlamak mümkün değildir, her eğitimde farklı sonuç verirler vb.

## 2.MATERYAL ve METOD

Yapılan bu çalışmada, mikrodalga bantlı konveyör kurutucu ile farklı mikrodalga güçlerinde (2000W, 2800W) ve 0,175 m/dk konveyör bant hızında kurutulmuş olan farklı kalınlıklarda (5mm, 10mm, 15mm) kabak (cucurbita pepo l.) dilimlerinin, yapay sinir ağları ile modellenmesi gerçekleştirilmiştir.



(a)Yaş kabak dilimleri



(b) Kurutulmuş kabak dilimleri

Şekil 2.1 Deneyde Kullanılan Kabak Dilimleri (Çelen, S. vd., 2017)

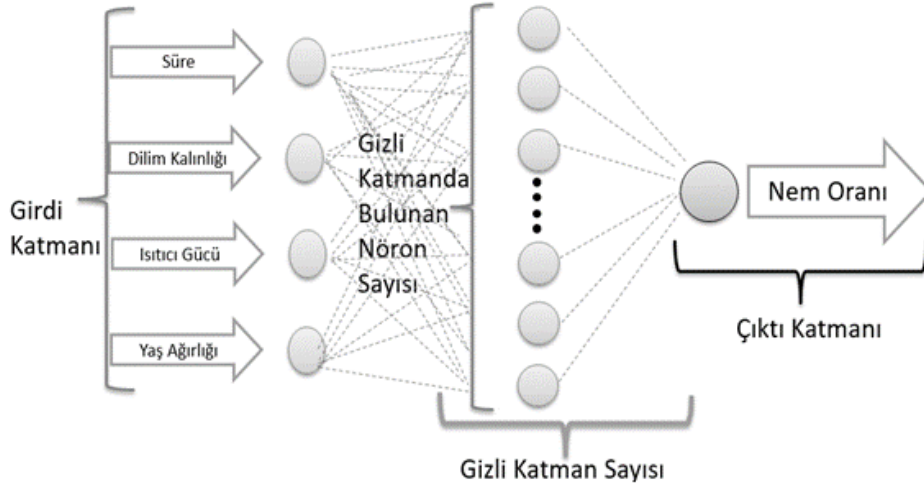


- |                   |                         |                      |
|-------------------|-------------------------|----------------------|
| (b)               |                         | (a)                  |
| 1. Kurutma odası  | 2. Magnetron            | 3. Konveyör          |
| 4. Kontrol paneli | 5. Ana şalter           | 6. Bant hızı kontrol |
| 7. Güç (on/off)   | 8. Mikrodalga güç ayarı | 9. Elektrik motoru   |
| 10. Enerji ölçer  |                         |                      |

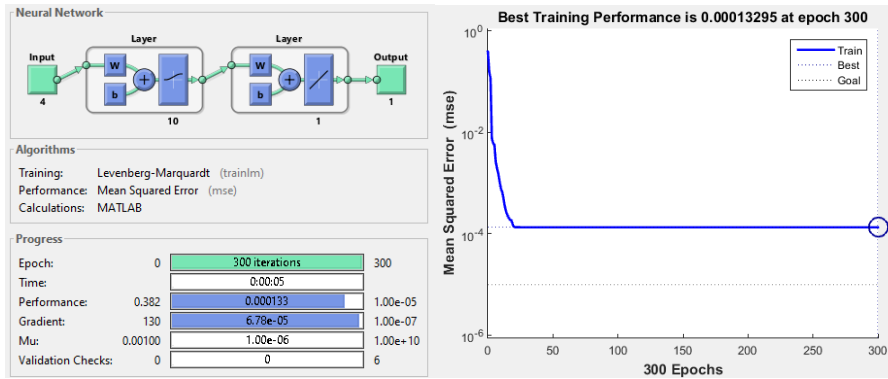
Şekil 2.3 Konveyör Bantlı Mikrodalga Kurutucu (A) Mikrodalga Konveyör Kurutucu, (B) Kurutucunun İç Görünüşü (Çelen, İ. vd., 2015)

Kurutma esnasında nem oranı 5'er dakikalık aralıklarla kaydedilmiştir. Yapay sinir ağ algoritmasında süre, dilim kalınlığı, ısıtıcı gücü ve ürünün yaş ağırlığı giriş verisi olarak belirlenmiştir. Azalan nem oranı ise çıktı olarak verilmiştir.

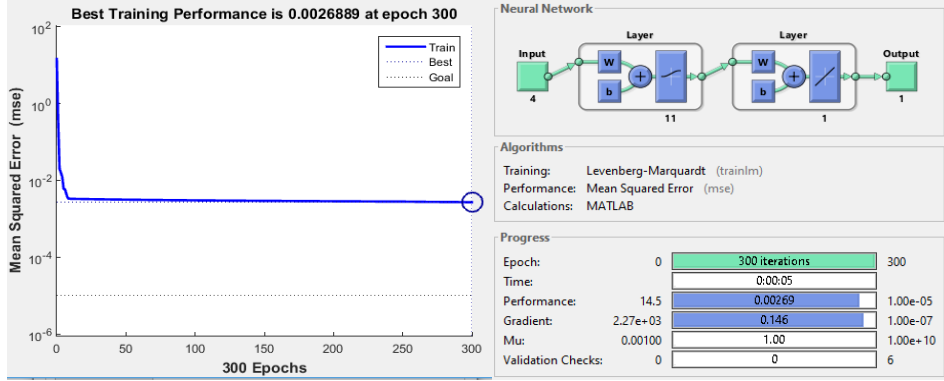
Toplamda 440 adet deney verisi mevcuttur. Bu verilerin 425 adedi eğitim, 15 adedi ise test için kullanılmıştır. Eğitim ve test verilerinin belirlenmesinin ardından aktivasyon fonksiyonu olarak literatürde en sık kullanılan sigmoid aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Data seti ve istene sonuçların çok fazla kompleks olmamasından dolayı tek katmanlı bir ağ seçilmiştir. Nöron sayısı belirleme ise deneme yanılma metodu ile yapılmıştır.



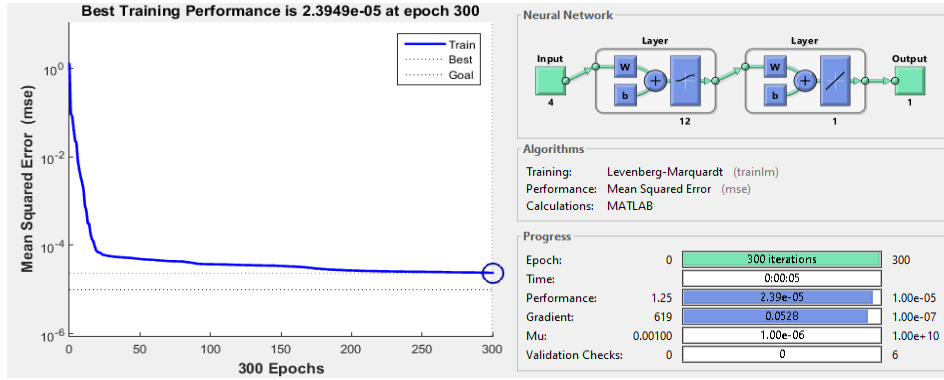
Şekil 2.4 Oluşturulan Yapay Sinir Ağ Mimarisi



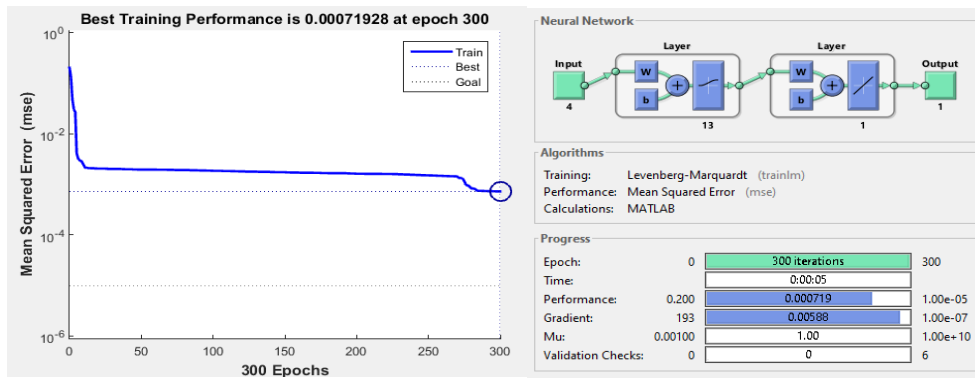
Şekil 2.5 10 Nöronlu Ağ Mimarisinin Eğitimi Ve Performansı



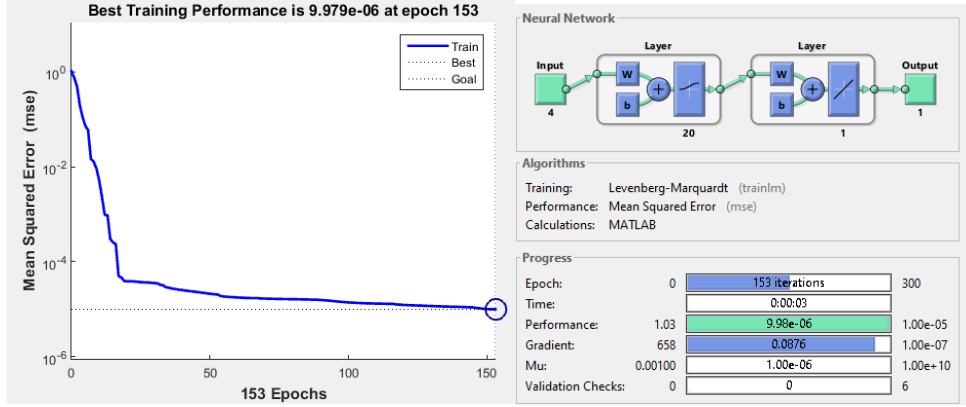
Şekil 2.6 11 Nöronlu Ağ Mimarisinin Eğitimi Ve Performansı



Şekil 2.7 12 Nöronlu Ağ Mimarisinin Eğitimi Ve Performansı



Şekil 2.8 13 Nöronlu Ağ Mimarisinin Eğitimi Ve Performansı



Şekil 2.9 20 Nöronlu Ağ Mimarisinin Eğitimi Ve Performansı

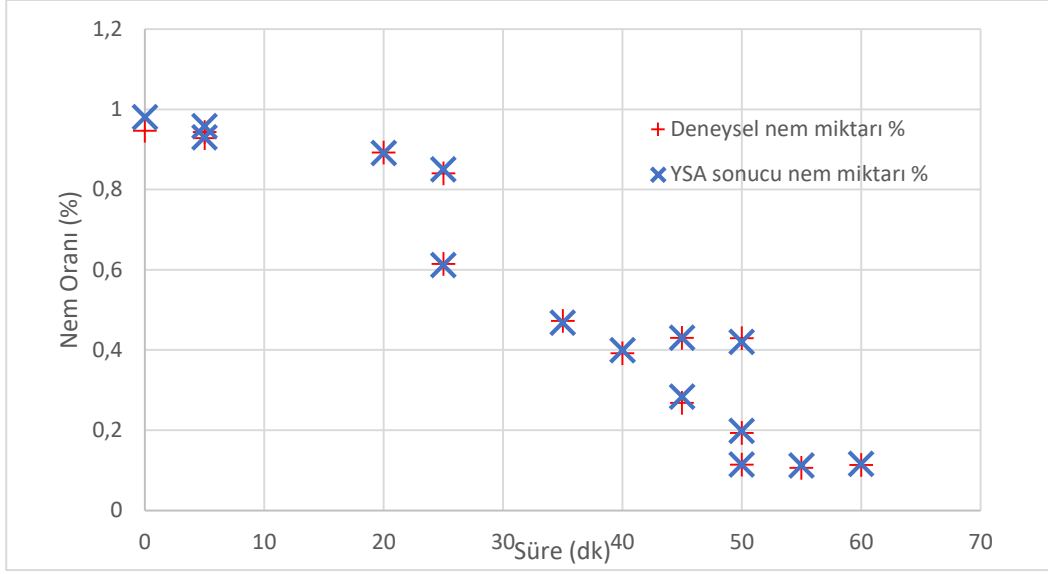
### 3.SONUÇ

Yapılan eğitim denemelerinde 20 nörona sahip ağ ile başarı elde edilmiştir. Oluşturulan ağa mevcut deneysel test verilerimiz uygulandığında elde edilen sonuçlar aşağıda ki tabloda görülmektedir. Bu sonuçlara göre deneysel veriler ile model verilerinden elde edilen değerler arasındaki ki-kare testi ve korelasyon katsayılarına bakıldığında oldukça yakınsak olduğu gözlenmektedir. Buna göre yapay sinir ağlarının istatistiksel anlamda son derece başarılı olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda elde edilen model ile aynı ürünün farklı şartlarda ne gibi sonuçlar sergileyeceği sağlanabilmektedir.

Tablo 3.1 Test Verilerinin Girdi Ve Çıktı Verilerine Karşılık Gelen Model Sonuçları İle Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması

Dilim Kalınlığı mm	Isıtıcı Gücü w	Süre dk	Yaş ağırlık gr	Deneysel nem miktarı %	YSA sonucu nem miktarı %
15	2800	5	18,622	0,943	0,9581
5	2800	45	0,519	0,268	0,2836
15	2800	0	19,863	0,946	0,9799
15	2000	45	1,735	0,430	0,4302
5	2000	20	4,180	0,892	0,8906
5	2000	50	0,794	0,429	0,4196
15	2800	60	1,201	0,113	0,1159
10	2800	5	10,192	0,928	0,9299
15	2800	50	1,319	0,193	0,1984
15	2000	25	6,180	0,840	0,8497
15	2800	35	2,017	0,472	0,4678
10	2800	50	0,830	0,114	0,1147
5	2800	40	0,625	0,392	0,3989
10	2800	25	1,905	0,614	0,6117
5	2800	55	0,425	0,106	0,1117

Grafik 3.1 Deneysel Verilerin Yapay Sinir Ağ Verileri İle Uyum Grafiği



Tablo 3.2 deneysel sonuçlar ile model sonuçlar arasındaki istatistiksel oranlar

$\chi^2$	0,968327
r	0,999551

## KAYNAKLAR

- Biçer, A. (2018). Enerji Talep Tahminine Yönelik Program Geliştirme ve Bir Bölge için Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Çelen, İ. H., Çelen, S., Moralar, A., Buluş, H. N. Ve Önler, E. (2015). Mikrodalga bantlı kurutucudapatatesin kurutulabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi, Electronic Journal of Vocational Colleges- Special Issue: The Latest Trends in Engineering, 5(4), 57-69.
- Çelen, S.; Haksever, A.; Moralar, A. Investigation of drying kinetics of zucchini using microwave energy. Çukurova Univ. Inst. Nat. Appl. Sci. 2017, 32, 107–120.
- Çelen, S., Aktaş, T., Karabeyoğlu, S.S., Akyıldız, A., 2015. Drying Behaviour of Zucchini (Crude Olive Cake) using Different Type of Dryers. Drying Technol. 34(7), 843-853.
- Demetgül M, Yazıcıoğlu O (2006). Geri Yayılım Algoritması Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Pnömatik Sistemde Arıza Sınıflandırılması. TEKNOLOJİ, Cilt 9, Sayı 2, 101-109.
- ÖZSOY, E. (2015). MİKRODALGA BANTLI KURUTUCUDA ELMA (GALA) DİLİMLERİNİN KURUMA DAVRANIŞI. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

# KÜRESEL ISINMA VE PAMUK

**Aişe KARAMAN**

Harran Üniversitesi

**Osman ÇOPUR**

Harran Üniversitesi

**Ceren ODABAŞIOĞLU**

Harran Üniversitesi

**Fahriye İPEKSEVER**

Harran Üniversitesi

**ÖZET:** Pamuk bitkisi, 47° kuzey ve 32° güney enlem dereceleri arasında kuru ve sulu şartlarda yetişen bir endüstri bitkisidir. Diploid olan eski dünya pamukları genellikle yüksek sıcaklıklara sahip kurak bölgelerde yetiştilebilmekte ve bu türler doğal olarak uzun süre kuru hava koşullarına adapte olmuşlardır. Bunun yanı sıra allotetraploid olan yeni dünya pamukları da kuraklık ve sıcaklığa toleranslık karakterini kısmen kalıtsal olarak taşımakla birlikte, sulu koşullarda yetiştirmeye uyum sağlayan yeni çeşitler ortaya çıkmıştır. Fakat iklim değişikliği sonucunda sıcaklığın artması ile pamuğun su ihtiyacı artmaya başlamıştır. Sıcaklık artışı ile birlikte, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunda artış, daha az yağış ve bağıl nem sebebiyle daha az su mevcudiyeti ile artan atmosferik buharlaşma, mevsimlerin başında ve sonunda sıcaklık artışları, pamuk verjetasyon süresini uzatarak büyüme ve gelişme üzerinde verim ve lif kalitesini etkileyen önemli unsurlar haline gelmiştir.

Pamuk bitkisinin iklim değişikliği ile başa çıkma yeteneğini geliştirmek için çok yıllık yabani, pamuk türleri ıslahta kullanılabilir. Sıcaklığa ve kuraklığa toleranslı yeni çeşitler geliştirilmeli, bunun yanı sıra efektif sulama suyu kullanımı, minimum toprak işleme yapılmalıdır. İklim değişikliğinin pamuk üretimi üzerindeki kesin etkisini değerlendirmek için bütünleştirici bir araştırma sürecine ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler;** Pamuk, Küresel Isınma, Sıcaklık

## Global Warming and Cotton

**ABSTRACT:** Cotton is an industrial plant that grows in dry and irrigated conditions between 47° north and 32° south latitude. Old world cottons,

which are diploid, can generally be grown in arid regions with high temperatures, and these species naturally adapted to dry weather conditions for a long time. In addition, new world cotton, allotetraploid, has partially inherited the drought and heat tolerance traits, but new varieties have emerged that adapt to growing in irrigated conditions. However, as the temperature has risen as a result of climate change, the water need of cotton has started to increase. With the increase in temperature, increased atmospheric evaporation with less water availability due to the increase in CO<sub>2</sub> concentration, less precipitation and relative humidity have become important factors affecting yield and fiber quality on growth and development by extending the cotton vegetation period at the beginning and end of the seasons.

Genes from perennial wild cotton species could be used to improve the cotton plant's ability to cope with climate change. Heat-tolerant and drought-resistant new varieties should be developed, as well as effective use of irrigation water and minimum tillage. An integrative research process is needed to assess the exact impact of climate change on cotton production.

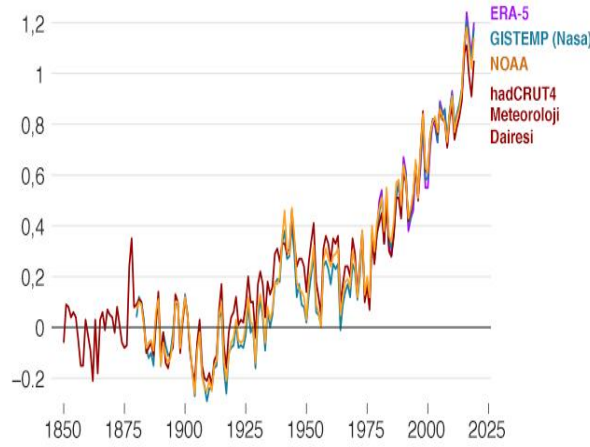
**Key Words;** Cotton, Global Warming, Temperature

## GİRİŞ

Küresel ısınma, Dünya atmosferinin ve okyanuslarının ortalama sıcaklığındaki artış ve öngörülen sürekliliğidir. Geçtiğimiz yüz yıl boyunca, Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığı yaklaşık 0.8 °C artmış ve bu artışın yaklaşık üçte ikisi 1980'den beri meydana gelmektedir (Anonim., 2011). 21. yüzyılın sonunda, küresel iklim değişikliğinin 4 C'ye kadar artan sıcaklıklara neden olacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2007). Dünya Meteoroloji Örgütü'nün küresel iklim değişikliği raporunda (2001-2010) Dünyanın on yılda, ölçümlerin ilk 1850'de alınmasından bu yana en sıcak dönem olan benzeri görülmemiş bir iklim aşımı yaşadığını ifade etmiştir. Raporda, 21. yüzyılın ilk on yılının, hem kara hem de okyanus yüzey sıcaklıkları için güney ve kuzey yarımkürelerin en sıcak on yılı olduğunu bildirmişlerdir. Sel, kuraklık ve fırtına gibi aşırı hava olaylarının da yaşandığını kaydetmişlerdir. Dünya atmosferindeki birincil sera gazları; su buharı, karbon dioksit, metan, azot oksit, ozon ve klorofloro-karbonlar gibi aerosollerdir. Mevcut ortalama toprak sıcaklığı 14 °C'dir (Blasing, 2013) ve bu gazlar olmasaydı, Dünya'nın yüzeyi ortalamadan yaklaşık 33 °C daha soğuk olurdu. Bununla birlikte, artan gazlar, özellikle CO<sub>2</sub> artışı, aşırı ısınmaya neden olur. Artan CO<sub>2</sub> esas olarak ormansızlaşma ve yanan fosil yakıtlar gibi 2 insan faaliyetinin yanı sıra solunum ve volkanik püskürmeler gibi doğal olaylardan da kaynaklanmaktadır. (IPCC, 2007)

Dünya genelinde küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliği ile tarım ve insan gıda arzı üzerindeki olası etkiler konusunda oldukça endişe duyulmaktadır. Küresel iklim değişikliği ile ilgili tahminlerin çoğunda gelecekte daha fazla CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, daha yüksek sıcaklıklar ve değişen yağış rejimleri vardır. Ortaya çıkan iklim değişikliklerinin dünya tarımı üzerinde derin etkileri olması beklenmektedir, çünkü hava koşullarında oluşabilecek herhangi bir değişiklik, bitki veriminin azalması ve ekim alanlarının değişmesi nedeniyle gıda üretimi ile ilgili belirsizlik artacaktır. Atmosferik CO<sub>2</sub> seviyelerindeki artışlar fotosentezi artırarak bitki büyümesini artıracaktır.

Çizelge 1. 1850 den bu yana küresel ortalama sıcaklık farkı



Kaynak: (Anonim, 2019)

1850 yılında sıcaklık verileri ilk kez kayda alınmıştır. Kayıtların ilk tutulduğu andan bugüne sıcaklık ortalamaları kıyaslandığında son yıllarda Dünya’da 0.4 ile 0.8 °C’ lik yükselme olduğu belirtilmiştir. Araştırmacıların yürüttüğü araştırma raporlarına göre küresel ısınmanın etkilerinin önümüzdeki yüz yıl içinde inanılmaz boyutlara ulaşarak dünya ortalamasında 1.4 ile 5.8°C’lik yükselmeye sebep olacağı öngörülmektedir. Uluslararası İklim Değişikliği Paneli raporuna göre, küresel ısınmaya karşı gelişmiş ülkeler ülke ekonomisinde tarım dışında sektörlerde de ilerlediğinden gelişmekte olan ülkeler göre daha güçlüdür (IPCC, 2007). Gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerindeki en büyük sektör tarımdır ve genellikle bitkiler yağış istemektedir. (IFPRI, 2009).

Bu çalışmanın amacı, küresel ısınmanın pamuk bitkisine etkilerinin kısa ve uzun vadede düşünülmesi gereken stratejilerin belirtilmesidir.

### **1. Küresel Isınmanın Tarımsal Üretime Etkisi**

Küresel ısınma sonucunda ortaya çıkan, sıcak hava dalgaları, daha sınırlı su mevcudiyeti, kuraklıklar veya şiddetli yağış gibi aşırı hava olaylarının daha sık meydana gelmesi vejetasyon süresinin uzamasına neden olmaktadır (Battisti ve Naylor, 2009). İklimdeki bu değişikliklerin tarım üzerinde derin etkileri olması beklenmektedir, çünkü havadaki herhangi bir değişiklik bitki büyümesini etkileyecek ve mahsul veriminin azalması ve ekim alanlarının kaybı nedeniyle gıda üretimi ile ilgili belirsizliği artıracaktır (Oosterhuis, 2011).

Küresel ısınmanın tarımsal üretim üzerindeki etkileri hakkında önemli tartışmalar vardır. Literatürde, önümüzdeki yüzyıldaki tarımsal zararların minimum olacağı ve birkaç santigrat derece küresel ısınmanın tarım için faydalı olacağı görüşüne yönelik bir eğilim olmuştur. Rosenzweig ve diğerleri (1993) tarafından iklim değişikliğinin dünya gıda kaynaklarına potansiyel etkisinin bir global değerlendirmesi adlı çalışmalarında atmosferik karbondioksit konsantrasyonunun iki katına çıkması, küresel bitki üretiminde büyük azalmalara yol açmayacağını belirtmektedirler. Küresel ısınmanın etkilerini özellikle 21. yüzyılın sonunda ortaya çıkacağı öngörüldüğü ve verimde önemli kayıplar oluşturacağı belirtilmiştir (Reddy ve ark., 2002). Gelecekte iklim değişiklikleri ile ilişkili etkiler dünyanın her yerinden, bölgeden bölgeye değişiklikler gösterecektir (Oosterhuis, 2011).

### **2. Küresel Isınmanın Pamuk Bitkisine Etkisi**

Pamuğun büyümesi ve gelişmesi için iyi bir toprak (su tutma kapasitesi iyi, havalandırılmış ve iyi drene edilmiş) ve iklim koşulları gereklidir. Çimlenme için minimum 15 °C, vejetatif gelişme için 21-27 ° C ve meyve döneminde 27-32 °C günlük hava sıcaklığı gerektirir. (Eaton, 1955; Freeland et al., 2010). Bununla birlikte, pamuk, özellikle çiçeklenme ve koza oluşumu döneminde su mevcudiyetine duyarlıdır. Her ne kadar pamuk kuraklığa ve yüksek sıcaklığa karşı doğal bir dayanıklılığa sahip olsa da, su stresleri, stresin ciddiyetine, süresine, stresin oluştuğu büyüme aşamasına ve genotipe bağlı olarak bitkinin büyümesini ve gelişimini olumsuz yönde etkileyebilir. (Kock ve ark., 1990; Reddy ve ark., 2000). Pamukta verim ve yüksek sıcaklık arasında negatif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. (Oosterhuis, 1999).

Pamuk, gelişimin tüm aşamalarında yüksek sıcaklığa toleranslı olmasına rağmen, özellikle çiçeklenme dönemi sırasında hassastır. (Oosterhuis and Snider, 2011; Snider et al., 2010).

Yüksek sıcaklıklar, büyüme ve verim üzerinde hem doğrudan engelleyici etkilere sahip olup hem de yüksek sıcaklıklarda pamuğun yüksek oranda transpirasyon

isteğine bağlı dolaylı etkilere neden olarak daha yoğun su stresine neden olabilir (Hall, 2001). Bununla birlikte, pamuk Hindistan ve Pakistan'da 40 °C' nin üzerindeki sıcaklıklarda başarıyla yetiştirilir, bu da pamuğun yüksek sıcaklığa toleranslı olduğunu gösterir. Ayrıca, atmosferik CO 2'deki bitki dokularında karbonun azota oranının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle sıcaklığın artışıyla artan CO 2 seviyesi zararlı popülasyonunu etkilemektedir. Bu nedenle zararlı kontrolünün zorlaşmasıyla birlikte optimum büyüme ve yüksek verim elde etme de daha zor hale gelecektir. (Conroy, 1992). Bununla beraber daha fazla bitki dokusu oluşacak ve hastalık sorunu da daha önemli hale gelecektir (ICAC, 2007)

Koza sayısı ve koza büyüklüğü ve temel verim parametreleri, yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilenir. Koza tutulmasının yüksek sıcaklıkta önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir. (Zhao et al. 2005), yüksek sıcaklıkların koza tutumunun olumsuz yönde etkilenmesine ek olarak, optimum düzeyin üzerindeki sıcaklıklar da, kozaların küçüldüğüne neden olduğu söylenmiştir. (Pettigrew, 2008).

Sıcak hava koşulları pamuk bitkilerindeki buharlaşma isteğini artırır ve bu da daha yoğun su stresine neden olur (Hall, 2000).

Su eksikliği stresi, bitki yapısı, yaprak morfolojisi ve hücre altyapısı üzerindeki birincil etkileriyle pamuğun büyüme ve gelişmesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Pamuğun küresel tarımsal su ayak izi payının % 3 olduğu tahmin edilmektedir. (Hoekstra ve Chapagain, 2007)

### **2.1.Küresel ısınmanın pamuk verimine etkisi**

Yüksek sıcaklıkların pamuk verimi ve gelişimine etkisi oldukça olumsuzdur. Reddy vd. (1992a), sıcaklık artışının bitki üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada farklı sıcaklıklar uygulanarak (30, 35 ve 40 °C) yaptıkları çalışmada sıcaklık yükseldikçe koza sayısında % 64'lük bir azalış ve silkmeye artış gözlemlenmiştir. Pettigrew (2008), 2 farklı çeşitle serada ve normal iklim arasındaki farkları öne sürmek amacıyla yürüttüğü araştırmada, sıcaklığın 1 °C lik yükselmesiyle lif veriminde %10 azalış olduğunu belirtmiştir. Reddy vd. (1992b), pamukta sıcaklık stresinin pamuğun ilk gelişim sürecine etkisini inceledikleri araştırmada, gündüz 30°C, gece ise 22°C den daha yüksek sıcaklıklarda silkmeye arttığını, 32 °C den daha yüksek sıcaklıklarda verimin negatif yönde etkilendiğini söylemişlerdir.

Ekinci vd. (2017), pamukta sıcaklığın, sera şartlarında ve normal koşullarda verim parametrelerine etkisini inceledikleri araştırmada; verim ve her çenette tohum miktarı gibi özellikleri araştırmış ve sıcaklığın artmasıyla bu parametrelerin tamamında düşüş olduğu belirtilmiştir.

## 2.2. Küresel ısınmanın pamuk lif kalitesine etkisi

Lif kalitesi de nem eksikliği ile strese maruz kalarak düşebilmektedir. Gipson ve Joham (1968), yürüttükleri araştırmada gece 15- 21 arasında olduğunda en uzun lifleri elde etmiştir. 21°C nin üstüne çıktığında liflerin kısaldığını belirtmişlerdir. Yüksek sıcaklıkla beraber lif mukavemeti artarken, lif uzunluğu ve lif inceliğinin azaldığını ifade etmişlerdir.

Hake vd. (1990), pamuk bitkisinin yüksek sıcaklıklara maruz kalmasıyla lif kalite parametrelerine nasıl etki ettiğini araştırdıkları çalışmada; sıcaklığın artmasıyla verimin etkilenmesinden daha az etkilendiği, micronaire

değerlerinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Jost (2005), genel anlamda lif uzunluğunun bitkinin sahip olduğu genotiple ilişkili olmakla beraber, iklim koşulları, yetiştirme yöntemlerine ve uygulanan ilaç ve gübreye göre değişebileceği söylenmiştir. Sıcaklığın artmasıyla her çeneteki döllenen tohum sayısında artış gözlenmiş olup hasadın gecikmesiyle beraber lif uzunluğunun azaldığı belirtilmiştir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel ısınma arttıkça, pamuk alanında daha fazla araştırma ihtiyacı giderek önem kazanacaktır. Bunun yanı sıra sıcaklığa ve kuraklığa toleranslı genotipler tercih edilmeli, pamuk üretiminin sürdürüldüğü tarla koşullarında arazi tesviyesine önem verilmeli, pamuk bitkisine uygun zamanda uygun miktarda su verilmeli, ekim ve tarla sürümleri eğim yönüne yapılmamalı, birim alandaki bitki sayısı azaltılmalı, damla sulama yöntemi uygulanmalı, Toprak erozyonu önleyerek bitki besin kaybını durdurulmalıdır. Bunun yanı sıra Dünyadaki CO<sub>2</sub> miktarında azaltıcı etkiler belirlenmeli ve uygulanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Anonim 2011. America's Climate Choices. Washington, D.C.: The National Academies Press. 2011. p. 15. ISBN 978-0-309-14585-5
- Anonim. 2019. T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
- Battisti, D.S., and R.L. Naylor. 2009. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science* 323:240-244.
- Blasing, 2013 T.J. Current Greenhouse Gas Concentrations, doi:10.3334/CDIAC/atg.032, on CDIAC
- Ekinci, R., Başbağ, S., Karademir, E., Karademir, Ç. 2017. The Effects Of High Temperature Stress On Some Agronomic Characters In Cotton. *Pakistan Journal of Botany*, 49 (2): 503-508.
- Eaton, F.M. 1955. Physiology of the cotton plant. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 6:299–328 doi:10.1146/annurev.pp.06.060155.001503
- Freeland, T.B., Jr., G. Andrews, B. Pettigrew, and P. Thaxton. 2010. Agrometeorology of some selected crops: Cotton. Guide to agricultural meteorological practices. World Meteorological Organ., Geneva, Switzerland. p. 10.11–10.19.
- Gipson, J. R., and Joham, H. E., 1968. Influence of night temperature on growth and development of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). II. Fiber properties. *Agron. J.* 60, 296–298.
- Hall, A.E. and Ziska, L.H. 2000. Crop breeding strategies for the 21st century. CAB International 2000. Climate Change and Global Crop Productivity
- Hall, A.E. 2001. Crop Responses to environment. CRC Press, Boca Raton, Fl. Pp. 232 (eds K.R. Reddy and H.F. Hodges). 407-423.
- Hake, K., & Silvertooth, J., 1990. High temperature effects on cotton. *Cotton Physiology Today Newsletter*, 1(10), 4.
- IFPRI (2009). Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Washington, D.C., United States of America. October 2009, 19 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In: Contribution of Working Group II to Fourth Assessment Report of the 11 Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Cnaziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, and C.E. Hanson (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Kock, J., L.P. de Bruyn, and J.J. Human. 1990. The relative sensitivity to plant water stress during the reproductive phase of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Irrig. Sci.* 11:239–244. doi:10.1007/BF00190539
- Oosterhuis, D.M. 1999. Yield response to environmental extremes in cotton. p. 30–38. In Oosterhuis, D. M. (ed.) *Proc. 1999 Cotton Research Meeting Summary Cotton Research in Progress. Report 193.* Arkansas Agric. Exp. Stn., Fayetteville, AR.
- Oosterhuis, D.M., and Snider, J.L. 2011. High temperatures stress on floral development and yield of cotton . pp. 1-12. In D.M. Oosterhuis (ed.) *Stress Physiology in Cotton.* Publ. Cotton Foundation, Cordova, TN.
- Pettigrew, W.T. 2008. The effect of higher temperatures on cotton lint yield production and fiber quality. *Crop Sci.* 48:278-285.
- Reddy, K.R., Hodges, H.F. and Reddy, V.R. 1992a. Temperature effects on cotton fruit retention. *Agron. J.* 84:26-30.
- Reddy, K.R., Reddy, H.F., and Hodges, H.F. 1992b. Temperature effects on early season cotton growth and development. *Agron. J.* 84:229-237.
- Reddy, K.R., G.H. Davidonis, A.S. Johnson, and B.T. Vinyard. 1999. Temperature regime and carbon dioxide enrichment alter cotton boll development and fiber properties. *Agron. J.* 91:851-858.
- Reddy, K.R., H.F. Hodges, and B.A. Kimball. 2000. Crop ecosystem responses to climatic change: Cotton. In: K.R. Reddy and H.F. Hodges, editors, *Climate change and global crop productivity.* CAB International, Wallingford, UK. p. 161–187. doi:10.1079/9780851994390.0161
- Snider, J.L., Oosterhuis, D.M. and Kawakami, E.M. 2010a. Diurnal pollen tube growth rate is slowed by high temperatures in field---grown *Gossypium hirsutum* pistils. *J. Plant Physiol.* 168:441-448.
- Türkeş, M., (1997). Hava ve iklim kavramları üzerine:TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 355: 36-37.
- Zhao, D., Reddy, K.R., Kakani, V.G., Koti, S. And Gao, W. 2005. Physiological causes of cotton fruit abscission under conditions of high temperatures and enhanced ultraviolet-B radiation. *Physiol. Plant.* 124:189-199.

# DOĞAL DİŞ VE FARKLI DİSİLİKAT ESASLI DENTAL İMPLANTLARIN YAPISAL ÖZELLİKLER AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

**Dr.Burcu ERTUĞ**  
Nişantaşı Üniversitesi

**ÖZET:**Günümüzde seramik dental implantlar, doğal diş yapısına en uygun alternatif olarak kaplama, köprü, kuron vb. pek çok uygulamada yer bulmaktadır. Lityum disilikat esaslı dental restorasyonlar, sahip oldukları yüksek mukavemet nedeniyle özellikle posterior kuron uygulamaları için tercih edilmektedir. Bu çalışmada,  $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$  ve  $\text{BaO-SiO}_2$  ikili sistemlerine ait dental malzemeler farklı özellikleri açısından incelenerek karşılaştırılmıştır. Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) and X-ışını Difraktometri (XRD) yöntemleri ile her iki dental malzemenin mikroyapıları ve faz oluşumları incelenmiştir. Yüksek kristalizasyon sıcaklığının dental malzemenin kristal faz içeriğinde artışa ve dolayısıyla mukavemette yükselmeye neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, incelenen iki dental malzemenin SEM görüntüleri ve XRD diyagramları karşılaştırılarak kristal patern ve mikroyapı morfoloji benzerlikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Kristalizasyon işlemi sonucunda yoğunluklar ölçülerek ısı işlemin etkinliği belirlenmiştir. Farklı ikili sistemlere ait disilikat esaslı iki dental malzemenin özellikleri, ayrıca doğal diş yapısı ve klinik uygulamada yaygın olarak kullanılan lityum disilikat esaslı dental malzeme ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** disilikat, dental, implant, doğal diş

## **Comparison of the Properties of Various Disilicate Dental Implants to Natural Tooth**

**ABSTRACT:** Currently, a ceramic dental restoration is a frequent choice for the replacement of a natural tooth. In the oral environment, today a ceramic dental material is preferred for the implants, crowns, veneers and bridges. The commercial lithium disilicate glass-ceramics are utilized for the posterior crown usages due to their high strength. In the present study, two types of dental materials from  $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$  and  $\text{BaO-SiO}_2$  binary systems have been compared. By means of Scanning Electron Microscopy (SEM) and X-ray Diffractometry (XRD) techniques, the microstructures and the phase formations have

been determined. It is known that a higher crystallization temperature in both of the compositions results in a highly crystalline microstructure, which in turn provides the dental implant with a high strength. SEM images and XRD analysis diagrams have been investigated to ensure the existence of similar crystalline patterns and the corresponding microstructural morphologies. As-fired densities have been determined by the precise dimensions of the crystalline samples. The resultant properties of the both dental ceramics have also been compared to the natural tooth and a commercial lithium disilicate ceramic dental implant.

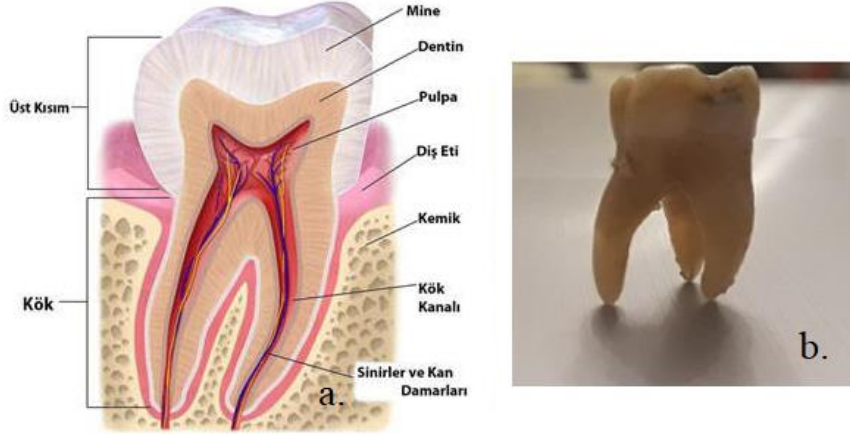
**Keywords:** disilicate, dental, implant, natural tooth

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Seramik Dental İmplantlar

Seramik esaslı dental implantlar, Şekil 1'de görüldüğü üzere doğal diş yapısına uygunluk özellikleri nedeniyle günümüz işçilik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Söz konusu uygulamalara örnek olarak kısmi kuronlar, kuronlar, köprü ve kaplamalar verilebilir. Genel olarak ağızda eksik bir dişin varlığı, diğer dişlerin yerinden oynamalarına, diş eti hastalığına ve sonunda daha fazla diş kaybına neden olmaktadır. İmplantlar, eksik diş kökü yapısını taklit ederek cerrahi olarak yerleştirilirler. İyileşme sonunda, yeni bir kuron doğal dişin yerini almaktadır. Köprü uygulaması ise, sağlıklı komşu dişlere bağlanma yoluyla bir veya iki dişin yerini almaktadır. Bu uygulamada öncelikle komşu sağlıklı dişler, kuronlar için hazırlanmaktadır. Buna abatman adı verilmektedir ve abatmanlar, yapay dişin bağlanacağı ara parçalardır. Daha sonra eksik dişin yerine implant yerleştirilmektedir. Bu birim, tek parça halinde üretilmektedir ve istenilen konuma simantasyon yapılmaktadır (REGIANI HOLISTIC DENTAL CENTER, 2020).

Dental implant piyasasında sıklıkla kullanılan geleneksel cam-seramikler genel olarak iki kategoride toplanabilir: lüsit takviyeli cam-seramikler ve lityum disilikat cam-seramikler. Lüsit takviyeli yapılar, 164 MPa eğme mukavemeti, 1.03 MPa.m<sup>1/2</sup> kırılma tokluğu ve 6.5GPa sertliğe sahiptirler. Lityum disilikat cam-seramiklerin ise eğme mukavemeti 365 MPa, kırılma tokluğu 2.80 MPa.m<sup>1/2</sup> ve sertliği ise 5.3 GPa civarındadır (DA SILVA vd., 2017).



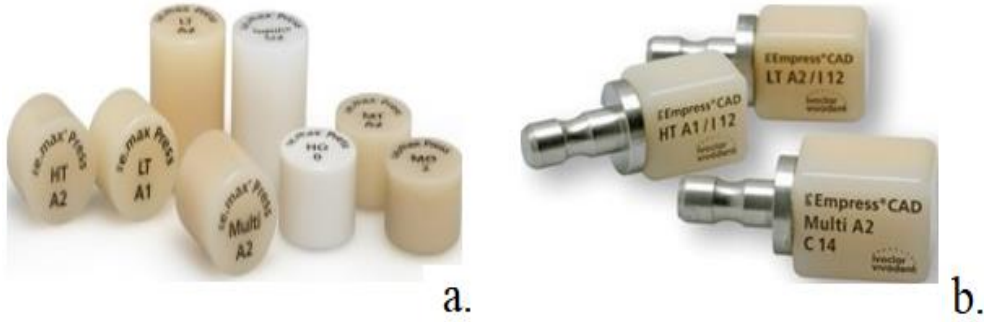
Şekil 1 a. Diş anatomisi (HEKİMİM, 2020). ve b. Gerçek insan dişi yapısı

Yüksek mukavemetli lityum disilikat ana fazlı restorasyonlar, posterior kuron uygulamalarında spesifik olarak seçilen dental yapılardır. Lityum disilikat cam-seramiklerin kullanılabileceği diğer dental uygulamalar arasında kaplama, dolgu, anterior ve posterior kuron tabir edilen yapılar ve üç elemanlı köprüler sayılabilir. Lityum disilikat ana fazlı cam-seramik restorasyonlar, çok bileşenli cam sistemlerinden üretilmektedir. Bu yaygın kullanılan sistemlerden birisi  $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  ikili oksidinin yanısıra  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{ZnO}$  içeren beşli bir sistem olup yüksek mukavemetli dental restorasyonların üretiminde kullanılabilmektedir. Aynı zamanda bu beşli sistem oldukça ayrıntılı olarak incelenmiş sistemlerden birisidir. Ağız ortamında yüksek kararlılık gösterebilecek ve aynı zamanda mukavemeti yüksek dental restorasyonların üretilmesi açısından bu türde çok bileşenli cam sistemleri, dikkate değer bir aşama oluşturmuştur (ERTUĞ vd., 2013).

## 1.2 Lityum Disilikat Fazlı Dental Restorasyonlar

Dental restorasyon pratiğinde yaygın kullanılan lityum disilikat cam-seramikler, IPS e.max Press ve IPS e.max CAD olarak isimlendirilmiştir. IPS e.max Press, önce çekirdeklendirilmekte daha sonra ise kristallendirilmektedir. Son aşamada ise yaklaşık  $920^\circ\text{C}$  sıcaklığında presleme yapılarak son şekil verilmektedir. IPS e.max CAD sisteminde ise yapıda öncelikle lityum metasilikat faz oluşturulmakta ve böylelikle yapının işlenebilirlik özelliği arttırılmaktadır. Bu faz, CAD/CAM kullanılarak işleme sırasında kolaylık sağlamaktadır. Son aşama lityum metasilikatın lityum disilikata dönüşümüdür. Lityum disilikat oluşumu, mukavemetin yükselmesini sağlamaktadır. Şekil 2.a'da görüldüğü üzere, ingot türü yapılar,

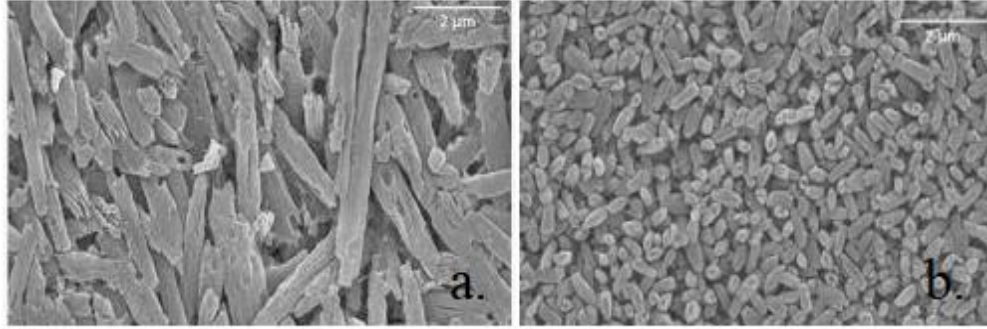
presleme yönteminde kullanılmaktadırlar. Söz konusu ingotların ağız içi restorasyonlarda kullanılacak iki türü mevcuttur: yüksek saydam ve düşük saydam. Yüksek saydam tür, invazivliği derin olmayan inlay dolgu ve onlay dolgu yapılarında ve düşük saydam tür ise, kuronlarda uygulama alanı bulmaktadır (IVOCLARVIVADENT, 2020).



Şekil 2 a. IPS e-max Press (DENTREALMARKET, 2020) ve b. IPS Empress CAD Diş Seramikleri (DENTALCOMPARE, 2020).

IPS e.max CAD olarak adlandırılan blok başlangıç malzemeleri, diğer dental CAD/CAM ürünlerinden farklı olmak üzere, geniş uygulamalarda yer alabilmektedirler. Bunun nedeni, saydamlık özelliklerinin farklı olması, renk skalasının geniş olması, blok büyüklüklerinin değişmesidir. En son adımda gerçekleştirilen kristalleştirme sonucunda 360 MPa değerinde son derece yüksek bir mukavemet değerine ulaşmaktadırlar. Uygulamalara örnek olarak monolitik tam-seramik restorasyonlar, boyama vb. yöntemlerle kişiye spesifik hale getirilebilmektedirler. Monolitik uygulamalara örnek olarak özellikle üç elemanlı premolar ve anterior bölgelerdeki köprüler verilebilir. Bu tür uygulamaların avantajı hızlı uygulayabilme olanağıdır. Diğer bir farklı uygulama, veneer kaplama adı verilen endikasyonlardır. Bu uygulamalarda zirkonyum oksitten oluşan altyapılar üzerine mukavemetli veneer çalışılmaktadır. Zirkonyum oksit ve lityum disilikat dental malzemelerinin birlikte kullanılması, CAD üstü olarak isimlendirilen sağlıklı dişler veya implant dişler üzerine yapılan köprülerin mukavemeti açısından son derece önemlidir. Mukavemet değeri, 900 MPa civarı olan zirkonyum oksit köprü türü restorasyonlar için oldukça uygun olmaktadır. CAD/CAM yöntemi, çok elemanlı köprü yapısında işçilik miktarını düşürmektedir ve üretimde zamandan kazanılmaktadır. Söz konusu CAD blok yapıları, özellikle posterior veya anterior bölgelerdeki köprü yapılarının kaplama uygulamaları için oldukça elverişlidir. Şekil 3.a. ve b.'de verildiği gibi,

Press ve CAD olarak adlandırılan iki dental malzemenin bileşimleri birbirlerine oldukça benzerdir. Bileşimlerin benzerliği, kimyasal özelliklerde ve ısıl genişleme yakın özelliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (IVOCLAR VIVADENT, 2020).



Şekil 3 a. IPS e-max Press ve b. IPS e-max CAD Diş Seramikleri Mikroyapıları (IVOCLAR VIVADENT, 2020).

Fakat Press ve CAD malzemelerin kristal boyut farklılıkları, eğme mukavemeti ve kırılma tokluğu değerlerinin farklılaşmasına neden olmaktadır. Eğme mukavemeti ve kırılma tokluğu, IPS e.max Press için diğer ürüne göre biraz daha yüksektir. Mikroyapıları benzer olan Press ve CAD, ergitme yöntemi ile üretilmektedirler. Ergitme sonunda üretilen cam ingotların, Şekil 3.a. ve 3.b.'de görüldüğü üzere, bundan sonra uygulanan işlemlere göre özellikleri değişmektedir (IVOCLAR VIVADENT, 2020).

