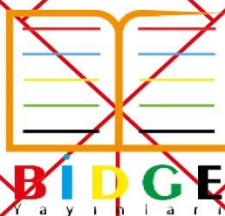




**ICOMNAS**  
**ANKARA**

INTERNATIONAL CONGRESS ON  
Multidisciplinary  
NATURAL SCIENCES AND ENGINEERING

**Full Text  
Booklet**





**2<sup>nd</sup> International Congress on  
Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering  
Full Text Booklet**

ICOMNAS

**01-02 Dec 2022**

**Ankara/Turkey**

All Rights Reserved

It may not be reproduced in any way without the written permission of the publisher and the editor,  
except for short excerpts for promotion by reference.

ISBN: 978-605-72864-2-0

1st Edition

2022

2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

Full Text Booklet

Support and Development of Science Association Publications pursuant to the law of intellectual  
and artistic works, it may not be quoted, copied, reproduced or published in any way without written  
permission.

**Editors**

Hikmet Y. ÇOĞUN

İshak PARLAR

Hasan ÜZMUŞ

**Publisher**

---Bidge Publications---

Oğuzlar Mahallesi 1397 Cadde No:11/1 Çankaya Ankara

bidgeyayin@gmail.com



## SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr. Ahmet Şahiner – Süleyman Demirel University

Dr. Ali Allahverdi – Kuwait University

Dr. Ali Hakan Işık – Burdur Mehmet Akif Ersoy University

Dr. Ali Kahrıman – İstanbul Okan Üniversitesi

Dr. Aşkın Kiraz – Yakın Doğu University

Dr. Bahattin Aydınlı – Kastamonu University

Dr. Bülent Ergönül – Manisa Celâl Bayar University

Dr. Çiğdem Sayıl – İstanbul University-Cerrahpaşa

Dr. Didar Ucuncuoğlu – The University Of Manitoba

Dr. Dilek Arsoy – Near East University

Dr. Dilek Arsoy – Near East University

Dr. Elahe Reyhani – Zanjan Medical Science University

Dr. Engin Özkan – Erzincan Binali Yıldırım University

Dr. Erkan Can – İzmir Katip Çelebi University

Dr. Erkut Akkartal – Yeditepe University

Dr. Füsün Erduran Nemetli – Çanakkale Onsekiz Mart University

Dr. Gülşen Tozsın – Atatürk University

Dr. Günseli Turgut Cin – Akdeniz University

Dr. Hacer Çelik Ateş – Isparta Uygulamalı Bilimler University

Dr. Halis Bilgil – Aksaray University

Dr. Işıl Var – Çukurova University

Dr. İsmet Kahraman Arslan – İstanbul Ticaret University

Dr. Kenan Köprücü – Fırat University

Dr. Levent Yılmaz – Nişantaşı University

Dr. Luqman Alatrushi – Northern Technical University-Iraq

Dr. M. Yeşim Çelik – Sinop University

Dr. Mahmut Aydınol – Dicle University

Dr. Mehmet Alp Ilgaz – Ljubljana Üniversitesi

Dr. Mehmet Bayırlı – Balıkesir University

Dr. Mehmet Mısıır – Karadeniz Teknik University

Dr. Mehmet Sait Toprak – Mardin Artuklu University  
Dr. Mehmet Şükrü Gülay – Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
Dr. Mehmet Tekin – Tokat Gaziosmanpaşa University  
Dr. Murat Hatipoğlu – Dokuz Eylül University  
Dr. Mustafa Aytekin – University Of Bahrain  
Dr. Mustafa Bayram – Biruni University  
Dr. Mustafa Boğa – Niğde Ömer Halisdemir Üniv  
Dr. Mustafa Güneş – Dokuz Eylül University  
Dr. Nazife Aslan – Ankara Hacı Bayram Veli University  
Dr. Nermin Sökmen – National University Of Science And Technology Misis  
Dr. Nurhan Gümrükçüoğlu – Karadeniz Teknik University  
Dr. Oexan Bağirov – Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Naxçıvan Bölümü  
Dr. Özlem Turgay – Kahramanmaraş Sütçü İmam University  
Dr. Paşa Yalçın – Erzincan Binali Yıldırım University  
Dr. Prakasha Kn – Vidyavardhaka College Of Engineering  
Dr. Remzi Varol – Süleyman Demirel University

## **REVIEWER COMMITTEE**

Dr. Abdulkerim Diler – Atatürk University  
Dr. Abdullah Başçi – Atatürk University  
Dr. Ahmet Akköse – Atatürk University  
Dr. Ahmet Çilek – Çukurova University  
Dr. Ahmet Gümüş – Niğde Ömer Halisdemir University  
Dr. Ahmet İyigör – Kırşehir Ahi Evran University  
Dr. Akın Kırbaş – Yozgat Bozok University  
Dr. Ali Dinc – American University Of The Middle East  
Dr. Ali Kurt – Pamukkale University  
Dr. Ali Müjdat Özkan – Konya Teknik University  
Dr. Alihan Çokkızgın – Gaziantep University  
Dr. Alpay Tamer Erturk – Kocaeli University

Dr.Alper Bodur – Ondokuz Mayıs University  
Dr.Aslıhan Demirdöven – Tokat Gaziosmanpaşa University  
Dr.Ayça Karasakal – Tekirdağ Namık Kemal University  
Dr.Aylin Salıcı – Hatay Mustafa Kemal University  
Dr.Aynur Demir – Aksaray University  
Dr.Aynur Demir – Aksaray University  
Dr.Ayşe Ebru Borum – Balıkesir University  
Dr.Ayşe Handan Dökmeci – Tekirdağ Namık Kemal University  
Dr.Bekir Gürbulak – Atatürk University  
Dr.Berna Dalkıran – Ankara University  
Dr.Berna Yavuz Pehlivanlı – Yozgat Bozok University  
Dr.Betül Apaydın Yıldırım – Atatürk University  
Dr.Burçak İşçi – Ege University  
Dr.Coşkun Deniz – Aydın Adnan Menderes University  
Dr.Deniz Şahin – Gazi University  
Dr.Derya Arslan – Bitlis Eren University  
Dr.Devabil Kara – Marmara University  
Dr.Devrim Alkaya – Pamukkale Üniversitesi  
Dr.Ebru Yılmaz – Aydın Adnan Menderes University  
Dr.Elif Akpınar Külekçi – Atatürk University  
Dr.Elif Kılıç Delice – Atatürk University  
Dr.Elif Şenkuytu – Atatürk University  
Dr.Elsevar Asadov – Nahcivan Devlet Üniversitesi  
Dr.Emine Gül Cansu Ergün – Başkent University  
Dr.Engin Çelebi – Çukurova University  
Dr.Erdal Yabalak – Mersin University  
Dr.Erkan Çimen – Van Yüzüncü Yıl University  
Dr.Erman Şentürk – Kocaeli University  
Dr.Erol Kapluhan – Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
Dr.Evrım Güneş Altuntaş – Ankara University  
Dr.Fatih Çemrek – Eskişehir Osmangazi University