## 2. Li<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> SİSTEMİ

Lityum disilikatın fazının kristallendirilmesi, çok bileşenli farklı cam sistemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ana bileşenler, maksimum ağırlık %80 SiO<sub>2</sub>, maksimum ağırlık %19 Li<sub>2</sub>O olup P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ile çekirdeklenme sağlanmıştır. Elde edilen cam-seramik üründe eğme mukavemeti değeri 400 MPa ve kırılma tokluğu (K<sub>IC</sub>) değeri ise 3.3 MPa.m<sup>1/2</sup>'ne ulaşmıştır. Diğer bir çalışmada, lityum silikat esaslı çok bileşenli bir cam sisteme 850°C'de ısıl işlem uygulanması ile maksimum 3 µm kristal boyutunda kenetlenmiş lityum disilikat mikroyapısı meydana gelmiştir. 3-nokta eğme testi ile ölçülen mukavemet değeri, maksimum 740.8MPa'a ulaşmıştır. Elde edilen söz konusu dental ürün, yarı saydam özellik göstermiştir ve ön dişlere üç elemanlı köprü uygulamalarında kullanılmaya elverişlidirler (ERTUĞ vd., 2013).

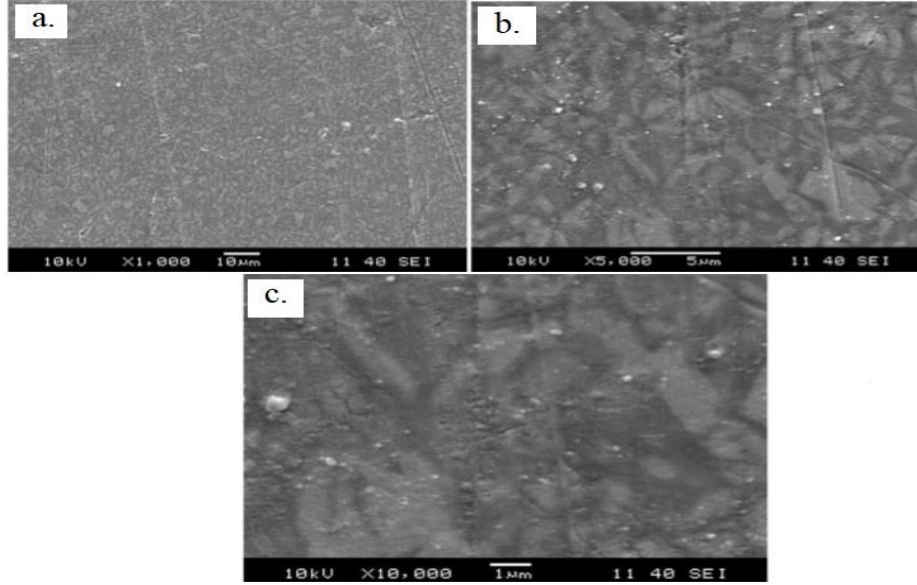
$\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$  ikili bileşeni dışında  $\text{K}_2\text{O}$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de içeren bir çok bileşenli sistem üzerinde yapılan çalışmalarda ısıl işlem sıcaklığı  $850^\circ\text{C}$ 'den  $900^\circ\text{C}$ 'ye çıkarıldığında yoğunlukta çok az bir değişim gözlenmiştir. Dört bileşenli sistemde  $\text{Li}_2\text{O}$  oranı %7.65 iken, 3-nokta eğme mukavemeti ısıl işlem sıcaklığındaki değişmeden neredeyse hiç etkilenmemiştir. Oysa  $\text{Li}_2\text{O}$  oranı %12.44'e yükseltildiğinde eğme mukavemeti, ısıl işlem sıcaklığına büyük bir bağımlılık göstermiştir.  $850^\circ\text{C}$  için mukavemet  $151.9\text{MPa}$ 'a ancak ulaşabilirken  $900^\circ\text{C}$  için ise,  $201.4\text{MPa}$ 'a kadar yükselebilmektedir Vickers sertlik, düşük  $\text{Li}_2\text{O}$  yüzdesi için  $5.27\text{GPa}$  ve yüksek  $\text{Li}_2\text{O}$  yüzdesi için ise,  $5.34\text{GPa}$  olarak ölçülmüştür. Termal genleşme katsayısı %7.65  $\text{Li}_2\text{O}$  bileşimi için  $8.46 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$  ve %12.44  $\text{Li}_2\text{O}$  için ise  $9.21 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$  olarak ölçülmüştür.  $\text{Li}_2\text{O}$  oranında artma, termal genleşmeyi arttırmıştır. Bu durum, dental uygulamalar için dezavantaj oluşturabilmektedir (TULYAGANOV vd., 2009)

Tek ve iki aşamalı ısıl işlem çalışmalarının yapıldığı bir araştırmada,  $620^\circ\text{C}$ 'de tek aşamalı ısıl işlem sonucunda lityum disilikat fazı elde edilirken,  $620^\circ\text{C}$  ve  $870^\circ\text{C}$ 'deki iki aşamalı ısıl işlem sonucu ise lityum disilikat fazına ilave olarak lityum metasilikat fazı da belirlenmiştir. Kristal yüzdesi %52'den %54'e yükselmiştir. Isıl işlem sıcaklıklarındaki değişimler de faz içeriklerini etkilemiştir (ZHENG vd., 2008).

Lityum disilikat fazı içeren bir dental malzemede, eğme mukavemeti değerleri farklı ısıl işlem sıcaklıkları için  $234\text{MPa}$  ve  $310\text{MPa}$  arasında değişmiştir. Mukavemet değerleri, farklı lityum disilikat bileşimleri için ise minimum  $165\text{MPa}$  ve maksimum  $249\text{MPa}$  olarak ölçülmüştür. Kırılma tokluğu ise  $1.8-2.2\text{MPa.m}^{1/2}$  arasında değişmiştir (WEN vd., 2007). Diğer bir çalışmada ise, 3-nokta eğme mukavemeti  $280\text{MPa}$  ve kırılma tokluğu  $2.5\text{MPa.m}^{1/2}$  değerleri elde edilmiştir (DENRY and HOLLOWAY, 2004).

### 3. BaO-SiO<sub>2</sub> SİSTEMİ

$\text{BaO-SiO}_2$  ikili sistemi, dental uygulamalarda sıkça kullanılan  $\text{Li}_2\text{O-SiO}_2$  sistemine oldukça benzerdir. Öte yandan kristallenme işlemi sonucunda her iki ikili sistemde de mikroyapıda sferülit adı verilen morfolojiler ortaya çıkmaktadır. Söz konusu kristal morfolojilerinin yeni bir ısıl işlemle ince taneli bir mikroyapı meydana getirdikleri belirlenmiştir. Ortaya çıkan ince taneli mikroyapılarda mekanik özelliklerin geliştiği gözlenmiştir (SAVVOVA vd., 2019; LEWIS and SMITH, 1976; LOHBAUER vd., 2019).

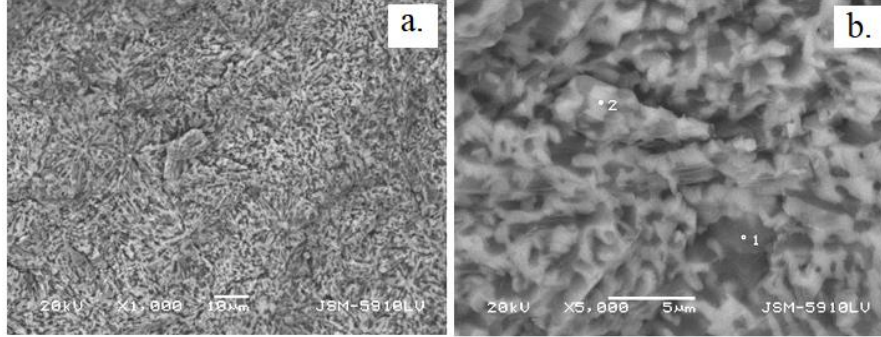


Şekil 4 540°C/1h., Isıl İşlemlle Çekirdeklendirilmiş Örneğin a. 1kx, b. 5kx ve c. 10kx büyütmelede SEM Görüntüleri (ERTUĞ, 2018).

Lityum dilikat esaslı dental malzemelere alternatif oluşturması bakımından, baryum dilikat içeren cam-seramikler üretilerek Şekil 4’de görüldüğü üzere, Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) ile dental cam-seramik mikroyapıları incelenmiştir. İncelenen iki dental malzemenin SEM görüntüleri karşılaştırıldığında mikroyapıda morfoloji benzerlikleri tespit edilmiştir. Şekil 4, 540°C’de 1 saat süreyle çekirdeklendirilmiş örneğin farklı büyütmelede SEM görüntülerini göstermektedir. Optimum sıcaklık ve sürede çekirdeklendirilmiş mikroyapıya ikinci aşamada 800°C’de kristallendirme işlemi uygulanmıştır ve mikroyapılar ise Şekil 5’de verilmiştir.

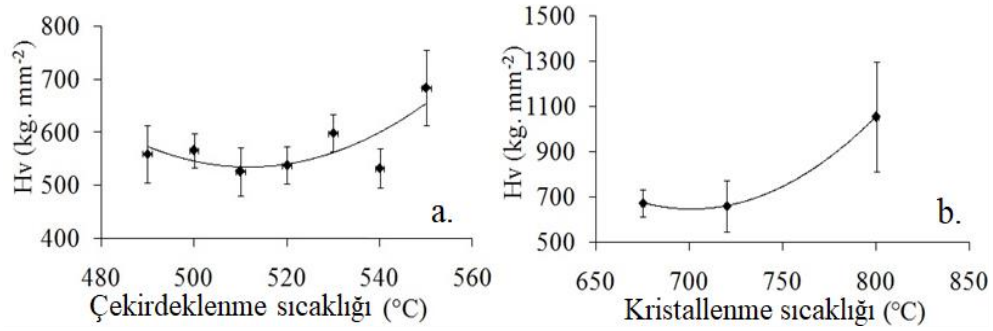
İncelenen iki dental malzemedede yapılan faz analizleri yardımıyla, kristal patern benzerlikleri de tespit edilmiştir. Yüksek kristallenme sıcaklığının dental malzemenin kristal faz içeriğinde artışa neden olduğu gözlemlendiğinden mukavemette yükselme meydana geleceğı beklenmektedir.

Baryum disilikat ana faz yapısını ortaya çıkaran ikili sistemine ait dental malzemenin özellikleri, doğal diş yapısı ve klinik uygulamada yaygın olarak kullanılan lityum disilikat esaslı dental malzeme ile karşılaştırılarak klinik olarak alternatif oluşturma durumunun incelenmesine ihtiyaç vardır.

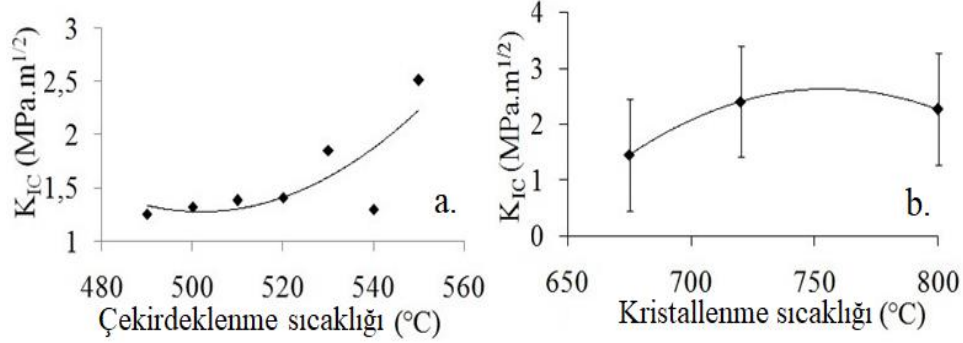


Şekil 5 Çekirdeklendirilmiş ve 800°C’de Kristallendirilmiş Örneğin a. x1kx ve b. x5kx büyütme SEM Görüntüleri (ERTUĞ vd., 2017).

Üretilmiş cam-seramiklerin çoğu optik açıdan transparan olup yalnızca tek bir örnek yarı-saydamlık göstermiştir. Baryum dilikat örneklerin mekanik özellikleri ölçümleri yapılmıştır ve Şekil 6’da Vickers sertlikleri çekirdeklendirme ve kristallendirme sıcaklığına bağlı olarak verilmiştir. Maksimum Vickers sertliği, 550°C ısıtma işlem sonunda 6.7GPa’dır. Şekil 7’de ise kırılma tokluğunun çekirdeklendirme ve kristallendirme sıcaklığına bağlı değişimi verilmiştir. Yapılan çalışmada kırılma tokluğu, maksimum 2.51 MPa.m<sup>1/2</sup> olarak ölçülmüştür.



Şekil 6 Vickers Sertlik a. Çekirdeklendirme Sıcaklığı (ERTUĞ, 2018) ve b. Kristallendirme Sıcaklığı (ERTUĞ vd., 2017).



Şekil 7 Kırılma Tokluğu a. Çekirdekendirme Sıcaklığı (ERTUĞ, 2018) ve b. Kristallendirme Sıcaklığı (ERTUĞ vd., 2017).

BaO-SiO<sub>2</sub> ikili sisteminden üretilen cam-seramik örnekler, dental uygulamalar açısından incelenmiştir. Sertlik ve kırılma tokluğu ölçümleri, bu malzemenin mekanik özelliklerinin dental malzemelere yakın olduğunu göstermiştir.

#### 4. SONUÇLAR

BaO-SiO<sub>2</sub> ikili sisteminden üretilen cam-seramik örnekler, dental uygulamalar açısından incelenmiştir. SEM görüntüleri, her iki dental malzemenin mikroyapılarının benzer olduğunu göstermiştir. Yüksek kristallendirme sıcaklıklarının, dental malzemenin kristal faz içeriğinde artmaya neden olduğu gözlenmiştir. İncelenen iki dental malzemedeki, kristal patern benzerlikleri tespit edilmiştir. Sertlik ve kırılma tokluğu ölçümleri, bu malzemenin mekanik özelliklerinin dental malzemelere yakın olduğunu göstermiştir. BaO-SiO<sub>2</sub> sisteminden üretilen cam-seramiklerin, klinik uygulamada kullanılabilmesi için ağız-içi aşınma, yapay tükürük sıvısı testleri vb sonuçları incelenmesi yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

da SILVA, L.H. de LIMA, E. de PAULA MIRANDA, R.B. FAVERO, S.S. LOHBAUER, U. CESAR, P.F. (2017). "Dental ceramics: a review of new materials and processing methods", Braz. Oral Res., 31:133-146.

DENTREALMARKET (2020). "Anka Tıbbi Malzemeleri Ltd Şti. resmi web sayfası", <https://www.dentrealmarket.com>, 17.03.2020.

DENTALCOMPARE (2020). "Dentalcompare Product Listing & Advertising Sales", <https://www.dentalcompare.com>, 17.03.2020.

DENRY, I.L. HOLLOWAY, J.A. (2004). "Effect of heat pressing on the mechanical properties of a mica-based glass-ceramic", J. Biomed. Mater. Res. B, 70(1):37-42.

ERTUĞ, B. (2019). "Mechanical performance of lithium disilicate: update on the latest experimental results", s.329-339, (Ed.) HOLBAN, A.M. and GRUMEZESCU, A.M, Materials for Biomedical Engineering, Bioactive Materials for Anti-microbial, Anticancer, and Gene Therapy, Elsevier.

ERTUĞ, B. (2018). "Recent Developments On Lithium Disilicate Dental Ceramics", Annals of Dental Specialty, 6(2):202-207.

ERTUĞ, B. (2018). "Immiscibility, Nucleation and Mechanical Properties in the Lithia-Baria-Silica System", Journal of Ceramic Processing Research, 19:5, 394-400.

ERTUĞ, B. ÇETİNER, B.N. GÖKÇE, H. ERKMEN, Z.E. ÖVEÇOĞLU, M.L. (2017). "Investigation Of Indentation Fracture Toughness (K<sub>1c</sub>) And Weibull Parameters of 0.25Li<sub>2</sub>O.2SiO<sub>2</sub>-0.75BaO.2SiO<sub>2</sub> Glass-Ceramic", Arch. Metall. Mater., 62:4, 1963-1968.

ERTUĞ, B. SADULLAHOĞLU, G. ve BOYRAZ, T. (2013). "Dental Restorasyonlarda (Kaplama, Dolgu, Kuron) Kullanılan Ticari Lityum Disilikat Cam-seramiklerinin Üretimi ve Karakterizasyonu", Metal Dünyası Dergisi, 236:77-80.

HEKİMİM (2020). "Ağız ve Dişlerin Yapısı", <https://www.hekimim.com/agiz/agiz-ve-dislerin-yapisi.html>, 17.03.2020.

IVOCLARVIVADENT (2020). "Ivoclar Vivadent Grup", <https://www.ivoclarvivadent.com.tr>, 17.03.2020.

LEWIS, M.H. SMITH, G. (1976). "Spherulitic growth and recrystallization in barium silicate glasses", Journal of Materials Science, 11, 2015-2026.

LOHBAUER, U. WENDLER, M. RAPP, D. BELLI, R. (2019). "Fractographic analysis of lithium silicate crown failures during sintering", SAGE Open Medical Case Reports, 7:1-8.

REGIANI DENTAL CENTER (2020). "Regiani Holistic Dental Center", <https://www.regianidental.com>, 17.03.2020.

SAVVOVA, O. TOPCHYI, V. BABICH, O. BELYAKOV, R. (2019)." Effect of the Structure of Lithium-Silicate Glasses on the Mechanical Properties of Transparent Glass-Ceramic Materials", Strength of Materials, 50:(2).

TULYAGANOV, D.U. AGATHOPOULOS, S. KANSAL, I. VALERIO, P. RIBEIRO, M.J. FERREIRA, J.M.F. (2009). "Synthesis and properties of lithium disilicate glass-ceramics in the system  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-Li}_2\text{O}$ ", Ceramics International, 35:3013-3019.

WEN, G. ZHENG, X. SONG, L. (2007). "Effects of  $\text{P}_2\text{O}_5$  and sintering temperature on microstructure and mechanical properties of lithium disilicate glass-ceramics", Acta Materialia, 55:3583-3591.

ZHENG, X. WEN, G. SONG, L. HUANG, X.X. (2008). "Effects of  $\text{P}_2\text{O}_5$  and heat treatment on crystallization and microstructure in lithium disilicate glass ceramics



# SANDVIÇ KOMPOZİT LEVHALARDA YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARININ BÜKME DAYANIMININ İNCELENMESİ

**Öğr. Gör. Dr. Ali IŞIKTAŞ**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Vedat TAŞKIN**

Trakya Üniversitesi

**ÖZET:** Bu çalışmada, sandviç kompozit levhaların yapıştırma bağlantıları deneysel olarak incelenmiştir. Sandviç kompozit levhalar alüminyum sac ile karbon elyaf plakaların yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmesiyle üretilmiştir. Sandviç kompozit levha numunelerinin alt ve üst tabakalarında 0.6 mm kalınlığında A15754-H22 sac levhalar kullanılmıştır. Sandviç kompozit levha numunelerinin orta tabakasında prepreg karbon elyaf kumaştan üretilen karbon elyaf plaka bulunmaktadır. Malzemelerin birleştirilmesinde bağlayıcı olarak metakrilat esaslı yapısal yapıştırıcı kullanılmıştır. Sandviç kompozit levhaların yapıştırma bağlantı mukavemetleri bükme kuvvetleri altında incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, primer kullanılan sandviç kompozit levhaların yapıştırma bağlantı dayanımının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, sandviç kompozit levhaların şekillendirilmesinde bükme açısının artmasıyla bükme kuvveti değerinin arttığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sandviç kompozit levha, Yapıştırma bağlantısı, Bükme kuvveti, Epoksi yapıştırıcı.

## Investigation of Bending Strength of Adhesive Bonding in Sandwich Composite Plates

**ABSTRACT:** In this study, sandwich composite plates adhesive bonding was experimentally examined. Sandwich composite plates were manufactured by combining aluminum sheets and carbon fiber plates by using adhesive. A15754-H22 sheets with 0.6 mm thicknesses were used in top and bottom layers of sandwich composite plate specimens. Carbon fiber plates made of prepreg carbon fiber fabrics were placed in the middle layer of sandwich composite plates. The Methacrylate-based structural adhesive was used as a binder in joining materials. Bonding joining strength of sandwich composite plates was

examined under bending forces. As a result of the experiments, it has been determined that the bonding joining strength of sandwich composite plates used primer is higher. It was also reported in forming of sandwich composite plates that the bending force value increased as the bending angle increased.

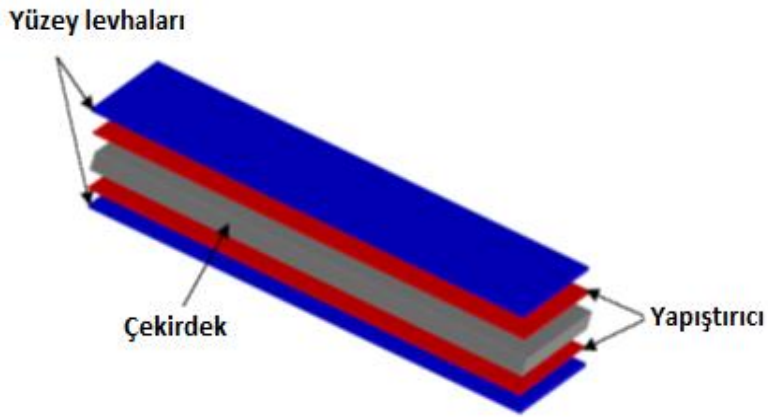
**Keywords:** Sandwich composite plate, Adhesively bonded, Bending force, Epoxy adhesive.

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişimine paralel olarak geleneksel malzemelerin tek başlarına ihtiyaçları karşılayamaması nedeniyle uygulama alanlarına göre daha üstün mekanik ve fiziksel özellikler elde edebilmek için farklı malzemeleri bir araya getirerek oluşturulan sandviç kompozit malzemelerle ilgili çalışmalar hız kazanmıştır.

Sandviç kompozit yapılar, bileşenlerinin farklı özelliklerinden faydalanmak için sert ve yüksek dayanıma sahip kabuk olarak adlandırılan iki yüzey ile çevrelenmiş, ortasında hafif ve mukavemeti düşük bir çekirdek tabaka kullanılarak tasarlanan kompozit yapılardır (Aghchai vd., 2016). Sandviç kompozit yapıların yüzey tabakalarında genellikle alüminyum, titanyum, çelik, ahşap veya beton kullanılmaktadır. Sandviç kompozit levhaların çekirdek tabakasında ise mantar, plastik, bal peteği formundaki alüminyum veya elyaf türevleri kullanılmaktadır (Davies, 2008).

Sandviç kompozitler çekirdek, yüzey levhaları ve yapıştırıcı olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır (Şekil 1). Dış kısımdaki yüzey levhaları ve iç kısımdaki çekirdek bir yapıştırıcı bileşen ile bir araya gelmesi, yapıyı oluşturan her bir elamanın üstün özelliklerinin sandviç yapıda buluşmasını sağlamaktadır (Demirhan, 2019).



Şekil 1. Tipik sandviç kompozit malzemenin yapısal görünüşü (Sarzynski, 2003).

Seçilen yapıştırıcı, bileşenler arasında meydana gelen kesme ve kayma gerilmelerine dayanacak kadar kuvvetli olmalıdır. Bu nedenle, çekirdek kısım ile yüzey levhalarının birleştirilmesini sağlayan yapıştırıcı, mekanik performans bakımından önem arz etmektedir.

Plaka, panel veya faklı şekillerdeki çekirdek ve yüzey levhaları, farklı kombinasyonlar ile bir araya getirilerek çeşitli tipte sandviç kompozitler oluşturulabilir (Gupta, 2003). Çekirdek ve yüzey levha kalınlıkları arasında da herhangi bir kural olmamakla beraber, tamamen uygulamaya ve istenilen özelliklere bağlı olarak kalınlık tercihi yapılabilir (Njuguna, 2016).

Bu çalışmada, sandviç kompozit levhalar alüminyum sac ile karbon elyaf plakaların yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmesiyle üretilmiştir. Yapılan deneylerde numunelerin yapıştırma bağlantı mukavemetleri bükme kuvvetleri altında incelenmiştir.

## **2. MATERYAL VE METOT**

Bükme deneyleri yapılan sandviç kompozit levhaların dış tabasında 0.6 mm kalınlığında alüminyum 5754 sac kullanılmıştır. Sandviç kompozit yapının orta tabasında ise prepreg karbon elyaf kumaştan üretilen 0.15 mm kalınlığında karbon elyaf plaka bulunmaktadır. Alüminyum ve karbon elyaf plakalar metakrilat esaslı yapısal yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmiş ve sandviç kompozit levhalar üretilmiştir.

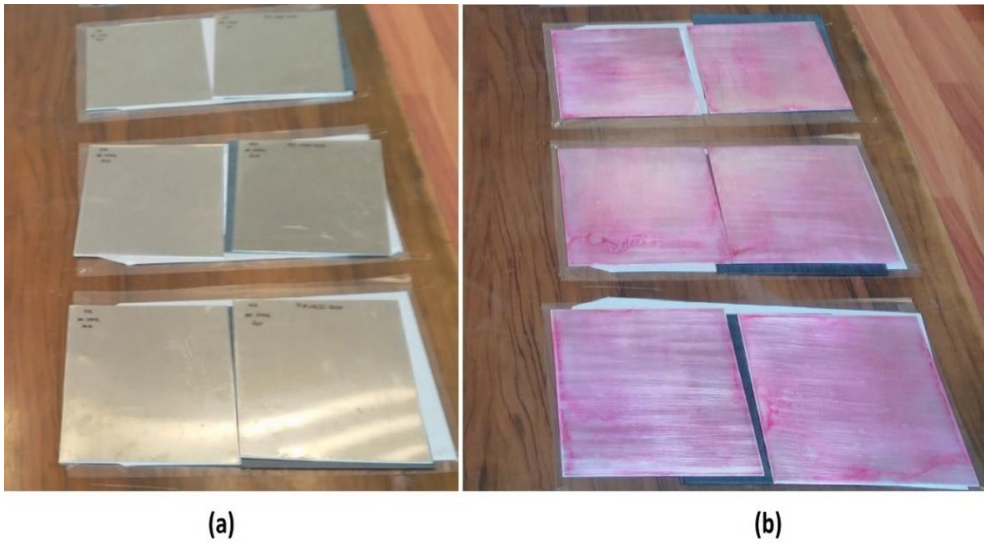
### **2.1. Numunelerin Hazırlanması**

Deneysel çalışmalarda numunelerin hazırlanması beş aşamada gerçekleştirilmiştir.

Birinci aşama: Sandviç kompozit levhaları oluşturan alüminyum ve karbon elyaf plakalar arasında daha iyi bir yapışma dayanımı elde etmek için mikroskobik yapışma alanını arttıran pürüzlendirme işlemi yapılmıştır (Taşkın, 2018). Alüminyum sac levhaların yüzeyini pürüzlendirmek için P80D numaralı silikon karbid zımpara kâğıdı kullanılmıştır. Karbon elyaf plakaların yüzeyini pürüzlendirmek için P220C numaralı silikon karbid zımpara kâğıdı kullanılmıştır.

İkinci aşama: Zımpara ile aşındırma işlemi esnasında yüzeylerde biriken alüminyum ve karbon elyaf tozları temizlemek için LPS marka Hdx temizleyici kullanılmıştır. Bu yüzey temizleyici solvent, zımparalama işleminde oluşan talaş, kir ve tozların yapıştırma yüzeyindeki gözenekleri doldurmasını engellemek amacıyla kullanılmıştır (Işıktaş, 2020).

Üçüncü aşama: Deneylerde, yapıştırma işlemi öncesi numunelerin bir kısmında Devcon marka Metal Prep 90 primer kullanılmıştır. Deneylerde bu primer, yapıştırılacak malzeme yüzeylerine ince bir katman halinde yüzeyi kaplayıncaya kadar püskürtülerek uygulanmıştır. Primer uygulanması yapıldıktan sonra yapıştırma işlemine geçmek için kullanma talimatında belirtildiği üzere en az 3 dakika bekleddikten sonra yapıştırma işlemine geçilmiştir (Taşkın, 2011). Primer kullanılan ve kullanılmayan alüminyum levha yüzeyleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Metal Prep 90 Primer’e ait üretici firmadan alınan teknik özellikler Tablo 1’de bulunmaktadır.



Şekil 2. Alüminyum levha yüzeyleri a) Primer uygulanmamış b) Primer uygulanmış

Tablo 1. Metal Prep 90 Primer teknik özellikleri

Katı Madde	% 5
İçerik	Isopropyl Alcohol
Renk	Şeffaf kırmızı boya
Yoğunluk	0.977 g/cm <sup>3</sup>
Kuruma Süresi (24 °C 'de)	1-3 dakika, yüzeye tatbik edildikten sonra
Alev Alma Noktası	13 °C

Dördüncü aşama: Yapıştırılacak olan alüminyum ve karbon elyaf plaka arasına Devcon marka Plastic Welder cinsi metakrilat bazlı yapısal yapıştırıcı kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan bu ürün oda sıcaklığında kürleşebilen iki bileşenli (yapıştırıcı ve aktivatör) bir yapıştırıcıdır. İki bileşenli plastic welder ilk önce kaba boşaltılmış ve burada homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırılmıştır. Karıştırılan plastic welder yapıştırma yapılacak parçaların yüzeylerine düzgün bir biçimde sürülmüştür. Yapıştırıcının oda sıcaklığında iyi bir yapıştırma mukavemetine sahip bir tabaka oluşturabilmesi için yapıştırılan malzemeler sabit basınç altında en az 24 saat yapıştırma aparatı içinde bekletilmiştir. Kullanılan yapıştırıcının teknik özellikleri Tablo 2'de bulunmaktadır.

Tablo 2. Devcon Plastic Welder teknik özellikleri

Sertleşme (Kürleşme) Öncesi Fiziksel Özellikler		
	Yapıştırıcı	Aktivatör
Viskozite TB @ 10 rpm	55.000 cps	50.000 cps
Ağırlık kg/lt	1.011	972
Karışım Yoğunluğu	0.99 g/cm <sup>3</sup>	
Karışım Sonrası Maksimum Uygulama Süresi (22 °C'de)	4-6 dakika	
Fonksiyonel Kuruma Süresi	45 dakika-1 saat	
Tam Kuruma Süresi	24 saat	
Performans Değerleri (Oda sıcaklığında 7 gün bekledikten sonra)		
Yapışma Mukavemeti (ASTM D1002)		
Polycarbonate ve Alaşımları	98 kg/cm <sup>2</sup>	
ABS	91 kg/cm <sup>2</sup>	
Kumlanmış Çelik	210 kg/cm <sup>2</sup>	

Beşinci aşama: Yapıştırma işlemi sonrası 200x250 mm boyutlarındaki sandviç kompozit levhaları su jeti ile 30x60 mm ebatlarında kesilerek deney numuneleri oluşturulmuştur. Deneylerde kullanılan sandviç kompozit levha numunesi Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Sandviç kompozit levha numunesi

## 2.2. Bükme Deneyleri

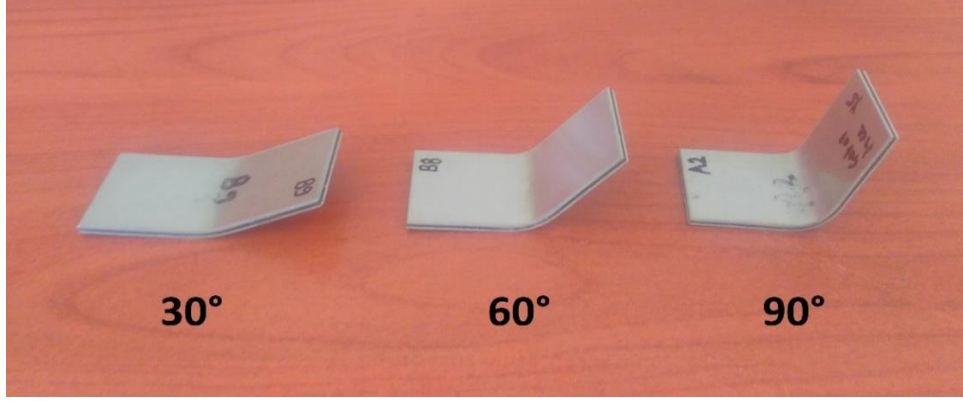
Bükme deneyleri TA.HDPlus marka tekstür analiz cihazında gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan sandviç kompozit levha numuneleri 30°, 60° ve 90° bükme açılarında şekillendirilmiştir. Şekillendirme işlemi sonrası sandviç kompozit levhaların yapıştırma bağlantı dayanımları incelenmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bükme işlemi sonrası sandviç kompozit levhaların yapıştırma bağlantı mukavemetleri bükme kuvvetleri altında incelenmiştir. Ayrıca, deneylerin yapıldığı bükme cihazından alınan verilere göre numunelerin şekillendirilmesine ait bükme kuvvetleri karşılaştırılmıştır.

### 3.1. Primer kullanılması sandviç kompozit levhaların yapıştırma bağlantı mukavemetine etkisi

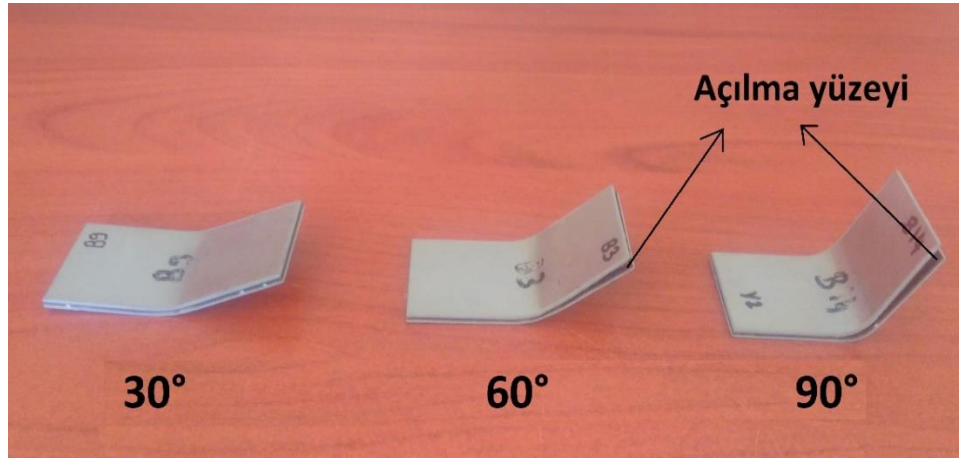
Primer kullanılarak hazırlanan sandviç kompozit levhaların farklı bükme açılarında yapılan bükme testleri sonrası görünümleri Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Primer kullanılan sandviç kompozit levhaların bükme testleri sonrası görünüşleri

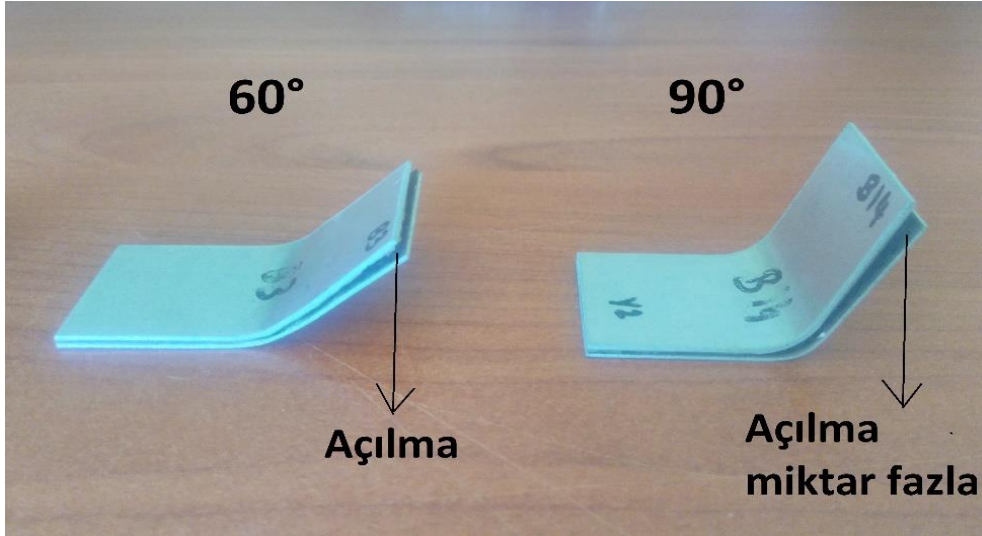
Primer kullanılarak hazırlanan sandviç kompozit levha numunelerinin 30°, 60° ve 90° bükme açılarındaki testlerinde, numunelerde deformasyon veya birleşme yüzeylerinde açılma görülmemiştir.

Primer kullanılmadan sadece yapıştırıcı kullanılarak hazırlanan sandviç kompozit levhaların farklı bükme açılarındaki yapılan bükme testleri sonrası görünüşleri Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Primer kullanılmayan sandviç kompozit levhaların bükme testleri sonrası görünüşleri

Primer kullanılmayan sandviç kompozit levha numunelerinin 60° ve 90° bükme açılarındaki testlerinde, alüminyum ve karbon elyaf plakalar arasında açılmaların olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bükme açısının daha fazla olduğu 90° bükme işlemindeki açılma miktarı daha fazla görülmüştür (Şekil 6).

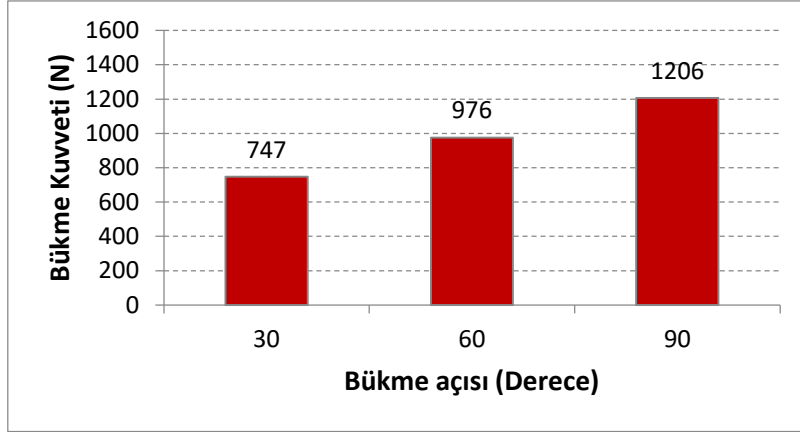


Şekil 6. Açılma görülen numuneler

Açılmaların sebebi olarak, bükme işlemi sırasında alüminyum ve karbon elyaf plaka arasında oluşan gerilmelerin yapıştırma bağlantı dayanımından daha fazla olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

### 3.2. Sandviç kompozit levhalarda bükme kuvvetlerinin incelenmesi

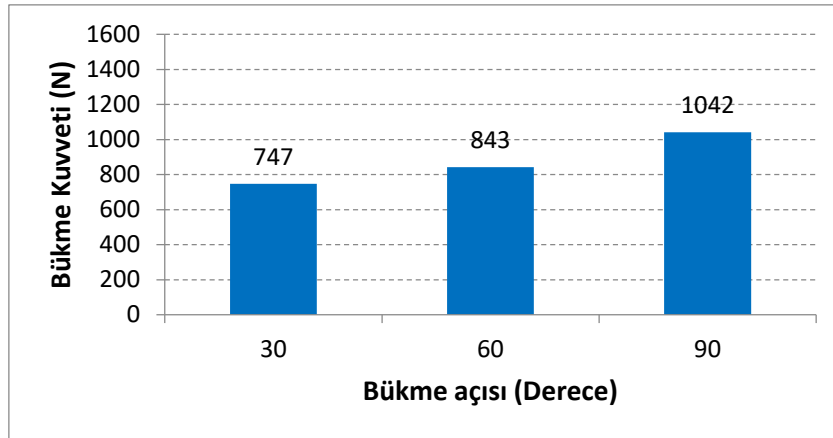
Primer kullanılarak hazırlanan sandviç kompozit levha numunelerinin 30°, 60° ve 90° bükme açılarındaki testlerinden elde edilen bükme kuvvetleri Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Primer kullanılan sandviç kompozit levhaların farklı bükme açılarındaki bükme kuvvetleri

Primer kullanılarak hazırlanan sandviç kompozit levhaların 30°'lik bükme işleminde ortalama bükme kuvveti 747 N, 60°'lik bükme işleminde ortalama bükme kuvveti 976 N, 90°'lik bükme işleminde ortalama bükme kuvveti 1206 N olarak ölçülmüştür.

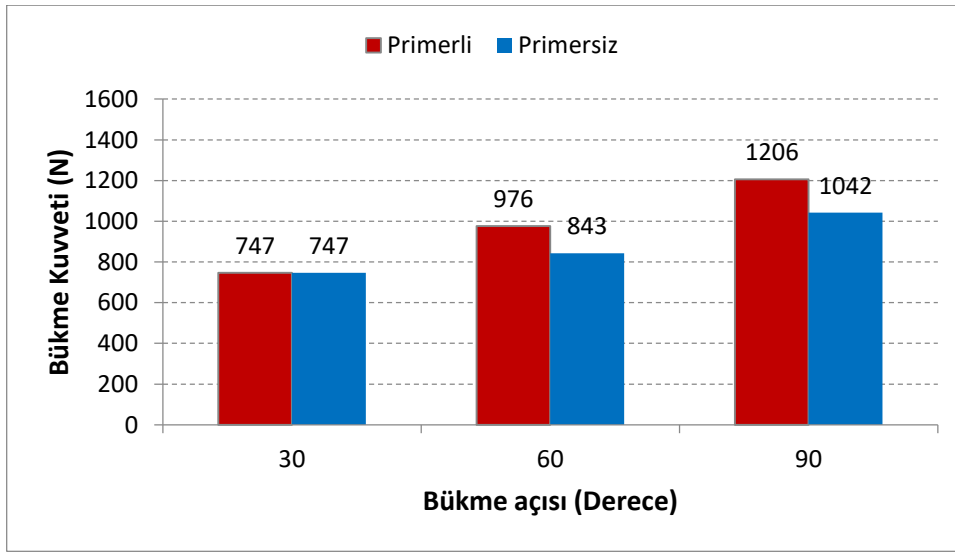
Primer kullanılmadan hazırlanan sandviç kompozit levha numunelerinin 30°, 60° ve 90° bükme açılarındaki testlerinden elde edilen bükme kuvvetleri Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Primer kullanılmayan sandviç kompozit levhaların farklı bükme açılarındaki bükme kuvvetleri

Primer kullanılmayan sandviç kompozit levhaların 30°'lik bükme işleminde ortalama bükme kuvveti 747 N, 60°'lik bükme işleminde ortalama bükme kuvveti 843 N, 90°'lik bükme işleminde ortalama bükme kuvveti 1042 N olarak ölçülmüştür.

Primerli ve primersiz olarak hazırlanan sandviç kompozit levha numunelerinin 30°, 60° ve 90° bükme açılarındaki testlerinden elde edilen bükme kuvvetleri Şekil 9'da karşılaştırılmıştır.



Şekil 9. Primerli ve primersiz sandviç kompozit levhaların farklı bükme açılarındaki bükme kuvvetleri

Şekil 9. incelendiğinde, 30°'lik bükme işleminde primerli ve primersiz hazırlanan sandviç kompozit levhalarda deformasyon hasarı oluşmadığı için bükme kuvvetleri değerleri eşit çıkmıştır. 60° ve 90°'lik bükme işlemlerinde primer kullanılmayan sandviç kompozit levhaların yapışma yüzeyleri ayrıldığı için bükme kuvvet değerleri daha düşük çıkmıştır.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, alüminyum sac ile karbon elyaf plakaların metakrilat esaslı yapışıcı kullanılarak birleştirilmesiyle oluşturulan sandviç kompozit levhaların yapıştırma bağlantıları deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Yapılan deneyler sonucunda, primer kullanılan sandviç kompozit levhaların yapıştırma bağlantı dayanımının daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Sandviç kompozit levhaların şekillendirilmesinde bükme açısının artmasıyla bükme kuvveti değerinin arttığı tespit edilmiştir.
- Primer kullanılmayan sandviç kompozit levhaların 60° ve 90°lik bükme işlemlerinde numunelerin yapışma yüzeyleri ayrıldığı için primer kullanılan numunelere göre bükme kuvvet değerleri daha düşük çıkmıştır.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje numarası: 2017/185.

### **KAYNAKLAR**

- Aghchai, A. J., Abolghasemi, A., Moradkhani, B., & Tajik, M. (2016). Experimental, theoretical and numerical investigation of springback behavior of Al/composite/Al sandwich sheet. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 19(6), 659-678.
- Davies, J. M. (Ed.) (2008). *Lightweight sandwich construction*. Cib Working Commission.
- Demirhan, P. A., & Taşkın, V. (2019). Static Analysis of Simply Supported Functionally Graded Sandwich Plates by Using Four Variable Plate Theory. *Teknik Dergi*, 30(2), 8987-9007.
- Sarzynski, M. D. (2003). *Carbon foam characterization: sandwich flexure, tensile and shear Response*. (Master of Science). Texas A&M University, Texas.
- Gupta, N. (2003). *Characterization of syntactic foams and their sandwich composites: modeling and experimental approaches*. (Doctoral Thesis). Louisiana State University, Baton Rouge.
- Njuguna, J. (Ed.). (2016). *Lightweight composite structures in transport: design, manufacturing, analysis and performance*. Cambridge: Woodhead publishing.

- TaŐkin, N. Ü., & Sahin, A. (2018). Effect of Aging Time at High Temperature on the Shear Strength of Adhesively Bonded Aluminum Composite Foam Joints. *The Journal of Adhesion*, 95(4), 308-324.
- IŞıktaş, A., TaŐkin, V. 2020. Alüminyum-Karbon Elyaf Sandviç Kompozit Levhaların V-Bükme İŞleminde Bükme Açılarının ve Bükme Yönlerinin Geri Esneme Üzerindeki Etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 281-290.
- Taskin, V., Taskin, N. U., Demirhan, P. A., & Sahin, A. (2011). Adhesive Joining of Composite Foam Materials, 16th International Conference on Composite Structures, ICCS 16, (2011).

# ELEKTRİK ENERJİSİ KAYNAKLARININ GÜÇ TÜKETİMİNE GÖRE OTOMATİK OLARAK BELİRLENMESİ

**Bora UĞURLU**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Utku BAYRAM**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Rezzan Nisa ER**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**ÖZET:** Ev ve iş yerlerimizdeki cihaz ve ekipmanların çeşitliliği göz önüne alındığında elektrik enerjisine daha fazla ihtiyaç duymaktayız. Bu tarz ortamlarda yer alan cihazların farklı enerji tüketimleri bulunmaktadır. Çok fazla güç tüketimi gerçekleştiren cihazlar olabildiği gibi tam tersi şekilde çok az güç tüketimi olanlar da bulunmaktadır. Her ne kadar cihazlar gün geçtikçe düşük güç tüketmeye doğru ilerleseler de cihazların sayıları gün geçtikçe artmaktadır. Bu da beraberinde artan miktarda elektrik enerjisi ihtiyacını doğurmaktadır. Artan elektriksel enerji maliyetleri düşünüldüğünde, ev ve işyerlerindeki elektriksel enerjinin verimli kullanılması oldukça önemlidir. Bu çalışmada elektrik enerjisi ile çalışan cihazın güç tüketimine bağlı olarak iki farklı enerji kaynağı ile desteklenmesi için bir sistem geliştirilmiştir. Kaynaklardan ilki şehir şebekesinin sağlamış olduğu elektrik enerjisi olup diğeri ise güneş enerjisi ile önceden şarj edilmiş olan bataryadır. Harcanan güç miktarı geliştirilen sistem yardımıyla ölçülmektedir. Ölçümlere ve bataryanın durumuna bağlı olarak sistem bir karar vermekte ve bağlı bulunan cihazı iki farklı kaynaktan biri ile çalıştırmaktadır. Yapılan geçişler son kullanıcı tarafından hissedilmemektedir. Geliştirilen sistemin çalıştırılması sonucunda enerji maliyetleri düşürülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikrodenetleyicili sistem, Elektriksel Güç Ölçümü, Gömülü Sistemler

## **Automatic Determination of Electric Energy Sources According to Power Consumption**

**ABSTRACT:** Considering the variety of devices and equipment in our homes and workplaces, we need more electrical energy. Devices in such envi-

ronments have different energy consumption. There are extreme power consumption devices as well as low power consumption ones. Although the devices are moving towards low power consumption day by day, the number of devices is also increasing. This leads to an increasing need for electrical energy. Considering the rising costs of electrical energy, efficient use of electrical energy in home and workplaces has a great importance. In this study, a system was developed to support the device powered by electricity with two different energy sources depending on the power consumption. The first source is the electrical energy provided by the city network, and the other is the battery that is pre-charged with solar energy. The amount of power spent is measured with the help of the developed system. Depending on the measurements and the condition of the battery, the system makes a decision and operates the connected device with one of two different sources. Transitions are not felt by the end user. As a result of operating the developed system, energy costs are reduced.

**Keywords:** Microcontroller system, Electrical Power Measurement, Embedded Systems

## 1.GİRİŞ

Ev ve iş yerlerimizde kullanmış olduğumuz elektrikle çalışan cihazların sayısı ve çeşitliliği gün geçtikçe artmaktadır. Elektrikli cihazların güç değerleri incelendiğinde farklılıklar gözlenmektedir. Çok fazla güç tüketimi gerçekleştiren cihazlar olduğu gibi tam tersi şekilde çok az güç tüketimi olan cihazlar da olabilir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte cihazların güç tüketimleri giderek azalsa da sayısı ve yeni elektrikli cihazların hayatımıza girmesiyle elektriksel enerjiye olan ihtiyaç hızlı bir şekilde artmaktadır. Kullandığımız cihazlar elektrik enerjinin ağırlıklı bir bölümünü şehir şebekesinden sağlamaktadırlar. Elektrik enerjisi maliyetlerinin hızla arttığı günümüzde, elektrik enerjisinin şehir şebekesinden ayrı olarak farklı kaynaklardan çeşitlendirilerek maliyetlerin azaltılması büyük önem arz etmektedir.

Literatürde özellikle akıllı evlerdeki güç tüketimleri, bu tüketimlerin izlenmesi ve yönetilmesine dönük olarak pek çok çalışma karşımıza çıkmaktadır. Srividya ve arkadaşları tarafından (2013) akıllı evlerde güç tüketimini azaltmak ve optimize etmek için bir güç ölçüm sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem, mikro denetleyici tabanlı olup geleneksel güç ölçüm tekniklerine göre daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bir diğer çalışma ise enerji verimliliği sağlanması amacıyla güç tüketimini kontrol eden ve tedarikçi ile tüketici arasında etkileşimli olan akıllı sayaçlar geliştirilmesidir. Bu akıllı sayaçlar ile geliştirilen sistemde; kullanıcının evine yerleştirilen algılayıcılardan veri toplanarak veri tabanına aktarılır. Sonrasında SMS yoluyla kullanıcıya iletilir ve böylece kullanıcı tükettiği enerjiyi görebilir. Enerjiden de %25 tasarruf yaptığı gözlenmiştir (Tariq, 2014). Akıllı evler için elektrik

yönetim sistemi kavramını tanıtan bir çalışmada ise, akıllı enerji yönetimi araçlarının kullanımı ile yerleşim yerleri için elektriksel tepe taleplerini azaltmanın mümkün olduğunu göstermektedir. Önerilen akıllı sistem, çalışma saatlerinde kullanılacak PV sisteminden üretilen enerjinin yüzdesini artırarak, üretilen enerjilerin kullanımını en üst düzeye çıkararak, elektrik faturalarını ve çevre üzerindeki etkileri azaltmak için kullanıcıya tam bir kontrol sağlar (Nassereddine ve diğerleri, 2016).

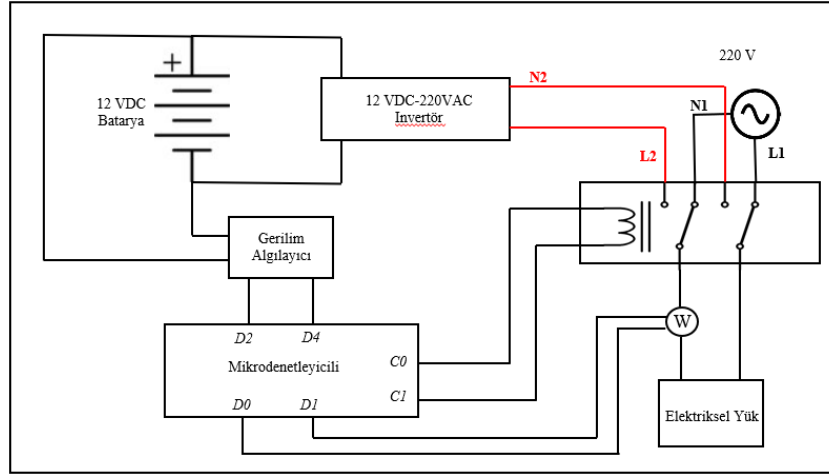
Güç tüketimini azaltarak optimize etmek amacıyla doğru ve ekonomik güç ölçüm yöntemi için akıllı bir enerji sayacı geliştirilmiştir. Bu akıllı enerji sayacı, geleneksel sayacın Arduino ve GSM-SMS ile modifiye edilmesiyle geliştirilmiştir. Sistem, otomatik ve kaliteli bir ölçüm ve faturalandırma sunarak kullanıcının güç kullanımını optimize etmesine ve azaltmasına yardımcı olur. (Chaudhari, Rathod, Shaikh, Vora ve Ahir, 2017). Syed, (2016) çalışmasında kullanıcının maliyetini en aza indirmek için bir ev enerji yönetim sistemi geliştirmektedir. Sistem ile son kullanıcının, değişen elektrik fiyatlarına göre cihazları için en uygun başlangıç zamanlarını bilmesini sağlamıştır. Sayısal çözümler ile, bu optimizasyon yönteminin, kamu hizmeti şirketi için daha düşük üretim maliyetleri, daha düşük tepe yükü, azaltılmış yük dalgalanmaları ve tüketici için daha düşük maliyetle sonuçlandığını göstermektedir. Aybar, (2019) çalışmasında akıllı ev cihazlarının çalışma zamanının planlanması ile gün içinde enerji tüketiminin dengeli dağılımı ve çok zamanlı tarifelerde elektrik faturasına olan etkisini incelemiştir ve sezgisel algoritmalara başvurmuştur. Benzetilmiş tavlama, diferansiyel gelişim algoritması ve genetik algoritmalar çalışma kapsamında uyarlanmıştır. Gerçekleştirdiği testler sonucunda ise senaryolarda geliştirilen algoritmaların, sabit fiyatlı tarifeye kıyasla enerji tüketiminin maliyetini azalttığını gözlenmiştir.

Bu çalışmada elektrikli bir cihaz güç tüketim durumuna göre iki farklı enerji kaynağı ile desteklen bir sistem geliştirilmiştir. Bu enerji kaynaklarından ilki şehir elektrik şebekesi olup diğeri ise önceden şarj edilmiş bataryadır. Harcanan güç miktarı geliştirilen sistem yardımıyla ölçülmektedir. Ölçümlere ve bataryanın durumuna bağlı olarak sistem bir karar vermekte ve bağlı bulunan cihazı iki farklı kaynaktan biri ile çalıştırmaktadır. Yapılan geçişler son kullanıcı tarafından hissedilmemektedir. Geliştirilen sistemin çalıştırılması sonucunda enerji maliyetleri düşürülmektedir.

## 2.Yöntem

Geliştirilen sistemde elektronik güç tüketen cihazın enerji ihtiyacı iki farklı şekilde sağlanmaktadır. Bunlardan biri şehir şebekesindeki elektrik enerjisi ve diğeri ise önceden şarj edilmiş olan bataryadır. Bağlanacak olan cihazın güç tüketimine ve

bataryanın durumuna bağlı olarak iki farklı enerji kaynağı arasında geçiş yapılacaktır. Sistemin genel mimari görünümü Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1: Sistemin Mimari Görünümü

Sistem, üzerindeki elektriksel yükün harcadığı güç miktarı ve bataryanın gerilim değerini devamlı olarak ölçümlenmektedir. Ölçümler mikro denetleyiciye iletilmekte ve burada işlenmektedir. Mikro denetleyici olarak Arduino UNO platformunda yer alan ATmega328P tercih edilmiştir. Wattmetre'den gelen ölçümler sırasıyla D0-D1 girişlerine, gerilim algılayıcıdan gelen ölçümler ise D2-D4 girişlerine tatbik edilmektedir. Mikro denetleyici üzerinde gelen verileri aşağıdaki algoritmayı kullanarak C0-C1 uçlarındaki röleyi kontrol etmektedir.

```

döngü (sistemde_enerji_olduğu_sürece) {
    harcanan ← elektriksel yükün harcadığı gücü ölç.
    batarya_durumu ← bataryanın durumunu ölç.
    if( harcanan<60 Watt && batarya_durumu>12.1 Volt)
        elektriksel yükün enerji kaynağını batarya olarak belirle
    else if( harcanan<60 Watt && batarya_durumu<=12.1 Volt)
        elektriksel yükün enerji kaynağını şehir şebekesi olarak belirle
    else
        elektriksel yükün enerji kaynağını şehir şebekesi olarak belirle
    }

```

Şekil 2: Enerji kaynağının belirlenmesi için algoritma

Şekil2'deki algoritma incelendiğinde sistemin enerji kaynağının seçiminde iki faktörün önemli rol oynadığı görülmektedir. Bunlardan ilki elektriksel yükün güç ihtiyacı, diğeri ise bataryanın durumudur. Sistemde kullanılan elektriksel yük için 60 Watt'lık gücün eşik değeri olarak seçilmiş olduğu görülür. Bu değer sistem üzerinde kullanılan invertörün kapasitesi oranında belirlenmiştir. Yine bu değer günümüzdeki ev ve çalışma ortamlarımızdaki pek çok düşük güçle çalışan cihazlar için ortalama bir değerdir. Sistemde kullanılan 12 V batarya aktif durumda iken 14.4-15V arasında gerilim üretebiliyorken bekleme durumundaki gerilimi 13.5-13.8V arasındadır. Batarya jel batarya olup kimyasal yapısının bozulmaması ve tekrardan şarj edilebilmesi için bekleme durumundaki geriliminin 12.1 V değerinden az olmaması gerekmektedir. Diğer durumunda batarya özelliğini kaybedecektir.

### **3.Sonuç**

Evlerimizde ve iş yerlerimizde kullanıldığımız enerjinin gün geçtikçe arttığı günümüzde bu enerjinin daha verimli olarak kullanılmasını gerektirmektedir. Özellikle akıllı şehir şebekelerinin kurulması ve bu şebekelerin çevrimiçi olarak takibi oldukça önemlidir. Bu tarz sistemlerde sistemin enerji ihtiyaçları gün içinde değişim gösterebilmektedir. Bu çalışmada, iki farklı enerji kaynağı arasındaki geçişleri güç tüketimlerini ölçerek ve bataryanın durumunu kontrol ederek sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem ile yüksek güç tüketimi olan cihazların şehir şebekesi ile beslenmesi, diğer düşük güç gereksinimi olan cihazların ise önceden maliyeti düşük enerji kaynakları ile şarj edilmiş batarya ile desteklenmektedir. Geliştirilen sistem sayesinde toplam enerji maliyetinde önemli derecede azalma olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Aybar, R. (2019). “Akıllı ev Aletlerinin Enerji Tüketiminin Planlanması (Yüksek Lisanstezi)”.Erişim adresi : <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Chaudhari, S., Rathod, P., Shaikh, A., Vora, D., & Ahir, J. (2017, May). “Smart Energy Meter Using Arduino and GSM”. In 2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI) (pp. 598-601). IEEE.
- Nassereddine, M., Rizk, J., Hellany, A., Nagrial, M., Elrafhi, A., Obeid, Z., & Hajar, K. (2016, July). “Electrical Energy Management for Advance Smart Home Systems: Introduction”, In 2016 3rd International Conference on Renewable Energies for Developing Countries (REDEC) (pp. 1-6). IEEE.
- Srividya, P., Pusphalatha, D. V., & Sharma, P. M. (2013). “Measurement of Power and Energy Using Arduino”, Research Journal of Engineering Sciences ISSN, 2278, 9472.
- Syed, M. A. (2016). “Utility-Scale Solar Energy Use Optimization by Using A Home Energy Management System”, (Doctoral dissertation, The University of Alabama at Birmingham).
- Tariq, T. (2014, June). “Smart Energy Management in a Smart Environment Using a Mobile Device”, In 2014 Global Summit on Computer & Information Technology (GSCIT) (pp. 1-5). IEEE.

# STEATİT ÜRETİMİ

**C. Betül EMRULLAHOĞLU ABİ**

Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Ali KARTAL**

Afyon Kocatepe Üniversitesi

**ÖZET:** Steatit, yalıtkan parçaların üretiminde kullanılan, klasik elektroporselene göre çok daha yüksek elektriksel ve mekaniksel dayanıma sahip bir malzeme olması nedeniyle 1930'lu yıllardan itibaren yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada kalsiyum içeriği çok az olan farklı hammaddeler kullanılarak laboratuvar koşullarında talklı, sepiolitli ve talk+zirkonlu steatit üretimleri ve karakterizasyonları yapılmıştır. Bunun için üç farklı reçete hazırlanmıştır. Birinci reçetede %85 talk, %7.5 K-feldspat ve % 7.5 kaolen (T), İkinci reçete % 85 sepiolit, kuvars ve magnezya karışımı, % 7.5 K-feldspat ve % 7.5 kaolen (SMQ), Üçüncü reçetede ise % 75 talk, % 10 zirkon, % 7.5 K-feldspat ve % 7.5 kaolen (TZ) kullanılmıştır. Toz haldeki hammaddeler gerekli oranlarda karıştırılmış, nemlendirilerek peletleme cihazında granül haline getirilmiştir. Daha sonra kuru preste preslenerek şekillendirilmiştir. Hazırlanan numuneler 1250, 1300 ve 1350 °C 'lerde 2 saat süre ile sinterlenmiştir. Numunelere toplam küçülme, su emme, üç nokta eğme mukavemeti, sertlik testleri uygulanmış, XRD cihazıyla mineralojik bileşimleri incelenmiştir. Test sonuçlarına göre, T numunesinde yüksek şiddetli steatit ve kristobalit pikleri görülmüştür. SMQ numunesi, 1250, 1300 ° C'de kuvars, magnezya ve steatit fazları içermektedir. TZ numunesi, kristobalit, zirkon ve steatit pikleri içermekte ve sinterleme sıcaklıklarının artması ile, kristobalit ve zirkon pik şiddetleri o oranda düşerken, steatit piklerinin şiddetleri artış göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Steatit, Üretim, Kaolen, Feldspat, Sepiyolit.

## Production of Steatite

**ABSTRACT:** Steatite is being widely used in production of insulator pieces from 1930's because of its high electrical and mechanical strength according to classic electroporcelain. In this study, steatite production with talc, sepiolite and talc+zircon by using different raw materials which contain low amounts of calcium was investigated. For this aim three different recipes were prepared. In the first recipe 85% talc, 7.5% K-feldspar, 7.5% kaolen, In the

second recipe 85% of a mixture of sepiolite, quartz and magnesia, 7.5 % K-feldspar and 7.5% kaolen, In the third recipe 75% talc, 10% zircon, 7.5% K-feldspar and 7.5 % kaolen were used. The powdered raw materials were mixed according to these recipes and granulated by peletizing machine. Then shaped by dry pressing method. The shaped samples were sintered for two hours at 1250, 1300, 1350°C. Firing shrinkage, water absorption, three-point bending strength, hardness tests of the samples were carried out and mineralogical compositions were investigated by XRD analysis. According to the test results, the T sample shows major XRD peaks correspond to steatite and cristobalite. The SMQ sample contains quartz, magnesia and steatite phases at 1250, 1300°C. The TZ sample contains cristobalite, zircon and steatite peaks and the higher the sintering temperatures the smaller the intensities of cristobalite and zircon peaks but the higher the intensities of steatite peaks.

**Keywords:** Steatite, Production, Kaolen, Feldspar, Sepiolite.

## 1. GİRİŞ

Steatit (Sabuntaşı): Ergime noktası  $>1300$  °C bir mineraldir. Talk'tan yapılan elektrik izolatörlerin hemen hepsini kapsar. Sabuntaşı yaklaşık %3.75 + 0.75 birleşik su içerir. Mineralin küçülmesi (çekmesi) yaklaşık %1 'dir. Büyük miktardaki üretimler Kaliforniya'da, Nevada ve Montana'da yapılır (Ceramic Industry, 2003).

Steatit; elektroteknikte yalıtkan parçaların üretiminde kullanılan, klasik elektroporselene nazaran çok daha yüksek elektriksel ve mekaniksel dayanıma sahip bir malzeme olması nedeniyle 1930'lu yıllardan itibaren yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Steatit bünyelerin elektroporselene oranla % 25-35 daha yüksek kristal yapıya, % 65-75 ise daha düşük cam fazına sahip olması nedeni ile aşağıdaki tablo aralarındaki farkı açıkça göstermektedir (Birbilen,1995).

Yakın geçmişte ise steatit hammaddelerin gelişen yeni şekillendirme teknolojileri ile (soğuk izostatik presleme, alçak ve yüksek basınçlı enjeksiyon kalıplama) çok değişik formlarda fakat hassas ölçü toleransları ile seri ve ucuz parça üretebilme imkanlarına ulaşılması sonucu elektronik başta olmak üzere ısıtıcı, otomotiv, kimya ve beyaz eşya gibi birçok sanayi dallarında uygulama alanı bulmuşlardır.

Tablo 1. Steatit ve Elektroporselen'in Elektriksel ve Mekaniksel Özellikleri'nin Karşılaştırılması (Birbilen, 1995)

	<b>Elektroporselen (KER 111)</b>	<b>Steatit (KER 221)</b>	<b>Fark</b>
Basma mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	250	900	3.6 kat
Eğilme mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	30	140	4.7 kat
Uzama katsayısı (1/K) (20-600°C arası)	4 - 5.10 <sup>-6</sup>	7 - 9.10 <sup>-6</sup>	1.8 kat
Dielektrik kayıp faktörü(tg8)			
23°C 50 Hz	-	1.5x10 <sup>-3</sup>	-
1-50 MHz	-	1.2x10 <sup>-3</sup>	-

Seramikte ise steatit sabuntaşının esas çamur hammaddesi olarak kullanıldığı bir çamur bileşimi veya başka hammaddelerden gidilerek çamurda oluşan bir bileşim olarak tanımlanır. Steatitin bileşimi 3MgO. 4SiO<sub>2</sub>. H<sub>2</sub>O şeklindedir. Steatit ve talk hammaddeleri, kompozisyonları çeşitli limitler arasında değişen hidrate magnezyum silikatlarının farklı şekilleridir. Mineral, katlı tabakalar halinde ve çok yumuşak ise talk olarak isimlendirilir. Bunun kirli çeşitleri sabuntaşı olarak, daha temiz ve kütle halindeki çeşitleri ise, steatit olarak tanımlanır. Bu durum talk ve steatiti birbirinden ayıran en önemli özelliktir (Arcasoy, 1983).

Steatit terimi; klinoenstatit, protoenstatit ve enstatit gibi farklı formlar için genel olarak kullanılır. Steatit; MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> faz üçgeninde, klinoenstatit bölgesinde bulunmaktadır. Klinoenstatit bölgesi pişme esnasında diğer bölgelere nazaran daha çabuk kristal dengeye ulaşır. Bu da steatitin diğer müspet ana özelliklerinden biridir. Enstatit, steatitin düşük sıcaklıklarda kararlı formudur ve yaklaşık 1040°C'de protoenstatite dönüşür. Bu form ise yüksek sıcaklıklarda kararlıdır. Protoenstatit 850°C sıcaklığın altına hızlıca soğutulursa klinoenstatit formuna dönüşür. Bu seramik bünyeler magnezyum silikattan meydana gelirler. Şayet 1:1 mol oranında magnezyum ve silis seramikte mevcut ise bileşen steatit olarak isimlendirilir. Şayet yine magnezyum ve silis mol oranı 2:1 oranında mevcutsa bu seramik forsterit olarak isimlendirilir. (Arcasoy, 1983).

Steatit üretimi için kullanılacak olan sabuntaşının kimyasal yapısı şöyle olmalıdır. MgO oranı %30'u geçmemelidir. SiO<sub>2</sub> oranı %60-61 ve kızdırma kaybı da yaklaşık %5 dolayında olmalıdır. Doğadan gelen kirlilikler olarak genellikle Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bulunur. Bunların toplam değeri %1-1,5 dolayındadır. Hammadde olarak sabuntaşının plastikliği çok azdır. Çok küçük plaka şeklindeki dağınık kristallerden oluşur ve pişme sırasında da bir doku oluşmaz. Steatit çamuru hazırlamada %80-90 oranında alınan sabuntaşı veya öğütülmüş talka, plastikliği sağlamak amacı ile %5-10 arası kil katkısı yapılır. Böylece MgO-SiO<sub>2</sub> ikili sisteminden, MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> üçlü sistemine geçilir. Bu sistemin ötektik sıcaklığı 1355°C'dir. K<sub>2</sub>O içeren illitik killer ile bu sıcaklık daha da düşer. Kil katkısının çeşitli görevleri vardır. Kuru pres çamurunda tanecikler arasında bağlayıcılık, plastik hazırlanan çamurda ise şekillendirme yeteneğini artırır. Pişme sırasında ise, özellikle illitik killer eriticilik görevi yaparlar. Steatit çamurları yalnızca kil katkısı ile de sinterleştirilerek pişirilebilir. Bunun avantajı, intervalinin geniş olmasıdır. Eritici olarak bileşimlerine %5-10 feldspat katılan çamurlar, normal veya feldspatlı steatit olarak adlandırılırlar (Arcasoy, 1983).

Elektrik enerjisi tüketiminin içerisinde bulunduğumuz yüzyılda hızla artış göstermesi, üretim, iletim ve kullanım safhalarında seramik izolasyon malzemelerine olan talebi de hızla arttırmıştır. Büyük boyutlara ulaşan ihtiyaçlara cevap verebilmek için kurulan hidroelektrik, termik, nükleer enerji vb. gibi santrallerin dağıtım ve iletim ünitelerinde yüksek güçleri taşıyabilecek seramik izolatörlerin yanında, yüksek izolasyon fonksiyonlarına cevap verecek, seramik aksam ve parçaların özelliklerinin iyileştirilmesi ihtiyacı ön plana çıkmıştır. Elektrik enerjisi üretiminin yanında, bu enerjiyi izole edecek seramik yalıtkanlarında özelliklerinin artırılması çalışmaları hız kazanmıştır. Elektro-porselenin bu noktadan itibaren ihtiyaçlara cevap veremediği görülmüş ve 1930'lardan itibaren steatit kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Baykara ve Tekin, 1992).

Elektro-teknik sanayiinde bilhassa alçak gerilim yüksek güç sahasında yaygın olarak kullanılan steatit yalıtkan aksam ve parçaların üretiminde ileri teknolojiye ihtiyaç duyulmakta ve bu sebeple de dünya üzerinde sayılı ülkeler tarafından üretimi sürdürülmektedir. Genel olarak; alçak gerilim izolatörleri (steatit borular, sigorta tijleri) ve terminal boncukları olarak üretilir ve kullanılırlar (Öztürk, 2001).

Seramikler pek çok endüstriyel amaçlar için yaygın olarak kullanılır. Steatit gibi seramikler elektronik ve elektrik cihazları endüstrisinde kullanılır. Bu seramikler çok büyük şekillerde ve boyutlarda oluşturulabilir. Bu seramikler termostat parçaları, yalıtkanlar, elekler, rondelalar, çamaşır makineleri için kullanılabilirler. Ayrıca bu seramikler, ince film boya cihazlarında metal altyapılar için bir porselen kaplama olarak kullanılabilirler (Geçkinli, 2001).

Steatit, kullanım alanına göre 2 ana gruba ayrılır:

-Yüksek mekanik mukavemete ihtiyaç duyulan parçaların üretiminde kullanılan steatitler,

-Çok iyi mukavemetin yanında düşük dielektrik kayıp faktörüne sahip özel steatitler.

Steatit sinterleşmeyi sağlayan malzemelere göre de iki grupta toplanabilir:

-Birinci grup; feldspat veya alkali oksitler ihtiva eden malzemelerle hazırlanmış, reçetelere göre üretilen steatitlerdir. Bunlar genelde konstrüktif amaçlı yüksek mekanik mukavemet isteyen parça üretimi için kullanılır.

-İkinci grup; Baryum karbonat, Stronsiyum karbonat, Magnezyum karbonat gibi alkalilerle hazırlanmış reçetelere göre üretilen steatitlerdir. Genel olarak düşük dielektriksel kayıplar ve yüksek frekansa mukavemet ihtiyacı olan elektroteknik ve elektronik sahada kullanılırlar (Artır, 1998).

Bu çalışmada, K-Feldspat, kaolen, sepiolit, magnezya, kuvars, talk, zirkon gibi farklı hammaddelerden oluşan reçetelerden steatit üretimi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Deney Programı

Bu çalışmanın amacı, farklı hammaddeler kullanılarak hazırlanan üç ayrı reçeteden steatit üretilmesidir. Birinci reçetede Doğa Madencilikten temin edilen talk, Kütahya Porselen'den temin edilen K-feldspat ve bağlayıcılık sağlaması için de kaolen kullanılmıştır. İkinci reçetede kahverengi sepiolit, Kümaş magnezya ve kuvars kullanılmıştır. Üçüncü reçetede ise talk, zirkon ve kaolen kullanılmıştır.

İlk olarak %85 talk, %7.5 K-feldspat, %7.5 kaolen oranlarında hammaddeler alınmış ve porselen değirmende karıştırılmıştır. Bu karışım peletleme makinasında granül hale getirildikten sonra tek yönlü hidrolük preste 50 bar basınç altında preslenmiştir. Preslenen numuneler daha sonra etüvde 105 °C 'de kurutulduktan sonra 1250, 1300, 1350°C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta sinterlenmiştir. İkinci reçetede %85 sepiolit, magnezya ve kuvars karışımı (%73 sepiolit, %10 magnezya, %17 kuvars), %7.5 K-feldspat, %7.5 kaolen aynı şekilde hazırlanarak sinterlenmiştir. Üçüncü reçetede ise %75 talk, %10 ZrSiO<sub>4</sub>, %7.5 K-feldspat, %7.5 kaolen kullanılmıştır.

### 2.2. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Talk, Doğa Madencilik Sanayi ve Ticaret A.Ş. 'den, feldspat Kütahya Porselen'den, kaolen Eczacıbaşı Firması'ndan, magnezya Kümaş A.Ş. 'den, sepiolit. Eskişehir Dolsan Firması'ndan, kuvars Güral Cam Fabrikası'ndan, zirkon "zircosil five"

ise Johnson Matthey (England) Firması'ndan temin edilmiş olup bunların kimyasal analizleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Deneylerde Kullanılan Hammaddelerin Kimyasal Analizleri.

	Talk	K.Feldspat	Kaolen	Mag- nezya	Sepiolit	Kuvars	Zirkon
SiO <sub>2</sub>	59.24	67.71	57.15	1.11	46.99	100	34.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	18.07	21.36	0.01	8.48	-	0.50
MgO	31.40	0.99	0.80	96.47	21.77	-	-
CaO	0.55	0.80	0.55	1.90	6.99	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.68	0.21	Eser	0.41	0.70	-	0.07
K <sub>2</sub> O	-	11.72	-	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> O	-	2.74	-	-	-	-	-
TiO <sub>2</sub>	-	Eser	-	-	0.15	-	0.10
ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	64
A.Z.	6.14	1.59	16.27	-	16.74	-	-

### 2.3. Deney Numunelerinin Hazırlanması

#### 2.3.1. Karışım Hazırlama

Hammadde karışımları yapılırken kuru hammadde baz alınarak hesaplar yapılmıştır. Karışım oranları Tablo 2.2 de görülmektedir.

Tablo 2.2. DeneYlerde Kullanılan Reçeteler

Hammadde (%)	R1-feldspatlı	R2-sepiolitli	R3-zirkonlu	Karışım
Talk	85	-	75	-
Feldspat	7.5	7.5	7.5	-
Kaolen	7.5	7.5	7.5	-
Sepiolit	-	-	-	73
Magnezya	-	-	-	10
Kuvars	-	-	-	17
Zirkon	-	-	10	-
Karışım	-	85	-	-

Hammaddeler gereken miktarlarda tartılarak karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi homojenizasyonu sağlayabilmek için porselen değirmende ve alümina bilyalar kullanılarak yapılmıştır. Porselen değirmende karıştırma işlemi 1 saat süreyle yapılmıştır.

### 2.3.2.Şekillendirme

Kuru karışıma %5 oranında su katılarak nemlendirilmiş ve peletleme makinasında granül hale getirilmiştir. Nemlendirilmiş toz 10 'ar gr tartılmış ve nemini kaybetmemesi için poşete konmuştur. Şekillendirme işlemi tek etkili preste 50 kg/cm<sup>2</sup> basınç altında yapılmıştır. Şekillendirilmiş numuneler 100 °C sıcaklıkta 1 saat süreyle kurutulmuştur.

### 2.3.3.Sinterleme

Hazırlanan numuneler Nabertherm marka fırında 1250, 1300, 1350°C sıcaklıklarda, 5°C/dk. hızla hava atmosferinde ve 2 saat süre ile sinterlenmiştir.

### 2.3.4.Karakterizasyon

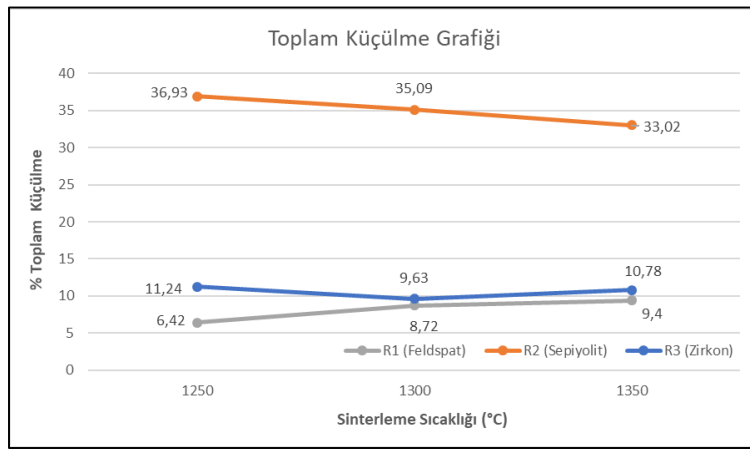
Numunelere toplam küçülme, su emme, üç nokta eğme mukavemeti, sertlik testleri uygulanmış, XRD cihazıyla mineralojik bileşimleri incelenmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Toplam Küçülme Deneyi Sonuçları

Toplam küçülme değerlerinin sıcaklıkla değişimi Şekil 3.1.' de verilmiştir.

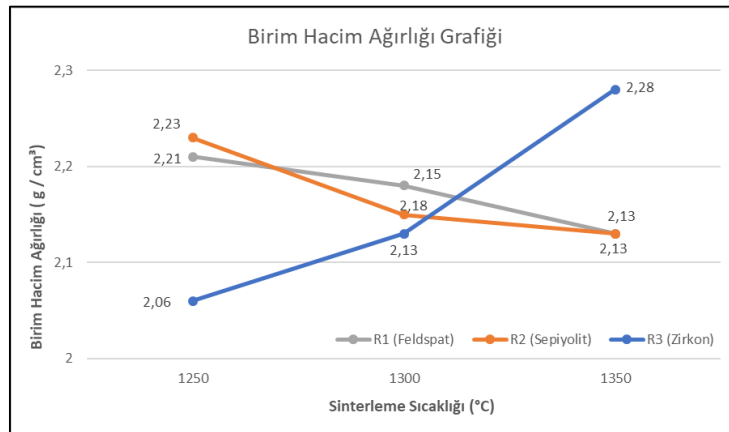
Şekil 3.1'deki sonuçlar incelendiğinde artan sıcaklıkla birlikte feldspatlı reçetede toplam küçülmenin arttığı, sepiolitli reçetede ise azaldığı, zirkonlu reçetede ise önce biraz azaldığı, sonra tekrar yükseldiği görülmektedir.



Şekil 3.1. Toplam Küçülme % 'lerinin Sıcaklıkla Değişimi

#### 3.2. Birim Hacim Ağırlığı

Hacim ağırlığının sıcaklıkla değişimi Şekil 3.2'de verilmiştir.

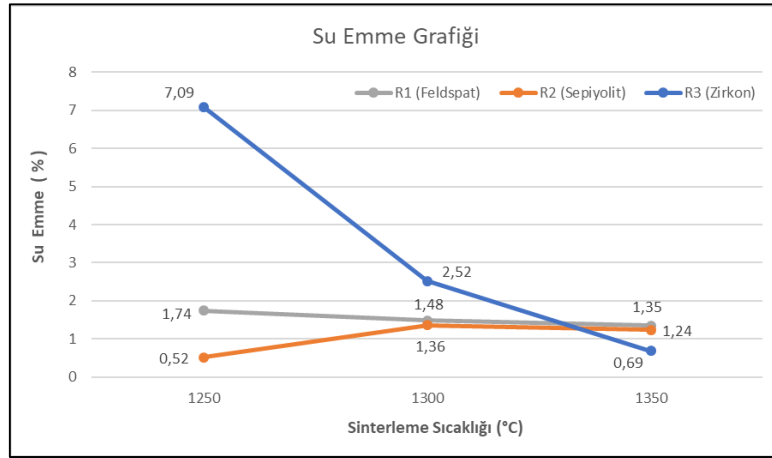


Şekil 3.2. Birim Hacim Ağırlığı'nın Sıcaklıkla Değişimi

Şekil 3.2.'deki sonuçlar incelendiğinde artan sinterleme sıcaklığı ile 1. ve 2. reçetede birim hacim ağırlığında azalma, 3. reçetede ise artma meydana gelmiştir.

### 3.3. Su Emme Deney Sonuçları

% Su emme değerlerinin sıcaklıkla değişimi Şekil 3.3.'de verilmiştir.



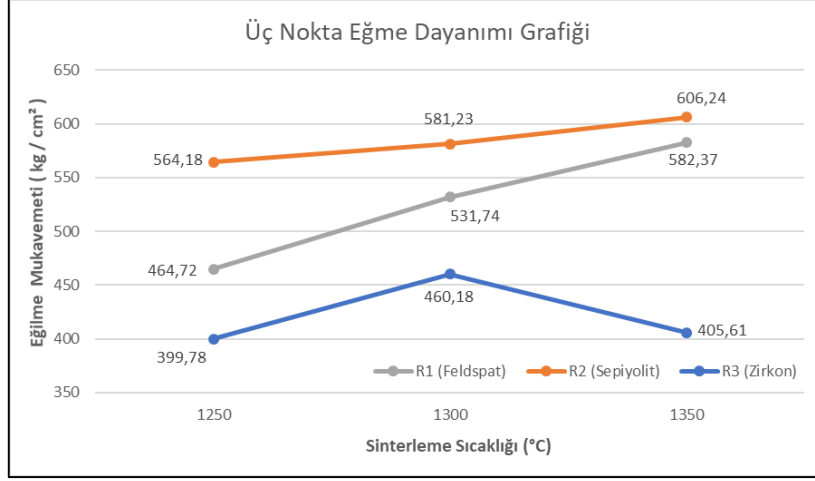
Şekil 3.3. % Su Emme Değerleri'nin Sıcaklıkla Değişimi

Şekil 3.3.'de görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça feldspatlı ve zirkonlu reçetelerde su emme değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu beklenen bir olaydır. Sinterleme sıcaklığı arttıkça sıvı faz yüzdesi artarak gözenekleri doldurabilir veya artan sıcaklıkla tanelerin birbirlerine bağlanması arttığı için numunelerin porozitesi azalmış olabilir. Fakat sepiyolit kullanılan 2. reçetede sıcaklık artışı ile birlikte su emme değerlerinde artış meydana gelmiştir.

### 3.4. Üç Nokta Eğme Dayanımı

Üç nokta eğme dayanımının sıcaklıkla değişimi Şekil 3.4.'de verilmiştir.

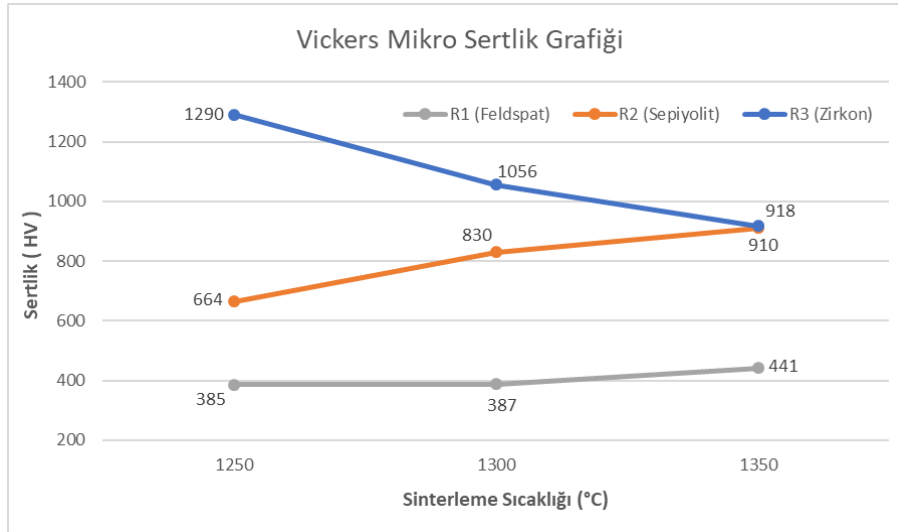
Şekil 3.4.'de görüldüğü gibi sıcaklık artışı ile birlikte 1. ve 2. reçetede üç nokta eğme dayanım değerlerinde artış görülmüştür. Fakat üçüncü reçetede sıcaklık artışı ile birlikte önce üç nokta eğme dayanımı artmış, sonra azalmıştır.



Şekil 3.4. Üç Nokta Eğme Dayanımı Değerleri'nin Sıcaklıkla Değişimi

### 3.5. Mikrosertlik

Vickers mikro sertlik değerlerinin sıcaklıkla değişimi Şekil 3.5.'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Vickers Mikro Sertlik Değerleri'nin Sıcaklıkla Değişimi

Şekil 3.5'de sunulan veriler incelendiğinde sinterleme sıcaklığı arttıkça, mikro sertlik değerlerinde 1. reçetede çok büyük bir değişikliğin olmadığı, 2. reçetede artış olduğu, 3. reçetede ise azalma meydana geldiği görülmektedir.

### 3.6. XRD Analizi Sonuçları

1250, 1300 ve 1350°C 'lerde sinterlenmiş feldspatlı, sepiolitli ve zirkonlu reçetelerin XRD paternleri sırasıyla Şekil 3.6, 3.7 ve 3.8'de verilmiştir.

Şekil 3.6'da verilen feldspatlı reçetelerin XRD paternleri incelendiğinde  $2\theta = 22^\circ$ 'de görülen pik kristobalite ait piktir. Bu pikin şiddetinin artan sinterleme sıcaklığı ile azaldığı görülmektedir. Diğer pikler steatit pikleridir.

Steatit'in 100'lük şiddetindeki pik  $2\theta = 28^\circ$  de görülmektedir. Artan sinterleme sıcaklığı ile steatitin pik şiddetlerinde artış görülmektedir. 1250 ve 1300°C 'lerde sinterlenmiş numunelerin pikleri çatal pik şeklinde iken 1350°C'de sinterlenmiş numunede çatal pik görüntüleri kaybolmuştur. 1300 ve 1350 °C'lerde sinterlenmiş numunelerin  $2\theta = 28^\circ$ 'deki pik şiddetleri aynı iken  $2\theta = 31^\circ$ 'deki piklerin şiddetlerinin farklı olduğu, 1350°C'de sinterlenmiş numunenin şiddetinin daha yüksek olduğu görülmektedir.  $2\theta = 33^\circ$  ve  $35^\circ$ 'deki piklerin şiddetinde de benzer durumlar görülmektedir.  $2\theta = 35^\circ$ 'deki piklerin şiddetleri aynı iken  $2\theta = 33^\circ$ 'deki piklerin şiddetleri farklı olup artan sinterleme sıcaklığı ile şiddet artmıştır. Bu durum steatit bün-yede ikinci farklı bir fazın bulunması anlamına gelebilir.

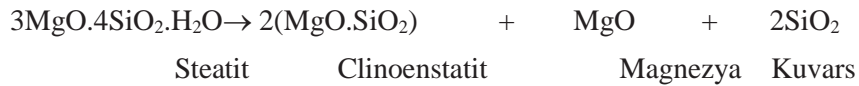
Şekil 3.7'de sunulan sepiolitli reçetelerin XRD paternleri incelendiğinde steatitin %'lük şiddetindeki piki  $2\theta = 28^\circ$ 'de görülmektedir. Artan sinterleme sıcaklığı ile steatitin pik şiddetlerinde önce artma sonra azalma görülmektedir.

$2\theta = 26.5^\circ$ 'da kuvarsin 100 şiddetindeki piki görülmektedir.

$2\theta = 31^\circ$ 'de görülen clinoenstatit ve enstatit piklerin şiddetlerinde de artan sinterleme sıcaklığı ile önce azalma sonra artış meydana gelmektedir.

$2\theta = 43^\circ$ 'de periklas (MgO)'ın 100'lük şiddetindeki piki görülmektedir. Artan sinterleme sıcaklığı ile bu pikin şiddetinde önce azalma sonra artış meydana gelmektedir.

Yukarıdaki açıklamalar sonucu maximum miktarda steatit oluşumunun 1300°C'de gerçekleştiği, sıcaklığın 1350 °C'ye çıkması ile aşağıdaki reaksiyonlarda açıklanmaya çalışıldığı gibi oluşan steatitin bir kısmının parçalandığı clinoenstatite, kuvars ve magnezyaya dönüştüğü, bu nedenle de 1300°C'ye göre 1350°C'de clinoenstatit, kuvars ve magnezya fazlarının miktarlarında artışlara neden olduğu söylenebilir.

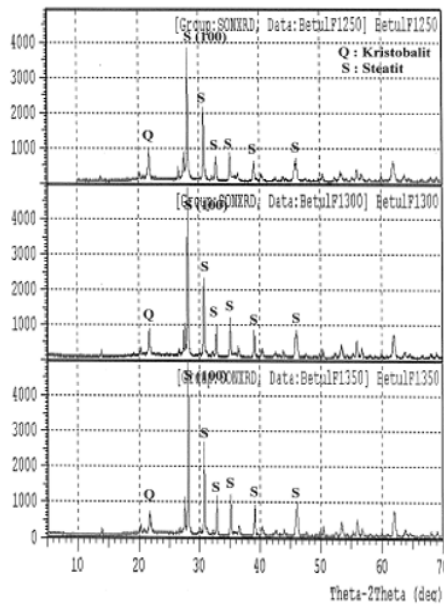


Şekil 3.7’de sunulan zirkonlu reçetelerin XRD paternleri incelendiğinde steatitin %’lük şiddetindeki piki  $2\theta = 28^\circ$  de görülmektedir. Artan sinterleme sıcaklığı ile steatitin pik şiddetlerinde artma görülmektedir.

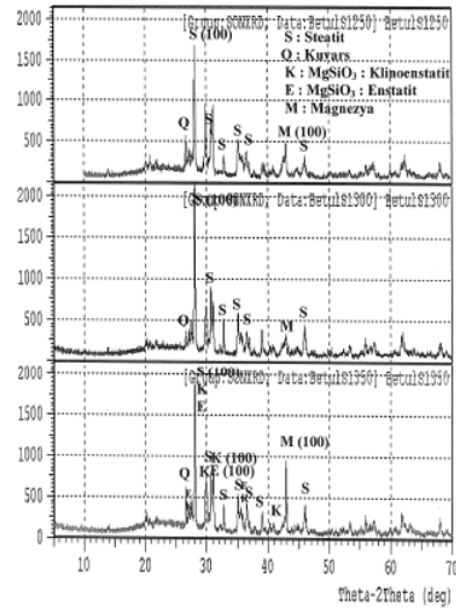
$2\theta = 26.5-27^\circ$  aralığında zirkonun 100’lük şiddetindeki piki görülmektedir. Artan sinterleme sıcaklığı ile zirkon piklerinin şiddetlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da steatit oluşumuna giren zirkon miktarının artması anlamına gelmektedir.

$2\theta = 22^\circ$ ’de görülen pik kristobalite ait piktir. Bu pikin şiddetinin artan sinterleme sıcaklığı ile azaldığı görülmektedir.

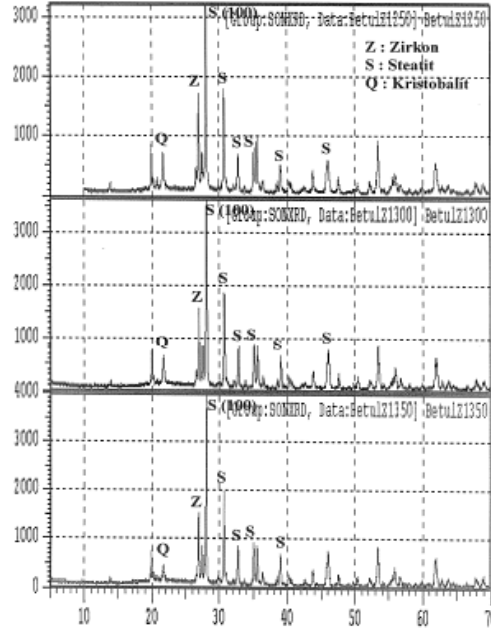
$2\theta = 25^\circ$ ’de görülen pik tayin edilememiştir. Bu pik civarında zirkonun parçalanması sonucu oluşan zirkonya piki bulunması gerekirdi, halbuki bu pikler görülmemektedir. Bu da zirkonya’nın başka bir bileşik oluşturduğu anlamına gelmektedir



Şekil 3.6. 1250, 1300 ve 1350°C’lerde Sinterlenmiş Feldspat’lı Reçetelerin XRD Paternleri



Şekil 3.7. 1250, 1300 ve 1350°C’lerde Sinterlenmiş Sepiolit’li Reçetelerin XRD Paternleri



Şekil 3.8. 1250, 1300 ve 1350°C 'lerde Sinterlenmiş Zirkon'lu Reçetelerin XRD Paternleri

#### 4. SONUÇ

Kalsiyum içeriği çok az olan farklı hammaddeler kullanılarak laboratuvar koşullarında feldspatlı, sepiolitli ve zirkonlu steatit üretimleri ve karakterizasyonları yapılmıştır. Numuneler 1250, 1300 ve 1350°C 'lerde 2 saat süre ile sinterlenmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde sinterleme sıcaklığı arttıkça;

- Feldspatlı reçetede toplam küçülmenin arttığı, sepiolitli reçetede ise azaldığı, zirkonlu reçetede ise önce biraz azaldığı, sonra tekrar yükseldiği görülmüştür.
- 2. reçetede birim hacim ağırlığında azalma, 3. reçetede ise artma meydana gelmiştir.
- 1 ve 2. reçetede üç nokta eğme dayanım değerlerinde artış görülmüştür. Fakat üçüncü reçetede ise önce artmış, sonra azalmıştır.
- Mikro sertlik değerlerinde 1. reçetede de bir değişikliğin olmadığı, 2. reçetede artış olduğu, 3. reçetede ise azalma meydana geldiği görülmüştür.
- Feldspatlı reçetelerin xrd paternlerinde artan sinterleme sıcaklığı ile steatitin pik şiddetlerinde artış meydana gelmiştir.

- Sepiolitli reçetelerde maximum miktarda steatit oluşumunun 1300°C’de gerçekleştiği, sıcaklığın 1350°C’ye çıkması ile oluşan steatitin bir kısmının parçalandığı clinoenstatite, kuvars ve magnezyaya dönüştüğü görülmüştür.
- Zirkonlu reçetelerde artan sinterleme sıcaklığı ile steatitin pik şiddetlerinde artış olmuştur.

### KAYNAKLAR

- ARCASOY, A. (1983). Seramik Teknolojisi. Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları, İstanbul.
- ARTIR, R. (1998). Türkiye’de Seramik Mühendisliği Öğretimine Genel Bir Bakış, Uluslararası Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Eskişehir.
- BAYKARA, T. ve TEKİN, A. (1992). Tübitak Mam Malzeme Araştırma Bölümünde İleri Teknoloji Seramikleri Üzerine Bilimsel ve Endüstriyel Çalışmalar, Uluslararası Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı.
- BİRBİLEN, M. (1995). 2000’li Yıllara Doğru Teknik Seramikler Teknolojilerinde Gelişmeler, Kaleporselen Elektroteknik San. A.Ş., İstanbul.
- Ceramic Industry (2003). Special Section: Brick and Clay Record, Materials Handbook.
- GEÇKİNLİ, E. (1991). İleri Teknoloji Malzemeleri, İ.T.Ü. Matbası, Gümüssuyu, İstanbul.
- ÖZTÜRK, E. (2001). Sepiolit ve Gibsit Kullanılarak Kordiyerit Üretimi, A.K.Ü. Mühendislik Fakültesi Seramik Mühendisliği Bölümü Lisans Tezi, Afyonkarahisar.

# NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) STANDARTLARININ ENDÜSTRİ ALANLARINA UYGULANMASI

**Dr. Öğr. Üyesi Erhan TAŞKIN**  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**ÖZET:** Nesnelerin interneti (IoT) teknolojileri hızlı bir ivmeyle gelişmekte ve farklı uygulama alanları olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıllı evler, akıllı binalar, akıllı şehirler, bağlı araçlar, giyilebilir teknolojiler ve sağlık alanlarının yanında en önemli uygulama alanlarından biri de endüstriyel uygulamalardır. Makineler arası iletişim (M2M) teknolojileri endüstride otomasyonu farklı bir boyuta taşımıştır. Ancak bu alandaki asıl dönüşümün Nesnelerin İnterneti teknolojileriyle olacağı öngörülmektedir. Endüstri 4.0 dönüşümü bu düşünceyi desteklemektedir. Bu yaklaşımda ifade edilen akıllı üretim ve karanlık fabrikalar gibi konseptler Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) teknolojileri sayesinde gerçekleştirilecektir. IoT teknolojilerinin uygulanmasında, yaygınlaşmasında ve gelişmesinde standartların oluşturulması önemlidir. Günümüzde birçok IoT standardı bulunmaktadır. Bu çalışmada IoT alanındaki en önemli standartlardan biri olan oneM2M standartlarının endüstri alanlarında nasıl uygulanabileceği konusu ele alınmaktadır. Standartlara uyumlu sistemlerin tasarlanması makineleri, fabrikaları, diğer işletmeleri ve yardımcı uygulamaları birlikte çalışabilir hale getirecektir. Uçtan uca entegrasyon sağlanarak, farklı uygulamaların geliştirilmesi için de altyapı sağlanacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Nesnelerin İnterneti (IoT), Makineler Arası İletişim (M2M), Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT)

## **Application of Internet of Things (IoT) Standards to Industry Domains**

**ABSTRACT:** Internet of things (IoT) technologies are developing rapidly and appear as different application domains. In addition to smart homes, smart buildings, smart cities, connected vehicles, wearable technologies and health areas, one of the most important application domains is industrial applications. Machine-to-Machine communication (M2M) technologies have taken automation to a different dimension in the industry. However, it is predicted that the real transformation in this area will be with the Internet of Things (IoT) technologies. Industry 4.0 transformation supports this idea. Concepts such as

smart manufacturing and dark factories expressed in this approach will be realized through the Industrial Internet of Things (IIoT) technologies. It is important to create standards in the application, spread and development of IoT technologies. Today, there are many IoT standards. This study examines how oneM2M standards, one of the most important standards in the field of IoT, can be applied in industry. Designing standards-compliant systems will make machines, factories, other businesses and utilities interoperable. By providing end-to-end integration, infrastructure will be provided for the development of different applications.