Dr.Fatih Yıldırım – Atatürk University  
Dr.Gizem Erdoğan Aydın – İzmir Demokrasi University  
Dr.Gonca Durmaz Güngör – Çankırı Karatekin University  
Dr.Gülşen Akman – Kocaeli Üniversitesi  
Dr.Güvenç Görgülü – Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
Dr.Hacer Azak – Karamanoğlu Mehmetbey University  
Dr.Hakan Ayyıldız – Çanakkale Onsekiz Mart University  
Dr.Halil Erol – Osmaniye Korkut Ata University  
Dr.Halil Tanıl – Ege University  
Dr.Hasan Koten – İstanbul Medeniyet University  
Dr.Hatun Barut – Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü  
Dr.Hülya Demir – Yeditepe University  
Dr.Hülya Kaftelen Odabaşı – Fırat University  
Dr.Hüseyin Esen – Kocaeli University  
Dr.Hüseyin Metin – Kafkas University  
Dr.Hüseyin Şanlı – Tekirdağ Namık Kemal University  
Dr.İbrahim Alışkan – Zonguldak Bülent Ecevit University  
Dr.İrem Karakoç – Dokuz Eylül University  
Dr.İsmail Güneş – Çukurova University  
Dr.Koray Kacan – Muğla Sıtkı Koçman University  
Dr.Koray Karabulut – Sivas Cumhuriyet University  
Dr.Mahmut Kayar – Marmara University  
Dr.Medeni Aykut – Dicle University  
Dr.Mehmet Cengiz Karaismailoğlu – Bartın University  
Dr.Mehmet Dal – Kocaeli University  
Dr.Melih Kuncan – Siirt University  
Dr.Mert Gürkan – Çanakkale Onsekiz Mart University  
Dr.Metin Leblebici – İstanbul Medeniyet University  
Dr.Murat Bilgüven – Mersin University  
Dr.Murat Eyvaz – Gebze Teknik University  
Dr.Murat Özdal – Atatürk University

Dr.Mustafa Yılmaz – Gaziantep University  
Dr.Nalan Demircioğlu Yıldız – Atatürk University  
Dr.Nalan Kandırmaz – Mersin University  
Dr.Nargiz İsmayilova – Azərbaycan Ulusal Bilimler Akademisi  
Dr.Nazan Kavas – Ege University  
Dr.Necmi Dege – Ondokuz Mayıs University  
Dr.Neslihan Tamsü Selli – Gebze Teknik University  
Dr.Neşe Üzen – Dicle University Ziraat Fakültesi  
Dr.Neşet Deniz Turgay – Doğu Akdeniz University  
Dr.Nurcan Özyurt Koçakoğlu – Gazi University  
Dr.Nurgül Karadaş – Sağlık Bilimleri University  
Dr.Nurhayat Atasoy – Van Yyü Fen Fakültesi  
Dr.Nuri Öztürk – Giresun University  
Dr.Nurşen Çördük – Çanakkale Onsekiz Mart University  
Dr.Nürettin Akçakale – Bolu Abant İzzet Baysal University  
Dr.Oğuz Akın Düzgün – Atatürk University  
Dr.Omer Celik – Dicle University  
Dr.Orxan Bağirov – Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Naxçıvan Bölümü  
Dr.Osman Vedüd Eşidir – Fırat University  
Dr.Önder Kabaş – Akdeniz University  
Dr.Övgü Ceyda Yelgel – Recep Tayyip Erdoğan University  
Dr.Özgün Korukcu – Bursa Uludağ University  
Dr.Özgür Cengiz – Van Yüzüncü Yıl University  
Dr.Özgür Sağlam – Tekirdağ Namık Kemal University  
Dr.Özlem Güngör – Gazi University Fen Fakültesi  
Dr.Pınar Sanlıbaba – Ankara University  
Dr.Reyhan Akat – Çevre İlliklilikliml  
Dr.Samet Akar – Çankaya University  
Dr.Süleyman Dirik – Amasya University  
Dr.Şafak Seyhaneyıldız Can – Dokuz Eylül University  
Dr.Yeşim Erdamar – Dicle University