**Keywords:** Internet of things (IoT), Machine-to-Machine Communication (M2M), Industrial Internet of Things (IIoT)

## 1.GİRİŞ

Nesnelerin İnterneti, hayatın içinde yer alan bir kavram haline gelerek uygulamalarıyla günlük yaşamda daha fazla karşımıza çıkmaktadır. Gelişmesini hızlı bir şekilde devam ettirmesine rağmen beklenen düzeye erişebilmesi bazı problemlerin çözülmesi ile mümkün olabilecektir. Nesnelerin internetinin, yeni sistemleri destekleme ve onlara bir temel oluşturma işlevlerine ek olarak mevcut eski sistemlerin de bu ekosistemin bir parçası olmasının sağlanması bahsedilen problemlerin başında yer almaktadır. 2015 yılında ilk sürümü yayımlanan oneM2M standartları bu alandaki problemleri adreslemektedir. Yeni tasarlanacak IoT sistemleri için temel oluşturmalarının yanında, önceki sistemler ile nasıl birlikte çalışabilecekleri ile ilgili çözümler de sunulmaktadır (Yun vd.,2016).

oneM2M, üreticilerin kendi altyapılarını kullanarak geliştirdikleri çözümlerin farklı çözümlere entegre olabilmesi, yeni hizmetlerle güçlendirilmesi, yeni verilerle ve teknolojilerle desteklenmesiyle küresel anlamda bağımsız çalışabilir ve kullanılabilir hale gelebilmesi için standart ortak hizmetler ve katmanlar tanımlayan global bir girişimdir (Swetina vd.,2014).

Dünyanın önde gelen sekiz bilgi ve iletişim teknolojileri standart belirleme otoritesi, bir küresel forumu ve çok farklı sektörlerden yaklaşık 200 şirket oneM2M girişimi içerisinde yer almaktadır (oneM2M, 2020a). Bu organizasyonda belirlenen standartlar önceki çalışmalara konu olmuş ve oneM2M bileşenleri, ortak servisleri, mimarisi, kullanılan protokoller, güvenlik katmanları detaylı olarak anlatılmıştır (Gezer ve Taşkın, 2016).

## 2.ENDÜSTRİYEL NESNELERİN İNTERNETİ

Endüstriyel nesnelerin interneti (IIoT), mevcut otomasyon sistemleri ve bunların bileşenlerini nesnelerin interneti teknolojileriyle kullanılarak kapalı bir sistem olmaktan çıkarıp daha esnek veri yönetimi ve analizi yapılabilmesine imkan sağlamayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu sayede hassas kontrol ve izleme, verimlilik artırma, optimizasyon ile daha iyi otomasyon gibi potansiyel özellikler sistemlere eklenebilmektedir (Boyes vd.,2018).

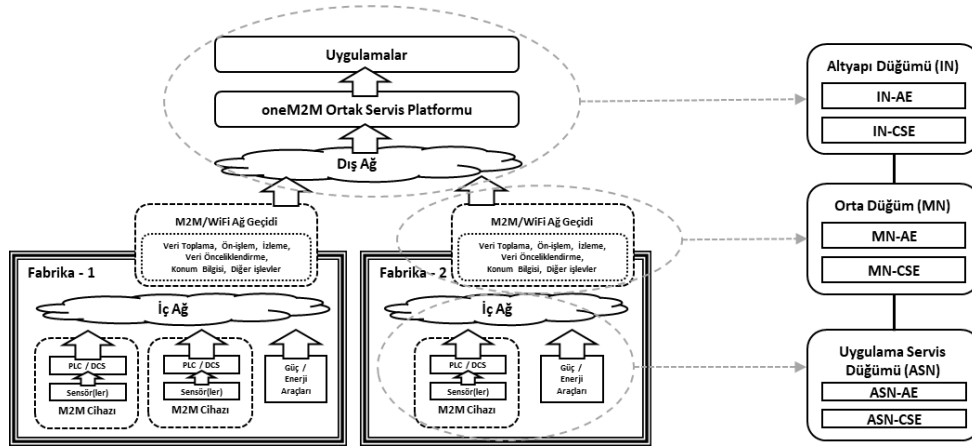
IoT sistemlerinde olduğu gibi, endüstriyel IoT sistemleri için de özelliklerin ortak olarak oluşturulması, farklı sistemlerin bir arada çalışmasının sağlanması, bulut ve sis bilişim teknolojilerinin veri yönetiminde kullanılabilmesi için bazı standartların tanımlanması gerekmektedir. IoT için geliştirilen birçok standart, endüstri alt alanı için de bazı çalışmaları içermektedir. IoT standart çalışmalarının endüstriyel uygulamalar için katkıları bazı çalışmalarda detaylı olarak incelenmiştir (Bilik ve Topçubaşı, 2018). Burada IIoT'nin yaygınlaşması ve dijital dönüşüm projelerinde uygulanabilmesi için oluşturduğu Endüstriyel İnternet Referans Mimari (IIRA) modeli ile Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu (IIC) dikkat çekmektedir. IIRA, işletme, kullanım, fonksiyonel ve uygulama yönlerinden bakış açıları oluşturarak IIoT kullanım durumlarının incelenmesine ve olası problemlerin tanımlanmasına imkan sağlamıştır (IIC, 2019a).

## 3.ENDÜSTRİ ALANLARI İÇİN oneM2M STANDARTLARI

Birçok mevcut endüstriyel uygulamada fabrikalar arası ya da fabrikaların merkezleri ile olan bilgi alışverişleri insan desteğine ihtiyaç duymaktadır. M2M teknolojilerinde insan etkileşimi olmadan fabrika içindeki makinelerden bilgiler anlık olarak alınabilir, üretim esnasında bu bilgiler kullanılarak otomasyon süreçlerine katkıda bulunabilir. Fakat gelecekteki pazar ihtiyaçları düşünüldüğünde karmaşık gereksinimlerin karşılanması için farklı yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. M2M sistemleri ile, fabrikalar arasında etkili bir iş birliği sağlamak için eşzamanlı olarak bazı bilgiler toplanabilir. Bu toplanan verilerin toplu olarak işlenmesi tüm işletmeler için daha doğru ve daha çok örnek içeren analiz sonuçları elde edilmesini sağlayabilmektedir. Üretim yapan işletmeler merkezlerinden, yerel veya küresel hizmetlerinin verimliliğini artırmak için tüm fabrikalardan alınan saha verilerini kullanarak ve bulut bilişim gibi diğer destek sistemleriyle en doğru kararları verebilmelerini beklemektedirler (oneM2M, 2020b).

Gelecekte, lojistik ve enerji yönetim sistemleri gibi daha fazla endüstri ile ilgili alanın, M2M sistemine bağlanabileceği öngörülmektedir. Bu da endüstri alanında sadece fabrika içindeki makinelerden bağlı bir sistemin çok ötesinde birçok hizmetin

birbiriyle entegre olduğu ve çok farklı bütünlük servislerin sunulacağı karmaşık alt-yapılar oluşturulacaktır. oneM2M mimarisinin genel yapısı, uygulama, ortak hizmetler ve temel ağ hizmetleri katmanlarından oluşan yatay bir platform sağlamaktadır. Diğer dikey sistemler bu platform üzerinde çalışacağından, endüstri alanlarında geliştirilecek sistemlerin oneM2M mimarisiyle entegrasyonunu dikkate alarak tasarlamak oldukça önemlidir (oneM2M, 2020b). Bir fabrika içerisinde yer alan sistemlerin oneM2M mimarisinde ifade edilen model ile eşleştirilmesi Şekil 1’de gösterilmektedir:

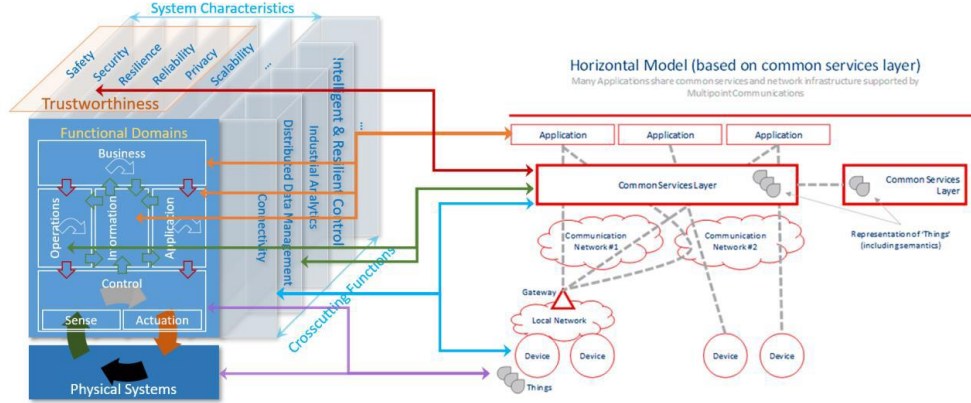


Şekil 2- oneM2M'in Endüstriyel Uygulama Alanlarında Kullanımı

oneM2M mimarisi diğer endüstriyel standartları da içine alarak odak noktalarını aşağıdaki maddeler ile belirlemiştir (oneM2M, 2020b):

- Veri yönetimi ve analizi
- Gerçek zamanlı komuta ve kontrol
- Bağlantı
- Güvenlik

Endüstriyel uygulama alanları kapsamında IIoT otoritesi IIC ile oneM2M arasında 2019 yılının sonunda ortak bir çalışma başlatılmıştır. Bu çalışma sonucunda ortaya çıkan teknik raporda IIRA ile oneM2M mimari bileşenleri ve servisleri eşleştirilerek bu iki yapının IIoT sistemlerinde nasıl kullanılabileceğiyle ilgili iş birliği gerçekleştirilmiştir (IIC, 2019b). Şekil 2. IIRA fonksiyonları ile oneM2M servislerinin eşleştirilmesini göstermektedir.



Şekil 3- IIRA - oneM2M eşleştirmesi (Kaynak:IIRA v1.9)

## SONUÇ

Uygulama ve gerçek saha verilerinin değerlendirilmesi ile oluşturulan IIRA ile büyük bir girişim olan oneM2M standartlarının birlikte değerlendirildiği rapor, endüstri alanında yapılan standart belirleme çalışmalarının farklı kullanım senaryolarına göre uygulanabileceğini göstermektedir. Bu amaç doğrultusunda standart otoritelerinin birlikte çalışarak tecrübelerini paylaşmaları, sahadan gelecek verileri de değerlendirerek standartların yeni versiyonlarında bunları da içermeleri önemlidir.

Gerçekleştirilen bu yeni çalışmalar sonucunda; IoT güvenlik yaklaşımları ve çözümleri, semantik birlikte çalışabilirlik, endüstriyel IoT yeni kullanım senaryoları, kenar bilişim, sis bilişim yaklaşımları, ağ ve bağlantı çözümleri ve en iyi uygulama senaryoları konularında işbirliklerinin devam etmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKÇA

- Yun, J., Teja, R. C., Chen, N., Sung, N. M., & Kim, J. (2016, October). Interworking of oneM2M-based IoT systems and legacy systems for consumer products. In 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC) (pp. 423-428). IEEE.
- Swetina, J., Lu, G., Jacobs, P., Ennesser, F., & Song, J. (2014). Toward a standardized common M2M service layer platform: Introduction to oneM2M. *IEEE Wireless Communications*, 21(3), 20-26.
- oneM2M (2020a). "List of Partners in oneM2M", <http://onem2m.org/about-onem2m/partners>, 20.03.2020
- Gezer, C., & Taşkın, E. (2016, May). An overview of oneM2M standard. In 2016 24th signal processing and communication application conference (SIU) (pp. 1705-1708). IEEE.
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*, 101, 1-12.
- Bilik İ, Topcubasi N. (2018). Nesnelerin İnterneti Standart Çalışmalarının Endüstriyel Dönüşüm Sürecine Olan Katkılarının İncelenmesi. *IRDITECH 2018*, 183-186
- IIC (2019a). "The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture", <https://www.iiconsortium.org/IIRA.htm>, 20.03.2020
- oneM2M (2020b). "Industrial Domain Enablement", <http://member.onem2m.org/Application/documentapp/downloadLatestRevision/default.aspx?docID=29334>, 20.03.2020
- IIC (2019b), "Advancing the Industrial Internet of Things", [https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC\\_oneM2M\\_Whitepaper\\_final\\_2019\\_12\\_12.pdf](https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC_oneM2M_Whitepaper_final_2019_12_12.pdf), 20.03.2020

# ANTEN SERVO SİSTEMİ İÇİN PID, KAYAN KIPLİ VE LQG KONTROLCÜ TASARIMI VE PERFORMANS KIYASLAMASI

Yılmaz ÜTÜK

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Prof. Dr. Coşkun KASNAKOĞLU

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

**ÖZET:** Antenler, elektromanyetik dalgalardan istifade ederek uzun mesafeler arasındaki veri iletişimini sağlayan sistem elemanlarıdır. Günümüzde sivil ve askeri uygulama alanlarında, özellikle haberleşme ve radar sistemlerinde antenler yaygın olarak kullanılmaktadır. Hassasiyet ve takip doğruluğunun önemli olduğu bu çalışmalarda anten birimini yönlendiren servo kontrol sistemleri kullanılır. Doğru akım motoru, konum ve hız kontrolü gerektiren servo sistem uygulamalarında önemli bir tahrik unsurudur. Başarılı performans sunması, yüksek verimlilik sağlaması ve kolay bir şekilde kontrol edilebilmesi sayesinde pek çok uygulamada doğru akım motorlarından faydalanılmaktadır. Pratik uygulamalarda sistemler gürültü ve titreşim gibi çeşitli bozucu etkenlere maruz kalabilmektedir. Yine benzer etkenlerden dolayı sistem birimlerinde parametreler zamanla değişebilir veya tam olarak bilinmeyen parametrelerle modelleme yapılması sebebiyle sistemde belirsizlikler oluşabilmektedir. Bu sebeple hassasiyet gerektiren servo sistemlerde kullanılan denetim yönteminin iyi seçilmesi gerekir. Bu kapsamda, kullanılan denetim yöntemlerinin daha hızlı tepki gösterme, bozuculara ve belirsizliklere karşı dayanıklı olmak gibi davranış sergilemeleri istenir.

Bu çalışmada, matematiksel modeli çıkarılan anten servo sistemi için geleneksel bir kontrol türü olan PID, dayanıklı doğrusal olmayan bir kontrol türü olan kayan kipli kontrol ve bir optimal kontrol türü olan doğrusal karesel Gaussian (LQG) yöntemleri ile kontrolcü tasarımı yapılmış, tasarlanan kontrolcülerin benzetim ortamında uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Benzer uygulamalar pratikte karşılaşılabilecek bozucu ve belirsizlik içeren benzetim ortamlarında da yapılarak kontrolcülerin gürbüzlüğü değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tasarlanan kontrolcülerin performansları karşılaştırılarak anten servo sisteminde kullanılacak en uygun kontrol yöntemi kayan kipli kontrolcü olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** DA Servo Sistem, Kayan Kipli Kontrol, LQG Kontrol, Bozucu, Belirsizlik

## **PID, Sliding Mode and LQG Controllers Design for Antenna Servo System and Performance Comparison**

**ABSTRACT:** Antennas are system elements that make use of electromagnetic waves and provide data communication between long distances. At the present time, antennas which are widely used in civil and military applications, especially in communication and radar systems. Servo control systems that direct the antenna unit are used in these studies where sensitivity and tracking accuracy are important. Direct current motor is an important drive element in servo system applications that require position and speed control. Thanks to their successful performance, high efficiency and ease of control, direct current motors are used in many applications. In practical applications, systems can be exposed to various disturbances such as noise and vibration. Again, due to similar factors, parameters may change over time in system units, or uncertainties may occur in the system due to modeling with unknown parameters. For this reason, the control method that is used in servo systems that require precision should be chosen well. In this context, it is required that the control methods behave quick response, robust against disturbances and uncertainties.

In this study, controller design has been made with PID, which is a traditional control type, with sliding mode control, which is a nonlinear control type and with linear quadratic Gaussian (LQG), which is an optimal control type for the antenna servo system whose mathematical model has been determined. The designed controllers have been implemented in simulation environment. Similar applications have been carried out in simulation environments, which can be encountered in practice, which are disturbance and uncertainty, with results the robustness of the controllers have been evaluated. As a result of the obtained responses, the most appropriate control method that can be used in the antenna servo system has been determined as sliding mode controller by comparing the performances of the designed controllers.

**Keywords:** DC Servo System, Sliding Mode Control, LQG Control, Disturbance, Uncertainty

## **1. GİRİŞ**

Haberleşme ve radar sistemleri gibi sivil ve askeri uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılan antenler, hedeflere ve birbirleriyle veri iletişimde buldukları diğer antenlere yönlenebilmek amacıyla servo sistemlerden yararlanırlar. Hassasiyet ve takip doğruluğunun önemli bir rol oynadığı bu işlem için model tabanlı kontrol yöntemleri kullanılmaktadır (Gawronski, 2004). Bu kapsamda DA servo motor tabanlı kontrolcülerden yararlanılmakta olup bu kontrolcüler, çeşitli amaçlar doğrultusunda tasarlanan antenleri otomatik olarak yönlendirmek amacıyla uzun zamandan beri kullanılır (Hoi vd., 2015).

Konum kontrolü yapan sistemler özellikle son yıllarda anten, robotik, navigasyon ve makine tezgâhı uygulamalarında sıklıkla kullanılmakta olup genel olarak bir giriş komutunu bir çıkış komutuna dönüştüren elektromekanik sistemlerdir (Nise, 2015). Konum kontrol sistemleri, geri beslemeli bir yapıya sahip olup sistemin girişi ile çıkışından gelen sinyalleri karşılaştırarak bir hata sinyali oluşturur. Oluşan hata sinyalini sıfıra getirmeyi, yani verilen girişe karşılık istenilen çıkışı elde etmeyi amaçlayan bu sistem, giriş ve çıkış konumları eşit oluncaya kadar yönlendirme yapar. Bu kapsamda, anten yönlendirmesinin yapılabilmesi amacıyla servo motor tabanlı konum kontrol sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Mekanizmalar üzerinde istenilen kontrolün gerçekleştirilebilmesi amacıyla çeşitli kontrol yöntemleri kullanılmaktadır. Genel olarak daha hızlı tepki gösterme, bozuculara ve belirsizliklere karşı dayanıklı olmak gibi koşullar doğrultusunda tasarlanan kontrolcüler, kullanıldıkları sistemin arzu edilen davranışı göstermelerini sağlarlar.

Bu çalışmada, matematiksel modeli çıkarılan anten servo sisteminin hızlı tepki göstermesi, bozucu ve belirsizliklere karşı dayanıklı olması hedeflenerek sistemin çıkışı olan konumu kontrol etmek amacıyla PID, kayan kipli kontrol ve doğrusal karesel Gaussian (LQG) yöntemleri ile kontrolcü tasarımı yapılmış, tasarlanan kontrolcülerin benzetim ortamında uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde, tasarlanan kontrolcülerin performansları karşılaştırılarak anten servo sisteminde kullanılacak en uygun kontrol yöntemi belirlenmiştir.

Çalışmanın Bölüm 2’de yer alan kısmında doğru akım motoru ve anten servo sistemi modeli açıklanmış ve sistemin tasarımı yapılmıştır. Bölüm 3’te çalışmada kullanılan kontrol yöntemleri hakkında genel bilgi verilmiştir. Bölüm 4’te tasarlanan kontrolcülerin çeşitli ortamlardaki benzetim çalışmaları yapılmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bölüm 5’te analiz sonuçlarına göre yapılan çıkarımlar anlatılmış, anten servo sisteminde kullanılacak en uygun kontrolcü belirlenmiştir.

## **2. ANTEN SERVO SİSTEMİNİN MODELLENMESİ**

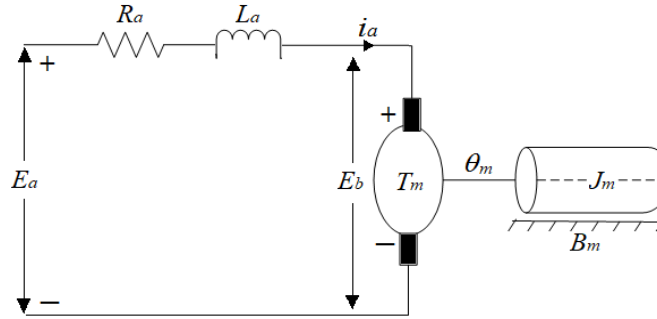
Bu çalışmada ilk olarak doğru akım motorunun durum uzay modeli elde edilmiştir. Daha sonra doğru akım motorundan yararlanılarak kontrol edilmesi planlanan anten servo sisteminin modeli oluşturulmuştur.

### **1.1. Doğru Akım Motor Modeli**

Gerilim kaynağından aldığı elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürebilen doğru akım motorları, konum çıkışını kontrol etmek için kullanılan bir elektro-

mekanik sistemdir. Kolay bir şekilde kontrol altında tutulabilmeleri, başarılı performans sunmaları, hızlı cevap vermeleri ve yüksek verimliliklerinden ötürü günümüzde de pek çok endüstriyel uygulamada DA motorlar kullanılmaktadır (Yanmaz, 2018).

Doğru akım motorlarında armatür (endüvi) yapısı, bir direnç ( $R_a$ ) ile seri olarak bağlanan endüktans ( $L_a$ ) ve dönüş esnasında armatürde indüklenen geri yönlü gerilimi (Geri elektromotor kuvveti) ifade eden bir gerilim kaynağından oluşmaktadır. Elektriksel ve mekanik kısımlardan oluşan sürekli mıknatıslı doğru akım motorunun eşdeğer devresi 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Doğru akım motorunun eşdeğer devresi

DA motor yapısında yazılacak matematiksel denklemlerden ilk ikisi motor torku  $T_m$ ’nin armatür akımı  $i_a$  ile motor tork sabiti  $K_T$  arasındaki ilişkinin ve armatür sargılarında indüklenen geri elektromotor kuvveti  $E_b$  ile açısal hız  $\omega_m$  arasındaki ilişkinin sırasıyla (1) ve (2)’deki gibi ifade edilmesidir.

$$T_m(t) = K_T i_a(t) \quad (1)$$

$$E_b(t) = K_B \omega_m(t) \quad (2)$$

Kirchoff gerilim kanunu ve Newton kanunu kullanılarak DA motorun elektriksel ve mekanik kısımlarına ait denklemler sırasıyla (3) ve (4)’teki gibi ifade edilir.

$$E_a(t) - E_b(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} \quad (3)$$

$$T_m(t) = J_m \frac{d^2 \theta_m(t)}{dt^2} + B_m \frac{d\theta_m(t)}{dt} - T_L(t) \quad (4)$$

Denklem (1), (2), (3) ve (4)’te yer alan ifadeler düzenlenir, bu ifadelere ilk koşullar ve  $T_L$  ifadesi 0 varsayılarak Laplace dönüşümleri uygulanır ise çıkış açısı

$\Theta_m(s)$  ve armatür gerilimi  $E_a(s)$  arasındaki transfer fonksiyonu (5)'teki gibi elde edilir.

$$G_a(s) = \frac{\Theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{K_T}{s[(R_a + L_a s)(J_m s + B_m) + K_T K_B]} \quad (5)$$

Sabit alan akısına sahip bir motorda, armatür direncinin ( $R_a$ ) armatür endüktansına ( $L_a$ ) kıyasla çok büyük olduğu varsayılarak  $L_a$  değeri ihmal edilebilir.

Motor milinin dönüşü, mekanik yük ile motor arasındaki dişli mekanizmasına bağlı olup dişli oranı değeri (6)'daki gibi ifade edilir.

$$K_g = \frac{N_1}{N_2} \quad (6)$$

DA motor yapısında yer alan  $J_m$  ifadesi motor eylemsizlik momentine,  $B_m$  ifadesi ise motor viskoz sürtünme katsayısına karşılık gelmektedir. Bu ifadeler dişli oranı  $K_g$  ile ilişkilendirilerek sırasıyla (7) ve (8)'deki gibi ifade edilir.

$$J_m = J_a + J_L(K_g)^2 \quad (7)$$

$$B_m = B_a + B_L(K_g)^2 \quad (8)$$

Anten servo sisteminde kullanılan doğru akım motoruna ait parametrelerin açıklamaları, birimleri ve çalışmada kullanılan değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

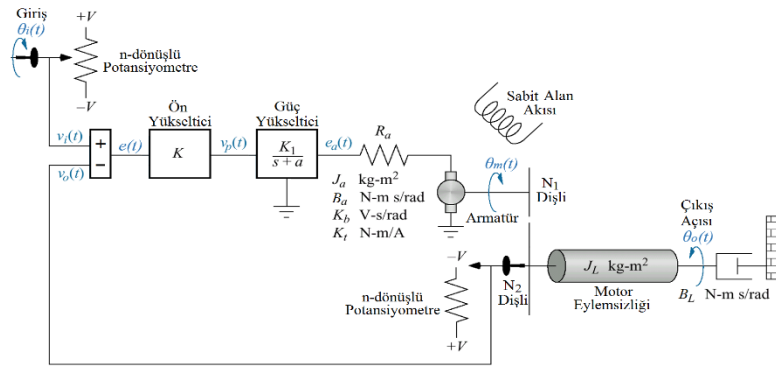
**Tablo 1.** Doğru akım motorunun parametre açıklamaları ve değerleri

Sembol	Açıklama	Değer	Birim
$R_a$	Armatür direnci	10	$\Omega$
$L_a$	Armatür endüktansı	$\approx 0$	$H$
$K_B$	Geri elektromotor kuvveti sabiti	1	$V.s/rad$
$K_T$	Motor tork sabiti	1	$N.m/A$
$J_a$	Motor eylemsizlik sabiti	0.05	$kg.m^2$
$J_L$	Yük eylemsizlik sabiti	1	$kg.m^2$
$B_a$	Motor sönümlenme sabiti	0.01	$N.m.s/rad$

$B_L$	Yük sönümleme sabiti	3	$N. m. s / rad$
$T_L$	Yük torku	$\approx 0$	$N. m$
$N_1$	1. dişliye ait dişli sayısı	25	-
$N_2$	2. dişliye ait dişli sayısı	250	-

## 1.2. Anten Servo Sistemi Modeli

Antenleri istenilen konuma yönlendirmek amacıyla anten servo sistemi kullanılmaktadır. Bu çalışma, antenin sadece tek eksende yönlenmesini hedef alacak olup ikinci bir eksende yönlenmesini sağlamak için de aynı servo yapısından yararlanılabilmektedir. Burada bahsedilen eksenler yanca ve yükseliş eksenleridir. Anten servo sistemi modeli 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Anten servo sistemi modeli

Anten servo sisteminin girişinde antenin yönlenmesinin istendiği konum bilgisi, çıkışında ise antenin yönlendiği konum bilgisi yer almaktadır. Giriş ve çıkışta yer alan konum bilgileri, potansiyometre yardımıyla gerilime dönüştürülür ve iki konum arasındaki fark olan hata sinyali oluşturulur. Hata sinyali, ön yükseltici ve güç yükselticilerden geçirilerek motor tarafından kullanılacak bir gerilim değerine dönüştürülür. Motorun harekete geçmesiyle birlikte dişliler de dönmeye başlayarak uygun açısal hız ve ivmede antenin (yükün) yönlendirilmesi gerçekleşir. Anten, istenilen konuma geldiğinde ise hata sinyali sıfıra düşer ve motor durur.

Potansiyometre, konum bilgisini dönüştürdüğü gerilim değerinin kendisine gelen konum bilgisine oranıyla ifade edilir. Giriş ve çıkış potansiyometreleri aynı

olacak şekilde belirlenmiş olup potansiyometre bloğuna ait transfer fonksiyonu (9)'daki gibi ifade edilir.

$$\frac{V_i(s)}{\theta_i(s)} = \frac{V_o(s)}{\theta_o(s)} = K_{pot} = \frac{V}{n \times 2\pi} \quad (9)$$

Ön yükseltici ve güç yükseltici birimleri, potansiyometrelerden gelen gerilim değerlerinin farkının alınarak motor tarafından kullanabilecek ölçüde gerilim yükseltmesinin yapıldığı kısımdır. Ön yükseltici birimi, istenilen çıktının elde edilmesi için tasarım mühendisinin kararlılık analizi yaparak belirleyebileceği bir kazanç değeri ile modellenmektedir. Ön yükseltici ve güç yükseltici bloklarına ait transfer fonksiyonları sırasıyla (10) ve (11)'deki gibi ifade edilir.

$$\frac{V_p(s)}{V_e(s)} = K \quad (10)$$

$$\frac{E_a(s)}{V_p(s)} = \frac{K_1}{s + a} \quad (11)$$

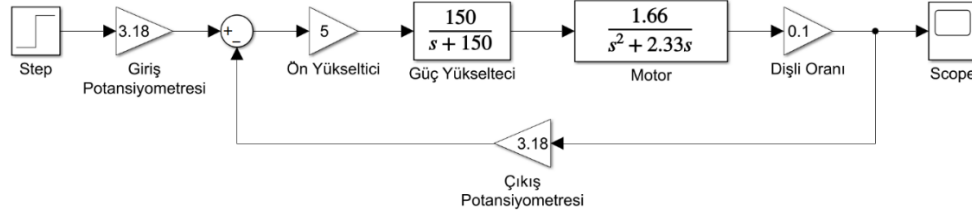
Sistem çıkışında yer alan anteni (yükü) yönlendirmek amacıyla DA motor kullanılmakta olup motora ait transfer fonksiyonu denklem (5)'te gösterilmiştir. Motor yapısında yer alan eşdeğer eylemsizlik momenti  $J_m$  ve eşdeğer viskoz sürtünme katsayısı  $B_m$  ifadeleri (7) ve (8)'deki denklemlerde gösterilmiştir.

Anten servo sistemi kapsamında, motor dışındaki birimlerde kullanılan parametre değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Motor dışındaki birimlere ait parametre değerleri

Sembol	Açıklama	Değer	Birim
$V_i$	Giriş Gerilimi	20	V
$V_o$	Çıkış Gerilimi	20	V
$n$	Potansiyometre dönüş sayısı	1	-
$K$	Ön yükseltici kazancı	5	-
$K_1$	Güç yükseltici kazancı	150	-
$a$	Güç yükseltici kutbu	150	-

Tablo 1 ve Tablo 2’de yer alan parametre değerlerinin ilgili birimlerde yerlerine koyulmasıyla oluşturulan anten servo sistemine ait blok diyagram 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Anten servo sisteminin blok diyagramı

### 3. KONTROL YÖNTEMLERİ

Anten servo sisteminin hızlı tepki göstermesi, bozucu ve belirsizliklere karşı dayanıklı olması hedeflenerek PID, kayan kipli kontrol ve doğrusal karesel Gaussian (LQG) yöntemleri ile kontrolcü tasarımı yapılmıştır. Anten servo sistemi kapsamında kontrol edilmesi istenilen değişken, motor miline ait açısal konumdur.

#### 3.1. PID Kontrolcü

Klasik kontrol yöntemlerinden biri olan PID kontrolcü, basit ve kolay tasarlanabilir bir yapıya sahip olmasından ötürü endüstride sıkça tercih edilen kontrolcü tekniklerinden biridir (Mishra, 2011).

PID kontrol algoritması, oluşan hatayı azaltmak için üç farklı sabit parametreyi kontrol eder. Bu nedenle bu kontrol yöntemi, üç aşamalı kontrol olarak da adlandırılır. Oransal kazanç elemanı  $K_p$  mevcut hatayı, integral kazanç elemanı  $K_i$  geçmiş hatayı ve türevsel kazanç elemanı  $K_d$  ise gelecekteki hatayı dikkate alır (Åström & Hägglund, 2006). PID kontrolcünün transfer fonksiyonu (12)’deki gibi ifade edilmektedir.

$$G_{PID} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (12)$$

#### 3.2. Kayan Kipli Kontrolcü

Lyapunov kararlılık kuramını temel alan kayan kipli kontrol, modellenmemiş sistem dinamiklerine, parametre değişimlerine, bozucu etkilere ve sistem belirsizliklerine karşı duyarsız veya düşük duyarlılıkta davranış sergilemesi; bunun yanı sıra

uygulama kolaylığı gibi özelliği sayesinde sistem kontrolünde kullanılan etkili bir kontrol yöntemidir (Faqir vd, 2003).

Kayan kipli kontrolcü tasarımı iki aşamadan oluşur. Bunlardan ilki kararlı bir kayma yüzeyinin tanımlanması, ikinci ise sistem durumlarını bir başlangıç noktasından kayma yüzeyine getiren ve bu yüzey üzerinde kalmasını sağlayan kontrolcünün tasarlanmasıdır. Sistem yörüngeleri kayma yüzeyine ulaşınca kayma işlemi -bozucu ve parametre değişimlerinden etkilenmeden- kayma yüzeyi üzerinde kalmaya zorlanır ve sistem dengeye gelene kadar kaymaya devam eder (Bingöl, 2019).

Kayan kipli kontrolcünün kayma yüzeyi için aşağıdaki gibi bir kayma fonksiyonu (13)'teki gibi tanımlanabilir. Bu denklemden yer alan  $e$  ifadesi giriş ve çıkış arasındaki hata (fark) fonksiyonuna,  $\lambda$  ifadesi ise kontrolcünün performansını etkileyen bant genişliğine karşılık gelmektedir.

$$s = \dot{e} + \lambda e \quad (13)$$

Kayan kipli kontrolcüye ait kontrol sinyali  $u$ , eşdeğer kontrol  $u_{eq}$  ve anahtarlama kontrolü  $u_{sw}$  olarak adlandırılan iki sinyal bileşeninden oluşmakta olup denklem (14)'teki gibi ifade edilmektedir. Eşdeğer kontrol sinyali, hareketin kayma yüzeyinde sürdürülmesi için; anahtarlama kontrol sinyali ise sistem durumlarının kayma yüzeyine getirmek için kullanılır. Eşdeğer kontrol sinyali ve anahtarlama kontrolü sinyallerine ait denklemler sırasıyla (15) ve (16) ifadelerindeki gibi tanımlanmaktadır. Denklem (15)'te yer alan  $b$  ifadesi 0'dan farklı olmak üzere sabit bir sayıya, Denklem (16)'da yer alan  $\beta$  ifadesi anahtarlama kazancına karşılık gelmektedir.

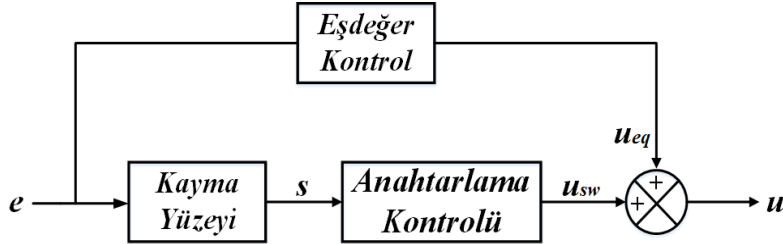
$$u(t) = u_{eq}(t) + u_{sw}(t) \quad (14)$$

$$u_{eq}(t) = -\frac{1}{b} [f(x, \dot{x}, t) + \lambda \dot{e} - \dot{x}_d] \quad (15)$$

$$u_{sw}(t) = \beta sgn(s) \quad (16)$$

Kayan kipli kontrolcünde, kontrol sinyalinin bileşenlerinden birisi olan anahtarlama kontrolü  $u_{sw}(t)$ 'nin hızla değer değiştirmesi sebebiyle kayma yüzeyi etrafında yüksek frekanslı salınımlar ve dinamikler oluşmaktadır. Çatırdama olarak adlandırılan bu durum sistemin ömrünü kısaltmakta, sistemde gereksiz enerji tüketimine sebep olmakta ve mekanik parçalarda hasara yol açabilmektedir (Brandtstadter, 2009). Bu problemi ortadan kaldırmak amacıyla süresiz bir yapı olan anahtarlama kontrolü  $u_{sw}$ 'de yer alan işaret fonksiyonu  $sgn(s)$  yerine doyum fonksiyonu  $sat(s)$

veya sigmoid fonksiyonu  $\text{sigmoid}(s)$  gibi yumuşak geçişli fonksiyonlar kullanılmaktadır (Sulaiman, 2014). Kayan kipli kontrolcünün blok diyagramı 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Kayan kipli kontrolcünün blok diyagramı

### 3.3. LQG Kontrolcü

Bir optimal geri beslemeli kontrol yöntemi olan doğrusal karesel Gaussian (LQG) kontrol yöntemi, doğrusal karesel düzenleyici (LQR) kontrol yönteminin bir Kalman filtresi ile beraber uygulanmasına dayanmaktadır. LQG kontrolcü, sisteme ait durum değişkenlerinin tamamının ölçülemediği, belirsizlik ve gürültüye sahip sistemlerin kontrolünü sağlamak için kullanılmaktadır (Zheng vd, 2016).

Doğrusal karesel düzenleyici (LQR) kontrol yöntemi, optimal kontrol teorisinden türetilmiş olup kontrol sisteminin girdilerini ve dinamik durumlarını dikkate alarak belirlenmiş bir performans (maliyet) indeksini en aza indirgeyerek sistemin kararlılığını sağlamayı amaçlayan bir kontrol yöntemidir (Nagarkar & Vikhe, 2017). Durum uzayı  $x$  olmak üzere, LQR kontrolcüye ait optimal kontrol vektörü (17)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$u(t) = -Kx(t) \quad (17)$$

Denklem (17)'deki gibi ifade edilen optimal kontrol vektör kümesinin çözümü için en aza indirilmesi amaçlanan performans indeksi  $J$ , (18)'deki gibi ifade edilir. Burada yer alan  $Q$  ifadesi pozitif yarı tanımlı olup durum değişkeni ağırlık matrisini,  $R$  ifadesi ise pozitif tanımlı olup kontrol girişi ağırlık matrisini ifade etmektedir.

$$J = \int_{t=0}^{\infty} [x^T Q x + u^T R u] dt \quad (18)$$

Denklem (17)'de yer alan  $K$  ifadesi durum geri besleme kazancıdır. Kontrolcünün performansı,  $K$  kazancı ile doğrudan ilişkili olup  $K$  matrisi (19)'daki gibi ifade edilmektedir.

$$K = R^{-1}B^T S \quad (19)$$

$K$  kazancının hesaplanmasında kullanılan  $S$  matrisi pozitif sonlu bir köşegen matris olmakla birlikte (20)'de gösterilen Riccati denkleminin çözülmesi ile hesaplanmaktadır.

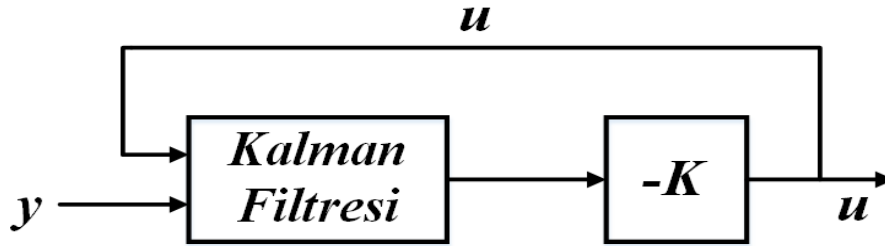
$$0 = A^T S + SA + Q - SBR^{-1}B^T S \quad (20)$$

Sistemlerin fiziksel olarak gerçekleştirilmesi yapıldığında sisteme ait tüm durum değişkenlerinin ölçülmesi mümkün olmaz. Bu durumda ölçülemeyen durum değişkenlerini, elde edilen ölçüm verilerini kullanarak kestirme, tahmin etme yoluna gidilir. Kalman filtresi, geçmiş ölçüm verilerine dayanarak sistemin gelecekteki durumunun tahminini sağlar (Gaeid, 2013).

Gürültü ortamında doğrusal sistemlerin durum uzay denklemleri (21)'deki gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + G_w w \\ y &= Cx + Du + v \end{aligned} \quad (21)$$

Denklem (20)'de yer alan  $w$  ifadesi süreç gürültüsüne,  $v$  ifadesi ise sensör gürültüsüne karşılık gelmektedir. Kalman filtresi oluşturulurken bu gürültüler sırasıyla  $Q_n$  ve  $R_n$  gürültü kovaryans matrisleri ile ifade edilir. Sistem modeliyle ilgili sıkıntıların baskın olduğu varsayılıyorsa  $Q_n > R_n$ , ölçümlerle ilgili sıkıntıların baskın olduğu varsayılıyorsa  $R_n > Q_n$  seçilerek hesaplama yapılmaktadır. LQG kontrolcünün blok diyagramı Şekil 'te gösterilmiştir.

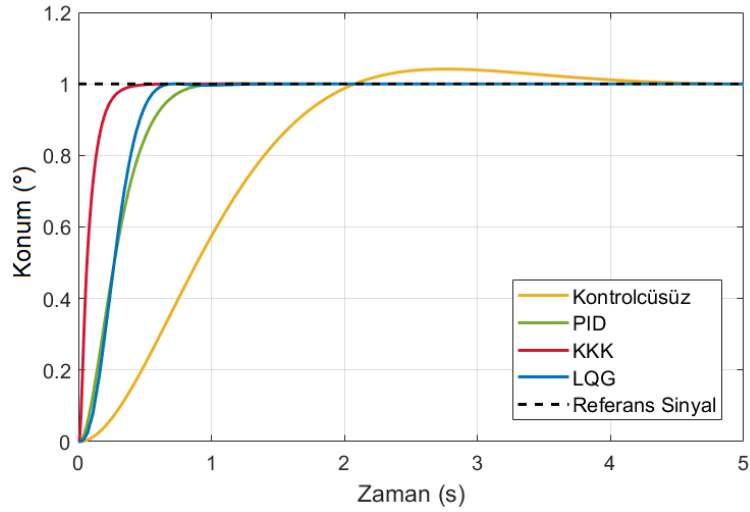


Şekil 5. LQG kontrolcünün blok diyagramı

#### 4. BENZETİM ÇALIŞMALARI

Anten servo sistemiyle ilgili benzetim çalışmaları MATLAB/SIMULINK ortamında yapılmıştır.

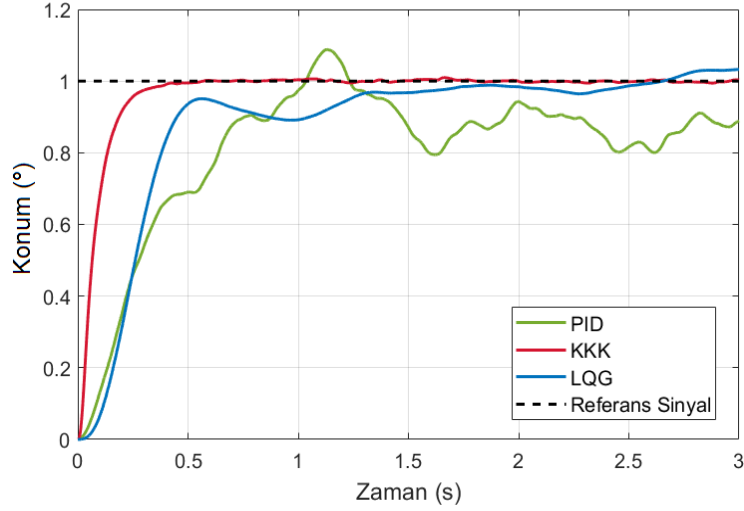
Sisteme birim basamak referans giriş uygulandığında PID kontrol, kayan kipli kontrol, LQG kontrolcülü ve kontrolcüsüz sistem çıkış cevabı Şekil 'da gösterilmiştir.



Şekil 6. PID, KKK, LQG kontrolcülü ve kontrolcüsüz sistemin birim basamak giriş için çıkış cevabı

Sistem her kontrolcü için aynı şartlar altında çalıştırıldığı zaman kayan kipli kontrolcünün diğer kontrolcülere kıyasla daha iyi performans sunduğu, komutlara diğerlerinden daha hızlı cevap vererek referans sinyale daha kısa sürede ulaştığı Şekil 'da görülmektedir. Birim basamak referans giriş için kontrolcülerin kullanılmasıyla elde edilen sistem çıkış cevaplarına ait performans sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

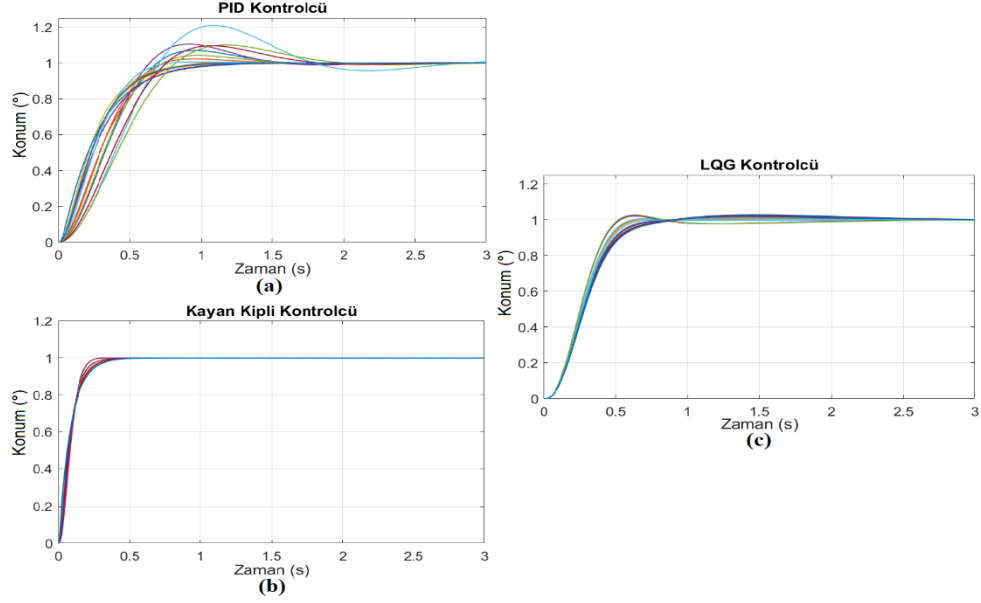
Sisteme sensör ve süreç gürültüleri eklendiğinde sistemin birim basamak referans girişe gösterdiği PID kontrol, kayan kipli kontrol ve LQG kontrolcülü çıkış cevabı Şekil 'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Gürültü ortamında birim basamak giriş için PID, KKK ve LQG kontrolcülü sistem çıkış cevabı

Gürültülü bir ortamda benzetim yapıldığında kayan kipli kontrolcünün diğer kontrolcülere kıyasla en düşük RMS hatasına sahip olduğu, bu kapsamda grafikte de daha az bozulduğu görülerek daha iyi bir gürültü bastırım karakteristiğinin olduğu, yani diğer kontrolcülere kıyasla daha gürbüz davrandığı değerlendirilmektedir. Gürültülü ortamda benzetimi yapılan kontrolcülerin RMS hata sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Anten servo sisteminin motor bloğunda yer alan parametrelere pozitif ve negatif yönlü belirsizliklerin uygulanmasının ardından her bir kontrolcü için on beşer adet benzetim yapıldığında sistemin birim basamak referans girişe gösterdiği PID kontrol, kayan kipli kontrol ve LQG kontrolcülü çıkış cevapları sırasıyla Şekil .a, Şekil .b ve Şekil .c'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Sistemlerin parametre belirsizliği bulunan ortamdaki çıkış cevapları:  
a) PID, b) KKK, c) LQG

Belirsizlik bulunan bir ortamda benzetim yapıldığında kayan kipli kontrolcünün diğer kontrolcülere kıyasla parametre değişimlerini ve belirsizlikleri daha iyi tolere ederek kısa sürede dengeye geldiği, bu kapsamda daha gürbüz bir kontrolcü türü olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.** PID, KKK, LQG kontrolcülü ve kontrolcüsüz sistemlere ait performans sonuçları

	Yerleşme Zamanı (s)	Yükselme Zamanı (s)	Yüzde Aşım (%)	Kalıcı Durum Hatası (% deg)	Gürültü Ortamında RMS Hata (% mdeg)
<b>PID</b>	0.76	0.46	0.18	0.0024	31.64
<b>KKK</b>	0.32	0.16	0.03	0.0001	18.92
<b>LQG</b>	0.56	0.34	0.02	0.0001	25.21
<b>Kontrolcüsüz</b>	3.67	1.33	4.15	-	-

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada anten servo sisteminin konum çıkışı kontrol etmek için PID kontrol, kayan kipli kontrol ve doğrusal karesel Gaussian (LQG) kontrol yöntemleri ile kontrolcü tasarımı yapılmış, tasarlanan kontrolcülerin ideal, gürültülü ve parametre belirsizliğine sahip benzetim ortamlarında uygulamaları gerçekleştirilerek performansları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde anten servo sistemi için kayan kipli kontrolcünün tepki süresi, bozucu ve parametre belirsizliğine dayanıklılık açısından PID ve LQG kontrolcülere kıyasla daha iyi sonuç verdiği ve daha gürbüz davrandığı gözlemlenmiştir. Bu kapsamda anten servo sistemi için kullanılacak en iyi kontrol yönteminin kayan kipli kontrolcü olduğu belirlenmiştir.

## KAYNAKÇA

- Åström, K. J. and Hägglund, T. (2006). *Advanced PID Control*. ISA - The Instrumentation, Systems and Automation Society.
- Bingöl, Ö. (2019). *Askıda Yük Taşıyan Dört Rotorlu İHA için Kontrolcü Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum.
- Brandtstadter, H. (2009). *Sliding Mode Control of Electromechanical Systems*. PhD Thesis. Technische Universität München, München.
- Faqir, A., Betin, F., Alaoui, L. C., Mobarakeh, B. N., Pinchon, D. (2003). Varying Sliding Surface Control of an Induction Machine Drive. *Proceedings of IEEE Conference on Control Applications*, vol. 1, pp. 93-98.
- Gaeid, K. S. (2013). Optimal Gain Kalman Filter Design with DC Motor Speed Controlled Parameters. *Journal of Asian Scientific Research*, vol. 3, pp. 1157-1172.
- Gawronski, W. (2004). *Control and Pointing Challenges of Antennas and (Radio) Telescopes*. IPN Progress Report 42-159.
- Hoi, T.V., Xuan, T. N. and Duong, B. G. (2015). Satellite Tracking Control System Using Fuzzy PID Controller. *VNU Journal of Science: Mathematics and Physics*, vol. 31, no. 1, pp. 36-46.

- Mishra, A. (2011). A Study on PID Controller Design for Systems with Time Delay. BSc Project. National Institute of Technology Rourkela, Orissa.
- Nagarkar, M. and Vikhe, G.J. (2017). Optimization of the Linear Quadratic Regulator (LQR) Control Quarter Car Suspension System Using Genetic Algorithm. CTyF - Ciencia, Tecnologia y Futuro, vol. 7, pp. 25-37.
- Nise, N. S. (2015). Control System Engineering, 7th Edition. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Sulaiman, M., Patakor, F. A. and Ibrahim, Z. (2014). New Methodology for Chattering Suppression of Sliding Mode Control for Three-phase Induction Motor Drives. WSEAS Transactions on Systems and Control, vol. 9.
- Yanmaz, K. (2018). Güneş Enerji Sistemlerinde Sürekli Mıknatıslı DC Motorun Benzetimi ve 2-DOF PI Kontrolörü ile Kontrolü. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, vol. 8, pp. 181-188.
- Zheng, Y., Zhong, P. and Yue, Q. (2016). Double Inverted Pendulum Based on LQG Optimal Control. 2016 International Conference on Automatic Control and Information Engineering.

# BİR LİNEER FRESNEL YANSITICILI-FOTOVOLTAİK SİSTEMDE OPTİK KAYIPLARIN GEOMETRİK ANALİZİ

**Keziban ÇALIK**

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Assist. Prof. Dr. Coşkun FIRAT**

İstanbul Teknik Üniversitesi

**ÖZET:** Güneş takip sisteminin olmadığı veya güneş takibinin mükemmel bir biçimde yapılamadığı yansıtıcı güneş enerjisi sistemlerinde, gelen güneş radyasyonunun ayna yüzeyinin normali ile aynı doğrultuda olamaması sebebiyle kosinüs kayıpları kaçınılmaz biçimde gerçekleşmektedir. Ancak bu tür sistemlerde kosinüs kaybının yanı sıra, aynaların birbirini gölgelemesi sonucu komşu aynaya radyasyonun ulaşmaması, ayna yüzeyine düşen radyasyonun alıcıya yansıtılması esnasında komşu ayna tarafından bloklanması, alıcının aynaları gölgelemesi, aynalardan yansıtılan radyasyonun tamamının alıcı yüzey alanına düşmemesi gibi kayıplar da oluşabilmektedir. Bu çalışmada, gelen ve yansıyan güneş radyasyonu göz önüne alınarak teorik olarak öngörülen bir lineer Fresnel yansıtıcı-fotovoltaik sistemde aynaların birbirini gölgelemesi sonucunda meydana gelebilecek optik kayıplar geometrik olarak analiz edilmektedir. Farklı ayna genişliği, aynalar arası mesafe ve aynaların sistem merkezine olan uzaklıklarının yanı sıra mevsimsel temsili aylar olarak ocak, nisan, temmuz ve ekim seçilerek dokuz ayrı sistem konfigürasyonu oluşturulmuş ve her bir konfigürasyondaki kayıplar hesaplanmıştır. Tespit edilen en iyi optik kayıp konfigürasyonu ve sistemin kapladığı toplam yüzey alanı göz önüne alınarak bir optimum sistem önerisi yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerjisi Sistemleri, Lineer Fresnel Yansıtıcı, Optik Kayıplar, Geometrik Analiz

## Geometric Analysis of the Optical Losses in A Linear Fresnel Reflector-Photovoltaic System

**ABSTRACT:** In reflective solar energy systems, where there is no solar tracking system or solar tracking is not performed perfectly, then cosine losses are inevitably occurring because of the incoming solar radiation cannot be in

the same direction as the normal of the mirror surface. However, in such systems, besides the cosine loss, the other losses can occur, such as the mirror shading each other, the receiver shading the mirrors, and the radiation reflected on the receiver does not fully match the receiving surface. In this study, the optical losses that may occur as a result of the shadowing of the mirrors are analyzed geometrically in a theoretical linear Fresnel reflective-photovoltaic system by considering the incoming and the reflected solar radiation. Nine separate system configurations were considered by including the mirror width, the distance between mirrors, and the distance of the mirrors from the system center as parameters as well as the cosine losses by selecting the seasonal representative months of January, April, July and October and losses due to shadowing in each configuration were calculated. Considering the optical loss configuration detected and the total surface area of the system, it was concluded that an optimum system recommendation can be made.

**Keywords:** Solar Energy Systems, Linear Fresnel Reflectors, Optical Losses, Geometric Analysis

## 1. INTRODUCTION

Linear Fresnel Reflector (LFR) systems which is made of flat or curved mirrors reflecting the incoming sun rays on to a thermal receiver placed on a tower. Solar energy in the reflected sun rays is transferred to a working fluid in the receiver for later usage.

The optical efficiency, which can be defined as the ratio of the amount of reflected solar radiation to the amount of solar radiation falling on the receiver, is strictly dependent on the system configuration. Apart from reflectance of the mirror surface, if the system configuration made by considering the parameters such as the mirror width ( $W$ ), the distance between the mirrors ( $S$ ), the distance of each mirror to the tower ( $Q$ ), the width of the receiver ( $W_r$ ), the height of the receiver ( $f$ ) is not correct, then a serious decrease in the overall system efficiency is observed due to optical losses. Optical losses in LFR systems occur due to the mirrors shading and blocking each other, the receiver shadow on the mirrors and the end losses on the receiver. In systems with single axis solar tracking such as LFRs, the cosine loss is inevitable because the incoming sun rays and the normal of the mirror surfaces might not be in the same direction.

Before constructing a linear Fresnel reflector system, to determine the optical losses in terms of the loss mechanisms, supplies a crucial information for an optimum configuration in terms of system efficiency and cost. There are many studies in the literature on determining the structure and the optical losses in LFR systems. These

studies are either made by using ray tracing software or geometrical relationships between the optical parameters. The optical losses are given as optical efficiency in most of the studies. Therefore, to understand the optical losses in detail is not possible in such studies.

A very detailed expression on optical parameters for LFR systems is made by Mathur et al. (1991a, 1991b). They analyzed the LFR systems employing mirror elements of both varying and equal width for three different absorber configurations. In their study, the distribution of the local concentration ratio on the surfaces of the absorbers has been investigated using the ray trace technique. They don't give any details about the optical losses. Gouthamraj et al. (2013:67), discusses the design of a rooftop LFRSC module in terms of geometrical parameters of the mirrors. However, they don't give the details about optical losses. In the study done by Gordon and Ries (1993), proposes a new design concept for secondary concentrators that is tailored to Fresnel reflector and analyzed the optical parameters however they don't give any information on optical losses. Beltagy et al. (2017:786), present a theoretical and experimental study of a prototype using Fresnel type concentrator. In their study the power received by the solar field is calculated by considering the losses of cosine effect, shading of mirrors and shading of the receiver. They verify the results experimentally however; they don't supply any detail about the losses. Zhu and Huang (2014:734) proposes a semi-parabolic linear Fresnel reflector solar concentrator. To avoid the shading and blocking effects of the adjacent mirrors, they offered varying width mirrors located on a parabolic shaped base. However, there is no any given details for the losses. In the study done by Hongn et al. (2015), end losses are analyzed analytically by using a simple least square fitting and they give an expression to estimate the average annual non-illuminated length and end loss. Chemisana et al. (2013) work to design and test a method to assess the optical quality of solar concentrators, based on the absorber reflection method. In the study, they give a very detailed information about the errors while the mirrors reflecting the sun rays. They offered varying width of mirrors to avoid the shading and blocking loss, however no any details about the losses. Liu et al. (2014) investigate the relations between the structural parameters and the optical performances of the system. They calculate and optimize the structural parameters ( $W$ ,  $S$ ,  $Q$ ) of the system. However, instead of giving details about optical parameters, they focused on the concentrated radiation distribution on the PV device (receiver) by making use of a software for tracing sun rays. Sallaberry et al. (2015) focus on the estimation of long-term optical losses due to the tracking error of a low-temperature collector using low-concentration optics in their study. Balaji et al. (2016) study on structural and optical parameters of an LFR system in terms of secondary reflector in the receiver. Although they

calculate the optical efficiency, they don't supply any details about the losses. Tsekouras et al. (2018) deal with the optical and thermal investigation of a linear Fresnel collector with trapezoidal cavity receiver. The optical analysis is performed through the development of a ray-tracing model in their study. Therefore, they don't supply any detailed information about the losses individually. Bittencourt et al. (2015) develop a numerical model in order to obtain the optical efficiency of a solar collector with a linear Fresnel concentrator. Their model is built based on the ray-tracing and Monte Carlo methods.

In this paper, the shadowing loss which is one of the major optical losses, is analyzed with the aid of computer by considering 9 realistic mirror configurations. For each of the configuration, the loss due to shadowing of the adjacent mirrors is calculated hourly for the representative days of January, April, July and October as the seasonal representative months of a year. Later on, a relationship is built in between the shadowing loss and the structure parameters, and the shadowing loss and the mirror and system size of the LFR system.

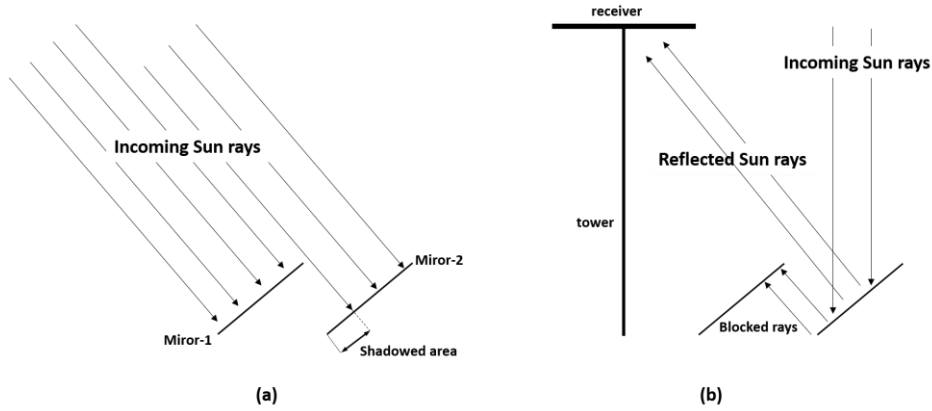
## **2.OPTICAL LOSSES AND PRECISE DETERMINATION OF THE SHADOWING LOSS**

Optical losses in an LFR system (Fig.1) can occur due to the shadowing and blocking of the adjacent mirrors, shadow of the receiver on the mirrors and the end losses due to the height of the receiver tower.



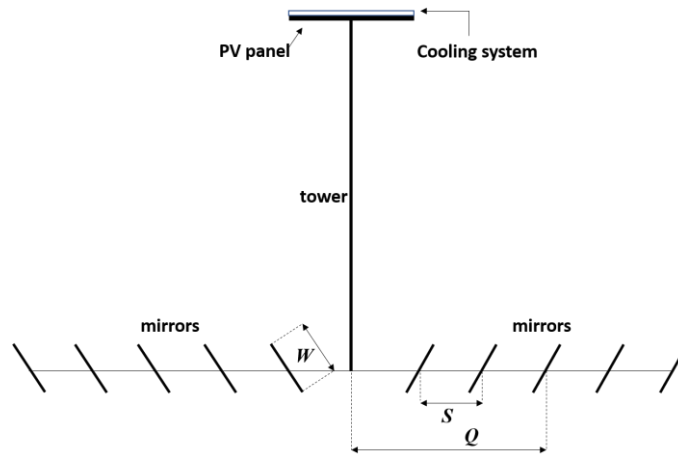
**Figure 1.** A typical LFR system  
(AREVA Solar's Compact Linear Fresnel Reflector)

When the incoming sun rays on a mirror is blocked by an adjacent mirror then a shadow is occurred on the mirror which is called as shadowing loss and when the sun rays reflected by a mirror is blocked by an adjacent mirror then a blocking loss occurs as it is shown in the Fig.2.



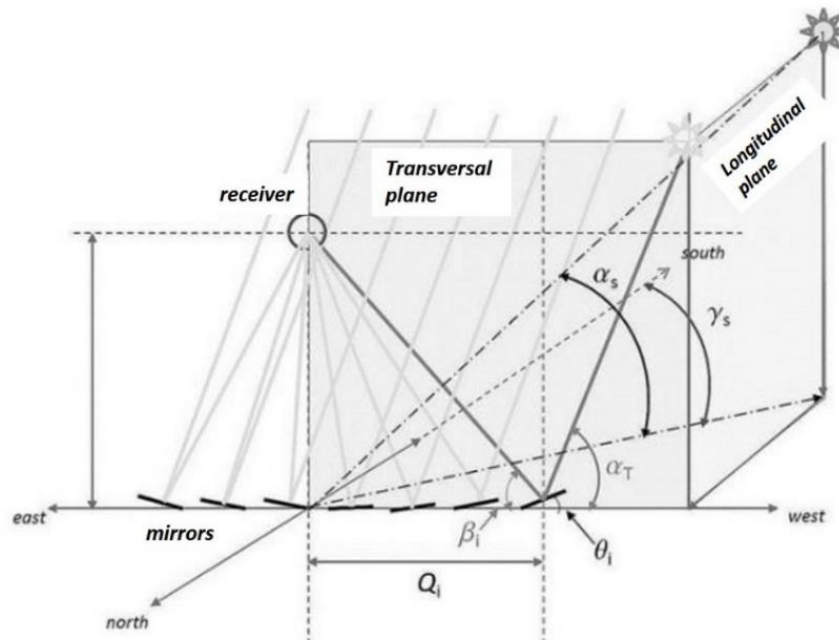
**Figure 2.** (a) Shadowing (b) Blocking loss mechanisms in an LFR system

The thermal receiver is replaced by a PV panel in the considered LFR system in this study. Thus, the end losses are relatively small because of the larger aperture when compared to a thermal receiver. This study is focused on only the shadowing loss which is one of the major loss mechanisms in LFRs. The system is theoretically configured by taking the mirror width ( $W$ ), the gap between mirrors ( $S$ ) and the distance of mirrors to the center of the system ( $Q$ ) as it is shown Fig.3.



**Figure 3.** Theoretical configuration of the LFR system

The LFR system is assumed as located at  $41.1051^\circ$  N and  $29.0225^\circ$  E (Ayazaga Campus of Istanbul Technical University, Turkey). Monthly average hourly global solar radiation is calculated using the ASHRAE algorithm (Maleki et al., 2017). The months January, April, July and October are selected as the seasonal representatives to make annual calculations. The radiation for every month is averaged by taking the representative day of the month into account (Anis et al., 2019). To make the calculations, the Sun is considered moving on the transversal plane of the system as showing in the Fig.4.



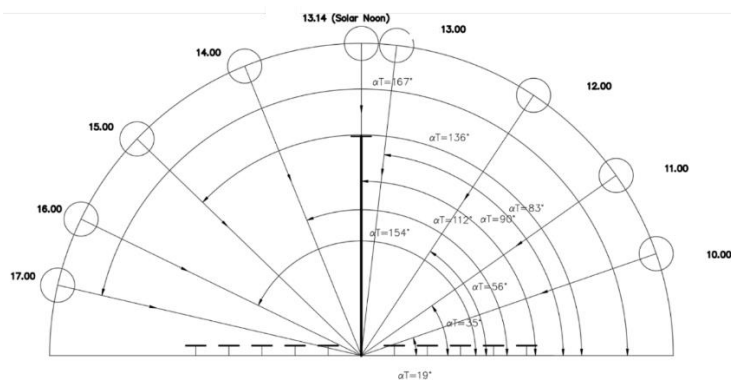
**Figure 4.** Geometrical parameters on the transversal plane of the system [Calik and Firat, 2019]

Shaded areas on each of the mirror are calculated with the help of the computer aided graphics. The hours considered for the calculations are selected according to the value of the radiation at that time of the day. Therefore, the hours for the shadowing loss calculations are not matched with the sunrise and sunset hours. For the given location, the solar radiation data for the month January is given in the Table 1. The data for the other months are obtained and calculated in the same way.

**Table 1:** Solar radiation data for January for the given location.

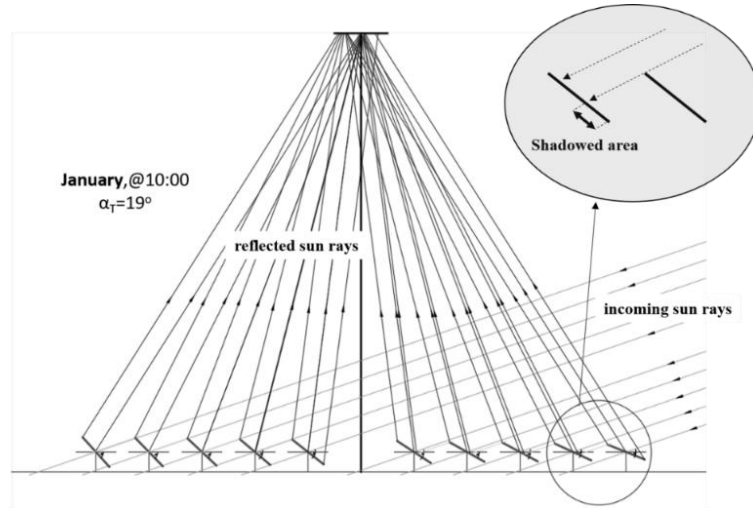
	Hours	Zenith angle (degree)	Solar Azimuth (degree)	Solar altitude (degree)	Hourly DNI (W/m <sup>2</sup> )
	09.00	85.1	122.86	4.9	19.71
	10.00	76.4	133.87	13.7	159.03
	11.00	69.1	146.45	20.9	294.33
	12.00	64.1	160.72	25.9	388.34
	13.00	61.8	176.27	28.2	430.01
Solar noon	13.14	61.7	179.99	28.3	431.65
	14.00	62.6	192.11	27.4	415.03
	15.00	66.4	207.08	23.6	345.01
	16.00	72.7	220.47	17.3	227.08
	17.00	80.8	232.2	9.2	80.58
	18.00	89.9	242.56	0.1	0.00

From Table 1, it can be seen that the considerable values of the average hourly direct solar radiation (DNI) are in between the hours 10:00 and 17:00 for the representative day of the January. Therefore, this interval of hours is taken into account for the shadowing loss calculations. The calculations are made as following: First, in a computer aided design program, the Sun’s position (transversal altitude angle,  $\alpha_T$ ) is placed on the transversal plane hours by hours, as it is in Fig 5.



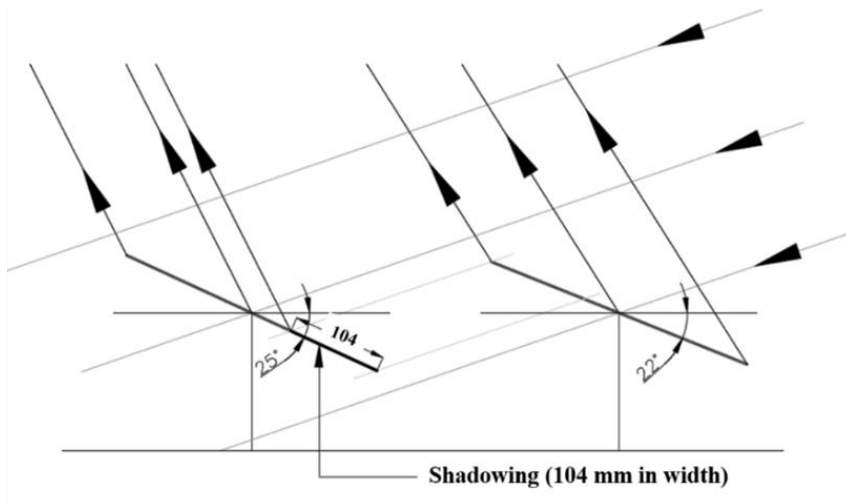
**Figure 5.** Position (transversal altitude,  $\alpha_T$ ) of the Sun on the transversal plane of the system.

Then, after drawing the incoming and the reflected sun rays, the shadowed areas are calculated by measuring the shadow-width for each of the mirrors for the given time of the representative day of the considered month as it is shown in the Fig.6.



**Figure 6.** Shadowed areas on the mirrors on January at 10:00 for variation#1

As an example, for the representative day of the month January, the amount of shadow on the 4<sup>th</sup> left mirror caused by an adjacent mirror is measured as 104 mm as it is shown in the Fig.7.



**Figure 7.** The shadowing width for variation#1 on January at 10:00.

Therefore, the shadowed area on 4<sup>th</sup> mirror is calculated as 0.31m<sup>2</sup> for the mirror length of 3m. Similarly, the measurements and shadowed area calculations are made for all of the mirrors for the given system configuration and the related results are given in Table 2.

**Table 2.** Shadowed area values for each of the mirrors for the representative day of the month January for variation#1.

HOURS	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
SHADING	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
#mirror			NO SHADING					
1	0.38	0.09				0	0.00	0.20
2	0.37	0.066				0.021	0.30	0.56
3	0.34	0.033				0.033	0.32	0.58
4	0.31	0				0.042	0.33	0.59
5	0.00	0				0.048	0.34	0.59
-1	0.00	0				0	0.25	0.53
-2	0.44	0.147				0	0.23	0.51
-3	0.44	0.159				0	0.20	0.49
-4	0.46	0.171				0	0.17	0.47
-5	0.47	0.18				0	0.00	0.00

As it is seen from Table 2, there are no any shadowing loss at some certain hours and for some certain mirrors on the given day. Nine different system configurations are considered as variations for the measurements of the shadow width and the calculation of the shadowing area. The length of the mirrors is 3 m in all of the variations. These variations are shown in Table 3.

**Table 3.** LFR System-configuration variations respect to mirror width ( $W$ ), Gap ( $S$ ) and distance ( $Q$ ).

VARIATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mirror width, $W$ (mm)	300	300	300	400	400	400	500	500	500
Gap between mirrors, $S$ , (mm)	100	200	300	100	200	300	100	200	300
Mirror distance to the center, $Q$ , (mm)	400	500	600	500	600	700	600	700	800

When a highly reflective aluminum lighting sheet with 0.98 reflectance is used in the mirrors (Anolux, 2020) and by considering the hourly DNI values given in Table 1, then the solar radiation expected to be reflected from each of the mirrors on the representation day of the month for the given LFR configuration, but lost due to shading, is presented in Table 4.

**Table 4.** The lost power due to shadowing for January for variation#1.

<b>HOURS</b>	10.00	11.00	15.00	16.00	17.00
<b>Mirror #</b>	<b>Lost Solar Power due to Shading (Watt)</b>				
1	59.38	25.96	0.00	0.00	15.64
2	57.04	19.04	7.10	66.76	44.30
3	52.83	9.52	11.16	70.77	45.48
4	48.62	0.00	14.20	72.77	46.91
5	0.00	0.00	16.23	75.44	46.67
<b>CENTER</b>					
-1	0.00	0.00	0.00	54.75	41.46
-2	67.79	42.40	0.00	50.07	40.04
-3	67.79	45.86	0.00	45.40	38.85
-4	71.07	49.32	0.00	37.39	37.19
-5	72.94	51.92	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	497.47	244.02	48.69	473.35	356.53

In the case of considering the shadowing loss, total reflected net solar power coming on the receiver will be obviously lesser than the solar power expected to be reflected as it is given in Table 5 for January for variation #1.

**Table 5.** Reflected net total solar power from mirrors after considering the shadowing loss for the representative day of January for variation#1.

Hours	Solar Power expected to be reflected (Watt)	Power lost due to mirror shading (Watt)	Reflected Net Power (Watt)
10	1119.62	497.47	622.15
11	2259.12	244.02	2015.10
12	3217.50	-	3217.50
13	3720.79	-	3720.79
14	3531.20	-	3531.20
15	2750.91	48.69	2702.22
16	1666.18	473.35	1192.83
17	541.13	356.53	184.60
Average	2350.81	202.51	2148.3

Solar power expected to be reflected is calculated as the product of hourly DNI given in Table 1 and the projective surface area of the tilted mirror which the related calculations are not shown in this paper. This means this value of the solar power already included the cosine losses. Similar calculations are repeated for the representative days of April, July and October to obtain the annual averaged values for the given LFR system variation. The monthly average hourly solar radiation results for all the months for variation#1 is given in Table 6.

**Table 6.** The monthly average hourly solar radiation values for variation#1

Months	Reflected power (Watt)	power loss (Watt)	net power (Watt)
January	2350.81	202.51	2148.3
April	5020.69	280.07	4740.62
July	5258.27	289.26	4969.01
October	3639.70	248.02	3391.68
<b>Average</b>	4067.37	254.97	3812.40

It can be seen that the annual average hourly shadowing loss in an LFR system for the variation#1 is calculated as about 255 W. When the measurements and the calculations are repeated for the other variations, the results obtained for annual average shadowing loss, expected-reflected power, net reflected power and the total area of the LFR system for given configuration are presented in the Table 7.

**Table 7.** System and the yearly average hourly solar radiation values for all variations

Variations	Width (mm)	Gap (mm)	Distance (mm)	Mirrors area (m <sup>2</sup> )	System Area (m <sup>2</sup> )	Expected Reflected Power (Watt)	Shadowing loss (Watt)	Net Reflected Power (Watt)
1	300	100	400	9	12.9	4067.37	255	3812.40
2	300	200	500	9	15.9	3749.17	116	3633.12
3	300	300	600	9	18.9	4001.23	60	3941.23
4	400	100	500	12	16.2	5380.33	418	4962.33
5	400	200	600	12	19.2	5334.97	218	5116.97
6	400	300	700	12	22.2	5288.79	128	5160.79
7	500	100	600	15	19.5	6668.71	508	6160.71
8	500	200	700	15	22.5	6610.99	277	6333.99
9	500	300	800	15	25.5	6553.71	209	6344.71

To see the correlation between the parameters given in Table 7, it can be made use of the Pearson product-moment correlation equation which gives the cross-correlation coefficient between two variables (Triola, 2015). The parameters “Width”, “Gap” and “Distance” are directly related to the parameters “Mirrors area” and “System area”. The correlations can be clearly seen in Table 8.

**Table 8.** The correlation between structure parameters

	Width (mm)	Gap (mm)	Distance (mm)	Mirrors (m2)	System (m2)
Width	1				
Gap	0	1			
Distance	0.7071068	0.7071068	1		
Mirrors area	1	0	0.7071068	1	
System Area	0.7399401	0.6726728	0.9988681	0.73994	1

There is a strong correlation between “mirrors area” and “Width” and between “System area” and “Distance”. Therefore, the selected correlation coefficients regarding Table 7 are presented in Table 9.

**Table 9.** The correlation between structure parameters

	Mirror area (m2)	System Area (m2)	Shadowing loss (Watt)	Net Power (Watt)
Mirror area	1			
System Area	0.73994	1		
Shadowing loss	0.56282	-0.1108	1	
Net Reflected Power	0.99493	0.7821	0.50624	1

It can be built a relationship between the shadowing loss and the structure parameters width, gap and distance given in Fig.3 by using a multiple regression analysis (Darlington and Hayes, 2017). This relation might satisfy a very useful information about shadowing loss and structure parameters before construction. Hence, the relation between shadowing loss and structure parameters is obtained by regression analysis as follows:

$$SL = 119.89 - 14W - 16.2S + 14.94Q \quad (1)$$

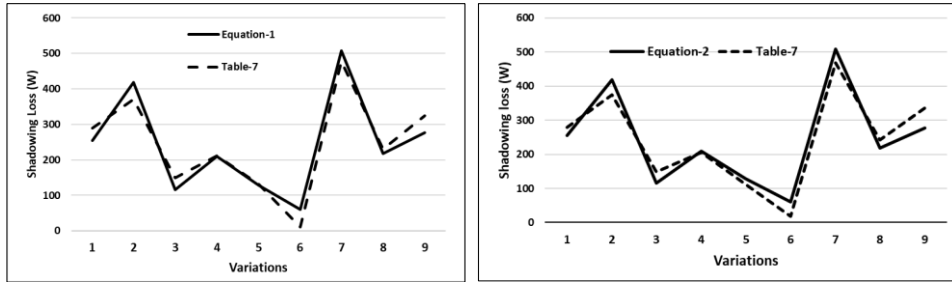
Shadowing loss presented in Table 7 and the values obtained through Eq. (1) is given in the Fig.8a. It can be seen a good match between the values. Therefore,

one can calculate the shadowing loss by offering different  $W$ ,  $S$  and  $Q$  values before constructing the LFR system.

By building another relationship between shadowing loss and mirror and system size, one can see how much system size is changing with the desired shadowing loss. Such a relation is also obtained by using regression analysis and given as following:

$$SL = 129.22 + 79.19A_m - 43.56A_s \quad (2)$$

where  $A_m$  is the total mirror area, and  $A_s$  is the system coverage area. Hence, shadowing loss values presented in Table 7 and the values obtained through Eq. (2) is given in the Fig.8b.



**Figure 8.** Comparison of shadowing loss values presented in Table-7 and (a) Eqn-1 and (b) Eqn-2.

### 3.CONCLUSION

In this paper, the shadowing loss which is one of the major optical losses, is analyzed with the aid of computer by considering 9 realistic mirror configurations. For each of the configuration, the loss due to shadowing of the adjacent mirrors is calculated hourly for the representative days of January, April, July and October as the seasonal representative months of a year. After tabulating the results, one can make an eye-checking decision on the configuration by considering the parameters whichever they want. For example, if one decides that the amount of shadowing loss is more important then they can select the variation in where the shadowing loss is the least without minding the cost of the mirrors or system size.

Later on, relationships are established in between the shadowing loss and the structure parameters, and the mirror and system size of the LFR system by regression analysis. Thus, one can have a very strong idea about the amount of the shadowing loss when the structure parameters or the system and the mirror size change.

Once it is obtained a relationship between the shading loss and the structural parameters, the shadowing loss can be optimized by introducing some restrictions on the parameters. This kind of optimization can be made on other parameters as well. For example, one might want the system size minimum but the shadowing loss minimum too. Thus, by introducing a restriction on shadowing loss, the system size might be maximized.

## REFERENCES

- S.S. MATHUR, T.C. KANDPAL and B. S. NEGI (1991a). "Optical design and concentration characteristics of linear Fresnel reflector solar concentrators—I. Mirror elements of varying width", *Energy Conversion and Management*, 31:3, 1991, 205-219.
- S.S. MATHUR, T.C. KANDPAL and B. S. NEGI (1991b). "Optical design and concentration characteristics of linear Fresnel reflector solar concentrators—II. Mirror elements of equal width", *Energy Conversion and Management*, 31:3, 1991, 221-232.
- K. GOUTHAMRAJ, K. JAMUNA RANI, G. SATYANARAYANA (2013). "Design and Analysis of Rooftop Linear Fresnel Reflector Solar Concentrator", *Int. J. of Eng. and Innovative Tech.*, 2:11, 2013, 66-69.
- J. M. GORDON AND HARALD RIES (1993). "Tailored edge-ray concentrators as ideal second stages for Fresnel reflectors", *Applied Optics*, 32:13, 1993, 2243-2251.
- H. BELTAGY; D. SEMMAR; C. LEHAUT; N. SAÏD (2017). "Theoretical and experimental performance analysis of a Fresnel type solar concentrator", *Ren. Energy*, 101, 782-793.
- J. ZHU, H. HUANG (2014). "Design and thermal performances of Semi-Parabolic Linear Fresnel Reflector solar concentration collector", *Energy Conv. and Management*, 2014, 77, 733-737.
- M. HONGN, S. FLORES LARSEN, M. GEA, M. ALTAMIRANO (2015). "Least square based method for the estimation of the optical end loss of linear Fresnel concentrators", *Solar Energy*, 2015, 111, 264-276.
- D. CHEMISANA, J. BARRAU, J.I. ROSELL, B. ABDEL-MESIH, M. SOULIOTIS, F. BADIA (2013). "Optical performance of solar reflective concentrators: A simple method for optical assessment", *Renewable Energy*, 2013, 57, 120-129.

- Y. LIU, P. HU, Q. ZHANG, Z. CHEN (2014). “Thermodynamic and optical analysis for a CPV/T hybrid system with beam splitter and fully tracked linear Fresnel reflector concentrator utilizing sloped panels”, *Solar Energy*, 2014, 103, 191–199.
- F. SALLABERRY, A. GARCÍA DE JALÓN, J. TORRES, R. PUJOL-NADAL (2015). “Optical losses due to tracking error estimation for a low concentrating solar collector”, *Energy Conv. and Management*, 2015, 92, 194–206.
- S. BALAJI, K.S. REDDY, T. SUNDARARAJAN (2016). “Optical modelling and performance analysis of a solar LFR receiver system with parabolic and involute secondary reflectors”, *Applied Energy*, 2016, 179, 1138–1151.
- P. TSEKOURAS, C. TZIVANIDIS, K. ANTONOPOULOS (2018). “Optical and thermal investigation of a linear Fresnel collector with trapezoidal cavity receiver”, *App. Thermal Eng.*, 2018, 135, 379–388.
- A. BITTENCOURT, V.C. PIGOZZO, J.C. PASSOS, G.M. CASCAES, A. BURIGO (2015). “Geometrical Parametric Analysis to Find Optimum Configuration of a Solar Concentrator Workbench Using Linear Fresnel Technology”, *ISES Solar World Congress, Daegu, Korea, 08-12 November 2015*, DOI:10.18086/swc.2015.10.06.
- S.A.M. MALEKI, H. HIZAM AND C. GOMES (2017). “Estimation of Hourly, Daily and Monthly Global Solar Radiation on Inclined Surfaces: Models Re-Visited”, *Energies*, 2017, 10, 134.
- MD.S. ANIS, B. JAMIL, MD.A. ANSARI, E. BELLOS (2019). “Generalized models for estimation of global solar radiation based on sunshine duration and detailed comparison with the existing: A case study for India”, *Sust. Energy Tech. and Asses.*, 2019, 31, 179–198.
- ANOLUX-MIRO-SILVER, <http://anomet.com/reflective-aluminum>, (accessed 07/03/2020).
- ÇALIK K, FIRAT C. (2019). “A Cost-Effective Theoretical Novel Configuration of Concentrated Photovoltaic System with Linear Fresnel Reflectors”, *J. of Polytechnic*, 2019, 22:3, 583-589.
- M.F. TRIOLA (2015). *Essentials of Statistics*, 5<sup>th</sup> ed. Pearson Education, Inc., Boston, MA.
- R.B. DARLINGTON AND A.F. HAYES (2017). *Regression Analysis and Linear Models: Concepts, Applications, and Implementation*, The Guilford Press, New York, USA.

# DİZEL-BİYODİZEL-ASETON KARIŞIMLARINI KULLANAN TEK SİLİNDİRLİ BİR DİZEL MOTORUN PERFORMANS VE EMİSYON KARAKTERİSTİKLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Murat Kadir YEŞİLYURT**

Yozgat Bozok Üniversitesi

**Öğr. Gör. Zeki YILBAŞI**

Yozgat Bozok Üniversitesi

**ÖZET:** İçten yanmalı motorlardan kaynaklanan hava kirliliği problemlerinin önemli bir sorun haline gelmesi ve fosil kökenli yakıtların yakın gelecekte tükenmesi, araştırmacıları alternatif yakıt aramaya yönlendirmiştir. Dizel motorlarda emisyon seviyelerinin azaltılmasında biyodizel, metanol, etanol ve dietil eter gibi yakıtlar ve katkı maddeleri ön plana çıkmaktadır. Dizel motorlarda kullanılacak yenilenebilir katkı maddelerinden birisi moleküler yapısında yüksek oranda oksijen bulunduran asetonur. Bu çalışmada, yer fıstığı yağından metanol ve NaOH kullanılarak transesterifikasyon yöntemi ile elde edilen biyodizel, dizel yakıtı ile hacimsel olarak %20 oranında karıştırılmıştır. Daha sonra bu yakıtta hacimsel olarak %2,5 ve %5 oranlarında aseton ilave edilerek test yakıtları hazırlanmıştır. D100 (%100 dizel yakıtı), B20 (%20 biyodizel + %80 dizel yakıtı), B20As2,5 (%20 biyodizel + %77,5 dizel yakıtı + %2,5 aseton) ve B20As5 (%20 biyodizel + %75 dizel yakıtı + %5 aseton) test yakıtları, motor performans (fren özgül yakıt tüketimi, fren özgül enerji tüketimi, fren termal verim ve egzoz gazı sıcaklığı) ve egzoz emisyon (CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve duman koyuluğu) karakteristiklerini değerlendirmek için tek silindireli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli bir dizel motorda 3000 d/d sabit motor hızında ve 11 farklı yükte (0-2000 W) test edilmiştir. Sonuç olarak; D100 yakıtına göre, B20 karışım yakıtının fren özgül yakıt tüketimi ve fren özgül enerji tüketimi değerleri sırasıyla ortalama %5,17 ve %2,75 oranlarında artarken, B20As5 karışım yakıtının ise sırasıyla ortalama %1,72 ve %5,55 oranlarında azalış göstermiştir. Biyodizel-dizel yakıt karışımına %5 aseton ilavesi ile fren termal veriminin dizel yakıtına göre ortalama %6,14 oranında artmıştır. Motor yükünün artışına bağlı olarak test yakıtlarının egzoz gazı sıcaklıklarının arttığı tespit edilirken; D100, B20, B20As2,5 ve B20As5 karışım yakıtlarının maksimum egzoz gazı sıcaklıkları sırasıyla 279°C, 268,2°C, 322,8°C ve 356,8°C olarak ölçülmüştür. Ayrıca, dizel-biyodizel karışım yakıtına aseton ilavesi ile duman koyuluğu, CO, HC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarında azalma meydana

gelirken CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> emisyonlarında artış tespit edilmiştir. Asetonun dizel motorlarda düşük oranlarda katkı maddesi olarak kullanılmasının motor performansı açısından herhangi bir sorun teşkil etmeyeceği, bununla beraber kirletici egzoz emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynayabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Fıstık yağı biyodizeli, aseton, motor performansı, egzoz emisyonları

### **The evaluation of a single-cylinder diesel engine operating with diesel -biodiesel-acetone blends in terms of performance and emission characteristics**

**ABSTRACT:** The issues of air pollution caused by internal combustion engines have become an important problem and fossil-based fuels will run out in the near future have directed the researchers to search for alternative fuels. Fuels and additives such as biodiesel, methanol, ethanol and diethyl ether are prominent in reducing emission levels in diesel engines. One of the renewable additives that can be used in diesel engines is acetone, which contains high levels of oxygen in its molecular structure. In the present study, biodiesel obtained by the transesterification method from peanut oil using methanol and NaOH was blended with diesel fuel in a volume of 20%. Afterward, 2.5% and 5% of acetone were added to this fuel by volume and the tested fuels were prepared. D100 (100% diesel fuel), B20 (20% biodiesel + 80% diesel fuel), B20As2.5 (20% biodiesel + 77.5% diesel fuel + 2.5% acetone) and B20As5 (20% biodiesel + 75% diesel fuel + 5% acetone) tested fuels have been examined in a single-cylinder, four-stroke, direct-injection diesel engine at a fixed engine speed of 3000 rpm and 11 different engine loads (0-2000 W) to evaluate the engine performance (brake specific fuel consumption, brake specific energy consumption, brake thermal efficiency and exhaust gas temperature) and exhaust emissions (CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and smoke intensity) characteristics. As a result, according to D100 fuel, brake specific fuel consumption and brake specific energy consumption values of the B20 fuel blend increased by 5.17% and 2.75% on an average, respectively, while B20As5 fuel blend decreased by 1.72% and 5.55% on an average, respectively. The brake thermal efficiency increased by an average of 6.14% as compared to diesel fuel by adding 5% acetone to the biodiesel-diesel fuel blend. While it was determined that the exhaust gas temperatures of the tested fuels increased with the increase of the engine load, the maximum exhaust gas temperatures of D100, B20, B20As2.5 and B20As5 fuel blends were measured as 279°C, 268.2°C, 322.8°C and 356.8°C, respectively. Besides, with the infusion of acetone to the diesel-biodiesel fuel blend; smoke intensity, CO, HC, and NO<sub>x</sub> emissions decreased, while CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> emissions increased. It can be concluded that the utilization of acetone as an additive in diesel engines at low concentrations will not be a problem in terms of engine performance, however, it can play an important role in mitigating pollutant exhaust emissions.

**Keywords:** Peanut oil biodiesel, acetone, engine performance, exhaust emissions

## 1.GİRİŞ

Nüfus artışı ve modern hayatın gereksinimleri doğrultusunda artan sanayileşme, fosil kökenli yakıtlara olan talebi giderek artırmaktadır. Azalan fosil yakıt rezervleri, çevresel kaygılar ve egzoz emisyonlarını düzenleyen sıkı yasal düzenlemeler, araştırmacıları dizel motorlar için alternatif yakıt geliştirmeye yönlendirmektedir (Calder vd., 2018). Özellikle son on yılda dizel yakıtlardaki yenilenebilir içerik potansiyeli üzerine gerçekleştirilen politikalar ve araştırmalar hız kazanmaya başlamıştır. Ülkemizde de yenilenebilir içerik artırımı "*Dağıtıcı lisansı sahipleri tarafından, bir takvim yılı içerisinde, ithal edilen ve kara tankeri dolum üniteleri hariç rafineriden temin edilen motorininin toplamına, en az %0,5 (V/V) oranında yerli tarım ürünlerinden ve/veya bitkisel atık yağlardan üretilmiş biyodizelin harmanlanmış olması zorunludur.*" maddesi ile 30098 sayılı Resmî Gazete'ye de girerek zorunluluk kazanmıştır (Resmî Gazete, 2017).

Emisyon seviyelerini azaltmak ve yakıt verimliliğini artırmak için birçok teknik uygulanmaktadır. (Algayyim vd., 2018). Rudolf Diesel'in sıkıştırma ile ateşlemeli motoru icat edip fıstık yağı ile ilk çalıştırdığı tarihten günümüze kadar bitkisel yağ kökenli yakıtların üretimi ve kullanımı sürmektedir (Subramani ve Venu, 2019). Biyodizel üretiminde; soya, ayçiçeği, aspir, kanola, pamuk ve yer fıstığı gibi yağlı tohumlar yaygın olarak kullanılmaktadır (Hoekman vd., 2012). Bu yağlı tohumlardan yer fıstığında Avrupa'nın en büyük üreticisi olan Türkiye, son on yılda üretimini %104 oranında artırarak 2018 yılında 173.835 ton yer fıstığı üretimi gerçekleştirmiştir (FAO, 2020). Bu nedenle mevcut çalışmada biyodizel üretiminde yer fıstığı yağı tercih edilmiştir.

Biyodizel; dizel motorlarda kullanılmak üzere atık yağ, bitkisel yağ veya hayvansal yağlar gibi yenilenebilir yağ stoklarından türetilen uzun zincirli yağ asitlerinin monoalkil esterleridir (Alptekin ve Çanakçı, 2006). Petrol kökenli dizel yakıtı yerine kullanılabilen biyodizel, bitkisel veya hayvansal yağlardaki trigliseritlerden bir katalizör varlığında monohidrik alkol ile reaksiyona sokulmasıyla transesterleştirilerek hazırlanabilen yağ asidi metil esterlerinden oluşmaktadır (Meher vd., 2006). Transesterifikasyon süreci, bitkisel yağın viskozitesinde ciddi bir azalma meydana getirerek biyodizelin viskozitesini dizel yakıtinkine oldukça yakınlaştırır. Bu işlemle üretilen biyodizel, petrol kökenli dizel ile farklı oranlarda faz ayrışması olmadan tamamen karışabilir (Agarwal, 2007). Fosil kökenli dizel yakıtı ile biyodizel harmanlarının uygulanmasında yüksek oranlarda biyodizel içeren karışımların dizel motorların çalışması için elverişsiz olduğu belirtilmektedir (Tsai vd., 2014). No (2011) %80 dizel yakıtı ve %20 biyodizel karışımlarının bir dizel motorda herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan ve motor parçalarına zarar vermeden başarılı bir şekilde kullanılabileceğini bildirmektedir. Bununla birlikte, biyodizelin yüksek viskozite değeri,

enjektörden püskürtülecek yakıtın atomizasyonunda kötüleşmeye ve dolayısı ile silindir içerisinde eksik yanmaya neden olabilmektedir. Ayrıca, bu durum egzoz emisyon değerlerinin bozulmasına da yol açabilir (Devarajan vd., 2020). Biyodizelin yüksek viskozite ve yoğunluk değerleri, etanol ( $C_2H_5OH$ ) ya da aseton ( $C_3H_6O$ ) gibi oksijen içeriği zengin olan katkı maddelerinin eklenmesi ile azaltılarak yakıtın yanma verimi iyileştirilirken, partikül madde emisyonları da düşürülebilmektedir (Lin vd., 2012).

Aseton; düşük viskoziteli, renksiz, yanıcı, zehirli olmayan, keskin ve hoş kokulu bir sıvıdır (Chemical safety facts, 2020). Çözücü olarak geniş kapsamlı kullanılmasının yanında; su, etanol ve eterle her oranda karışabilmektedir. Aseton doğrudan veya dolaylı olarak propilen kullanılarak oluşturulmaktadır. Asetonun yaklaşık yüzde 83'ü kümen işlemleri kullanılarak üretilmektedir (World of chemicals, 2020). Aseton; yağ, kauçuk, vb. maddelerin çözücüsü olarak ve ayrıca bromoform, iyodoform, kloroform, izopren ve boya gibi ürünleri elde etmek için kullanılmaktadır. Diğer taraftan aseton gibi bünyesinde oksijenli bileşikler bulunduran katkıların dizel/biyodizel karışımlarına eklenmesi oksijen içeriğini artırır (Dahman vd., 2019). Bu da asetonu dizel/biyodizel karışımlarına uygun oksijenli bir katkı maddesi yapmaktadır (Mwangi vd., 2015). Bazı ülkelerde, yakıtın daha iyi yanmasını sağlamak için benzine veya dizele düşük oranlarda (1:2000-1:5000) aseton eklenmektedir (Chemie, 2020).

Literatürde aseton içeren alternatif yakıtlar ile yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu açıkça söylenebilir. Bu çalışmalardan bazıları özet olarak sunulmuştur: Lin vd. (2010) dizel yakıtına ağırlıkça %1-3 oranlarında iki farklı su içeriğine sahip aseton, %1 izopropil alkol ve stabilizatör olarak %1 soya yağı ya da soya yağı biyodizeli ilave ederek hazırladıkları karışım yakıtları, dizel motorlu bir jeneratörde test etmişler ve bu yakıtları enerji verimliliği ve egzoz emisyonları açısından değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, %3 aseton (su içeriği yüksek)-%1 izopropil alkol-%1 soya yağı karışımının fren özgül yakıt tüketiminde %1,4-5,5 oranlarında azalışa, yakıtın yüksek oksijen içeriği sayesinde daha iyi yanmaya,  $NO_x$  emisyonlarında %6,7-13,6 oranlarında ve partikül madde emisyonlarında %9,6-33,3 oranlarında düşüşe neden olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, asetonun bünyesinde bulunan suyun silindir içerisindeki yanma sırasında soğutma etkisinden dolayı daha düşük reaksiyon sıcaklığı meydana getirdiğini bildirmektedirler. Mahalingam vd. (2018) çalışmalarında transesterifikasyon yöntemi ile elde ettikleri palm biyodizelini %96,4 saflıkta aseton ile harmanlayıp petrol kökenli dizel yakıtına alternatif olarak bir dizel motorda test etmişlerdir. Deney sonuçları, palm biyodizeline kıyasla aseton-palm biyodizeli karışımında; HC, CO,  $NO_x$  ve duman emisyonlarında önemli azalmalar meydana geldiğini göstermiştir.

Genel olarak; dizel, biyodizel, dizel-bitkisel yağ ve dizel-biyodizel yakıtlarına belirli oranlarda çeşitli zincir uzunluklarına sahip alkollerin eklenmesinin bir motorun performans ve egzoz emisyonları üzerine etkilerini araştıran birçok çalışma bulunmaktadır (Bilgin vd., 2002; Yılmaz vd., 2014; Rakopoulos vd., 2016; Liu vd., 2019). Ancak, dizel-biyodizel karışımlarına aseton eklenmesi ile oluşturulan alternatif yakıtlar üzerine sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, yer fıstığı yağından transesterifikasyon metodu ile elde edilen biyodizel, dizel yakıtı ile hacimsel olarak %20 oranında karıştırılmıştır. Daha sonra biyodizel oranı sabit kalacak şekilde bu karışım yakıtına hacimsel olarak %2,5 ve %5 oranlarında aseton ilave edilerek test yakıtları hazırlanmıştır. Ardından tüm test yakıtları tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda sabit motor devri (3000 d/d) ve 11 farklı motor yükü (0-2000 W) koşullarında test edilerek performans ve egzoz emisyon karakteristikleri referans dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır.