## **ORGANIZING BOARD**

Association for Support and Development of Science

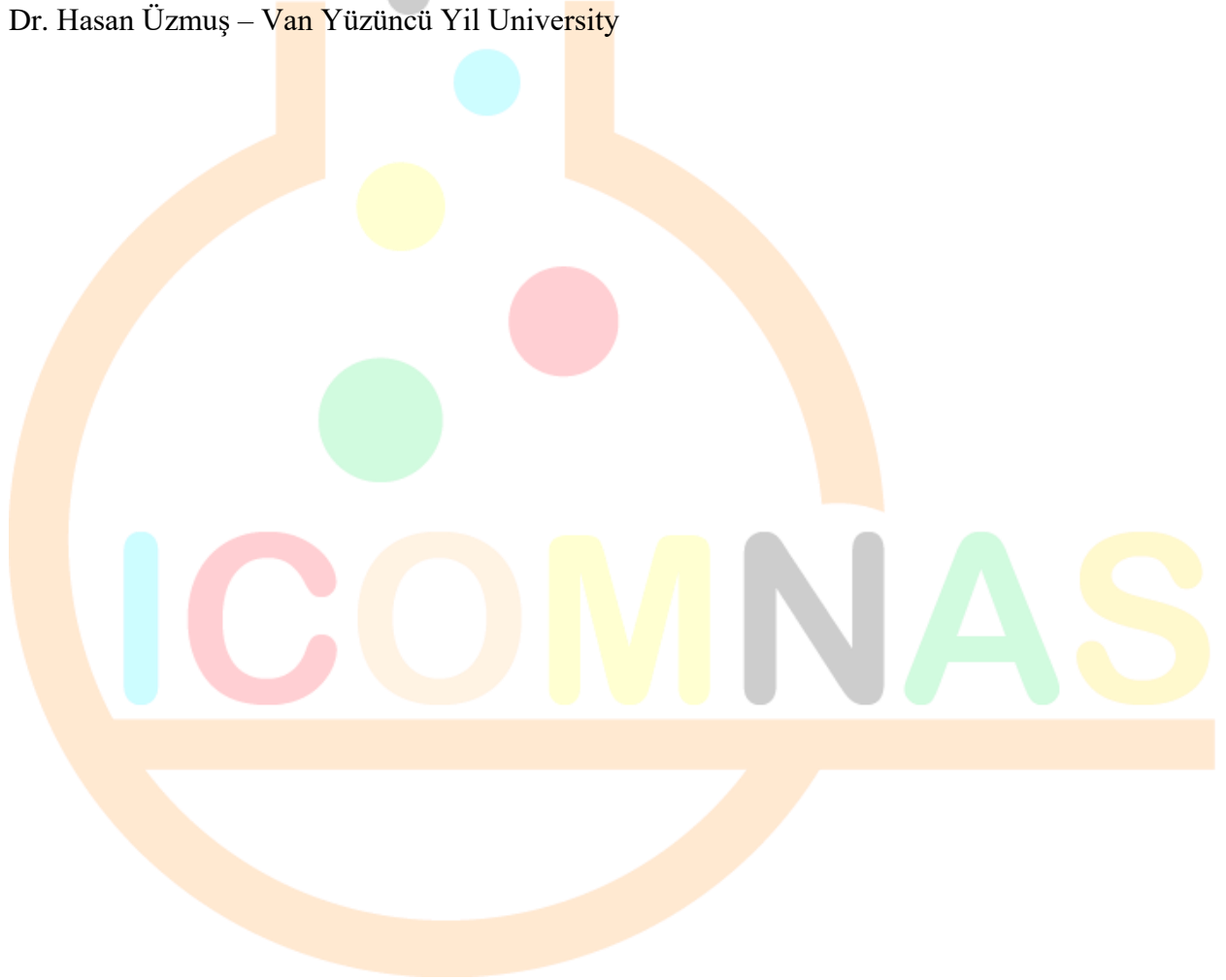
Dr. Gülşen Tozsin – Atatürk University

Dr. Okay Kaplan – Dicle University

Dr. Özlem Durna Aydın – Kafkas University

Dr. İshak Parlar – Van Yüzüncü Yil University

Dr. Hasan Üzmuş – Van Yüzüncü Yil University





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Contents

Bazı Entomopatojen fungusların <i>Orius laevigatus</i> (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae) üzerindeki Lethal Etkileri .....	16
Asiye UZUN YİĞİT .....	16
An Investigation on Thermal Barrier Coating Applicability of Inconel 601 Super Alloy with %8 YSZ Powder.....	23
Nida Nur ERDOĞAN .....	23
Aziz Barış BAŞYİĞİT.....	23
The Analysis of Solid Waste in Muğla Province in the Urbanization Process .....	30
Bahar İKİZOĞLU .....	30
Investigation of Manufacturability of Cardiovascular Stent Material with Resin 3D Printer.....	39
Bünyamin ÇİÇEK.....	39
<i>Galium aparine</i> L. Bitkisindeki Peroksidaz ve Katalaz Enzim Aktivitelerine Bazı Metallerin Etkisinin İncelenmesi .....	46
Duygu YAMAN.....	46
GülnurARABACI .....	46
Savunma Sanayisi İçin Transfer Presi Tasarımı.....	52
Ergun ATEŞ .....	52
Ömer AÇIKEL .....	52
Montaja Hazır Çeşitli Tiplerdeki Ev Sandalyelerinin Mukavemet Özelliklerinin Geliştirilmesi.....	70
Adem UÇMAK .....	70
Tolga KUŞKUN .....	70
Mustafa KONUK .....	70
Erkan CEYLAN.....	70
Ali KASAL .....	70
Kırsal Mirasın Sürdürülebilirliği Üzerine Bir Araştırma: Gölcük İlçesi Nüzhetiye Mahallesi Örneği .94	
Fatma Azize Zülal AYDINOL.....	94
Vertical Equivalent Earthquake Load and Time History Earthquake Analysis on a Sample Building .....	126
Fatma Büşra Selvi AKAY .....	126
Alptuğ ÜNAL.....	126
Mustafa KOÇER .....	126



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Presleme Sıcaklığının Al-SiC Toz Metal Kompozit Malzemenin Abrasiv Aşınma Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması .....	135
Fevzi TAŞ .....	135
Halil ARIK .....	135
COVID-19 Döneminde Dijital Sağlık Okuryazarlığı.....	145
Hazan SOYKAN .....	145
Covid-19 Pandemisinde Tıbbi Sekreterler ve Yaşadıkları Sorunlar .....	151
Hazan SOYKAN .....	151
Kentsel Olanak Olarak Sosyal Altyapı Alanlarının Kentsel Yaşam Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi: Kayseri Kenti Örneği .....	158
İremAVCI .....	158
Ozan HOVARDAOĞLU .....	158
<b>Yapılan Görüşmeler</b> .....	163
Örneklem araştırmasında .....	163
Resmi Kurum ve Kuruluş Görüşmeleri Analizi .....	163
Bir Solar Enerji Sulama Sisteminin Otonom Çalışmasını Sağlayacak, Sürücü Hata Sinyallerini de Dikkate Alan Gerçek Zamanlı Çalışan Programlanabilir Zamanlayıcı.....	180
Celalettin TIĞLI.....	180
Yer Radarı İzine Parçacık Sürü Optimizasyonu Uygulanması ile Betonun Su İçeriğinin Belirlenmesi .....	194
İsmail KAPLANVURAL.....	194
Determination of Triclosan Sorption Capacity Onto Powder Activated Carbon by Batch Adsorption Experiments.....	202
Kadir ÖZDEMİR.....	202
Bölge Bazında Evrişimler Kullanarak Rölyef Görüntüsü Tamamlama .....	209
Mehmet Kıvılcım KELEŞ.....	209
Erdal GÜVENOĞLU .....	209
Determination of Chemical Compositions of <i>Teucrium polium</i> L. and <i>Ocimum basilicum</i> Cultivated Under Eastern Mediterranean Ecological Conditions.....	217
Nadire Pelin BAHADIRLI .....	217
Türkiye'nin Coğrafi İşaretili Yoğurtları.....	223
Nazlı KANCA .....	223



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Canan ALTINAY.....	223
Farklı Çilek Çeşitlerinde Organik, Kimyasal Gübre ve Kombinasyonunun Kök Besin Elementi Üzerine Etkisi.....	230
Neslihan KILIÇ.....	230
Hayriye Yıldız DAŞGAN.....	230
Spectral Decompositions of the Generalized Difference Operator $\Delta m$ over the Sequence Space $c$ .....	239
Nuh DURNA.....	239
Deniz Ekosistemlerinde Zooplankton Yağ Asitlerinin Önemi.....	245
Nurgül ŞEN ÖZDEMİR.....	245
Alginate Added TEMPO Oxidized Nanofibril Cellulose Based Aerogels: Investigation of Basic Properties.....	262
Orçun Çağlar KURTULUŞ.....	262
Sedat ONDARAL.....	262
Nuray EMİN.....	262
Emir ERİŞİR.....	262
Ahşap Esaslı Panellerden Bilgisayarlı Nümerik Kontrol (Cnc) Makineleriyle Üretilmiş Bağlantı Elemansız Sandalyelerin Mekanik Performansı.....	276
Taycan Çağdaş SAPMAZI.....	276
Erkan CEYLAN.....	276
Tolga KUŞKUN.....	276
Harun DİLER.....	276
Ali KASAL.....	276
SiC Takviyeli AA 6061 Matrisli Kompozit Malzemelerin Vakum İnfiltrasyon Yöntemi ile Üretilmesinde Titreşimin Etkisinin İncelenmesi.....	300
Murat ARI.....	300
Recep ÇALIN.....	300
Sezgisel Bulanık Kümelerin Göğüs Hastalıkları Teşhisinde Uygulanması.....	306
Nimet KARABACAK.....	306
Ara Mesnetin Kendi Ağırlığına Maruz Uç Kütleli Kolonun Titreşim ve Stabilitesine Etkisi.....	317
Selahaddin Can TÜRK.....	317
İrfan COŞKUN.....	317



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Boronizing and Some Physical Properties of White Cast Iron .....	330
Tuna AYDOĞMUŞ .....	330
Traditional Dolaz Cheese .....	337
Canan ALTINAY .....	337
Nazli KANCA .....	337
Synthesis and Characterization of Natural Polymer-Based Wound Dressing by Wet Spinning Method .....	343
Derya GENİŞ .....	343
Osman İSMAİL .....	343
Classification of EEG Data with Machine Learning Techniques .....	357
Erdem TUNCER .....	357
Düşük Yapan Gebelerde <i>Brucella abortus</i> Prevelansının İncelenmesi .....	368
İpek ADA ALVER .....	368
Hastanede Yatan Covid19 Hastalarında <i>Legionella</i> Bakterilerinin Koenfeksiyonunun Araştırılması. ....	377
İpek ADA ALVER .....	377
Experimental Research of Hybrid Thermoset Composites Mechanical Properties .....	385
Yunus Hüseyin ERKENDİRCİ <sup>1</sup> .....	385
Selim HARTOMACIOĞLU .....	385
Metin YÜKSEK .....	385
Estimation of Electric Vehicle Growth in Turkey.....	397
Gürsel YENİ.....	397
M.Berker YURTSEVEN .....	397
Kolemanit-CO <sub>2</sub> Reaksiyonunda Yan Ürün Kalsitin Çözünürlüğünün Araştırılması .....	408
Büşranur BERBER GENÇBOY .....	408
Mehmet GÖNEN .....	408
Ham ve Temperlenmiş DIN 41Cr4 ve 30MnB4 Çeliklerinin Morfolojilerinin Karşılaştırılması.....	418
Murat ESKİL.....	418
Sefer GÜLEKEN .....	418
Türkiye'nin Bazı Sebzelerin Tarımdaki Üretimi, İthalat, İhracat Miktarları ve Gelecek Değerlendirilmesi ve Öneriler .....	439
İsmail GÜVENÇ .....	439



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Onur KARABULUT.....	439
Derya BAŞAK .....	439
DC-DC Boost Dönüştürü için Ziegler-Nichols Yöntemi ve Parçacık Sürü Algoritması ile .....	462
PI Denetleyici Tasarımı.....	462
Erdoğan DİNÇ .....	462
İbrahim ALIŞKAN .....	462
Assessment of the insulation material for the train envelope .....	481
Mustafa Dönmez.....	481
M.Mete Öztürk.....	481
Bahadır Doğan.....	481

ICOMNAS



**2<sup>nd</sup>International  
Congress on Multidisciplinary Natural  
Sciences and Engineering**

**ISBN: 978-605-72864-2-0**

**FULL PAPERS**

**ICOMNAS**

## Bazı Entomopatojen fungusların *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae) üzerindeki Lethal Etkileri

Asiye UZUN YİĞİT<sup>1</sup>

### Özet

Bu çalışmada entomopatojen fungus *Beauveria bassiana* BIM-001 ve *Fusarium subglutinans* 12A'nın *Orius laevigatus* yeni erginleri üzerindeki lethal etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. *Beauveria bassiana* BIM-001 ( $1 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^6$  ve  $1 \times 10^8$  spor/ml) ve *F. subglutinans* 12A ( $1 \times 10^6$  spor/ml)'nin farklı dozları 9 cm çapındaki petrielerde püskürtme yöntemi (4 atm) ile 5 sn süreyle mistleme şeklinde uygulanmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her bir petride 5 adet ergin kullanılarak ve her doz toplamda 50 adet birey üzerinde denenmiştir. Kontrol için spor süspansiyonu yerine saf su kullanılarak ve içerisine Tween 20 (% 0.1) ilave edilmiştir. Uygulamadan 3 ve 5 gün sonra petrilerdeki *O. laevigatus* bireylerinin canlı ve ölü sayımları yapılmıştır. Elde edilen ölüm oranları Abbott'a göre hesaplanmış ve bu verilere tek yönlü varyans analizi Tukey çoklu karşılaştırma testi (SPSS® 20.0) yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, laboratuvar koşullarında *B. bassiana* BIM-001'nin  $1 \times 10^4$  spor/ml ve  $1 \times 10^6$  spor/ml dozları uygulandıktan 3 ve 5 gün sonra *O. laevigatus* ergin bireylerinde meydana ölüm oranları arasında önemli bir fark olmadığı saptanmıştır ( $p > 0.05$ ). *Beauveria bassiana* BIM-001'nin  $1 \times 10^8$  spor/ml dozu ve *F. subglutinans* 12A'nın  $1 \times 10^6$  spor/ml dozunda meydana ölüm oranları arasında fark olmayıp, diğer dozlardan daha yüksek ve önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Uygulama yapıldıktan sonra 5. günde *O. laevigatus* için *B. bassiana* BIM-001  $10^4$  spor/ml zararsız gruba girerken, *F. subglutinans* 12A ve *B. bassiana* BIM-001'nin  $10^6$  spor/ml dozu ve *B. bassiana* BIM-001  $10^8$  spor/ml dozu hafif zararlı gruba girmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Avcı, biyolojik mücadele, yan etki