## 2.MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmaya öncelikle transesterifikasyon yöntemi ile yer fıstığı yağından biyodizel elde edilerek başlanmıştır. Bu işlem Yozgat Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

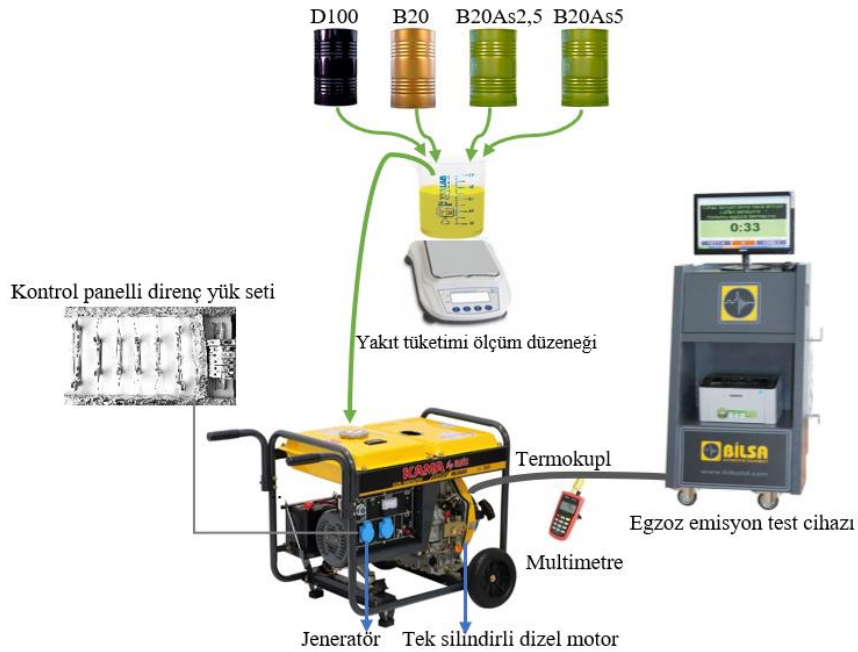
Transesterifikasyon reaksiyonunda işlem parametreleri şu şekilde uygulanmıştır: potasyum hidroksit-%0,75 (ağırlıkça), metanol yağ molar oranı-6:1, reaksiyon sıcaklığı-60°C, reaksiyon süresi-60 dakika ve karıştırma hızı-600 d/d. Elde edilen biyodizel yakıtı petrol kökenli dizel yakıtı (D100) ile hacimsel olarak %20 oranında karıştırılarak B20 (%20 biyodizel + %80 dizel yakıtı) karışım yakıtı oluşturulmuştur. Daha sonra B20 alternatif yakıtı, biyodizel oranı sabit kalacak şekilde aseton ile hacimsel olarak %2,5 ve %5 oranlarında harmanlanarak sırasıyla B20As2,5 (%20 biyodizel + %77,5 dizel yakıtı + %2,5 aseton) ve B20As5 (%20 biyodizel + %75 dizel yakıtı + %5 aseton) karışım yakıtları hazırlanmıştır.

Deneylerde kullanılan dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 test yakıtları ile yer fıstığı yağı biyodizeli (B100) ve asetona (As) ait bazı önemli yakıt özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Deneyler tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı ve direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda gerçekleştirilmiştir. Test düzeneği, Şekil 1’de gösterildiği gibi tek silindirli bir dizel motor, jeneratör, kontrol paneli direnç yük seti, yakıt tüketimi ölçüm düzeneği, termokupllar ve egzoz emisyon test cihazından oluşmaktadır. Denemelerde kullanılan dizel jeneratöre ait teknik özellikler ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel Kullanılan Yakıtların Bazı Önemli Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

No	Özellik	D100	B100	B20	As <sup>1</sup>	B20As2,5	B20As5
1	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	820	881	832	791	831	830
2	Kinematik viskozite (mm <sup>2</sup> /s)	2,5	4,9	2,98	0,35	2,92	2,87
3	Setan sayısı (-)	54	52	53,6	-	-	-
4	Isıl değer (MJ/kg)	43,5	38,5	42,5	29,6	42,2	41,8
5	Gizli buharlaşma ısısı (kJ/kg)	270-375 <sup>2</sup>	-	-	518	-	-
6	Su içeriği (ppm)	10	450	100	-	-	-
7	Karbon (%)	87,05	76,24	84,89	62,07	84,26	83,64
8	Hidrojen (%)	12,95	11,94	12,75	10,34	12,68	12,62
9	Oksijen (%)	0	11,82	2,36	27,59	3,05	3,74
10	C/H (-)	6,722	6,385	6,659	6,003	6,644	6,629

<sup>1</sup>Ma vd. (2015)<sup>2</sup>Kumar ve Saravanan (2016)

Şekil 1. Test Düzenekinin Şematik Görünümü

Tablo 2. Dizel Motor ve Jeneratöre Ait Teknik Özellikler

Dizel motor özellikleri		Jeneratör özellikleri	
Marka	Katana	Marka	Kama
Model	Km 178 F	Model	KDL3500CE
Silindir sayısı	1	Maksimum güç	3 kW
Zaman sayısı	4	Sürekli güç	2,7 kVA
Çap x Strok	78 mm x 62 mm	Faz	1
Silindir hacmi	296 cm <sup>3</sup>	Gerilim	230 V
Sürekli çıkış gücü	6 hp	Akım	11,6 A
Maksimum çıkış gücü	6,7 hp	Frekans	50 Hz
Motor hızı	3000 d/d		
Sıkıştırma oranı	18:1		
Enjeksiyon sistemi	Direkt enjeksiyon		
Soğutma sistemi	Hava soğutmalı		
Püskürtme avansı	20° KMA		
Enjeksiyon basıncı	200 bar		
Emme sistemi	Atmosferik		
Enjektör delik sayısı	4		

Testlerde, egzoz gazı sıcaklık değerleri -200°C ile 800°C arasında ölçüm yapabilen J (Fe-Const) tipi, TMX-B12F08 marka termokupl ile ölçülmüştür. Yakıt tüketimi 0,01 g hassasiyette ölçüm yapabilen Weightlab marka WH-2002 model cihaz ile kütleli olarak ölçülmüştür. Deney motorunun yüklenmesi için kullanılan ve Şekil 1'de görülen kontrol panelli direnç yük seti ise General marka 200 W ve 1000 W değerlerindeki halojen ampuller ve anahtarlarından oluşturulmuştur.

Egzoz emisyonlarının ölçümü için kullanılan Bilsa marka MOD 2210 model egzoz gazı emisyon cihazı TS 11365/T1 standardında belirtilen esaslara göre CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, hava yakıt oranı, lambda ve duman koyuluğu ölçümlerini gerçekleştirebilmektedir. Deneylerde kullanılan egzoz emisyon test cihazının teknik özellikleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Egzoz Emisyon Test Cihazının Teknik Özellikleri

Parametre	Birim	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
CO	%	0-10	0,001
CO <sub>2</sub>	%	0-19,99	0,001
HC	ppm	0-10000	1
O <sub>2</sub>	%	0-25	0,01
NO <sub>x</sub>	ppm	0-5000	1
Lambda	-	0-5000	0,001
Hava yakıt oranı	-	5-30	-
Duman koyuluğu	%	0-100	0,1
Çalışma ortam sıcaklığı	°C	0-40	%0,01
Algılama Süresi	s	<5	-
Besleme gerilimi	V AC	220	-
Besleme Frekansı	Hz	50	-

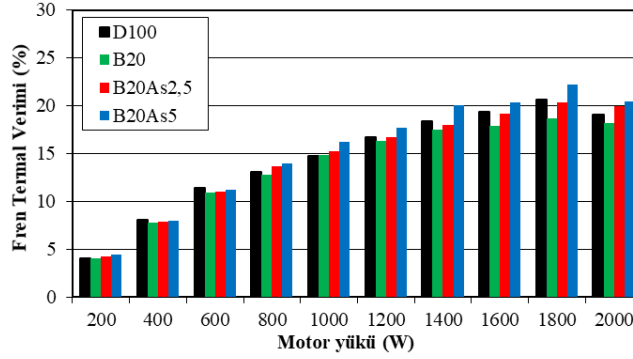
Deney verilerini cihazlardan almadan önce motor bir süre yüksüz olarak çalıştırılmış ve motorun rejime gelmesi beklenmiştir. Daha sonra deney motoru 3000 d/d sabit motor hızında ve 11 farklı yükte (0-2000 W arası 200 W aralıklarla) sırasıyla, dizel yakıtı, dizel yakıtı-yer fıstığı yağı biyodizeli karışımı (B20) ve dizel yakıtı-yer fıstığı yağı biyodizeli-aseton karışımları (B20As2,5 ve B20As5) ile çalıştırılarak, motor performans değerleri ile CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve duman koyuluğu emisyon verileri tespit edilmiştir.

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 3.1. Fren Termal Verimi

Fren termal verimi; yakıtların ısıl değeri ve harcanan yakıt miktarına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 2’de dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 test yakıtlarına ait fren termal verim değerlerinin motor yüküne göre değişimleri verilmiştir. Tüm test yakıtları için motor yükündeki artış ile birlikte fren termal verim değerlerinin

1800 W yüküne kadar arttığı daha sonra ise azalan bir eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Motor yükü arttıkça harcanan yakıt miktarı artmakta ve dolayısı ile buna bağlı olarak fren termal verim değerleri de artmaktadır. Ancak, motor yükünün daha fazla artırılması motorun aynı gücü üretebilmek için yanma odasına daha fazla miktarda yakıtın püskürtülmesine sebep olmaktadır. Bu durum silindir içerisinde yanmayı olumsuz yönde etkileyebilecek fazla yakıtın birikmesine neden olmakta ve böylece verim değerleri azalmaktadır (Babu ve Anand, 2017). Dizel yakıtına biyodizel katılması durumunda fren termal verim değerlerinin saf dizel yakıtına göre ortalama olarak %4,4 oranında azaldığı görülmektedir. Bunun temel sebebi Tablo 1’de de görüleceği üzere biyodizelin dizel yakıtından daha düşük enerji içeriğine sahip olmasıdır (Can vd., 2016). Ayrıca biyodizelin sahip olduğu yüksek viskozite ve yoğunluk değerleri nedeniyle atomizasyon karakteristiği kötüleşmekte ve hava ile homojen bir karışım oluşturmamaktadır. Bu durum da yanma verimliliğini kötüleştirmekte ve fren termal veriminin azalmasına neden olmaktadır (Vellaiyan, 2019). Dizel-biyodizel yakıt karışımına farklı oranlarda aseton ilavesi ile yoğunluk ve viskozite değerlerinin iyileşmesinden dolayı fren termal verim değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

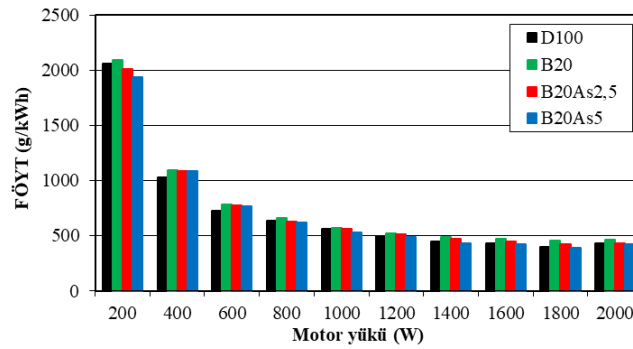


Şekil 2. Fren Termal Verim Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

### 3.2. Fren Özgül Yakıt Tüketimi

Test yakıtlarının bir dizel motorda kullanılmasıyla meydana gelen fren özgül yakıt tüketimi (FÖYT) değerlerinin motor yüküne bağlı olarak değişimleri Şekil 3’de görülmektedir. Denemelerde dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 test yakıtları için minimum FÖYT değerleri 1800 W motor yükünde sırasıyla 400,56 g/kWh, 453,00 g/kWh, 420,08 g/kWh ve 388,77g/kWh olarak bulunmuştur. Yer fıstığı yağı biyodizeli Tablo 1’de de görüleceği üzere dizel yakıtından %11,5 oranında daha düşük kalori değerine sahiptir. Bundan dolayı B20 karışım yakıtı kullanımı ile aynı güç

değerini sağlayabilmek için daha fazla yakıt harcanmaktadır (Damodharan vd., 2017). Ayrıca biyodizelin sahip olduğu yüksek viskozite ve yoğunluk değerleri enjektörden püskürtülecek yakıtın atomizasyonun da kötüleşmeye neden olduğundan, B20 karışım yakıtı dizel yakıtından daha yüksek FÖYT değeri meydana getirmiştir (Lapuerta vd., 2008). Dizel-biyodizel-aseton karışım yakıtları içerisinde bulunan aseton oranının artmasıyla viskozite ve yoğunluk değerleri azalmış, oksijen konsantrasyonu artmıştır. Bu durumun üçlü karışım yakıtlarının kullanımı ile silindir içi yanma karakteristiklerini iyileştirdiği ve böylece FÖYT değerlerinin düşmesine neden olduğu değerlendirilmektedir (Zhou vd., 2014).

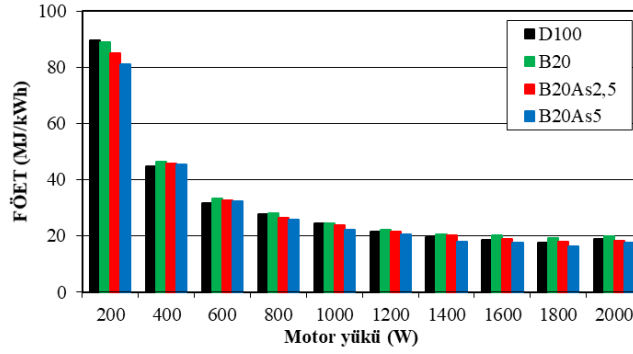


Şekil 3. Fren Özgül Yakıt Tüketimi Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

### 3.3. Fren Özgül Enerji Tüketimi

Dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 test yakıtlarının farklı motor yüklerindeki fren özgül enerji tüketimi (FÖET) değerleri Şekil 4’de sunulmuştur. FÖYT değerlerine benzer şekilde FÖET değerleri de motor yükünün artışına bağlı olarak azalış göstermiş ve 1800 W motor yükünde tüm yakıtlar için minimum değerler tespit edilmiştir. Artan motor yükü ile birlikte silindir içinde meydana gelen yanma olayı iyileşerek yüksek silindir içi sıcaklık değerlerine ulaşılmış ve bu nedenle de FÖET değerleri azalmıştır (Ramesh vd., 2019). 1800 W motor yükünde; dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 test yakıtlarının en düşük FÖET değerleri sırasıyla 17,42 MJ/kWh, 19,25 MJ/kWh, 17,71 MJ/kWh ve 16,25 MJ/kWh olarak hesaplanmıştır. Dizel yakıtına biyodizel ilavesi ile FÖET değerlerinin genel olarak yükseldiği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, dizel yakıtıya kıyasla biyodizel yakıtının ısı değeri daha düşük değerde olmasından dolayı motorun aynı çıkış gücünü üretebilmek için daha yüksek miktarda yakıt kullanmasıdır (Elkelawy vd., 2020). B20As5 yakıtının ortalama FÖET değerlerinin, dizel ve B20 yakıtlarından sırasıyla %5,5 ve %8,1 daha

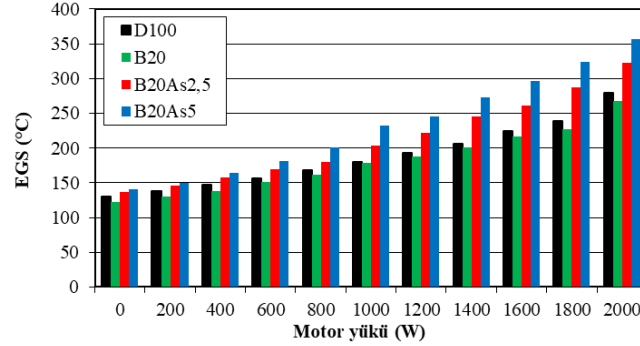
düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun karışım yakıtı içerisindeki aseton miktarının artması ile birlikte diğer test yakıtlarına göre viskozite ve yoğunluk değerlerinin düşmesinden kaynaklandığı söylenebilir (Ren vd., 2008).



Şekil 4. Fren Özgül Enerji Tüketimi Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

### 3.4. Egzoz Gazı Sıcaklığı

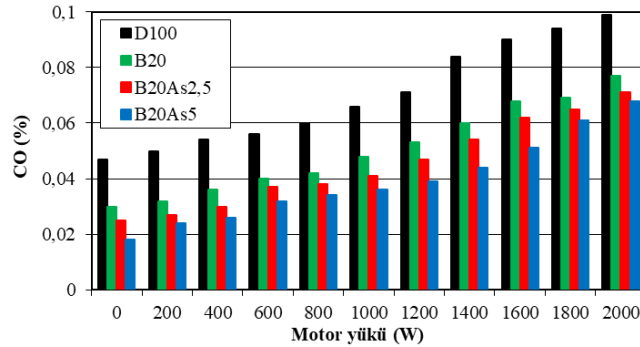
Dizel motorların emisyon oluşumu üzerinde önemli bir etkisi olan egzoz gazı sıcaklığı (EGS), silindir içindeki yanma işlemi sırasında açığa çıkan ısı miktarının bir göstergesidir (Subramani ve Venu, 2019). Test yakıtlarının farklı motor yüklerinde meydana gelen EGS değerleri Şekil 5’de verilmiştir. Grafikten de görüleceği üzere, EGS değerlerinin motor yükünün artışıyla oluşan yüksek yanma sıcaklığı nedeniyle arttığı görülmektedir (Silitonga vd., 2017). Dizel yakıtı ile B20 yakıtının EGS değerleri karşılaştırıldığında, B20 yakıtının düşük ısı değeri sebebiyle tüm motor yüklerinde EGS değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir (Utlu ve Koçak, 2008). B20As2,5 ve B20As5 yakıtlarının yüksek oksijen içeriklerinden dolayı her bir motor yükünde dizel yakıtıya kıyasla daha yüksek EGS değerleri sergilemektedirler. Yakıt içerisindeki yüksek oksijen miktarı yanmayı iyileştirerek yanma sonu sıcaklıklarının artmasına neden olmaktadır. Test yakıtlarının EGS değerlerindeki farklılıkları, düşük motor yüklerinde daha az iken, daha yüksek motor yüklerinde artmaktadır. Bunun nedeni, yüksek yüklerde yanmaya dahil olan yakıt miktarının artmış olmasıdır (Raheman ve Kumari, 2014). Yani; saatlik yakıt tüketimi 200 W motor yükünde dizel, B20, B20As2,5 ve B20As5 yakıtları için sırasıyla 0,411 g/h, 0,418 g/h, 0,402 g/h ve 0,387 g/h iken 2000 W motor yükünde sırasıyla 0,868 g/h, 0,932 g/h, 0,857 g/h ve 0,844 g/h olarak kaydedilmiştir.



Şekil 5. EGS Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

### 3.5. Karbon Monoksit Emisyonu

Şekil 6 3000 d/d sabit motor hızında tüm test yakıtları için CO emisyonlarındaki değişimi göstermektedir. Motor yükü arttıkça eksik yanma sonucu meydana gelen CO emisyonu değerlerinin arttığı görülmektedir (Aydın, 2013). Her bir yük için B20, B20As2,5 ve B20As5 test yakıtlarının referans dizel yakıttan daha düşük CO emisyonu oluşturduğu belirlenmiştir. Bunun temel sebebi, yakıtların sahip olduğu yüksek oksijen içeriğinden dolayı yanma odasındaki yakıtça zengin bölgelerin ortadan kalkması ve tam yanmaya daha yakın bir yanma sürecinin sağlanmasıdır (Çelebi ve Aydın, 2018).

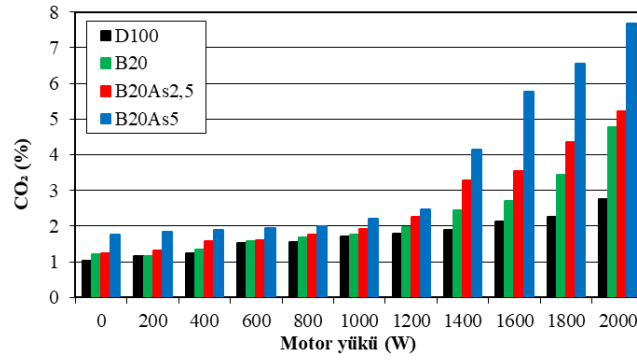


Şekil 6. CO Emisyonu Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

### 3.6. Karbondioksit Emisyonu

Test yakıtlarının motor yüküne bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonlarının değişimleri Şekil 7'de verilmiştir. Motor yükü arttıkça yanma veriminin iyileşmesinden dolayı

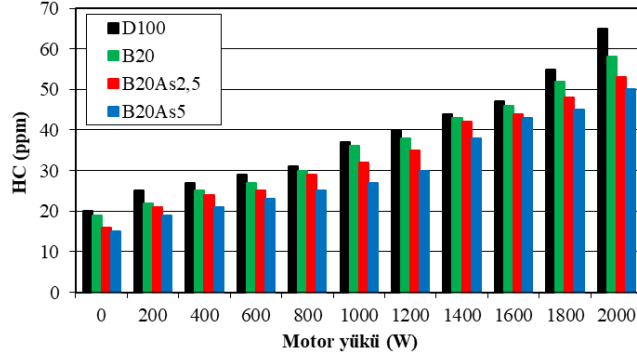
tüm yakıt numuneleri için CO<sub>2</sub> emisyonları artmıştır. Şekil 7’de gösterildiği gibi B20, B20As2,5 ve B20As5 yakıtları dizel yakıtından daha yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu üretmişlerdir. Dizel yakıtına biyodizel ve aseton ilavesi CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerinin artmasına neden olmuştur. Aseton ile biyodizel, karışım yakıtların oksijen içeriğini yükselterek silindir içerisindeki yanmanın iyileşmesine, adyabatik alev sıcaklığının artmasına ve dolayısıyla CO<sub>2</sub> emisyonlarının oluşumunda bir artışa yol açmıştır (Elkelawy vd., 2020). Dizel, B20, B20As2,5 ve B20As5 yakıtlarına ait CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri, tüm motor yüklerinin ortalaması alındığında sırasıyla %1,73, %2,19, %2,55 ve %3,47 olarak bulunmuştur.



Şekil 7. CO<sub>2</sub> Emisyonu Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

### 3.7. Hidrokarbon Emisyonu

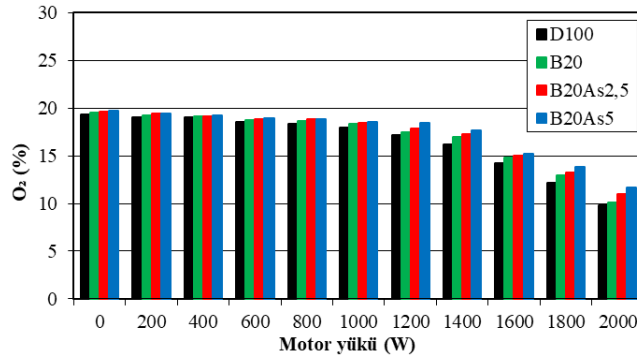
Yanmamış hidrokarbon emisyonları, tamamen yanmamış veya kısmen yanmış yakıttan oluşmaktadır (Özsezen ve Çanakçı, 2010). Artan motor yüküne göre tüm test yakıtlarının HC emisyonlarındaki değişim Şekil 8’de gösterilmiştir. Dizel yakıtına ait HC emisyonu değerlerinin tüm motor yüklerinde yüksek çıkmasının asıl nedeni yanma bölgesindeki yetersiz oksijen miktarıdır. Maksimum motor yükünde dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 yakıtlarının yanmamış HC emisyonları sırasıyla 65 ppm, 58 ppm, 53 ppm ve 50 ppm olarak ölçülmüştür. Dizel yakıtına biyodizel ilavesi ile HC emisyonlarının azaldığı, karışım yakıtına aseton katılması ile HC emisyonlarının daha da düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum, alternatif katkı maddeleri olarak kullanılan biyodizel ve asetonun moleküler yapısında bulunan yüksek orandaki oksijen miktarı ile açıklanabilir (Li vd., 2015).



Şekil 8. HC Emisyonu Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

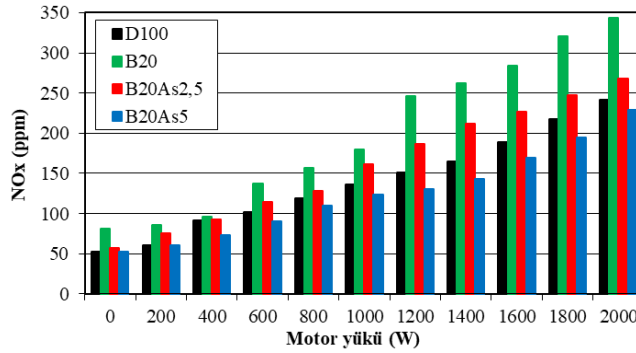
### 3.8. Oksijen Emisyonu

Aseton gibi oksijen içeriği yüksek kimyasalların yakıt harmanında katkı maddesi olarak kullanılması yanma odasındaki oksijen konsantrasyonunu artırır. Dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 test yakıtlarının bir dizel motorda denenmesiyle meydana gelen  $O_2$  emisyonlarının motor yüküne bağlı olarak değişimleri Şekil 9’da sunulmuştur. Dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 test yakıtlarının  $O_2$  emisyonu değerleri sırasıyla ortalama olarak %16,52, %16,91, %17,15 ve %17,42 olarak belirlenmiştir. Şekil 9’da da görüldüğü gibi tüm motor yüklerinde referans dizel yakıtına göre diğer yakıtların  $O_2$  emisyonu değerleri artmıştır. Karışım yakıtlardaki aseton miktarı arttıkça yakıt bünyesindeki oksijen yüzdesi arttığından  $O_2$  emisyonu değerleri de yükselmektedir. Motor yükündeki artış ile birlikte motorun istenen gücü oluşturmak için ihtiyacı olan yakıt tüketiminin artması nedeniyle bu yakıtın yanabilmesi için gerekli olan oksijenin yakıtın kimyasal yapısında bulunan oksijenden karşılanması egzoz gazları içerisindeki  $O_2$  emisyonu değerlerini azaltmıştır. Bu durum yanma işleminde kimyasal dengenin oluşabilmesi için daha fazla miktarda oksijen gerektiğini göstermektedir (Vargas vd., 2019).

Şekil 9.  $O_2$  Emisyonu Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

### 3.9. Azot Oksit Emisyonu

Test yakıtlarının NO<sub>x</sub> emisyonlarının motor yüküne bağlı olarak değişimleri Şekil 10'da gösterilmiştir. Motor yükünün artması tüm test yakıtlarının NO<sub>x</sub> emisyonlarının artışına yol açmıştır. Motor yükü arttıkça silindir içindeki sıcaklıkların yükselmesi azot ile oksijenin reaksiyona girmesine ve dolayısıyla NO<sub>x</sub> emisyonlarında artışa neden olmaktadır (Aydın, 2016). Maksimum motor yükünde dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 test yakıtlarının NO<sub>x</sub> emisyonları sırasıyla 241,72 ppm, 343,44 ppm, 268,18 ppm ve 229,54 ppm olarak kaydedilmiştir. Oksijenli katkı maddeleri kullanıldığında, yakıt karışımlarındaki oksijen kütle oranındaki artışla birlikte egzoz gazı içindeki NO<sub>x</sub> miktarlarında azalma meydana gelmektedir (Ren vd., 2008). B20 yakıtının NO<sub>x</sub> emisyonları dizel yakıtı ile kıyaslandığında ortalama %49 artış göstermiştir. Bunun nedeni, oksijen molekülleri nedeniyle silindirde çok sayıda yüksek sıcaklık bölgesinin oluşmasıdır. B20 yakıtına farklı oranlarda aseton ilave edilip oluşturulan B20As2,5 ve B20As5 yakıtlarının NO<sub>x</sub> değerleri ise B20 yakıtına göre sırasıyla ortalama olarak %19,26 ve %37,19 oranlarında azalmıştır. Bu durum ise asetonun sahip olduğu yüksek gizli buharlaşma ısısı, düşük ısı değer ve yüksek oksijen içeriği nedeniyle NO<sub>x</sub> emisyonlarının düşmesine sebep olan silindir içindeki artık gazların sıcaklığının azalması olarak değerlendirilmektedir (Ashok vd., 2019a; Ashok vd., 2019b).

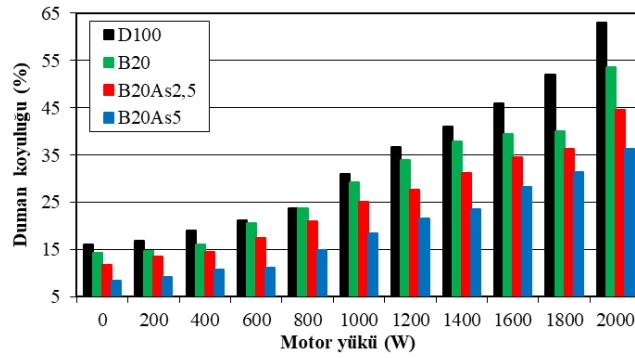


Şekil 10. NO<sub>x</sub> Emisyonu Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

### 3.10. Duman Koyuluğu

Test edilen yakıtlar için duman koyuluğu değerlerinin motor yüklerine göre değişimleri Şekil 11'de verilmiştir. Motor yükünün artması ile birlikte tüm test edilen yakıt örneklerinin duman koyuluğu değerlerinin yükseldiği ve en yüksek sonuçların 2000 W motor yükünde olduğu gözlemlenmiştir. Maksimum motor yükünde dizel yakıtı, B20, B20As2,5 ve B20As5 yakıtlarının duman koyuluğu değerleri sırasıyla

%62,97, %53,61, %44,61 ve %36,24 olarak belirlenmiştir. B20, B20As2,5 ve B20As5 karışım yakıtlarının duman koyuluğu değerleri dizel yakıtından daha düşük olarak elde edilmiştir. Bunun temel nedeni; dizel yakıtı kıyasla biyodizel karışımlarında yanma sonunda, yanmamış hidrokarbon miktarındaki azalma ile daha düşük duman koyuluğu değerlerinin elde edilmesidir (Buyukkaya, 2010). Şekil 8’de biyodizel ve aseton ilaveli karışım yakıtların HC emisyonlarının dizel yakıtı göre daha az olduğu görülmektedir. Duman oluşumu yakıt miktarı olarak zengin bölgede, yüksek sıcaklıkta, özellikle yakıtın püskürtüldüğü çekirdek bölgesinde meydana gelir ve genellikle yüksek sıcaklıktaki ayrışmadan kaynaklanır (Puhan vd., 2005).



Şekil 11. Duman Koyuluğu Değerlerinin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimleri

#### 4.SONUÇ

Bu deneysel çalışma; dizel, dizel-biyodizel, dizel-biyodizel-aseton yakıt harmanlarının bir dizel motorda test edilmesiyle meydana gelen motor performans ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini ele almaktadır. Farklı motor yükleri altında (0-2000 W aralığında ve 200 W aralıklarla) ve 3000 d/d sabit motor hızında yapılan testlerden elde edilen sonuçlar dizel yakıt ile karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

➤B20 yakıtının enerji içeriğinin düşük, viskozite ve yoğunluk değerlerinin yüksek olması FÖYT değerinin dizel yakıtı göre ortalama olarak %5,17 oranında artmasına neden olmuştur. Karışım yakıtlardaki aseton oranının artmasıyla viskozite ve yoğunluk değerleri düşerken, oksijen içeriği artmıştır ve bu test yakıtlarının FÖYT değerleri B20 yakıtına göre daha düşük olarak bulunmuştur.

➤Dizel yakıtına biyodizel katılması durumunda fren termal verim değerlerinin saf dizel yakıtına göre ortalama olarak %4,4 oranında azaldığı tespit edilmiştir. B20As2,5 ve B20As5 yakıtlarının yoğunluk ve viskozite değerlerinin iyileşmesinden dolayı fren termal verim değerleri yükselmiştir.

➤Dizel yakıttan daha düşük ısı değere sahip olan B20 yakıtının FÖET değerlerinin genel olarak yükseldiği gözlenmiştir. Test yakıtlarındaki aseton içeriğinin artması ile birlikte B20 yakıtına göre daha az FÖET değerleri oluşmuştur.

➤Biyodizelin sahip olduğu düşük kalori, atomizasyonu kötüleştiren yüksek viskozite ve yoğunluk değerleri nedeniyle tüm motor yüklerinde dizel yakıtına göre B20 yakıtının EGS değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Ancak, B20 karışım yakıtına %2,5 ve %5 oranında aseton ilavesi ile püskürtme karakteristikleri iyileşmiş ve böylece EGS değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

➤Dizel-biyodizel karışım yakıtına hacimsel olarak %2,5 ve %5 oranlarında saf aseton katılması ile duman koyuluğu, CO, HC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarında azalma meydana gelirken CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> emisyonlarında artışlar tespit edilmiştir.

➤Asetonun dizel motorlarda düşük oranlarda katkı maddesi olarak kullanılmasının motor performansı açısından herhangi bir sorun teşkil etmeyeceği, bununla beraber kirletici egzoz emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynayabileceği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Agarwal, A.K. (2007). Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33(3):233-271.
- Algayyim, S.J.M., Wandel, A.P., Yusaf, T., Al-Lwayzy, S., Hamawand, I. (2018). Impact of butanol-acetone mixture as a fuel additive on diesel engine performance and emissions. *Fuel*, 227:118-126.
- Alptekin, E., Çanakçı, M. (2006). Biyodizel ve Türkiye'nin durumu. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 47(561):57-64.
- Ashok, B., Jeevanantham, A.K., Nanthagopal, K., Saravanan, B., Kumar, M.S., Johnny, A., Mohan, A., Kaisan, M.U., Abubakar, S. (2019a). An experimental analysis on the effect of n-pentanol-Calophyllum Inophyllum biodiesel binary blends in CI engine characteristics. *Energy*, 173:290-305.
- Ashok, B., Nanthagopal, K., Anand, V., Aravind, K.M., Jeevanantham, A.K., Balusamy, S. (2019b). Effects of n-octanol as a fuel blend with biodiesel on diesel engine characteristics. *Fuel*, 235:363-373.

- Aydın, H. (2013). Combined effects of thermal barrier coating and blending with diesel fuel on usability of vegetable oils in diesel engines. *Applied Thermal Engineering*, 51(1-2):623-629.
- Aydın, H. (2016). Scrutinizing the combustion, performance and emissions of safflower biodiesel–kerosene fueled diesel engine used as power source for a generator. *Energy Conversion and Management*, 117:400-409.
- Babu, D., Anand, R. (2017). Effect of biodiesel-diesel-n-pentanol and biodiesel-diesel-n-hexanol blends on diesel engine emission and combustion characteristics. *Energy*, 133:761-776.
- Bilgin, A., Durgun, O., Sahin, Z. (2002). The effects of diesel-ethanol blends on diesel engine performance. *Energy Sources*, 24(5):431-440.
- Buyukkaya, E. (2010). Effects of biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics. *Fuel*, 89(10):3099-3105.
- Calder, J., Roy, M. M., Wang, W. (2018). Performance and emissions of a diesel engine fueled by biodiesel-diesel blends with recycled expanded polystyrene and fuel stabilizing additive. *Energy*, 149:204-212.
- Can, O., Ozturk, E., Solmaz, H., Aksoy, F., Cinar, C., Yucesu H.S. (2016) Combined effects of soybean biodiesel fuel addition and EGR application on the combustion and exhaust emissions in a diesel engine. *Applied Thermal Engineering* 95:115-124
- Çelebi, Y., Aydın, H. (2018). Investigation of the effects of butanol addition on safflower biodiesel usage as fuel in a generator diesel engine. *Fuel*, 222:385-393.
- Chemical safety facts. <https://www.chemicalsafetyfacts.org/acetone>. Erişim tarihi: 07.03.2020.
- Chemie. <https://www.chemie.de/lexikon/Aceton.html>. Erişim tarihi: 07.03.2020.
- Dahman, Y., Syed, K., Begum, S., Roy, P., Mohtasebi, B. (2019). Biofuels: Their characteristics and analysis. In *Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy* (pp. 277-325), Woodhead Publishing.
- Damodharan, D., Sathiyagnanam, A.P., Rana, D., Kumar, B.R., Saravanan, S. (2017). Extraction and characterization of waste plastic oil (WPO) with the effect of n-butanol addition on the performance and emissions of a DI diesel engine fueled with WPO/diesel blends. *Energy Conversion and Management*, 131:117-126.
- Devarajan, Y., Beemkumar, N., Ganesan, S., Arunkumar, T. (2020). An experimental study on the influence of an oxygenated additive in diesel engine fuelled with neat papaya seed biodiesel/diesel blends. *Fuel*, 268:117254.

- Elkelawy, M., Kabeel, A.E., El Shenawy, E.A., Panchal, H., Elbanna, A., Bastawissi, H.A.E., Sadasivuni, K.K. (2020). Experimental investigation on the influences of acetone organic compound additives into the diesel/biodiesel mixture in CI engine. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37:100614.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org>. Erişim tarihi: 07.03.2020.
- Hoekman, S.K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerros, E., Natarajan, M. (2012). Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1):143-169.
- Kumar, B.R., Saravanan, S. (2016). Use of higher alcohol biofuels in diesel engines: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60:84-115.
- Lapuerta, M., Armas, O., Rodriguez-Fernandez, J. (2008). Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(2):198-223.
- Li, .L, Wang, J., Wang, Z., Xiao, J. (2015). Combustion and emission characteristics of diesel engine fueled with diesel/biodiesel/pentanol fuel blends. *Fuel*, 156:211-218.
- Lin, S.L., Lee, W.J., Chia-fon, F.L., Wu, Y.P. (2012). Reduction in emissions of nitrogen oxides, particulate matter, and polycyclic aromatic hydrocarbon by adding water-containing butanol into a diesel-fueled engine generator. *Fuel*, 93:364-372.
- Lin, S.L., Lee, W.J., Lee, C.F., Chen, S.J. (2010). Energy savings and emission reduction of nitrogen oxides, particulate matter, and polycyclic aromatic hydrocarbons by adding water-containing acetone and neat soybean oil to a diesel-fueled engine generator. *Energy & Fuels*, 24(8):4522-4533.
- Liu, Y., Yuan, Z., Ma, Y., Fu, J., Huang, R., Liu, J. (2019). Analysis of spray combustion characteristics of diesel, biodiesel and their n-pentanol blends based on a one-dimensional semi-phenomenological model. *Applied Energy*, 238:996-1009.
- Ma, X., Zhang, F., Han, K., Yang, B., Song, G. (2015). Evaporation characteristics of acetone–butanol–ethanol and diesel blends droplets at high ambient temperatures. *Fuel*, 160:43-49.
- Mahalingam, A., Munuswamy, D.B., Devarajan, Y., Radhakrishnan, S. (2018). Investigation on the emission reduction technique in acetone-biodiesel aspirated diesel engine. *Journal of Oil Palm Research*, 30(2):345-349.
- Meher, L.C., Sagar, D.V., Naik, S.N. (2006). Technical aspects of biodiesel production by transesterification-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10(3):248-268.

- Mwangi, J.K., Lee, W.J., Chang, Y.C., Chen, C.Y., Wang, L.C. (2015). An overview: Energy saving and pollution reduction by using green fuel blends in diesel engines. *Applied Energy*, 159:214-236.
- No, S.Y. (2011). Inedible vegetable oils and their derivatives for alternative diesel fuels in CI engines: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1):131-149.
- Özsezen, A.N., Çanakçı, M. (2010). The emission analysis of an IDI diesel engine fueled with methyl ester of waste frying palm oil and its blends. *Biomass and Bioenergy*, 34(12):1870-1878.
- Puhan, S., Vedaraman, N., Ram, B.V., Sankarnarayanan, G., Jeychandran, K. (2005). Mahua oil (*Madhuca Indica* seed oil) methyl ester as biodiesel-preparation and emission characteristics. *Biomass and Bioenergy*, 28(1):87-93.
- Raheman, H., Kumari, S. (2014). Combustion characteristics and emissions of a compression ignition engine using emulsified *Jatropha* biodiesel blend. *Bio-systems Engineering*, 123:29-39.
- Rakopoulos, D.C., Rakopoulos, C.D., Kyritsis, D.C. (2016). Butanol or DEE blends with either straight vegetable oil or biodiesel excluding fossil fuel: Comparative effects on diesel engine combustion attributes, cyclic variability and regulated emissions trade-off. *Energy*, 115:314-325.
- Ramesh, A., Ashok, B., Nanthagopal, K., Pathy, M. R., Tambare, A., Mali, P., Phuke, P., Patil, S., Subbarao, R. (2019). Influence of hexanol as additive with *Calophyllum Inophyllum* biodiesel for CI engine applications. *Fuel*, 249:472-485.
- Ren, Y., Huang, Z., Miao, H., Di, Y., Jiang, D., Zeng, K., Liu, B., Wang, X. (2008). Combustion and emissions of a DI diesel engine fuelled with diesel-oxygenate blends. *Fuel*, 87:2691-2697.
- Resmî Gazete. Motorin Türlerine Biodizel Harmanlanması Hakkında Tebliğ. (16 Haziran 2017). (Sayı: 30098). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/03/20190329-4.htm> Erişim tarihi: 07.03.2020.
- Silitonga, A.S., Hassan, M.H., Ong, H.C., Kusumo, F. (2017). Analysis of the performance, emission and combustion characteristics of a turbocharged diesel engine fueled with *Jatropha curcas* biodiesel-diesel blends using kernel-based extreme learning machine. *Environmental Science and Pollution Research* 24(2):25383-25405.

- Subramani, L., Venu, H. (2019). Evaluation of methyl ester derived from novel *Chlorella emersonii* as an alternative feedstock for DI diesel engine & its combustion, performance and tailpipe emissions. *Heat and Mass Transfer*, 55(5):1513-1534.
- Tsai, J.H., Chen, S.J., Huang, K.L., Lin, W.Y., Lee, W.J., Lin, C.C., Hsieh, L.T., Chiu, J.Y., Kuo, W.C. (2014). Emissions from a generator fueled by blends of diesel, biodiesel, acetone, and isopropyl alcohol: Analyses of emitted PM, particulate carbon, and PAHs. *Science of the total Environment*, 466-467:195-202.
- Utlu, Z., Koçak, M.S. (2008). The effect of biodiesel fuel obtained from waste frying oil on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. *Renewable Energy*, 33:1936-1941.
- Vargas, F., Pérez, A., Delgado, R., Hernández, E., Suástegui, J.A. (2019). Performance analysis of a compression ignition engine using mixture biodiesel palm and diesel. *Sustainability*, 11(18):4918.
- Vellaiyan, S. (2019). Enhancement in combustion, performance, and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel, biodiesel, and its blends by using nanoadditive. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(10):9561-9573.
- World of chemicals. <https://www.worldofchemicals.com/632/chemistry-articles/what-is-acetone-history-properties-production-and-uses.html>. Erişim tarihi: 07.03.2020.
- Yılmaz, N., Vigil, F.M., Benalil, K., Davis, S.M., Calva, A. (2014). Effect of biodiesel–butanol fuel blends on emissions and performance characteristics of a diesel engine. *Fuel*, 135:46-50.
- Zhou, N., Huo, M., Wu, H., Nithyanandan, K., Chia-fon, F.L., Wang, Q. (2014). Low temperature spray combustion of acetone–butanol–ethanol (ABE) and diesel blends. *Applied Energy*, 117:104-115.



# ÇOK İŞLEVLİ RADARLAR

**Mustafa Cem AKAGÜNDÜZ**

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

**Prof. Dr. Alaa El ROUBY**

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

**ÖZET:** 21. yüzyılın teknolojik ilerlemesi ile farklı radarların işlevleri birleştirilmeye başlanmıştır. Çok işlevli radarlar, uzaktan algılama teknolojisine çok çeşitli uygulamalar getirmiştir. Bu çalışmanın amacı radar sistemleri hakkında araştırmacılara ışık tutmaktır.

## **Multifunction Radars**

**ABSTRACT:** With the technological advancement of the 21st century, the functions of different radars began to be combined. Multifunction radars have introduced a wide range of applications to remote sensing technology. The aim of this study is to shed light on researchers about radar systems.

## **I.INTRODUCTION**

Radars have been in continuous development since they were patented by Christian Hülsmeier in 1904. A radar system is basically based on the principle of sending electromagnetic energy to the environment, spreading it until it encounters an object and absorbing some of the energy as a result of the interaction between the incoming wave and the object, collecting the one in the direction of the radar receiver from these reflected waves. The reflected energy can potentially be scattered in all directions and its amount can vary depending on the operating frequency of the radar, the shape and material of the target object, the angle between the radar and the target object. Due to reasons such as low reflectivity, reduced power density with the square of the range, the power density to the radar receiver is usually very low. Radar studies have been on extracting various information about the target from this low intensity rotating beacon.

Typical radar functions "are there targets?" he started with his problem and developed such that he obtained the range of the target, the speed, the altitude information of the air targets. Thanks to these capabilities, radars have many uses, both military and civilian. Today radars are used in many different areas such as air traffic control, tracking of meteorological events, speed control for road vehicles, underground imaging. Besides these, the need for target classification with radar first arose in order to distinguish potential threats beyond visible range in the military and has now found use in both military and civilian applications.

## **II. LITERATURE RESEARCH**

The ability of a radar system to distinguish echoes from the target from noise sources is the most important element determining the effectiveness of this system. One of the sources of noise is thermal noise caused by components in the receiving device. Other sources of noise can be cited as sources of interference, such as environmental disturbance and interference equipment. Sources of environmental disturbance and interference are interference signals detected by radar. Many years of work have been done to increase the target detection capabilities of radar systems by suppressing these interference signals. The most important factor in the development of successful detection strategies is the accurate determination of the statistical characteristics of target signals and noise sources.

A radar system can send multiple pulses to the interested region and use multiple antenna elements to increase the probability of detection. Multidimensional signals are used in the signal processing algorithms developed for these systems. Space-time adaptive processing (STAP), a multidimensional radar signal processing method, is performed using spatially separated multiple pulses and multiple receiver antenna elements. In this method, the signal received from the region where the antenna beam is directed is expressed as a multidimensional vector with a specific statistical distribution. Based on the knowledge of the covariance matrix of this signal, whose size is as much as the number of pulses and the number of antennas, reliable target detection is not possible with the developed detectors. Adaptive target detection detectors have been developed as a solution [1]. These detectors create a secondary data set independent of their target components and use this data set to estimate parameters specific to the statistical distribution of noise in the test cell.

Examples of major sensors designed in this context are Kelly's detector [2] and adaptive filter (AMF) [3]. These traditional adaptive target detection sensors model ambient noise by Gaussian distribution and recognize that the spectral properties of the noise in the cell being tested and the cells from which secondary data is obtained

are similar. Thus, they use the common correlation matrix calculated using the secondary dataset as an estimate of the common correlation matrix for the cell being tested. This scenario is often referred to as homogeneous media. In another conjecture called partial homogeneous medium, it is assumed that the noise in the tested region differs from the common correlation matrix, which is predicted using secondary data determined as a scalar value, called the power scaling factor. In this model, the noise is again modeled as a Gaussian distribution, and the spectral properties of the noise in cells belonging to the secondary dataset are assumed to be similar. Adaptive Compliant Predictor (ACE) is pioneered in sensors designed using the partial homogeneous environment Model [4].

If the number of distributions in a radar resolution cell is large enough, the noise in the cell can be modeled by the Gaussian distribution based on the Central Limit Theorem. The use of Gaussian distribution is suitable for low resolution radars, but theoretical studies and measurements show that when using high resolution radars, the probability density function of noise deviates from the Gaussian distribution [5, 6]. The performance of traditional adaptive detection algorithms mentioned in the previous paragraph has been significantly reduced, especially in environments where there are sudden fluctuations in noise. Therefore, non-Gaussian noise models are designed. Scenarios in which these models are used are often referred to as heterogeneous environments. The most preferred model for heterogeneous environments is the compound Gaussian model [7].

A random process with a rapidly changing Gaussian distribution over a short period of time is modulated by another random process that changes over a longer period of time compared to that component. In other words, it models the change in amplitude probability density function of the second component noise, which varies relatively more slowly. Given that the processing time of a certain number of pulses returning to the radar is short enough, the second component that provides information about the envelope of the noise signal can be expressed as a constant random variable that will be considered the same for all pulses instead of random processing. This method, which is considered a special case of the compound Gaussian distribution, is called the SIRV model [8].

Where the appropriate statistical distribution for the amplitude probability density function of the noise signal cannot be determined, detectors developed with the SIRV model experience a decrease in performance. To solve this problem, the NMF detector is designed to be unaffected by amplitude changes [9]. The NMF detector is independent of amplitude change, but accepts that the common relation matrix of noise is known. Therefore, adaptive detectors called anmf were designed based on the prediction of the common correlation matrix with the secondary data set [10].

In addition to studies on the modeling of noise signal, various studies are also conducted on the modeling of signals scattered back from the target. In many studies, it is assumed that reflections from the target are known to the radar to the point of development. This assumption can only be considered correct if the signal returning to the radar has a line-of-sight component. However, in many scenarios, the signal sent by the target has both a viewing angle and a multipath component. Therefore, various detectors have been designed when it is thought that the signal returning to the radar may be disrupted during development [11, 12]. These detectors model the behavior of the signal emitted from the target using the preliminary information they have about the environment in which the radar is located.

The target's echoes are scattered in many directions when it hits a rough surface. In an environment where such surfaces are very large, signals reflected from the target will return to the radar from many different directions. In such an environment, it is not possible to predict the development of each of the many signals. The T-AMF detector was designed recently to solve this problem [13]. This detector models the multipath components of the signal emitted from the target as Gaussian distributed random vectors.