<sup>1</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Orcid: 0000-0002-4822-4762



## GİRİŞ

Avcı türlerden *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae)'un özellikle batı çiçek tripsinin nimf ve erginlerinin kontrolü için örtü altında tercih edilen biyolojik kontrol etmeni olduğu bildirilmektedir (Frescata ve Mexia, 1996: 142; aktaran Büyük, 2008: 5; Keçeci ve Gürkan, 2013: 468). Ayrıca, *Orius* türlerinin polen ve çiçek içerisinde bulunan diğer küçük arthropodlarla da beslendiği bilinmektedir. Doğada büyük oranda tripslerle beslendiği bilinen *Orius* spp.'nin (Hemiptera: Anthocoridae) kültür bitkilerinde de önemli bazı trips türlerinin popülasyonlarını ekonomik zarar eşliğinin altında tutulmasını sağladıkları bilinmektedir (Tommasini, 2003: 37-38). Yapılan araştırmalar sonucu Türkiye'de *O. laevigatus* (Fieber)'un da dahil olduğu 9 türün varlığı saptanmış olup (aktaran Büyük, 2008: 3), bu türün Batı Akdeniz Bölgesinde Antalya'da yaygın olduğu bildirilmiştir (Keçeci ve Gürkan, 2008: 490). Buna ek olarak, Adana ili Balcalı yöresinde değişik kültür bitkilerinde 2019-2020 yıllarında *Orius* türleri araştırılmış ve *Orius laevigatus* %69.67 oran ile en yaygın bulunan tür olarak bildirilmiştir (Tatlıcıoğlu vd., 2022: 25). Sentetik kimyasal pestisitlerin yoğun kullanımı, kimyasal pestisitlere direnç gelişimi, ortaya çıkan çevre kirliliği, insan sağlığına zararlı diğer organizmalar üzerindeki olumsuz etkiler ve tarımda kimyasal girdilerin azaltılması gerekliliği zararlı kontrolünde alternatif yöntemlerin tercih edilmesini sağlamaktadır (Khan vd., 2012: 63). Entomopatojen funguslar, dünya genelinde önemli tarım zararlılarına karşı son yıllarda en çok tercih edilen biyolojik mücadele etmenleri olup, bu funguslar arasında *B. bassiana* en çok kullanılan etmenlerden birisidir (Khan vd., 2012: 65). Farklı biyolojik etmenlerin bir arada kullanılma durumunda zararlı organizma dışında birbirleri üzerinde de istenmeyen etkiler göstermeleri araştırılmıştır (Ludwig ve Oetting, 2001: 169-178; Gao vd., 2012: 803-812). Bu çalışmada ise entomopatojen fungus *F. subglutinans* 12A ( $1 \times 10^6$  spor/ml) ve *B. bassiana* BIM-001'nin ( $1 \times 10^4$  spor/ml,  $1 \times 10^6$  spor/ml ve  $1 \times 10^8$  spor/ml) *O. laevigatus* ergin bireyleri üzerindeki lethal etkisi araştırılmıştır.

## YÖNTEM

### Materyal

Çalışmanın ana materyallerini *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Değirmen güvesi) yumurtaları, *O. laevigatus* (Fieber) erginleri, *F. subglutinans* 12A ( $1 \times 10^6$  spor/ml) ve *Beauveria bassiana* BIM-001 ( $1 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^6$  ve  $1 \times 10^8$  spor/ml) konsantrasyonları oluşturmuştur.

### *Ephestia kuehniella* (Zeller) Çoğaltımı

Çalışma materyallerinden *O. laevigatus*'a besin olarak *E. kuehniella* yumurtaları verilmiştir. *E. kuehniella* erginlerinin çoğaltımı  $25 \pm 1$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 10$  nem oranında ışısız iklim odalarında yürütülmüş ve besin olarak 1:1 oranında buğday unu ve buğday kepeği karışımı kullanılmıştır. *Ephestia kuehniella* yumurtaları ince uçlu samur fırça yardımıyla tül ile kaplı plastik kutu içerisindeki besin ortamına aktarılmıştır.

### *Orius laevigatus* (Fieber) Çoğaltımı

Avcı böcek *O. laevigatus* bireyleri 5 litrelik plastik kutu içerisinde ( $25 \pm 1$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 10$  nem, uzun gün aydınlatmalı (16: 8) iklim odalarında çoğaltılmıştır. Plastik kutunun kapağı hava sirkülasyonunun sağlanması için kesilerek tül ile kaplanmıştır. Plastik kutunun içerisine oluklu mukavva yerleştirilmiştir. Yumurtlama yüzeyi ve nem ihtiyacı taze fasulye meyvesi yerleştirilerek sağlanmıştır.

Besin olarak 2 günde bir olmak üzere *E. kuehniella* yumurtaları verilmiştir (Büyük ve Kazak, 2010: 110-111). Çalışmalarda elde edilen yeni ergin bireyler kullanılmıştır.

## Fusarium subglutinans 12A ve Beauveria bassiana BIM-001'nin Elde Edilmesi

Çalışmada Adana-Karataş pamuk tarlalarında *A. gossypii*'den izole edilen entomopatojen fungus *F. subglutinans* 12A +4 °C'de muhafaza edilen izolatu kullanılmıştır. Entomopatojen *F. subglutinans*'ın 12A izolatu PDA (patates dekstroz agar) ortamı üzerinde kültüre alınarak ve 10 gün süre ile 25 °C'de karanlık koşullarda inkübe edilmiştir. Her bir izolattan spor süspansiyonu hazırlanmıştır. Thoma lamında ışık mikroskobu altında spor sayısı yapılmış ve 100 ml'lik spor süspansiyonu hazırlanmış ve süspansiyonun içerisine Tween 20 (% 0.1) ilave edilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer entomopatojen *Beauveria bassiana* BIM-001 Isparta Merkez patates üretim alanından toplanan patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) ergin bireyi üzerinden izole edilmiştir. *Beauveria bassiana* BIM-001'nin üretim ve üç farklı spor konsantrasyonunun ( $1 \times 10^4$  spor/ml,  $1 \times 10^6$  spor/ml ve  $1 \times 10^8$  spor/ml) hazırlanması *F. subglutinans* 12A ile aynı şekilde gerçekleştirilmiştir.

## Petri Denemeleri

Çalışmada, *B. bassiana* BIM-001'nin  $1 \times 10^4$  spor/ml,  $1 \times 10^6$  spor/ml ve  $1 \times 10^8$  spor/ml olmak üzere 3 farklı dozu ve *F. subglutinans*'ın 12A  $1 \times 10^6$  spor/ml dozu *O. laevigatus* yeni erginleri üzerine uygulamaları 9 mm çapındaki cam petrielerde püskürtme yöntemi (4 atm) ile 5 sn süreyle mistleme şeklinde uygulanmıştır. Daha önceden hareketlerinin yavaşlaması amacıyla *O. laevigatus* erginleri +4 °C'de 1 saat boyunca bekletilmiştir. Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada, her bir petride 5 adet ergin kullanılarak ve her doz toplamda 50 adet birey üzerinde denenmiştir. Kontrol için spor süspansiyonu yerine saf su kullanılarak ve içerisine Tween 20 (% 0.1) ilave edilmiştir. Uygulamadan 3 ve 5 gün sonra petri kutularındaki *O. laevigatus* bireylerinin canlı ve ölü sayımları yapılarak ve ölü bireylerdeki hif gelişimi gözlenmiştir. Sayımı yapılan ölü bireylerden re-izolasyon gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın sonucunda elde edilen ölüm oranları Abbott'a göre hesaplanmış [% ölüm = (1-uygulamadan sonraki birey sayısı / uygulamadan sonra kontroldeki birey sayısı) \*100] (Abbott, 1925) ve bu verilere tek yönlü varyans analizi Tukey çoklu karşılaştırma testi (SPSS® 20.0) yapılmıştır (P<0.05). Ayrıca, bu ölüm oranları Sterk vd. (2002)'ye göre değerlendirilmiştir. Hedef dışı organizmalarda kimyasal ve biyolojik bitki koruma ürünlerine olan hassasiyet durumu 1. grup: Zararsız (<%25 ölüm ya da etkilenme oranı); 2. grup: Hafif zararlı (ölüm ya da etkilenme oranı %25-50); 3. grup: Orta derecede zararlı (ölüm ya da etkilenme oranı %50-75); 4. grup: Zararlı (ölüm ya da etkilenme oranı >%75) olarak 4 farklı gruba ayrılmıştır (Sterk vd., 2002: 308)

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Laboratuvar koşullarında *B. bassiana* BIM-001'nin  $1 \times 10^4$  spor/ml ve  $1 \times 10^6$  spor/ml dozları uygulandıktan 3 ve 5 gün sonra *O. laevigatus* ergin bireylerinde meydana ölüm oranları arasında önemli bir fark olmadığı saptanmıştır (p>0.05). *Beauveria bassiana* BIM-001'nin  $1 \times 10^8$  spor/ml dozu ve *F. subglutinans* 12A'nın  $1 \times 10^6$  spor/ml dozunda meydana ölüm oranları arasında fark olmayıp diğer dozlardan daha yüksek önemli bulunmuştur (p<0.05) (Tablo 1).

**Tablo 1.** Farklı entomopatojen fungusların *Orius laevigatus* (Fieber) erginlerinde neden olduğu ölüm oranları

Uygulamalar	Dozlar	Ölüm oranları $\pm$ std. hata (%)	
		3. gün	5. gün
<i>Beauveria bassiana</i> BIM-001	1x10 <sup>4</sup> spor/ml	16.25 $\pm$ 6.18 b	22.08 $\pm$ 13.02 b
	1x10 <sup>6</sup> spor/ml	18.75 $\pm$ 6.54 b	37.22 $\pm$ 11.21 b
	1x10 <sup>8</sup> spor/ml	32.36 $\pm$ 4.93 a	50.41 $\pm$ 5.87 a
<i>Fusarium subglutinans</i> 12A	1x10 <sup>6</sup> spor/ml	24.58 $\pm$ 6.19 a	46.11 $\pm$ 9.86 a

a, b: Aynı sütunda ayrı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (P<0.05)

Sterk vd. (2002)'na göre hedef dışı organizmalarda kimyasal ve biyolojik bitki koruma ürünlerine olan hassasiyet durumu 3. günde elde edilen ölüm oranları açısından incelendiğinde sadece *B. bassiana* BIM-001 10<sup>4</sup> spor/ml ve 10<sup>6</sup> spor/ml dozları ve *F. subglutinans* 12A zararsız gruba girerken, *B. bassiana* BIM-001 10<sup>8</sup> spor/ml hafif zararlı grubuna girmektedir. Uygulamadan sonraki 5. günde ise *O. laevigatus* için *B. bassiana* BIM-001 10<sup>4</sup> spor/ml zararsız gruba girerken, *F. subglutinans* 12A ve *B. bassiana* BIM-001'nin 10<sup>6</sup> spor/ml dozu ve *B. bassiana* BIM-001 10<sup>8</sup> spor/ml dozu hafif zararlı gruba girmektedir.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Tarımsal üretimde sorun olan hastalık, zararlı ve yabancı otların kontrolü için aşırı miktarlarda kullanılan kimyasal kökenli pestisitler, sağladıkları kolaylıklara karşın, yeraltı suyunun kirlenmesi, üründe oluşan kalıntı, kullanılan kimyasallara karşı direnç gelişimi ve hedef dışı birçok organizma üzerindeki yan etkileri gibi olumsuzluklara neden olmaktadır. Pestisitlerin bu olumsuz etkileri zararlı yönetimi çalışmalarında alternatif mücadele yöntemlerinin kullanılmasının önemini daha da arttırmaktadır. Biyolojik mücadelenin yaygınlaştırılmasıyla pestisit kullanımının azalması sağlanmakta, bu ise tarımsal üretimde birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Agro-ekosistem içerisindeki zararlı böcek türleri özellikle parazitoit, predatör ve patojenleri içeren doğal düşmanları ve özellikle de entomopatojen mikroorganizmalar tarafından kontrol altında tutulabilmektedir. Son zamanlarda bu biyolojik kökenli organizma ve mikroorganizmaların bir arada kullanımının zararlı yönetiminde ne derece kullanılabilir olduğuna dikkat çekilmektedir. Bu çalışma kapsamında da entomopatojen fungus izolatlarının predatör türlerden *O. laevigatus* üzerindeki lethal etkisi araştırılmıştır. *Orius* türlerine entomopatojen fungusların etkilerinin araştırıldığı az sayıda çalışma bulunmaktadır. Ludwig ve Oetting (2001) *Beauveria bassiana* JW-1 izolatının laboratuvar koşullarında uygulandığında *O. insidiosus* % 5.6 enfeksiyon oranına neden olduğunu belirlemiştir. Gao vd. (2012) *B. bassiana* Bb-RSB *Orius sauteri*'nin ilk dönemlerine uygulandığında, insektisit özelliği göstermediği ve gelişme oranını etkilemediğini saptamıştır. *Beauveria bassiana* Bb-RSB ile enfekte olmuş *F. occidentalis* kadavraları ile beslendiğinde *O. sauteri*'nin gelişim süresi 0.3-0.7 gün arasında arttığı ve ergin ömrü ise 0.8-1.2 gün azalmıştır. Bonsignore ve Vacante (2012) sera koşullarında *O. laevigatus* üzerinde *Beauveria bassiana* (Naturalis®)