### **INFORMATION**

Given our literature study, it is concluded that different approaches may be preferred for different scenarios. For example, although the performance of Central moments results better than other approaches in most cases, it may not be preferred because it works approximately 2 to 10 times slower than the classification method used in Fourier and Mellin transformations when the runtime is important. Similarly, if the number of eigenvectors is small, Fourier and Mellin transformations may be preferred, while as the number of eigenvectors increases, it is better to choose Hu moments and central moments.

The performance of the proposed approaches can be examined for range profiles, YAR and reverse YAR images. In addition, other methods that issue rotation, displacement, and scaling invariant attributes can similarly be applied to data sets in mixed methods. In the event of the creation of very large data sets, new and cost-effective systems can be developed by classifying the attributes that are extracted, convolutional neural networks, re-seeking neural networks, as well as by deep learning algorithms.

In order to develop a successful radar system, studies should be done by comparing the methods studied so far and evaluating the most efficient systems in the context of the Working Time.

## REFERENCES

- C. Clemente, L. Pallotta, A. D. Maio, J. J. Soraghan and A. Farina. (2015). A novel algorithm for radar classification based on doppler characteristics exploiting orthogonal Pseudo-Zernike polynomials, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol.51, no.1, pp. 417-430, January. doi: 10.1109/TAES.2014.13076284
- C.-W. Huang & K.-C. Lee. (2010). Frequency-Diversity RCS Based Target Recognition with ICA Projection, *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 24:17-18, pp. 2547-2559. doi: 10.1163/156939310793675763.
- H. -. Li and S. -. Yang. (1993). Using range profiles as feature vectors to identify aerospace objects, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 41, no. 3, pp. 261-268, March. doi: 10.1109/8.233138.
- I. Jouny and M. Kanapathipillai. (1994). Neural network adaptive wavelet classification of radar targets, *Proceedings of IGARSS '94 - 1994 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Pasadena, CA, USA, vol.4, pp. 1889-1891. doi: 10.1109/IGARSS.1994.399603.
- K.-C. Lee, C.-W. Huang, and M.-C. Fang. (2008). Radar Target Recognition by Projected Features of Frequency-Diversity RCS, *Progress In Electromagnetics Research*, vol. 81, pp. 121-133. doi:10.2528/PIER08010206.
- K.-C. Lee, J.-S. Ou, and C.-W. Huang. (2007). Angular-Diversity Radar Recognition of Ships by Transformation Based Approaches ---Including Noise Effects, *Progress In Electromagnetics Research*, vol. 72, pp. 145-158. doi:10.2528/PIER07030901.
- Lan Du, Hongwei Liu, Zheng Bao and Mengdao Xing. (2005). Radar HRRP target recognition based on higher order spectra, *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 53, no. 7, pp. 2359-2368, July. doi: 10.1109/TSP.2005.849161
- Lazarov, A.D. & Minchev, Chavdar. (2017). ISAR Image Recognition Algorithm and Neural Network Implementation, *Cybernetics and Information Technologies*, vol. 17, no. 4, pp. 183-199. doi: 10.1515/cait-2017-0048.
- Mustafa Emre Aydemir and Ersin Gose. (2012). Radar Cross Section Identification of Air Targets using the Cosine Transform and Neural Networks, *Recent Patents on Engineering*, vol. 6, pp. 65-69. <https://doi.org/10.2174/187221212799436745>
- Sheng-Chih Chan & Kun-Chou Lee. (2014). Frequency-Swept Target Recognition by Kernel Principal Component Analysis on Radar Cross-Section, *Electromagnetics*, 34:1, pp. 34-46. doi: 10.1080/02726343.2014.846176.

- X. Xiang and X. Xu. (2013). Feature extraction for radar target recognition using time sequences of radar cross section measurements, *2013 6th International Congress on Image and Signal Processing (CISP)*, Hangzhou, pp. 1583-1587. doi: 10.1109/CISP.2013.6743928
- Xiaorong Xue, Qiming Zeng and Rongchun Zhao. (2005). A new method of SAR image target recognition based on SVM, *Proceedings. 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05.*, Seoul, pp. 4718-4721. doi: 10.1109/IGARSS.2005.1526725.
- Xu Xiaotian and Wen Tieniu. (2011). Research on air target classification based on extraction of physical features of high-resolution radar range profiles, *Proceedings of 2011 IEEE CIE International Conference on Radar*, Chengdu, pp. 1668-1671. doi: 10.1109/CIE-Radar.2011.6159887

# NEW APPROCHES TO TARGETED GENE DELIVERY

**Ongun Mehmet SAKA**

Ankara Üniversitesi

**ÖZET:** Gen tedavisi, tedaviye yanıt vermeyen ve nadir görülen hastalıkları genetik düzeyde tedavi etmek için umut verici bir yaklaşımdır. Hedeflendirilmiş gen aktarımı, rekombinant genlerin verilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Tedavi edici gen aktarımı ve/veya gen susturulmasının azaltılması için rekombinant DNA, miRNA, siRNA veya shRNA içeren aktarım vektörleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Yalnız başına uygulanan tedavi edici gen, sistemik dolaşıma verildiğinde, retikuloendotelial sistem (RES) tarafından hızla tutulabilir veya kan dolaşımındaki nükleazlar tarafından bozunabilirler. Ayrıca gen taşıyıcı sistemlerin kullanımı ile hedefe özgü etkin ve güvenli bir aktarım gerçekleşir. Etkili ve güvenli hedeflendirilmiş gen taşıyıcı sistem geliştirmek için çeşitli stratejiler test edilmektedir. Rasyonel yaklaşımlardan birisi ise, hedef hücrelerdeki spesifik reseptörlere yönelik ligand ile modifiye etmektir. PEGilasyon veya farklı özellikteki polimer seçimleri de farklı stratejiler olarak kullanılmaktadır. Hücre yüzeyi proteinlerine karşı antikorlar ile hedefleme yapılması ise başarılı bir yaklaşımdır.

**ABSTRACT:** Gene therapy is a promising approach to treat intractable and rare diseases at the genetic level. Targeted gene expression is induced by delivering recombinant genes. Downregulation of therapeutic gene expression or gene silencing can be performed using recDNA, miRNA, siRNA or shRNA expression vectors. When therapeutic genes in a naked form are administered into systemic circulation, they can rapidly be taken up by the reticuloendothelial system (RES) or degraded by nucleases in the bloodstream. Also gene delivery systems targeted to specific areas are important for efficacy and safety. Various strategies have been tested to improve efficient and safe targeted gene delivery. One of them is a modification with a ligand for specific receptors on target cells is a rational approach. Also PEGylation or choosing the type of a polymer are some of the other approaches. Furthermore, antibodies against cell surface proteins are also a useful tool for targeting. We prepared non-viral carrier systems by modification of polymers.

### ***Introduction***

Gene therapy has to gain momentum as promising early successes in clinical studies. Basically, gene therapy is the transfer of genetic material (mostly a piece of DNA) to a patient's cells to treat a disease (1). For successful gene therapy, different types of gene delivery systems can be applied to restore a specific gene function. To date, a lot of genetic disorders have been treated by more than hundreds of gene therapy protocols. According to these protocols viral and non-viral vectors were used to be delivered genetic material across the cell membrane and ultimately to the cell nucleus.

### ***Viral vector***

Gene therapy's first success stories involved by application with viral vectors. Commonly used viral vectors are; retrovirus, adenovirus (types 2 and 5), adeno-associated virus (AAV), herpes simplex virus, and lentivirus. All of these viral vectors' genomes were modified by deleting some areas which are responsible of replication. This makes them safer to use because of their replication becomes deranged. But they have still some problems as, induction of inflammatory system leading to a degeneration of transduced cells; toxin production; their limitation in transgenic capacity size; and difficulty in scale-up process (1, 2). On the other hand, by using specific receptors some viral vectors could transfer the therapeutic material to some other specific cells, which are not their naturally targeting. Most used viral vectors and their genetic therapy properties were summarized in table 1 (2).

Table 1. Properties of commonly used viral-vectors (2)

Non-viral vectors properties	Retrovirus	Adenovirus	Adeno-associated virus	Lentivirus
Viral genome type	RNA	DNA	DNA	RNA
Targeted cell type	Only dividing cells	Non- dividing cells	Non-dividing cells	G1 phase
Packaging limitation	8 kilobase (kb)	8-35 kb	4,8 kb	8 kb
Immune responses to vector	Few	Few	Extensive	Few

New Approches to Targeted Gene Delivery

Genome integration	Yes	Poor (temporary)	Poor	Yes
Long-term expression	Yes	No	Yes	Yes
Main advantages	Persistent gene transfer in dividing cells	Highly effective in transducing various tissues	Elicits few inflammatory responses, nonpathogenic	Persistent gene transfer in transduced tissues

There are six approved viral based gene delivery product in the market. European Medicines Agency (EMA) approved Glybera® in 2012 for the treatment of familial lipoprotein lipase deficiency. AAV-based therapy was formulated for this orphan disease. Another AAV-based therapy was approved by US Food and Drug Administration (FDA) for retinal dystrophy (biallelic RPE65 mutation-associated retinal dystrophy) in 2018 with the trade name, Luxturna®. IMLYGIC®, a modified herpes simplex virus type-1 was used for the local treatment of unresectable lesions in patients with melanoma gained FDA approval in 2015. Retroviral-based Strimvelis® was approved in 2016 by EMA for the treatment of severe combined immunodeficiency. Kymriah® and Yescarta® both approved for the treatment of non-Hodgkin lymphoma by FDA in 2017. Also, Kymriah® is indicated for the treatment of acute lymphoblastic leukemia. The following disadvantages should not be ignored during the use of these gene-drugs; gene silencing; genotoxicity; phenotoxicity; immunotoxicity; risk of horizontal and vertical transmission.

**Non-viral vectors**

Non-viral vectors are engineered vectors. They are composed of cationic lipids and/or cationic polymers to form condensed complexes with negatively charged genetic material through electrostatic interactions. The non-viral complexes protect genetic active material and facilitate the cellular uptake and intracellular delivery (3, 4). The major advantage of using non-viral vectors is their bio-safety. On the other hand non-viral vectors efficiency is less than viral ones. When we compared non-viral vectors to viral systems; their cost-effectiveness, availability, no limitation in size of transgenic gene and more importantly they have a less immunogenic response, have made them more effective for gene delivery (4, 5).

Traditional non-viral vectors (like various lipoplexes and polyplexes) showed excellent results on in-vitro experiments (1, 4), but their translation to in vivo is able to confer only transient gene expression and is not effective as viral vectors as. Over

the past decade, several strategies (shown in table 2) have been developed to improve the poor outcome of non-viral vectors.

Table 2. Strategies to improve gene transfer efficacy (6)

<b>Barriers</b>	<b>Functional components</b>	<b>Strategies -rationale</b>	<b>Molecules studied</b>
Extracellular stability	Carrier molecules	DNA condensation- protects from nucleases	Protamine, lipids, gelation (4)
	Hydrophobic moiety	Steric stability achieved by surface charge shielding	PEGylation (7)
Internalization	Targeting ligands	Receptor mediated endocytosis	Transferrin, EGF, antibodies, RGD (8, 9)
Intracellular trafficking	Endosomal disruptive agent	Escape from endosomes and unpacking by proton sponge effect	PEI, DOPE (10, 11)
Nuclear entry	Nuclear localization signal	Nuclear entry	Tat, ReV. (12)

### Result and Discussion

Non-viral gene therapy has the potential to treat especially, some of the life-threatening orphan diseases. Ineffective and non-stable non-viral vector remains a major hurdle in treating gene diseases. But past few years the studies showed that the trend for using non-viral vectors is significantly increasing. The new strategies of non-viral vectors might be beneficial to achieve a predictable long-lasting, efficient and non-toxic gene delivery system. Researches are working on the new strategies to improve non-viral gene therapy. They try to improve; capacity to efficiently interact with serum components without losing the therapeutic material; appropriate circulating time in the body and biodistribution; escape from immune system and macrophages; interaction with the surface of the targeted cell; and ability to transcribe.

## KAYNAKLAR

- Al-Dosari MS, Gao X. 2009. Nonviral Gene Delivery: Principle, Limitations, and Recent Progress. *Aaps Journal* 11:671-681.
- Anguela XM, High KA. 2019. Entering the Modern Era of Gene Therapy. *Annual Review of Medicine*, Vol 70 70:273-288.
- Bozkir A, Saka OM. 2004. Chitosan nanoparticles for plasmid DNA delivery: Effect of chitosan molecular structure on formulation and release characteristics. *Drug Delivery* 11:107-112.
- Bozkir A, Saka OM. 2004. Chitosan-DNA nanoparticles: Effect on DNA integrity, bacterial transformation and transfection efficiency. *Journal of Drug Targeting* 12:281-288.
- Fu S, Xu XD, Ma Y, Zhang SB, Zhang SF. 2019. RGD peptide-based non-viral gene delivery vectors targeting integrin alpha(v)beta(3) for cancer therapy. *Journal of Drug Targeting* 27:1-11.
- Katz MG, Fagnoli AS, Williams RD, Bridges CR. 2013. Gene Therapy Delivery Systems for Enhancing Viral and Nonviral Vectors for Cardiac Diseases: Current Concepts and Future Applications. *Human Gene Therapy* 24:914-927.
- Liu T, Chen SH, Zhang SY, Wu XD, Wu PN, Miao BP, Cai X. 2018. Transferrin-functionalized chitosan-graft-poly(L-lysine) dendrons as a high-efficiency gene delivery carrier for nasopharyngeal carcinoma therapy. *Journal of Materials Chemistry B* 6:4314-4325.
- Oz UC, Kucukturkmen B, Ozkose UU, Gulyuz S, Bolat ZB, Telci D, Sahin F, Yilmaz O, Bozkir A. 2019. Design of Colloidally Stable and Non-Toxic Peto-Based Polymersomes for Cargo Molecule Encapsulation. *Chemnanomat* 5:766-775.
- Ramamoorth M, Narvekar A. 2015. Non Viral Vectors in Gene Therapy- An Overview. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 9:Ge1-Ge6.
- Saka OM, Bozkir A. 2012. Formulation and in vitro characterization of PEGylated chitosan and polyethylene imine polymers with thrombospondin-I gene bearing pDNA. *Journal of Biomedical Materials Research Part B-Applied Biomaterials* 100b:984-992.
- Saka OM, Bozkir A. 2018. Preparation and Evaluation of Tsp-1 Loaded Pegylated Cationic Liposomes for Inhibiting Angiogenesis. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering* 4:1-6.
- Wu DN, Zhang YN, Xu XT, Guo T, Xie DM, Zhu R, Chen SF, Ramakrishna S, He LM. 2018. RGD/TAT-functionalized chitosan-graft-PEI-PEG gene nanovector for sustained delivery of NT-3 for potential application in neural regeneration. *Acta Biomaterialia* 72:266-277.



# LOW TEMPERATURE DENSIFICATION OF B<sub>4</sub>C CERAMICS WITH CaB<sub>6</sub> ADDITIVES

**Yasin Bozkurt YILMAZ**

Yıldız Technical University / Gizemfrit R&D Center

**Ufuk AKKAŞOĞLU**

Gizemfrit R&D Center

**Asst. Prof. Dr. Buğra ÇİÇEK**

Yıldız Technical University

**ABSTRACT:** Boron carbide is frequently preferred in the production of advanced ceramics due to its high hardness (29,1 GPa, HV ), low density (2.52 g/cm<sup>3</sup>), low thermal expansion (6,3 x 10<sup>-6</sup>/K) and high temperature resistance. Boron carbide based ceramic matrix composites are used in many fields of the Industry from nuclear power plants to protective coatings. However, it has low fracture toughness as well as low sintering ability. In order to increase the sintering ability and fracture toughness to the desired levels, particle reinforcements (TiB<sub>2</sub>, SiC, TiC) are widely used in literature. However, it is difficult to produce a ceramic matrix composite with the desired properties since the density, thermal expansion coefficient and melting temperature properties of the used additives are different from the boron carbide. Calcium hexaboride shows similar properties to boron carbide in density (2.45 g/cm<sup>3</sup>), hardness (27 GPa, HV ) and coefficient of thermal expansion (6.5 x 10<sup>-6</sup>/K). In this study, the effect of calcium hexaboride on sintering and microstructure, of boron carbide was investigated. B<sub>4</sub>C-CaB<sub>6</sub> composites with different amounts of calcium hexaboride were produced by spark plasma sintering method. Sintering behavior was observed by evaluating the shrinkage data and bulk densities of the samples. The microstructures of the samples were investigated by SEM analysis. It was observed that the sintering ability of the composites were improved with increasing calcium hexaboride ratio.

**Keywords:** Spark Plasma Sintering, Boron Carbide, Calcium Hexaboride, Ceramic Matrix Composite

### **CaB<sub>6</sub> Katkısı ile B<sub>4</sub>C Seramiklerin Düşük Sıcaklıkta Yoğunlaştırılması**

**ÖZET:** Bor karbüryüksek sertliği (29,1 GPa, HV), düşük yoğunluğu (2,52 g/cm<sup>3</sup>), düşük termal genleşmesi (6,3 x 10<sup>-6</sup>/K) ve yüksek sıcaklık dayanımına sahip olması nedeniyle ileri teknoloji seramik üretiminde sıklıkla tercih edilmektedir. Bor karbür esaslı seramik matris kompozitler, nükleer santrallerden koruyucu kaplamalara kadar endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadırlar. Bununla birlikte, düşük sinterleme kabiliyetinin yanı sıra düşük kırılma tokluğuna sahiptirler. Sinterleme kabiliyetini ve kırılma tokluğunu istenen seviyelere çıkarmak için literatürdeki çalışmalarda parçacık takviyeleri (TiB<sub>2</sub>, SiC, TiC) yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, kullanılan katkı maddelerinin yoğunluk, termal genleşme katsayısı ve ergime sıcaklığı özellikleri bor karbürden farklı olduğu için istenilen özelliklere sahip bir seramik matris kompozit üretmek zordur. Kalsiyum heksaborür, yoğunluk (2.45 g/cm<sup>3</sup>), sertlik (27 GPa, HV) ve termal genleşme katsayısı (6.5 x 10<sup>-6</sup>/K) bakımından bor karbür ile benzer özellikler gösterir. Bu çalışmada, kalsiyum heksaborürün, bor karbürün sinterlenme ve mikroyapısı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Farklı miktarlarda kalsiyum heksaborür içeren B<sub>4</sub>C-CaB<sub>6</sub> kompozitleri spark plazma sinterleme yöntemiyle üretilmiştir. Sinterleme davranışı, numunelerin büzülme verileri ve yığımsal yoğunlukları değerlendirilerek gözlenmiştir. Numunelerin içyapıları SEM analizi ile incelenmiştir. Kompozitlerin sinterleme kabiliyetinin, artan kalsiyum heksaborür oranı ile iyileştiği gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Spark Plazma Sinterleme, Bor Karbür, Kalsiyum Heksaborür, Seramik Matrisli Kompozitler

## **1. Introduction**

Boron, which is the fifth element of the periodic table, is in the 3A group. Although it is generally accepted as metal, it is called metalloid since it shows non-metal properties. It does not show similar chemical properties with other elements in the 3A group. It has similar chemical properties with Si. Due to its high affinity, it is not elemental in nature and creates complex structures to stabilize (Hnyk & McKee, 2015; Yünlü, 2016). Boron carbide is a compound made by boron with a carbon atom, which is the hardest material known after diamond and cubic boron nitride (c-BN), is used in aviation, defence industry, nuclear and many other fields, due to its high hardness (29,1 GPa, HV) and low density (2,52 g/cm<sup>3</sup>). Boron carbide is preferred as a refractory material because of its high melting degree (T<sub>m</sub>=2450°C), resistance to chemicals and abrasion. It is also used in the reactor construction of nuclear

power plants due to its neutron absorption feature. In addition, diamond and cubic boron nitride, it can maintain its hardness at high temperatures. Boron carbide shows its superior properties in sintered form (Çiçek & Karahmet, 2018; Roskill, 2015; Yünlü, 2016; Zhang et al., 2018).

Sintering method, also called densification, is defined as the formation of a bond between these particles by combining powder particles with the help of thermal energy. In sintering, which is one of the powder metallurgy production methods, a more dense structure is obtained thanks to the combination of thermal energy and diffusion of particles thanks to the high grain boundary movement in the grain boundary in relation to the grain size (Cengiz, 2016; Rahaman, 2017). Sintering is carried out by three methods called solid state sintering, liquid state sintering and pressure assisted sintering. Each method has advantages and disadvantages compared to each other. Pressure assisted sintering is the method most commonly used and in which the best results are obtained for sintering boron carbide. Pressure assisted sintering can be performed at high temperature (>2000 ° C) or low temperature (<2000 ° C). High temperature sintering has been replaced by low temperature sintering as it is an expensive method and abnormal grain growths occur. Due to the low sinterability of boron carbide at low temperature, various sintering agents such as TiB<sub>2</sub>, SiC, TiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> are used during the process (Cengiz, 2016; Çiçek & Karahmet, 2018; Kazakova & Grigoryev, 2018; Lee & Speyer, 2004). However, the values of thermal expansion, melting point and fracture toughness of the sintering agents used are different from boron carbide, which negatively affects the mechanical properties of the end product.

Calcium hexaboride, one of the metalborides, due to its high hardness (27 GPa, HV) and chemical resistance, is used in many fields in the industry, especially in refractories. It has electrical conductivity and high neutron absorption. Calcium hexaboride, which is used as a deoxidant in copper refining, is used in nuclear power generation because it has ferromagnetic properties at 627°C (Kakiage, et al. 2015; Orhan, 2006). In addition, physical and mechanical properties such as melting point (2235°C), density (2,45 g/cm<sup>3</sup>) and thermal expansion coefficient are similar to boron carbide (Bao, et al. 2017; Chen, et al. 2004; Orhan, 2006).

In this study, B<sub>4</sub>C mixtures containing different amounts (0-20 wt%) of CaB<sub>6</sub> were sintered at a relatively low temperature (1900°C) by using Spark Plasma Sintering (SPS) technique which is a pressure assisted sintering method. Sintering behavior and density properties of samples were examined. SEM-EDS analysis was performed for microstructural investigation. At the end of the studies, with the increase of CaB<sub>6</sub> amount in the structure, a decrease in sintering starting temperature (~330°C) and sintering time was observed.

## 2. Experimental

### 2.1 Sample Preparation

In the study, B<sub>4</sub>C (1-3 µm, 99.5% purity, Nanografi Nanotechnology) and CaB<sub>6</sub> (5-10 µm 99.5% Purity, Dandong Chemical Industry Institute Co.,Ltd) powders were used. The compositions and sample designations are given in Table 1.

Tablo 1. Studied Samples and Mixing Ratios

Sample ID	B <sub>4</sub> C (wt%)	CaB <sub>6</sub> (wt%)
<b>BC0</b>	100	0
<b>BC5</b>	95	5
<b>BC10</b>	90	10
<b>BC15</b>	85	15
<b>BC20</b>	80	20

Samples were wet mixed in the planetary ball mill (Fritsch - Pulverisette 6) with the parameters given in Table 2. The mixtures were dried in a rotary evaporator (Heidolph Instruments, Hei-VAP).

Table 2. Mill Properties and Mixing Parameters

Parameters	Properties
Chamber Material	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
Mixing Ball Material	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
Mixing Ball Dimensions	Ø 10mm
Powder:Ball Ratio	50:75
Time	60 min
Cycle	300 RPM
Dispersant	IPA (99,5% purity)

## 2.2 Sintering

The prepared powder mixtures were sintered with SPS - Spark Plasma Sintering (FCT-HP D 25/1) technique with the parameters given in Table 3.

Table 3. SPS Parameters

Parameters	Values
Mold	Graphite
Mold Lining	Graphite
Lubricant	h-BN
Pressure	30 MPa
Heating/Cooling Rate	100/50 (°C/dk)
Maximum Temperature	1900 °C
Holding Time at Maximum Temperature	10 min
Atmosphere	Vacuum (1 kPa)

## 2.3 Test and Analysis

The cross-section of the sample was obtained by precision cutting (Struers Secotom) and hot molding (Struers Citopress). The molded samples are grinded and polished (Struers Tegramin) for microstructural investigations. Microstructures of cross-sections were examined with SEM-EDS (FEI Quanta FEG 450).

## 3. Results and Discussions

### 3.1 Sintering Ability and CaB<sub>6</sub> Ratio

It was observed from the sintering-time graphs that all the samples shrink for the first 5 minutes. The reason for this is that the air between the powders is compressed by the help of pressure and the water found as moisture evaporates with the increasing temperature.

BC0, a sample of B<sub>4</sub>C without additives, started to be sintered at 1430°C. It reached its maximum density at 1900°C in 7 minutes (Figure 1).

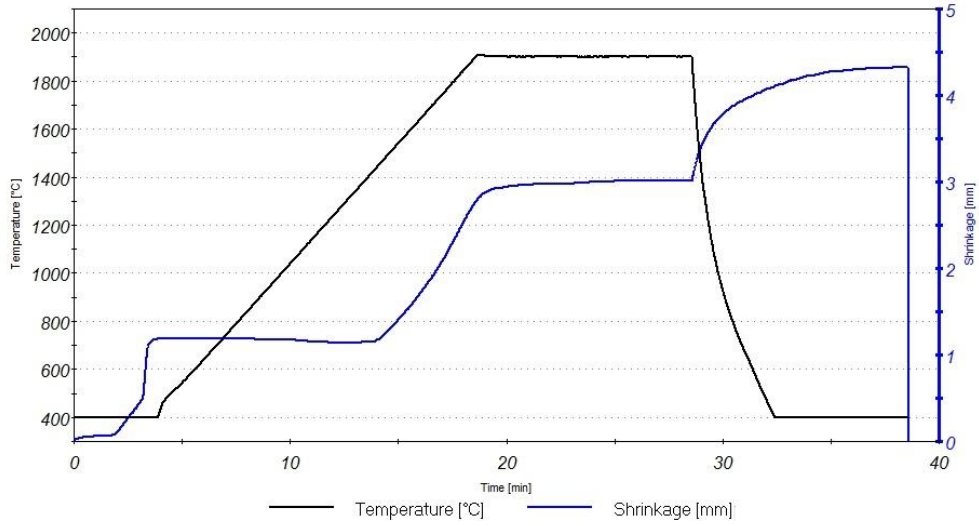


Figure 1. Time-Temperature-Shrinkage Graph of BC0 Sample

BC5 sample containing 5%  $\text{CaB}_6$  started sintering at a temperature of  $30^\circ\text{C}$  lower than the reference sample, at  $1420^\circ\text{C}$  (Figure 2-a). No significant decrease was observed in sintering temperature with 10wt% additive and the sample started to sintering at  $1400^\circ\text{C}$  (Figure 2-b).

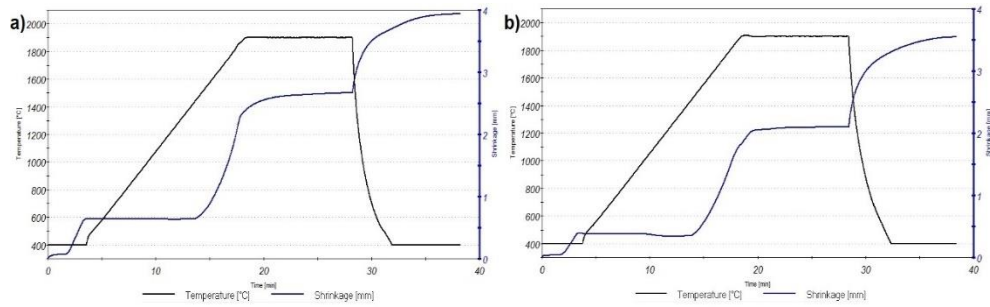
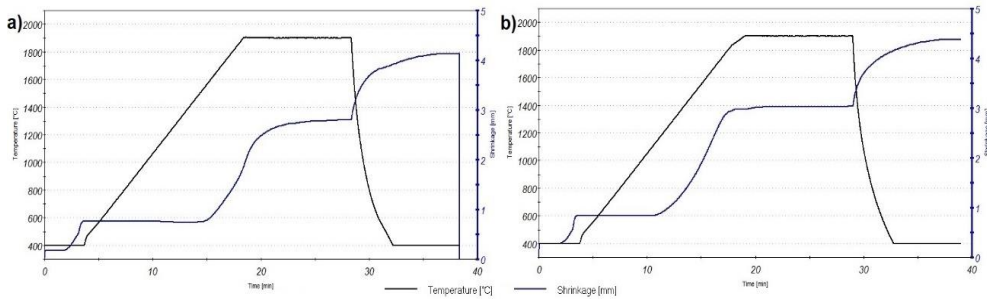


Figure 2. Time-Temperature-Shrinkage Graph of BC5 and BC10 Samples

The contact area between the grains are thought to be increased with the increasing  $\text{CaB}_6$  ratio and the help of the pressure,. Densification accelerated with increasing contact between the grains. The initial sintering temperature of the BC15 sample containing 15%  $\text{CaB}_6$  decreased

further by 100°C (Figure 3-a). BC20 sample, containing 20% CaB<sub>6</sub> started sintering at 330°C lower than the reference sample. It reached its maximum density of 1900 °C in a shorter time.

Figure 3. Time-Temperature-Shrinkage Graph of BC15 and BC20 Samples



### 3.2 Open Porosity and Density

The open porosity and bulk densities of the samples measured by the archimedes principle are shown in Table 4. Reference sample (BC0) did not reach its theoretical density at 1900°C. Since the density of CaB<sub>6</sub> is lower than that of B<sub>4</sub>C, theoretical density decreased with increasing CaB<sub>6</sub> ratio in the composition. However, the density of the impurities contained in the raw materials (Ti, Fe) higher than B, C and Ca caused the bulk densities to be higher. A decrease in open porosity was observed with the addition of CaB<sub>6</sub> which indicates an improvement in the densification behavior.

Table 4. Open Porosity and Densities of Samples

Sample	Open Porosity (%)	Theoretical Density (g/cm <sup>3</sup> )	Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )
BC0	4,5463	2,52	2,5017
BC5	1,0021	2,5164	2,4942
BC10	0,0543	2,5128	2,5298
BC15	0,2404	2,5092	2,5160
BC20	0,0569	2,5056	2,5245

### 3.3 SEM-EDS Analysis

SEM investigations of the raw materials used in this study revealed some impurities in the starting powders. Figure 4 shows the SEM image and EDS analysis of the  $B_4C$  powder. It was clearly seen that Titanium Carbide is present in the powder as an impurity. Iron is observed as an impurity in the SEM analysis of Calcium hexaboride starting powder (Figure 5).

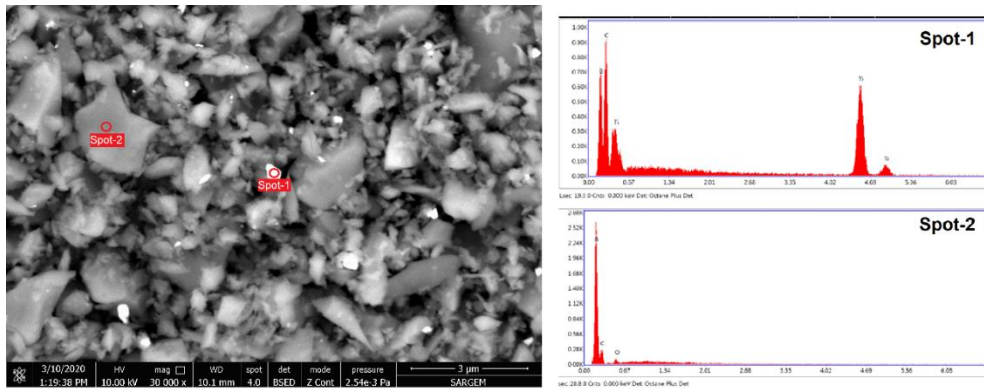


Figure 4. SEM Images of  $B_4C$  Powders and EDS Analysis

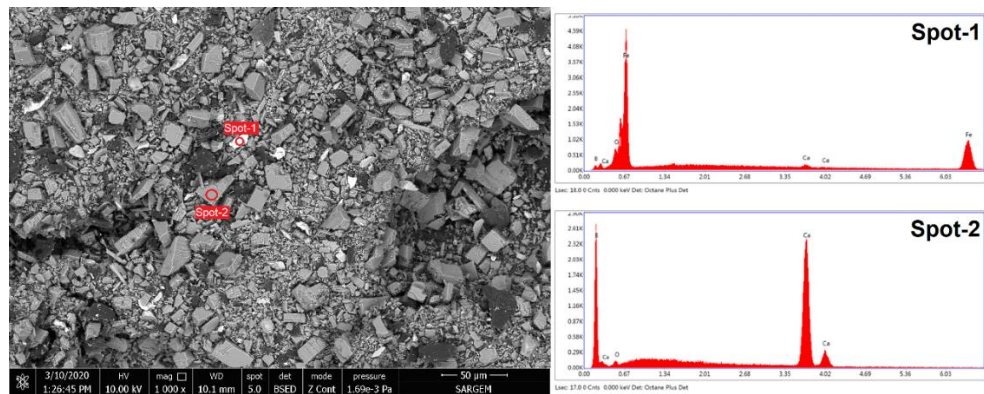


Figure 5. SEM Images of  $CaB_6$  Powders and EDS Analysis

The porosities in the microstructure of  $BCO$  sample without additives showing that it did not reach full density (Figure 6).

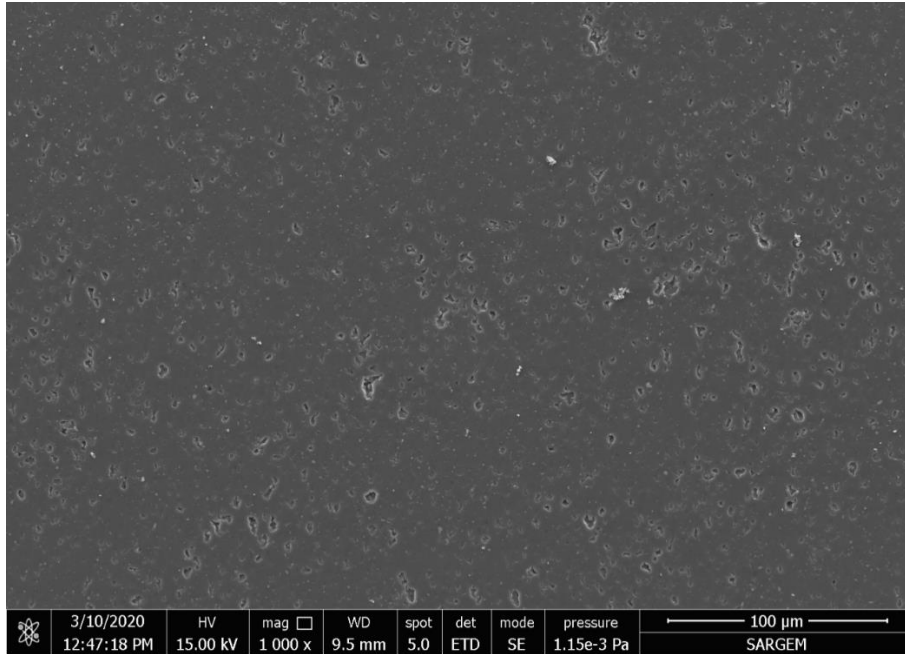


Figure 6. SEM-SE Image of BC0 Sample

The amount of porosities in the microstructure decreases significantly with the addition of CaB<sub>6</sub> to the structure. CaB<sub>6</sub> phases (white areas) have become more visible with the increase of the CaB<sub>6</sub> ratio (Figure 7). EDS analysis showed that the black regions are B<sub>4</sub>C and the white regions are CaB<sub>6</sub> (Figure 8 and Table 5).

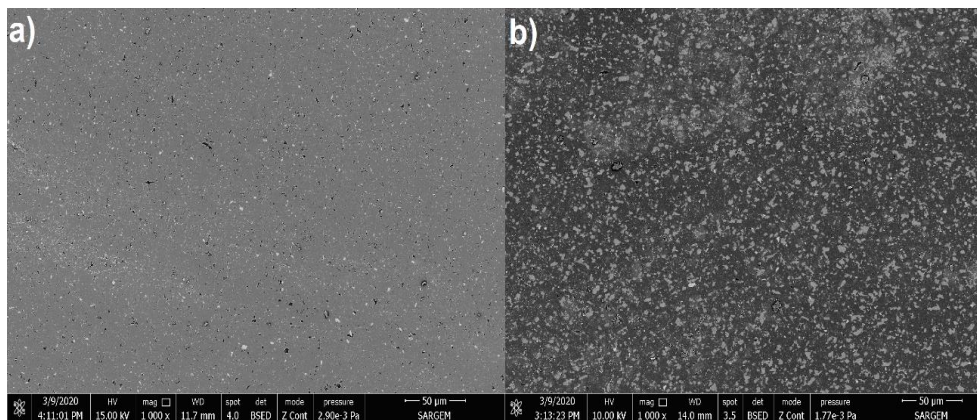


Figure 7. SEM-BSE Images of a)BC5 and b)BC20 Samples

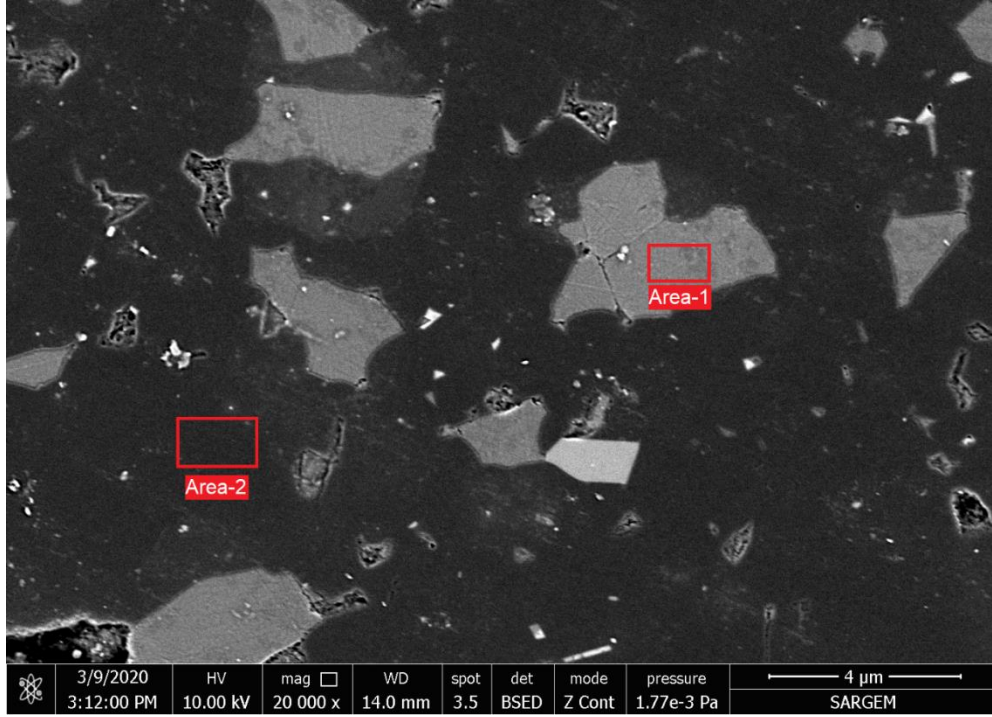


Figure 8. SEM-BSE Image and EDS Areas of BC20 Sample

Table 5. EDS Results of BC20 Area-1 and Area-2

Area1	Ele-ment	Weight %	Atomic %	Net Int.
	B	68,52	82,80	95,53
	C	8,92	9,70	9,53
	O	0,28	0,23	1,06
	Ca	22,28	7,26	257,63

Area2	Ele-ment	Weight %	Atomic %	Net Int.
	B	76,60	78,43	189,47
	C	23,40	21,57	31,13

#### 4. Conclusion

Within the scope of the study, B<sub>4</sub>C samples containing different rates of CaB<sub>6</sub> were produced by spark plasma sintering method. Sintering behaviors, densities and microstructures of the samples were examined. The conclusions are given below:

- B<sub>4</sub>C sample sintered at 1900°C for 10 minutes could not reach the theoretical density. However, the final density was approached to the theoretical density at the same sintering temperature and time by the addition of CaB<sub>6</sub> sintering agent.
- Theoretical density decreased with increasing CaB<sub>6</sub> ratio. However, the impurity from the raw materials caused the bulk density to be higher than the theoretical density
- Both SEM investigations and density measurements showed that the open porosity was decreased and the densification was improved by CaB<sub>6</sub> addition
- Initial temperature of sintering decreased by 300°C (20 wt% CaB<sub>6</sub>) with the increase in the ratio of CaB<sub>6</sub> in the structure

#### References

- Bao, K., Lin, L., Chang, H., & Zhang, S. (2017). Low-temperature synthesis of calcium hexaboride nanoparticles via magnesiothermic reduction in molten salt. *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 125(12), 866–871. <https://doi.org/10.2109/jcersj2.17102>
- Cengiz, M. (2016). *B<sub>4</sub>C Esaslı Kompozitlerin B<sub>4</sub>C/Me Başlangıç Tozlarından Hareketle Spark Plazma Sinterleme (SPS) Yöntemi İle Üretilmesi Ve Karakterizasyonu* (Istanbul Technical University). Retrieved from <http://hdl.handle.net/11527/14113>
- Chen, C.-H., Aizawa, T., Iyi, N., Sato, A., & Otani, S. (2004). Structural refinement and thermal expansion of hexaborides. *Journal of Alloys and Compounds*, 366(1–2), L6–L8. [https://doi.org/10.1016/S0925-8388\(03\)00735-7](https://doi.org/10.1016/S0925-8388(03)00735-7)
- Çiçek, B., & Karaahmet, O. (2018). *Bor Karbür ve Düşük Sıcaklık Bor Karbür Sentezleme Yöntemleri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Hnyk, D., & McKee, M. (Eds.). (2015). *Boron*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22282-0>

- Kakiage, M., Shiomi, S., Yanase, I., & Kobayashi, H. (2015). Low-Temperature Synthesis of Calcium Hexaboride Powder via Transient Boron Carbide Formation. *Journal of the American Ceramic Society*, 98(9), 2724–2727. <https://doi.org/10.1111/jace.13771>
- Kazakova, V. N., & Grigoryev, E. G. (2018). Spark Plasma Sintering of Boron Carbide Powder. *KnE Materials Science*, 4(1), 548. <https://doi.org/10.18502/kms.v4i1.2209>
- Lee, H., & Speyer, R. F. (2004). Hardness and Fracture Toughness of Pressureless-Sintered Boron Carbide (B4C). *Journal of the American Ceramic Society*, 85(5), 1291–1293. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.2002.tb00260.x>
- Orhan, O. (2006). *Yerli Ham Bor Cevherinden Kalsiyum Hekzaborür Üretimi Ve Refrakterlerde Antioksidan Olarak Kullanılması* (Istanbul Technical University). Retrieved from <http://hdl.handle.net/11527/9106>
- Rahaman, M. N. (2017). *Ceramic Processing and Sintering*. <https://doi.org/10.1201/9781315274126>
- Roskill. (2015). *Boron: Global Industry Markets and Outlook*.
- Yünlü, K. (2016). *Bor (Bileşikleri, Sentez Yöntemleri, Özellikleri, Uygulamaları)*. İstanbul: BOREN.
- Zhang, X., Zhang, Z., Nie, B., Chen, H., Wang, G., Mu, J., ... Wang, W. (2018). Ultrafine-grained boron carbide ceramics fabricated via ultrafast sintering assisted by high-energy ball milling. *Ceramics International*, 44(6), 7291–7295. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.01.011>

# VARIŞ ZAMANLARI FARKI İLE PARÇACIK SÜRÜSÜ OPTİMİZASYONU KULLANILARAK HEDEF KONUMU TESPİTİ

**Barış Metin TÜZÜNER**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**Meltem TEMİZKAN**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**Oğuzhan ÇAKIR**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**ÖZET:** Bir hedeften yayılan akustik, sismik veya elektromanyetik bir işaret, uzamsal olarak birbirlerinden ayrı yerleştirilmiş eş zamanlı alıcılara farklı zamanlarda ulaşmaktadırlar. Bu varış zamanları farkı (VZF) ve yeterli sayıda alıcı kullanılarak, hedefin konumunu iki boyutlu düzlemde veya üç boyutlu uzayda tespit etmek mümkündür. İki boyutlu düzlemde hedef koordinatlarının tespiti için eş zamanlı en az üç alıcı ve üç boyutlu uzayda ise en az dört alıcı gerekmektedir. Alıcılar arasındaki mesafenin veya alıcı sayısının artırılması konumlandırma doğruluğunu yükseltmektedir. Aynı zamanda VZF kestirim hatasının azaltılması da konumlandırma başarımını arttırmaktadır. Literatürde VZF ile konum tespiti yapan çok sayıda yöntem mevcuttur. Bu çalışmada basitliği, esnekliği, az parametre içermesi, hızlı yakınsaması ve bölgesel minimumlara takılmaması nedeniyle parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) kullanılarak konum tespiti yapılmıştır. Farklı alıcı geometrileri için sabit ve hareketli hedeflerin koordinatları bulunmuş ve elde edilen sonuçlar teorik limit olan Cramer-Rao alt sınırı ile kıyaslanmıştır. Benzetim sonuçları PSO ile konum tespitinin yüksek doğruluk ve güvenilirlikle yapılabildiğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Varış zamanları farkı, Parçacık sürüsü optimizasyonu

## Target Localization Using Particle Swarm Optimization with Time Difference of Arrival

**ABSTRACT:** An acoustic, seismic or electromagnetic signal emitted from a target reaches synchronous receivers located spatially separated from each other at different times. Using this time difference of arrivals (TDOA) and

a sufficient number of receivers, it is possible to detect the location of the target in two-dimensional plane or three-dimensional space. At least three synchronous receivers in the two-dimensional plane and at least four synchronous receivers in three-dimensional space are required to determine the target coordinates. Increasing the distance or number of receivers increases the positioning accuracy. At the same time, reducing the TDOA estimation error also increases the positioning performance. There are many methods in the literature that make positioning with TDOA. In this study, due to its simplicity, flexibility, low parameters, fast convergence and not being caught in local minimums, position determination was made using particle swarm optimization (PSO). The coordinates of fixed and moving targets were found for different receiver geometries and the results were compared with the theoretical limit Cramer-Rao lower bound. Simulation results revealed that location determination with PSO can be performed with high accuracy and reliability.

**Key Words:** Arrival times difference, Particle swarm optimization

## 1. GİRİŞ

Herhangi bir hedef veya verici, bulunduğu ortama akustik, sismik veya elektromanyetik yayılım yapmaktadır. Çoklu alıcılar kullanılarak, hedeften yayılan sinyalin genliği, geliş açısı, gelme zamanı ve varış zamanları farkı (VZF) bilgileri kullanılarak vericinin konumu tespit edilebilmektedir. Hedeften yayılan sinyal genliğine göre yapılan konum tespitinde verici-alıcı eş zamanlamasına veya alıcıların eş zamanlı olmasına gerek yoktur. Ancak hedeften yayılan sinyalin gücünün ve ortamın zayıflatmasının biliniyor olması gerekmektedir. Bu yöntemde sistem karmaşıklığı ve işlem yükünün az olmasına karşın konumlandırma doğruluğu yüksek değildir (Zanella ve Bardella, 2014:1; Huang ve Wan, 2007:1; Shen vd., 2016:1). Konum tespiti aynı zamanda alıcılara ulaşan sinyali geliş açısı kullanılarak da yapılabilir. Bunun için eş zamanlı alıcı dizileri gerekmektedir. Geliş açıları ile konumlandırmada, sistem karmaşıklığı ve işlem yükü fazla olup, konum tespit doğruluğu orta seviyededir (Dai vd., 2019:1; Bai vd., 2008:1; Hou ve Wang, 2019:1). Alıcılara ulaşan sinyalin varış zamanı ile konum tespitinde verici-alıcı eşzamanlamasına veya alıcı tarafta verici sinyalinin biliniyor olmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemin konumlandırma doğruluğu ve güvenilirliği yüksektir. Ancak pasif radar uygulamaları için uygun değildir (Wang vd., 2014:1; Qiu vd., 2017:1; Wu vd., 2019:1). Son olarak alıcılara ulaşan sinyaller arasındaki zaman farkları ile konumlandırmada, alıcıların uzamsal olarak birbirlerinden ayrı yerleştirilmiş ve eşzamanlı olmaları yeterlidir. Alıcı tarafta hedeften yayılan sinyalin bilinmesine veya verici-alıcı eş zamanlamasına gerek yoktur. Bu özellikleri VZF ile konum tespitini pasif radar uygulamaları için vaz geçilmez

yapmaktadır. Literatürde VZF ile konumlandırma çok sayıda doğrusal ve doğrusal olmayan yöntem mevcuttur (Qiao vd., 2014:1; Velasco vd., 2016:1; Meng vd., 2013:1). Ancak bu çalışmada konum tespitinde basitliği, kolay uygulanabilir olması, esnekliği ve bölgesel minimumlara yakınsamaması nedeniyle parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) kullanılmıştır (Cakir vd., 2013:1; Yue vd., 2019:1; Bin vd., 2011:1). Sabit ve hareketli hedeflerin konumları farklı alıcı geometrileri ve gürültü düzeyleri için PSO ile bulunmuştur. Alıcı sayısı dörtten ona kadar birer birer arttırılmış ve 1.000 bağımsız deneme sonucunda elde edilen karesel hata değerleri teorik limit olan Cramer-Rao alt sınırı (CRAS) kıyaslanmıştır (Hu vd., 2019:1; Huang ve Wan, 2019:1; Qiao vd., 2014:1). Benzetim sonuçları PSO ile herhangi bir hedef noktası ve alıcı geometrisi için başarı ile konumlandırma yapılabildiğini ortaya koymuştur.