uygulandıktan sonra 4. haftadaki ergin sayısı, kontrol grubundan 1,5 ila 8 kat daha düşük olduğunu bildirmiştir. Sera koşullarında *O. laevigatus*'un entomopatojen fungusu yayma özelliğinin yaprak disk yöntemi kullanılarak incelendiği çalışmada, *O. laevigatus* tarafından bulaştırılması beklenen ve *L. muscarium*'un *F. occidentalis* ve *B. tabaci*'yi enfekte etmediği ve ölüm meydana gelmediği ve ayrıca *Lecanicillium longisporum*'un ise *M. persicae*'yi enfekte ettiği ve 5. günde % 98 ölüm görüldüğü belirlenmiştir (Down vd., 2009). Çalışmada kullanılan entomopatojen fungus izolatu *F. subglutinans*'ın kabuklubit avcısı *Chilocorus nigritus* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae)'a uygulandıktan 2 gün sonra *C. nigritus*'un son dönem larva ve erginlerinde ölüm oranı % 50-70 arasında saptanmıştır (Demirözer vd. 2010). Yapılan bu çalışmada, *F. subglutinans* 12A ve *B. bassiana* BIM-001'nin farklı dozlarının avcı böcek *O. laevigatus* erginlerinde üzerinde etkililiği belirlenmiştir. Çalışmanın 3. gününde *O. laevigatus* bireylerinde *B. bassiana* BIM-001  $10^4$  spor/ml dozunda %16.25 ölüm meydana geldiği, *B. bassiana* BIM-001  $10^6$  spor/ml dozunda % 18.75 oranında ölüm, *B. bassiana* BIM-001  $10^8$  spor/ml dozunda ise % 32.36 ölüm meydana gelirken; *F. subglutinans* 12A  $10^6$  spor/ml dozunda ise % 24.58 oranında ölüme neden olmuştur. Uygulamadan sonraki 5. günde ise ölüm oranları *B. bassiana* BIM-001  $10^4$  spor/ml dozunda % 22.08, *B. bassiana* BIM-001  $10^6$  spor/ml dozunda % 37.22, *B. bassiana* BIM-001  $10^8$  spor/ml dozunda % 50.41, *F. subglutinans* 12A  $10^6$  spor/ml dozunda ise % 46.11 olarak bulunmuştur.

Tarımsal üretim alanlarında hedef zararlılara karşı kullanılan entomopatojen funguslar doğada bulunan ya da sera koşullarında zararlı türlerle mücadeleyi desteklemek amacıyla ticari olarak satışı yapılan doğal düşmanların biyolojik kökenli de olsa bu biyo-insektisitlere maruz kalması olasılığı mücadelenin etkililiğini de olumsuz yönde etkileyecektir. Bundan dolayı entomopatojen fungusların *Orius* türleri gibi doğal düşmanlar üzerindeki yan etkilerinin de belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Zararlı türlerin mücadelesinde hem avcı *Orius* türlerinin hem de entomopatojen kökenli biyopestisitlerin kullanımının ekonomik ve etkili mücadelenin yanı sıra çevre-dostu uygulamalar olması nedeniyle daha detaylı benzer araştırmaların gerekli olduğu düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Yazar çalışmada kullanılan entomopatojen fungus izolatu *Fusarium subglutinans* 12A'yı temin ettiği Prof. Dr. Ş. Evrim ARICI (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü)'ya teşekkür eder.

## KAYNAKÇA

Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.

Bonsignore, C.P. Vacante, V. (2012). Influences of botanical pesticides and biological agents on *Orius laevigatus*–*Frankliniella occidentalis* dynamics under greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection Research*, 52(1), 15-23.

Büyük, M. (2008). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi pamuk ekim alanlarındaki avcı böceklerden Orius spp. (Hemiptera: Anthocoridae)'nin popülasyon gelişiminin belirlenmesi, en yaygın türün biyolojik özellikleri ve bazı pestisitlerin bunlara etkileri* (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Büyük, M. Kazak, C. (2010). Avcı böcek *Orius albidipennis* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae)'in laboratuvar koşullarında bazı biyolojik özellikleri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(2), 109-117.

Demirözer, O. Arıcı, E. Sevinç, M.S. Karaca, İ. (2010). *Fusarium subglutinans* (Wollenw. & Reinking) (Hypocreales: Nectriaceae)'in *Chilocorus nigritus* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae) üzerindeki patolojik etkisinin belirlenmesine yönelik ön çalışma. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(2), 151-155.

Down, R.E. Cuthbertson, A.G.S. Mathers, J.J. Walters, K.F.A. (2009). Dissemination of the entomopathogenic fungi, *Lecanicillium longisporum* and *L. muscarium*, by the predatory bug, *Orius laevigatus*, to provide concurrent control of *Myzus persicae*, *Frankliniella occidentalis*, *Bemisia tabaci*. *Biological Control*, 50, 172-178.