## 2. VARIŞ ZAMANLARI FARKLI İLE KONUM TESPİTİ

Birbirleri ile eş zamanlı iki alıcı olduğunda (1) ile tanımlana tek VZF oluşmaktadır.

$$\Delta_{12} = \frac{l_1 - l_2}{c} \quad (1)$$

Burada  $\Delta$  zaman farkını,  $l$  hedef ile alıcı arasındaki mesafeyi ve  $c$  yayılma hızını göstermektedir. Bu zaman farkı kullanılarak bir hiperbolik konum hattı tanımlanmakta ve hedef bu hat üzerinde herhangi bir noktada yer almaktadır. Sisteme 3. bir eş zamanlı alıcı eklendiğinde (2) ile tanımlanan yeni bir zaman farkı oluşmaktadır.

$$\Delta_{13} = \frac{l_1 - l_3}{c} \quad (2)$$

Bu durumda iki hiperbolik konum hattı oluşmakta ve hedef bu konum hatlarının kesişim noktasında konumlandırılmaktadır. Üç alıcılı bir konumlandırma sisteminde genelde tek hedef noktası oluşmaktadır. Ancak bazı durumlarda verici-alıcı geometrisine bağlı olarak 2. bir hedef noktası da ortaya çıkabilmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için sisteme 4. alıcının eklenmesi gerekmektedir. Hiperbolik konum hatları tanımlandıktan sonra bunların kesişim noktası doğrusal veya doğrusal olmayan konum tespit yöntemleri ile bulunur.

### 3. PARÇACIK SÜRÜSÜ OPTİMİZASYONU

PSO bir sürüyü oluşturan bireylerin birbirleri olan sosyal etkileşimleri üzerine kurulu bir en iyileştirme yöntemidir. Yöntemin ilk benzetimi Heppner ve Grenander'in çalışması referans alınarak 1995 yılında Kennedy ve Eberhart tarafından yapılmıştır. Ardından yöntem geliştirilmiş ve bir optimizasyon tekniği olarak tanıtılmıştır.

PSO'da sürü her biri problemin olası bir çözümü olan parçacıklardan oluşmaktadır. Parçacıklar arama uzayına rastgele veya düzenli bir şekilde dağıtıldıktan sonra, her parçacık kendisinin ve sürünün en iyi uygunluk değerini elde ettiği konumuna göre o yinelemedeki hareketini belirlemektedir. Bu işlem tekrarlandığında, parçacıklar bir kuş sürüsünün yiyecek aramasına benzer şekilde hareket etmekte ve optimum çözüme ulaşılmaktadır.

PSO'da parçacıkların boyutu, çözülmek istenen problemle aynı olup, her parçacık üç vektöre sahiptir. Bunlar parçacığın anlık konumunun tutulduğu  $x_i$  vektörü, o ana kadar elde ettiği en iyi uygunluk değerini veren  $p_i$  vektörü ve hız bilgisinin saklandığı  $v_i$  vektörüdür.

Parçacığın anlık konumunun tutulduğu  $x_i$  vektörü çözüm uzayında bir nokta olarak düşünülebilir. Her yinelemede parçacığın anlık konumuna göre uygunluk değeri hesaplanmaktadır. Eğer o yinelemede elde edilen uygunluk değeri, parçacığın o ana kadar ulaştığı en iyi uygunluk değerinden daha iyi ise mevcut konumu  $p_i$  vektörüne atanır. Aynı zamanda parçacığın  $p_i$  konumu için hesaplanan uygunluk değeri  $pbest_i$  değişkenine kaydedilir. Bu işlem her yinelemede tekrarlanır ve daha iyi uygunluk değeri elde edildiğinde  $p_i$  vektörü ve  $pbest_i$  değişkeni güncellenir. Parçacığın yeni konumu, o yinelemedeki hız vektörü ( $v_i$ ) ile konum vektörünün ( $x_i$ ) toplanması ile bulunur. Her yinelemede sürünün o ana kadar elde ettiği uygunluk değeri  $gbest$  ve bu değeri veren parçacık konumu vektörü  $p_g$  saklanır.

PSO'da her yinelemede parçacığın hızı vektörü ( $v_i$ ),  $p_i$  ve  $p_g$  vektörlerine göre belirlendiği için parçacıklar sürü halinde hareket etmekte ve çözülmek istenen problemin lokal minimumlarına takılmadan global minimuma ulaşmaktadırlar. Maksimum yineleme sayısı, minimum/maksimum uygunluk değeri veya minimum uygunluk değeri değişimi gibi sonlandırma kriteri sağlandığında  $p_g$  problemin çözümünü vermektedir.

PSO'nun algoritmasında hız vektörü (3) ve konum vektörü (4) ile bulunmaktadır.

$$v_i = v_i + \varphi_1 rand_1(p_i - x_i) + \varphi_2 rand_2(p_g - x_i) \quad (3)$$

$$x_i = x_i + v_i \quad (4)$$

Burada  $\varphi_1$  ve  $\varphi_2$  öğrenme sabitleri,  $rand_1$  ve  $rand_2$  0 ile 1 arasında uniform dağılımlı rastgele reel üreteçlerdir.

#### 4. BENZETİM ÇALIŞMALARI

Bu kısımda üç farklı senaryo için PSO ile verici konumu tespit edilmiştir. Konum tespitinde uygunluk fonksiyonu (5) ve ortalama karesel hata (OKH) (6) ile bulunmuştur.

$$f(\mathbf{x}_p) = \sum_{j=2}^N (\hat{\Delta}_{1j} - \Delta_{1jp})^2 \quad (5)$$

$$OKH = \frac{1}{M} \sum_{l=1}^M (\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}) * (\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}})' \quad (6)$$

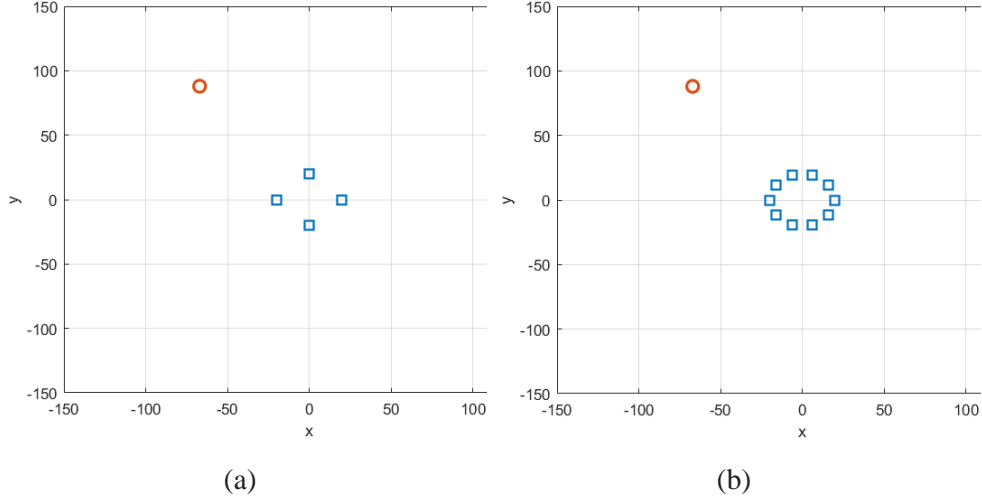
Burada  $\mathbf{x}_p$  parçacığın konumunu,  $\hat{\Delta}$  kestirilen VZF'yi,  $\Delta_p$  parçacığın mevcut konumu için hesaplanan VZF'yi,  $\mathbf{x}$  hedefin gerçek konumunu,  $\hat{\mathbf{x}}$  hedefin kestirilen koordinatlarını,  $N$  alıcı sayısını,  $M$  bağımsız deneme sayısını,  $*$  vektörel çarpım işlemini ve  $(.)'$  transpoz işlemini göstermektedir.

##### 4.1. Yakın Hedef Durumu

Bu benzetimde alıcılar merkezi orijinde olan 20 birim yarıçaplı bir çemberin üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmiş ve hedef koordinatları [-67, 88] olarak seçilmiştir. Benzetim parametreleri Tablo 1'de sunulmuştur. Alıcı sayısı Şekil 1'de görüldüğü gibi 4'ten 10'a kadar arttırılmıştır. Bağımsız 1.000 deneme sonucunda elde edilen OKH değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Yakın hedef için benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Gürültü	0,001/c <sup>2</sup>
PSO Öğrenme Katsayılar	$\varphi_1 = 2$ ve $\varphi_2 = 2$
PSO Parçacık Sayısı	36
Parçacık Dağılımı	Arama bölgesinde eşit aralıklı
PSO Yineleme Sayısı	1.000
PSO Maksimum Hızı Sınırı	2
Arama Bölgesi	-150 < x < 150 ve -150 < y < 150
Bağımsız Deneme Sayısı	1.000
Alıcı Sayısı	4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10



Şekil 1. Yakın hedef için verici-alıcı geometrisi  
(a) dört eşzamanlı alıcı (b) on eşzamanlı alıcı

Tablo 2. Yakın hedef için benzetim sonuçları

Alıcı Sayısı	PSO	CRAS
4	1,6299	1,5615
5	0,3201	0,2854
6	0,2609	0,2314
7	0,2431	0,2149
8	0,2288	0,1840
9	0,2221	0,1638
10	0,2207	0,1475

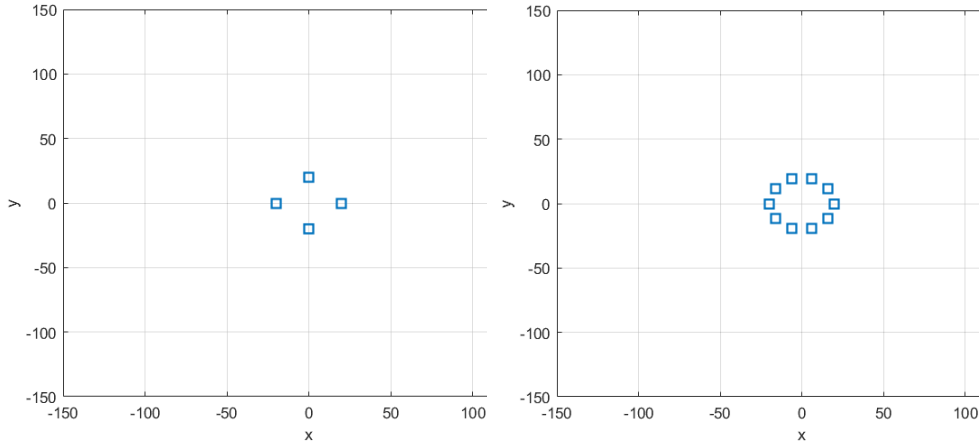
Tablo 2’de PSO algoritmasının her verici-alıcı geometrisi için hedefi başarı ile konumlandığı görülmektedir. Alıcı sayısı arttıkça konumlandırma doğruluğu da yükselmiştir.

#### 4.2. Uzak Hedef Durumu

Uzak hedef durumunda da alıcılar merkezi orijinde olan 20 birim yarıçaplı bir çemberin üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Hedef koordinatları [142, 138] olarak belirlenmiştir. Benzetim parametreleri Tablo 3'te ve OKH değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Alıcı sayısı Şekil 2'de görüldüğü gibi 4'ten 10'a kadar arttırılmıştır.

Tablo 3. Uzak hedef için benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Gürültü	$0,0001/c^2$
PSO Öğrenme Katsayılar	$\varphi_1 = 2$ ve $\varphi_2 = 2$
PSO Parçacık Sayısı	36
Parçacık Dağılımı	Arama bölgesinde eşit aralıklı
PSO Yineleme Sayısı	1.000
PSO Maksimum Hızı Sınırı	2
Arama Bölgesi	$-150 < x < 150$ ve $-150 < y < 150$
Bağımsız Deneme Sayısı	1.000
Alıcı Sayısı	4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10



(a)

(b)

Şekil 2. Uzak hedef için verici-alıcı geometrisi  
(a) dört eşzamanlı alıcı (b) on eşzamanlı alıcı

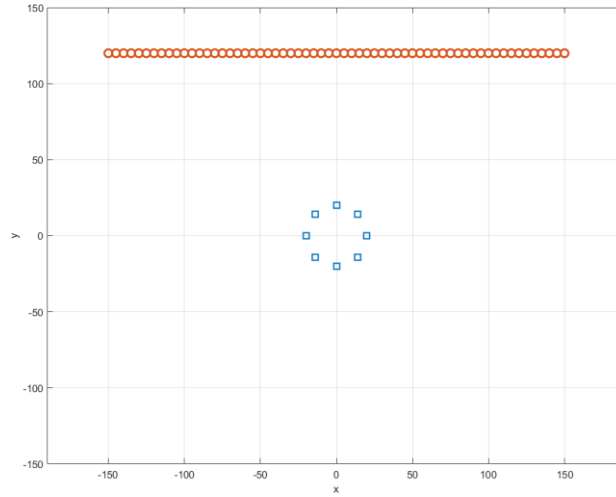
Tablo 4. Uzak hedef için benzetim sonuçları

Alıcı Sayısı	PSO	CRAS
4	12,3588	9,0407
5	1,7808	0,3594
6	0,5249	0,2557
7	0,4242	0,2181
8	0,4146	0,1912
9	0,4140	0,1700
10	0,3830	0,1530

Tablo 4’te PSO uzak hedef durumu için de her verici-alıcı geometrisinde hedefi teorik limite yakın bir başarımla konumlandırmıştır. Alıcı sayısının artması ile konumlandırma hatası azalmıştır.

#### 4.3. Hareketli Hedef Durumu

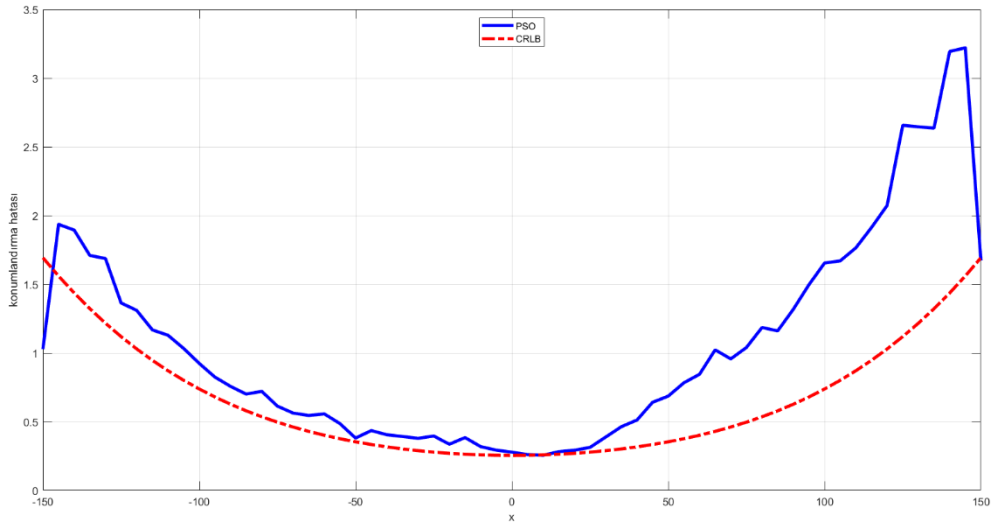
Son benzetimde sekiz tane alıcı, merkezi orijinde olan 20 birim yarıçaplı bir çemberin üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Şekil 3’te görüldüğü gibi hedefin y koordinatı 120’de sabit tutulup, x koordinatları -150 ile 150 aralığında 5’er birim arttırılmıştır. Benzetim parametreleri Tablo 5’te verilmiş ve 61 hedef noktası için elde edilen sonuçlar Şekil 4’te sunulmuştur.



Şekil 3. Hareketli hedef için verici-alıcı geometrisi

Tablo 5. Hareketli hedef için benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Gürültü	$0,0001/c^2$
PSO Öğrenme Katsayılar	$\varphi_1 = 2$ ve $\varphi_2 = 2$
PSO Parçacık Sayısı	36
Parçacık Dağılımı	Arama bölgesinde eşit aralıklı
PSO Yineleme Sayısı	1.000
PSO Maksimum Hızı Sınırı	2
Arama Bölgesi	$-150 < x < 150$ ve $-150 < y < 150$
Bağımsız Deneme Sayısı	1.000
Alıcı Sayısı	8



Şekil 4. Hareketli hedef için OKH eğrileri

Şekil 4'te PSO algoritmasının her hedef noktası için verici koordinatlarını başarı ile tespit ettiği görülmektedir. Şekilde en düşük hatanın  $0^\circ$  doğrultusunda ve en büyük hatanın  $45^\circ$  ve  $135^\circ$  doğrultularında yapıldığı görülmektedir. Bu durum VZF

ile konum tespiti için verici-alıcı geometrisine bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı VZF kestirim hatası için uygun geometri ile yüksek başarımlar elde edilirken uygun olmayan verici-alıcı geometrilerinde ise konumlandırma hatası ciddi şekilde artmaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Bu bildiriye farklı verici-alıcı geometrileri ve VZG gürültü seviyeleri için sabit ve hareketli bir hedefin konumu PSO ile bulunmuştur. VZF kullanılarak hedef koordinatları PSO ile tespit edilmiş ve elde edilen OKH değerleri teorik limit olan CRAS ile karşılaştırılmıştır. Benzetim sonuçları her durumda PSO ile hedef konumu tespitinin teorik limite yakın başarımlarda gerçekleştirilebileceğini ortaya koymuştur.

## KAYNAKLAR

- BAI, L. PENG, C.Y. ve BISWAS, S. (2008). “Association of DOA Estimation From Two ULAs”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2008 (57): 1094-1101.
- BIN, Y.Z. YAN, Q. ve NAN, L.A. (2011). “PSO Based Passive Satellite Localization Using TDOA and FDOA Measurements”, IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, 2011 (10): 1-4.
- ÇAKIR, O. KAYA, I. ve YAZGAN, A. (2013). “Dynamic Orientation of Receiver Arrays using Particle Swarm Optimisation”, Electronics Letters, 2013 (49): 1313-1315.
- DAI, X. ZHANG, X. ve WANG, Y. (2019). “Extended DOA-Matrix Method for DOA Estimation via Two Parallel Linear Arrays”, IEEE Communications Letters, 2019 (23): 1981-1984.
- HOU, Y. ve WANG, W.Q. (2019). “Active Frequency Diverse Array Counteracting Interferometry-Based DOA Reconnaissance”, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2019 (18): 1922-1925.
- HU, D. CHEN, S. BAI, H. ZHAO, C. ve LUO, L. (2019). “CRLB for joint estimation of TDOA, phase, FDOA, and Doppler rate”, The Journal of Engineering, 2009 (21): 7628-7631.

- HUANG J.Y. ve WAN, Q (2007). "The Cramer-Rao Bounds of Hybrid TOA/RSS and TDOA/RSS Location Estimation Schemes", IEEE Communications Letters, 2007 (11): 848-849.
- MENG, W. XIE, L. ve XIAO, W. (2013). "Decentralized TDOA Sensor Pairing in Multihop Wireless Sensor Networks", IEEE Signal Processing Letters, 2013 (20): 181-184.
- QIAO, T. ZHANG, Y. ve LIU, H. (2014). "Nonlinear Expectation Maximization Estimator for TDOA Localization", IEEE Wireless Communications Letters, 2014 (3): 637-640
- QIU, Z. WANG, P. ZHU, J. ve TANG, B. (2017). "NYFR Output Pulse Radar Signal TOA Analysis using Extended Fourier Transform and its TOA Estimation", Journal of Systems Engineering and Electronics, 2017 (28): 1004-1008.
- SHEN, P. QI, Y. YU, W. LI, F. ve FAN, J. (2016). "Fast and Accurate TIS Testing Method for Wireless User Equipment With RSS Reporting", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 2016 (58) 887-895.
- UANG, J. ve WAN, Q. (2012). "Analysis of TDOA and TDOA/SS based geolocation techniques in a non-line-of-sight environment", Journal of Communications and Networks, 2012 (14): 533-539.
- VELASCO, J. PÍZARRO, D. MACIAS-GUARASA, J. ve ASAEI, A. (2016), "TDOA Matrices: Algebraic Properties and Their Application to Robust Denoising With Missing Data", IEEE Transactions on Signal Processing, 2016 (64): 5242-5254.
- WANG, Y. MA, S. ve CHEN, P. (2014). "TOA-Based Passive Localization in Quasi-Synchronous Networks", IEEE Communications Letters, 2014 (18): 592-595.
- WU, S. ZHANG, S. ve HUANG, D. (2019). "A TOA-Based Localization Algorithm With Simultaneous NLOS Mitigation and Synchronization Error Elimination", IEEE Sensors Letters, 2019 (3): 1-5.
- YUE, Y. CAO, L. HU, J. CAI, S. HANG, B. ve WU, H. (2019). "A Novel Hybrid Location Algorithm Based on Chaotic Particle Swarm Optimization for Mobile Position Estimation", IEEE Access, 2019 (7): 58541-58552.
- ZANELLA, A. ve BARDELLA A. (2014). "RSS-Based Ranging by Multichannel RSS Averaging", IEEE Wireless Communications Letters, 2014 (3): 10-13.



# VARIŞ ZAMANLARI FARKI İLE KONUM TESPİTİNDE İKİ BOYUTLU ALICI DİZİSİ OPTİMİZASYONU

**Meltem TEMİZKAN<sup>1</sup>**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**Barış Metin TÜZÜNER<sup>1</sup>**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**Oğuzhan ÇAKIR<sup>2</sup>**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**ÖZET:** Elektromanyetik, sismik veya akustik yayılım yapan bir hedefin koordinatları, birbirlerinden uzamsal olarak ayrı yerleştirilmiş alıcılarla belirlenebilmektedir. Hedeften yayılan sinyal, alıcılara farklı zamanlarda ulaştığı için varış zamanları farkı (VZF) oluşmaktadır. Bu VZF'ler ve konumlandırma yöntemleri kullanılarak verici konumu tayin edilebilmektedir. VZF ile konumlandırmada, alıcı tarafta verici sinyalinin bilinmesine veya verici-alıcı eşzamanlamasına gerek yoktur. Ancak alıcılar birbirleri ile eşzamanlı olmalıdır. Hedef koordinatlarının tespitinde yapılan hata, alıcıların konumuna, vericinin koordinatlarına ve VZF kestirim hatasına bağlıdır. Bu çalışmada iki boyutlu bir düzlemdeki farklı hedefler için iki boyutlu optimum alıcı geometrileri parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) ile bulunmuştur. Üç farklı hedef için iki boyutlu düzlemde 21 satır ve 21 sütun dizilimli 441 referans noktadan optimum konumlandırma doğruluğu için uygun noktalar seçilmiştir. Cramer-Rao alt sınırı (CRAS) PSO'da uygunluk fonksiyonu olarak kullanılarak optimum alıcı geometrileri bulunmuştur. Ardından optimize edilmemiş ve optimize edilmiş alıcı dizileri ile elde edilen teorik limit değerleri birbirleriyle kıyaslanmıştır. Benzetim sonuçları alıcı dizilerinin PSO ile optimize edildiğinde konumlandırma doğruluğunun ciddi şekilde arttığını ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Varış zamanları farkı, Alıcı dizisi optimizasyonu

## **Two-Dimensional Receiver Array Optimization in Localization with Time Difference of Arrival**

**ABSTRACT:** The coordinates of a target that emits electromagnetic, seismic or acoustic emissions can be determined by the spatially spaced receivers. The time difference of arrival (TDOA) occurs because the signal emitted

from the destination reaches the receiver at different times. The transmitter location is determined using these TDOAs and positioning methods. For this operation, there is no need to know the transmitter signal on the receiving side or the transmitter-receiver synchronization. But receivers should be synchronous with each other. The error in determining the target coordinates depends on the location of the receivers, the transmitter's coordinates and the TDOA prediction error. In this study, two-dimensional optimum receiver geometries for different targets in a two-dimensional plane were found by particle swarm optimization (PSO). For three different targets, suitable points were selected for optimum positioning accuracy from 441 reference points in 21 rows and 21 columns in two-dimensional planes. The Cramer-Rao lower bound (CRLB) has been used as a fitness function in PSO, and optimum receiver geometries have been found. Then, the theoretical limit values obtained with the non-optimized and optimized receiver arrays were compared. The simulation results revealed that the positioning accuracy of the receiver arrays significantly increased when optimized with PSO.

**Key Words:** Arrival times difference, Receiver array optimization

## 1. GİRİŞ

Aktif bir hedef veya verici yapısına bağlı olarak, bulunduğu ortama elektromanyetik, akustik veya sismik bir yayılım yapmaktadır. Eş zamanlı alıcılara gelen bu sinyalin şiddeti (Zanella ve Bardella, 2014:1; Huang ve Wan, 2007:1; Shen vd., 2016:1), doğrultusu (Dai vd., 2019:1; Bai vd., 2008:1; Hou ve Wang, 2019:1), geliş zamanı (Wang vd., 2014:1; Qiu vd., 2017:1; Wu vd., 2019:1) veya varış zamanları farkı (VZF) (Qiao vd., 2014:1; Velasco vd., 2016:1; Meng vd., 2013:1) kullanılarak konum tespiti yapılabilmektedir. Hedef hareketli ise alıcılarda oluşan varış frekansları farkı ile de konumlandırma yapılabilmektedir (Yu vd. 2012; Ulman vd. 1999; Kim vd. 2018). Hedeften yayılan sinyalin bilinmediği veya verici-alıcı eş zamanlaşmasının olmadığı durumlarda hedef konumu VZF ile bulunmaktadır. Bu özellikleri VZF ile konumlandırmayı pasif radar uygulamaları için vazgeçilmez kılmaktadır. Birleri ile eşzamanlı ve uzamsal olarak ayrı yerleştirilmiş alıcılar arasında oluşan VZF'ler kullanılarak hiperbolik konum hatları tanımlanmakta ve hedef bu hatların kesişim noktasında konumlandırılmaktadır. VZF ile konum tespitinde doğruluk, vericinin koordinatlarına, alıcı dizisinin geometrisine ve VZF kestirim hatasına bağlıdır. Alıcı dizilerinin geometrisi hedefin konumuna bağlı olarak optimize edildiğinde konumlandırma doğruluğu ciddi şekilde artmaktadır. Bu çalışmada merkezi orijinde bulunan 20 birim eninde ve 20 birim boyunda bir yüzeydeki birbirleri ile eşit aralıklı 21 satır ve 21 sütun dizilimli 441 referans alıcı noktasından, hedefin konumuna bağlı

olarak 4, 6 ve 8 tanesi parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) (Cakir vd., 2013:1; Yue vd., 2019:1; Bin vd., 2011:1) kullanılarak seçilmiştir. Optimum alıcı dizisinin PSO ile bulunmasında teorik limit olan Cramer-Rao alt sınırı (CRAS) (Hu vd., 2019:1; Huang ve Wan, 2019:1; Qiao vd., 2014:1) uygunluk fonksiyonu olarak alınmıştır. Farklı VZF gürültü seviyeleri ve hedef noktaları için yapılan benzetimlerde PSO'nun iki boyutlu alıcı dizilerini başarı ile optimize ettiği ve konumlandırma doğruluğunu ciddi şekilde arttırdığı görülmüştür.

## 2. PARÇACIK SÜRÜSÜ OPTİMİZASYONU

PSO, 1995 yılında Kennedy ve Eberhart tarafından önerilen ve bir sürüyü oluşturan bireylerin birbirleri ile olan sosyal etkileşimlerine dayalı bir optimizasyon yöntemidir. Bu algoritmada sürü, her biri çözülmek istenen problemin olası bir çözümü olan parçacıklardan oluşmaktadır. Her parçacığın kendisine ait bir konum ve hız vektörü bulunmaktadır. Bu vektörler her yinelemede (1) ve (2) eşitlikleri kullanılarak güncellenmektedir.

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{v}_i + \varphi_1 \text{rand}_1(\mathbf{p}_i - \mathbf{x}_i) + \varphi_2 \text{rand}_2(\mathbf{p}_g - \mathbf{x}_i) \quad (1)$$

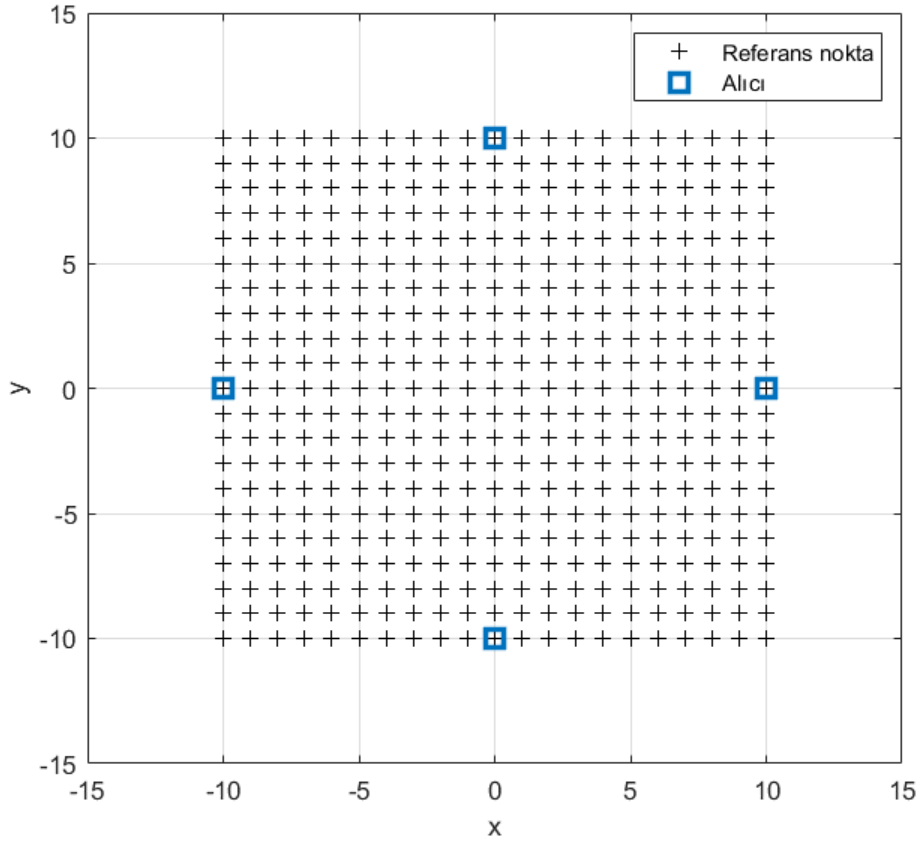
$$\mathbf{x}_i = \mathbf{x}_i + \mathbf{v}_i \quad (2)$$

Burada  $\mathbf{v}_i$  parçacığın hız vektörü,  $\mathbf{x}_i$  parçacığın konum vektörü,  $\mathbf{p}_i$  parçacığın kişisel en iyi vektörü,  $\mathbf{p}_g$  sürünün küresel en iyi vektörü,  $\varphi_1$  ve  $\varphi_2$  öğrenme sabitleri ve  $\text{rand}_1$  ve  $\text{rand}_2$  0 ile 1 arasında uniform dağılımlı rastgele reel sayı üreteçleridir.

Konum ve hız vektörlerinin boyutu çözülmek istenen problemin boyutu ile aynıdır. Örneğin iki boyutlu düzlemdeki bir hedefin koordinatları tespit edilmek isteniyorsa parçacık boyutu iki, eğer üç boyutlu uzayda konumlandırma yapılıyorsa parçacık boyutu üçtür. Aynı zamanda her parçacığın o anki en iyi uygunluk değerinin tutulduğu kişisel en iyi vektörü ( $\mathbf{p}_i$ ) ve tüm sürünün o ana kadar elde ettiği en iyi çözümü veren küresel en iyi vektörü ( $\mathbf{p}_g$ ) bulunmaktadır. Her parçacık, her yinelemede  $\mathbf{p}_i$  ve  $\mathbf{p}_g$  vektörlerini rastgele ağırlıklandırmasına bağlı olarak hareket etmektedir. Durma koşulu sağlandığında  $\mathbf{p}_g$  çözülmek istenen problemin sonucunu vermektedir. Durma koşulu problemin karakteristiğine bağlı olarak en fazla yineleme sayısı, en küçük hata değeri veya en küçük hata değeri değişimi olarak seçilebilir. Günümüzde PSO basitliği, esnekliği, uygulama kolaylığı, az parametre içermesi ve bölgesel minimumlara takılmaması gibi özelliklerinden dolayı birçok bilim dalında geniş bir uygulama alanına sahiptir.

#### 4. BENZETİM ÇALIŞMALARI

Bu kısımda üç farklı hedef noktası için iki boyutlu alıcı dizileri PSO ile optimize edilmiştir. Öncelikle alıcılar Şekil 1’de görüldüğü gibi merkezi orijinde olan 10 birim yarıçaplı bir çember üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmiş ve teorik karesel hata sınırı hesaplanmıştır. Ardından merkez noktası orijinde bulunan ve kenar uzunluğu 20 birim olan bir kare içerisinde bulunan 441 referans noktadan, optimum konumlandırma doğruluğunu verecek noktalar PSO ile bulunmuş ve alıcılar bu konumlara yerleştirilmiştir. Son olarak optimize edilmiş alıcı dizilerinin teorik karesel hata değerleri ile başlangıçtaki alıcı geometrisinin konumlandırma başarımları kıyaslanmıştır.



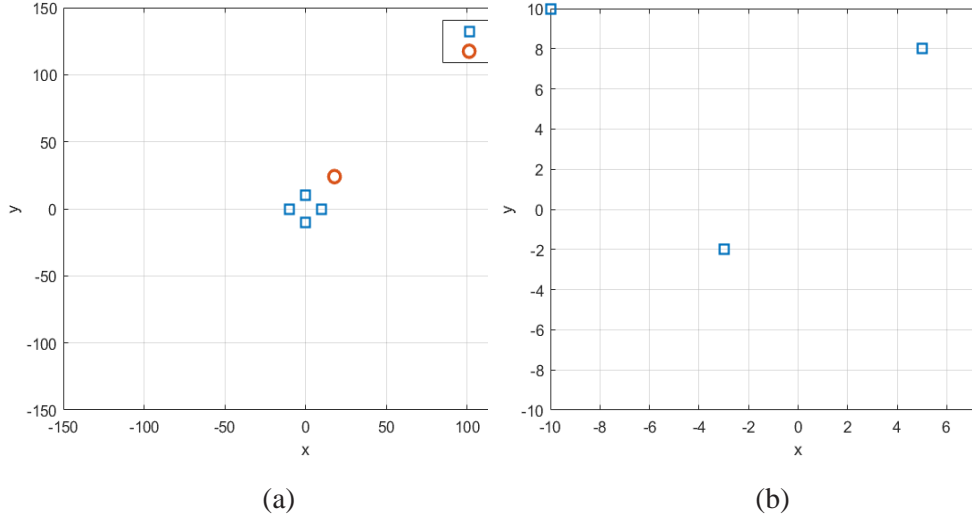
Şekil 1. Referans alıcı konumları ve eş açılı alıcı dizisi

#### 4.1. Yakın Hedef Durumu

Bu benzetimde alıcılar merkezi orijinde olan 10 birim yarıçaplı bir çemberin üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmiş ve hedefin koordinatları [18, 24] olarak seçilmiştir. Benzetim parametreleri Tablo 1’de verilmiştir. Şekil 2.a’da verici-alıcı geometrisinin başlangıç durumu görülmektedir. Alıcı konumları PSO ile optimize edildikten sonra bulunan alıcı dizisi ise Şekil 2.b’de verilmiştir. Tablo 2’de alıcıların başlangıç koordinatları, başlangıçtaki CRAS değeri, optimize edilmiş alıcı konumları ve optimize edilmiş alıcı dizisinin CRAS değeri sunulmuştur.

Tablo 1. Yakın hedef için benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Gürültü	$0,001/c^2$
PSO Öğrenme Katsayılar	$\varphi_1 = 2$ ve $\varphi_2 = 2$
PSO Parçacık Sayısı	36
Parçacık Dağılımı	Arama bölgesinde rastgele
PSO Yineleme Sayısı	1.000
PSO Maksimum Hızı Sınırı	2
Arama Bölgesi	$-10 < x < 10$ ve $-10 < y < 10$
Alıcı Sayısı	4
PSO Parçacık Boyutu	8



Şekil 2. Yakın hedef için (a) verici-alıcı geometrisi  
(b) optimize edilmiş dört alıcılı dizi

Tablo 2. Yakın hedef için benzetim sonuçları

Başlangıç Durumu				Alıcı Optimizasyonundan Sonra			
Alıcı	$x$	$y$	CRAS	Alıcı	$x$	$y$	CRAS
R <sub>1</sub>	0,0000	10,0000	0,6521	R <sub>1</sub>	-10	10	<b>0,0576</b>
R <sub>2</sub>	-10,0000	0,0000		R <sub>2</sub>	10	-10	
R <sub>3</sub>	-0,0000	-10,0000		R <sub>3</sub>	-3	-2	
R <sub>4</sub>	10,0000	-0,0000		R <sub>4</sub>	5	8	

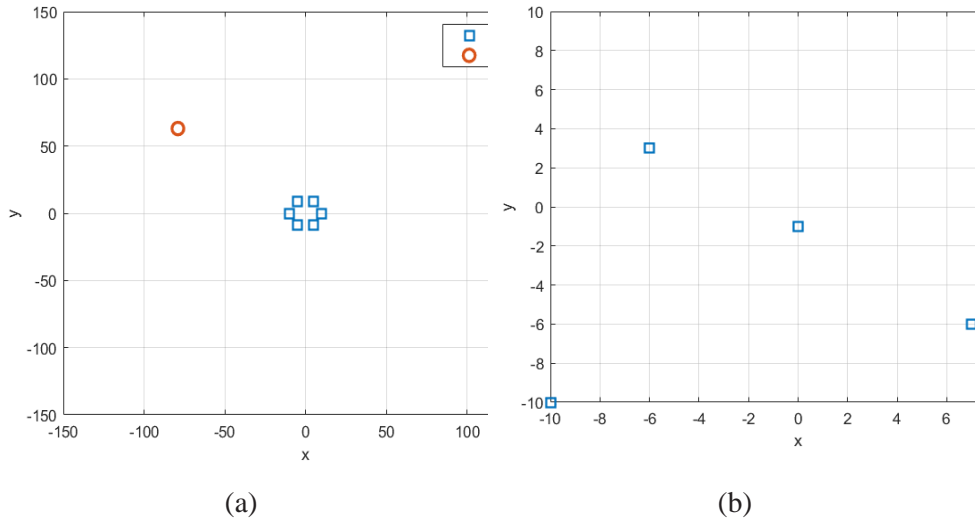
Tablo 2’de alıcı optimizasyonundan sonra konumlandırma doğruluğunun ciddi şekilde arttığı görülmektedir.

#### 4.2. Uzak Hedef Durumu

Uzak hedef durumunda da alıcılar merkezi orijinde olan 10 birim yarıçaplı bir çemberin üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmiş ve hedefin koordinatları  $[-79, 63]$  olarak belirlenmiştir. Benzetim parametreleri Tablo 3’te ve sonuçlar Tablo 4’te verilmiştir. Şekil 3’te başlangıçtaki verici-alıcı geometrisi ve optimize edilmiş alıcı dizisi görülmektedir.

Tablo 3. Uzak hedef için benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Gürültü	$0,001/c^2$
PSO Öğrenme Katsayılar	$\varphi_1 = 2$ ve $\varphi_2 = 2$
PSO Parçacık Sayısı	36
Parçacık Dağılımı	Arama bölgesinde eşit aralıklı
PSO Yineleme Sayısı	1.000
PSO Maksimum Hızı Sınırı	2
Arama Bölgesi	$-10 < x < 10$ ve $-10 < y < 10$
Alıcı Sayısı	6
PSO Parçacık Boyutu	12



Şekil 3. Uzak hedef için (a) verici-alıcı geometrisi  
(b) optimize edilmiş altı alıcılı dizi

Tablo 4. Uzak hedef için benzetim sonuçları

Başlangıç Durumu				Alıcı Optimizasyonundan Sonra			
Alıcı	x	y	CRAS	Alıcı	x	y	CRAS
R <sub>1</sub>	5,0000	8,6603	28,1618	R <sub>1</sub>	10	-9	4,1635
R <sub>2</sub>	-5,0000	8,6603		R <sub>2</sub>	10	10	
R <sub>3</sub>	-10,0000	0,0000		R <sub>3</sub>	-10	-10	
R <sub>4</sub>	-5,0000	-8,6603		R <sub>4</sub>	0	-1	
R <sub>5</sub>	5,0000	-8,6603		R <sub>5</sub>	-6	3	
R <sub>6</sub>	10,0000	-0,0000		R <sub>6</sub>	7	-6	

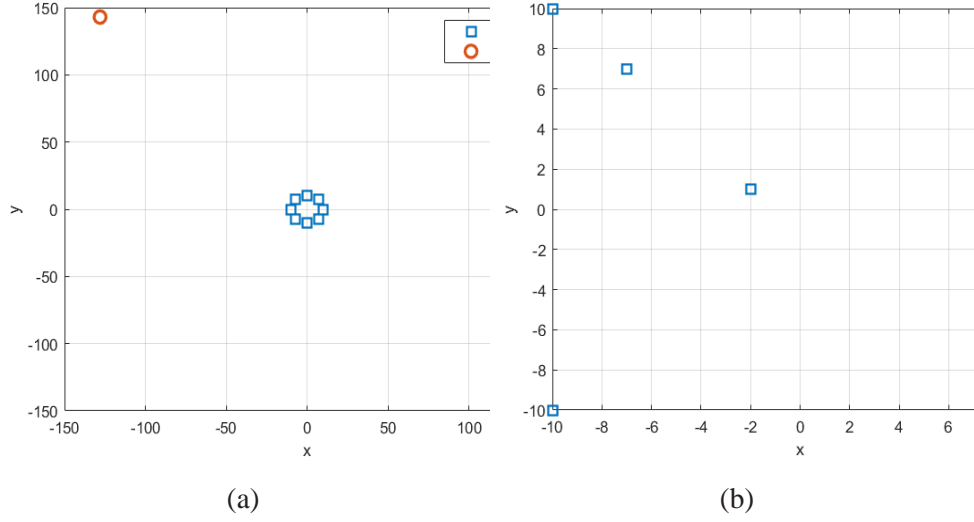
Tablo 4’te alıcı optimizasyonunda sonra teorik karesel hata limitinin ciddi oranda azaldığı görülmektedir.

#### 4.3. Çok Uzak Hedef Durumu

Son benzetimde sekiz tane alıcı, merkezi orijinde olan 10 birim yarıçaplı bir çemberin üzerine eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. Tablo 5’te benzetim parametreleri ve Tablo 6’da da benzetim sonuçları verilmiştir. Şekil 4’te başlangıçtaki verici alıcı geometrisi ve optimize edilmiş alıcı dizisi görülmektedir.

Tablo 5. Çok uzak hedef için benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Gürültü	0,0001/c <sup>2</sup>
PSO Öğrenme Katsayılar	$\varphi_1 = 2$ ve $\varphi_2 = 2$
PSO Parçacık Sayısı	36
Parçacık Dağılımı	Arama bölgesinde eşit aralıklı
PSO Yineleme Sayısı	1.000
PSO Maksimum Hızı Sınırı	2
Arama Bölgesi	$-10 < x < 10$ ve $-10 < y < 10$
Alıcı Sayısı	8
PSO Parçacık Boyutu	16



Şekil 4. Çok uzak hedef için (a) verici-alıcı geometrisi  
(b) optimize edilmiş sekiz alıcılı dizi

Tablo 6. Uzak hedef için benzetim sonuçları

Başlangıç Durumu				Alıcı Optimizasyonundan Sonra			
Alıcı	$x$	$y$	CRAS	Alıcı	$x$	$y$	CRAS
R <sub>1</sub>	7,0711	7,0711	27,1004	R <sub>1</sub>	-2	1	3,4654
R <sub>2</sub>	0,0000	10,0000		R <sub>2</sub>	-10	-10	
R <sub>3</sub>	-7,0711	7,0711		R <sub>3</sub>	10	-10	
R <sub>4</sub>	-10,0000	0,0000		R <sub>4</sub>	-10	-10	
R <sub>5</sub>	-7,0711	-7,0711		R <sub>5</sub>	10	10	
R <sub>6</sub>	-0,0000	-10,0000		R <sub>6</sub>	-10	10	
R <sub>7</sub>	7,0711	-7,0711		R <sub>7</sub>	-7	7	
R <sub>8</sub>	10,0000	-0,0000		R <sub>8</sub>	10	10	

Tablo 6'da görüldüğü gibi ilk iki benzetimde olduğu gibi çok uzak hedef durumunda da optimize edilmiş alıcılarla yüksek doğrulukta konum tespiti yapılabilmektedir.

## 5. SONUÇLAR

VZF ile konum tespitinde konumlandırma doğruluğu verici-alıcı geometrisine, VZF kestirim hatasına ve verici-alıcı arasındaki doğrudan görüşün olup, olmamasına bağlıdır. Bu çalışmada iki boyutlu alıcı dizileri PSO kullanılarak optimize edilmiştir. Üç farklı hedef noktası ve iki gürültü seviyesi için yapılan benzetimlerde, alıcı optimizasyonunun karesel konumlandırma hatasını ciddi şekilde azalttığı ortaya konmuştur.

## KAYNAKLAR

- BAI, L. PENG, C.Y. ve BISWAS, S. (2008). “Association of DOA Estimation From Two ULAs”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2008 (57): 1094-1101.
- BIN, Y.Z. YAN, Q. ve NAN, L.A. (2011). “PSO Based Passive Satellite Localization Using TDOA and FDOA Measurements”, IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, 2011 (10): 1-4.
- ÇAKIR, O. KAYA, I. ve YAZGAN, A. (2013). “Dynamic Orientation of Receiver Arrays using Particle Swarm Optimisation”, Electronics Letters, 2013 (49): 1313-1315.
- DAI, X. ZHANG, X. ve WANG, Y. (2019). “Extended DOA-Matrix Method for DOA Estimation via Two Parallel Linear Arrays”, IEEE Communications Letters, 2019 (23): 1981-1984.
- HOU, Y. ve WANG, W.Q. (2019). “Active Frequency Diverse Array Counteracting Interferometry-Based DOA Reconnaissance”, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2019 (18): 1922-1925.
- HU, D. CHEN, S. BAI, H. ZHAO, C. ve LUO, L. (2019). “CRLB for joint estimation of TDOA, phase, FDOA, and Doppler rate”, The Journal of Engineering, 2009 (21): 7628-7631.
- HUANG J.Y. ve WAN, Q (2007). "The Cramer-Rao Bounds of Hybrid TOA/RSS and TDOA/RSS Location Estimation Schemes", IEEE Communications Letters, 2007 (11): 848-849.

- KIM, D.G. PARK, G.H. KIM, H.N. PARK, J.O. PARK, Y.M. ve SHIN, W.H. (2018). "Computationally Efficient TDOA/FDOA Estimation for Unknown Communication Signals in Electronic Warfare Systems", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2018 (54): 77-89.
- MENG, W. XIE, L. ve XIAO, W. (2013). "Decentralized TDOA Sensor Pairing in Multihop Wireless Sensor Networks", IEEE Signal Processing Letters, 2013 (20): 181-184.
- QIAO, T. ZHANG, Y. ve LIU, H. (2014). "Nonlinear Expectation Maximization Estimator for TDOA Localization", IEEE Wireless Communications Letters, 2014 (3): 637-640.
- QIU, Z. WANG, P. ZHU, J. ve TANG, B. (2017). "NYFR Output Pulse Radar Signal TOA Analysis using Extended Fourier Transform and its TOA Estimation", Journal of Systems Engineering and Electronics, 2017 (28): 1004-1008.
- SHEN, P. QI, Y. YU, W. LI, F. ve FAN, J. (2016). "Fast and Accurate TIS Testing Method for Wireless User Equipment With RSS Reporting", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 2016 (58) 887-895.
- UANG, J. ve WAN, Q. (2012). "Analysis of TDOA and TDOA/SS based geolocation techniques in a non-line-of-sight environment", Journal of Communications and Networks, 2012 (14): 533-539.
- ULMAN, R. ve GERANIOTIS, E. (1999), "Wideband TDOA/FDOA processing using summation of short-time CAF's", IEEE Transactions on Signal Processing, 1999 (47): 3193-3200.
- VELASCO, J. PÍZARRO, D. MACIAS-GUARASA, J. ve ASAEI, A. (2016), "TDOA Matrices: Algebraic Properties and Their Application to Robust Denoising With Missing Data", IEEE Transactions on Signal Processing, 2016 (64): 5242-5254.
- WANG, Y. MA, S. ve CHEN, P. (2014). "TOA-Based Passive Localization in Quasi-Synchronous Networks", IEEE Communications Letters, 2014 (18): 592-595.
- WU, S. ZHANG, S. ve HUANG, D. (2019). "A TOA-Based Localization Algorithm With Simultaneous NLOS Mitigation and Synchronization Error Elimination", IEEE Sensors Letters, 2019 (3): 1-5.
- YU, H. HUANG, G. GAO, J. ve LIU, B. (2012). "An Efficient Constrained Weighted Least Squares Algorithm for Moving Source Location Using TDOA and FDOA Measurements", IEEE Transactions on Wireless Communications, 2012 (11): 44-47.

- YUE, Y. CAO, L. HU, J. CAI, S. HANG, B. ve WU, H. (2019). “A Novel Hybrid Location Algorithm Based on Chaotic Particle Swarm Optimization for Mobile Position Estimation”, IEEE Access, 2019 (7): 58541-58552.
- ZANELLA, A. ve BARDELLA A. (2014). “RSS-Based Ranging by Multichannel RSS Averaging”, IEEE Wireless Communications Letters, 2014 (3): 10-13.