Frescata, C. Mexia, A. (1996). Biological control of thrips (Thysanoptera) by *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae) in organically grown strawberries. *Biological Agriculture & Horticulture*, 13, 141-148.

Gao, Y. Reitz, S.R. Wang, J. Tamez-Guerra, P. Wang, E. Xu, X. Lei, Z. (2012). Potential use of the fungus *Beauveria bassiana* against the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* without reducing the effectiveness of its natural predator *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae). *Biocontrol Science and Technology*, 7, 803-812.

Keçeci, M. Gürkan, M.O. (2008). Antalya ilinde ve Türkiye'de yayılış gösteren polifag avcı, *Orius* (Heteroptera: Anthocoridae) türleri. 19. Ulusal Biyoloji Kongresi, 490 s.

Keçeci, M. Gürkan, M.O. (2013). Biological control of Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* with *Orius* species in eggplant greenhouses in Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 37(4), 467-476.

Khan, S. Guo, L. Maimaiti, Y. Mijit, M. Qiu, D. (2012). Entomopathogenic Fungi as Microbial Biocontrol Agent. *Molecular Plant Breeding*, 3(7), 63-79.

Ludwig, S.W. Oetting, R.D. (2001). Susceptibility of natural enemies to infection by *Beauveria bassiana* and impact of insecticides on *Ipheseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 18(3), 169-178.

Sterk, G. Heuts, F. Merck, N. Bock, J. (2002). Sensitivity of non-target arthropods and beneficial fungal species to chemical and biological plant products: results of laboratory and semi-field trials. 1<sup>st</sup> International Symposium on Biological Control of Arthropods, 306-313 pp.

Tatlıcioğlu, Ş. Atakan, E. Pehlivan, S. (2022). Adana İli Balcalı yöresinde avcı *Orius* (Hemiptera: Anthocoridae) türlerinin araştırılması. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 13(1), 25-36.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Tommasini, M.G. (2003). Evaluation of *Orius* species for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) (PhD Thesis). Wageningen University, The Netherlands.





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## An Investigation on Thermal Barrier Coating Applicability of Inconel 601 Super Alloy with %8 YSZ Powder

*Nida Nur ERDOĞAN<sup>1</sup>*

*Aziz Barış BAŞYİĞİT<sup>2</sup>*

### Abstract

Superalloys, which are categorized in three groups as iron-based, nickel-based and cobalt-based, are used especially in high temperature applications. Inconel 601 alloy, a nickel-based superalloy, is widely used in applications such as chemical processing, aerospace, power generation, heat treatment, chemical refining and gas turbine engines. Although the mechanical properties of superalloy materials and their resistance to wear, corrosion and oxidation are better than other metallurgical materials, these properties are not satisfactory in some applications. In such cases, the desired properties can be obtained by applying heat treatment and coating processes to superalloys. Ceramic thermal barrier coatings are applied to the surface of the super alloy components to protect them and prolong their lifetime of high temperature components in modern gas turbines. In this study, thermal barrier coating was applied to the Inconel 601 super alloy using NiCrAlY for bond coat and 8 %YSZ powder for ceramic top coat. Subsequently, SEM analysis and micro hardness measurements were performed on coated samples and raw material for comparison.

**Keywords:** Inconel 601, TBC, %8 YSZ, Strength of Nickel Based Super Alloys, Surface Treatments Applied to Nickel Based Super Alloys.

<sup>1</sup> Master of Science Student, Kırıkkale University, Department of Mechanical Engineering Orcid: 0000-0001-5656-0793

<sup>2</sup> Assistant Prof.Dr. Aziz Barış BAŞYİĞİT, Kırıkkale University, Department of Metallurgical ve Materials Engineering, Orcid: 0000-0003-1544-3747



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## INTRODUCTION

Super alloys are used in gas turbines, coal conversion facilities, chemical process industries, aircraft and industrial gas turbines, engines, heat treatment equipments, ship, locomotive, rockets drive systems, nuclear reactors, maritime, submarine applications, nuclear power systems, and other high temperature applications that require high amounts of heat and corrosion resistance values. (Çay and Ozan, 2005, 180). Super alloys are categorized in three groups as nickel, iron and cobalt based. Nickel-based super alloys include 30 - 75 % Ni and up to 30 % Cr. Ni and Cr combination gives these alloys a significant oxidation resistance (Atmaca, 2015, 9). Inconel 601, a nickel-based super alloy, is preferred in many areas such as high temperature applications such as jet engines, airline vehicle parts, industrial heaters and equipment parts of heat treatment furnaces.

In nickel-based super alloys, chromium and aluminum elements are necessary to bring an alloy oxidation resistance. Alloying elements such as boron, zirconium are grain boundaries strengthening elements and increase the creep resistance at high temperature and the hot process ability of the material. Main soluble alloy elements in nickel-based super alloys are aluminum and/or titanium (Heubner, 1998, 129). These elements form a two-phase micro structure consisting of gamma ( $\gamma$ ) and gamma prime ( $\gamma'$ ) phases (Bhadeshia, 2003, 2).

Usually under aggressive service conditions, it is necessary to increase the efficiency and lifetime of the materials. Although super alloys are resistant to oxidation, wear and corrosion, a surface coating application is preferred to obtain the desired features in some service conditions. In particular, the application of a surface coating process to boiler, turbine and industrial furnace parts is a preventive method to protect the material against erosive and corrosive environments (Singh et al., 2015, 825). Thermal barrier coatings consist of two coating layers: ceramic top coat and bond coat. While the bond coat protects the substrate material against oxidation, the ceramic top coat insulates against high temperatures the substrate material. For ceramic top coat, 8 % YSZ (yttria stabilized zirconia) oxide ceramic powder is generally used. TBCs (thermal barrier coatings) are generally produced with EB-PVD (electron beam physical vapor deposition) and APS (atmospheric plasma spray) techniques. (Patsias et al., 2006, 504).

Materials such as WC/CO or Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>/NiCr or MCrAlY (M = Ni and/or Co) which are applied as bond coat to the aircraft turbine blades usually sprayed by HVOF (high velocity oxygen fuel) process. The bond coat that produced by HVOF technique contains less oxides due to the low process temperature of the process, as well as being suitable for making intensive coatings. Suitable materials for plasma spray include zinc, aluminum, copper alloys, tin, molybdenum, some steels and a large number of ceramic materials. The advantage of the use of plasma spray process compared to combustion processes is that it can spray materials (like refractory metals and zirconia) with very high melting points (Gupta, 2015, 8-9).

## METHOD

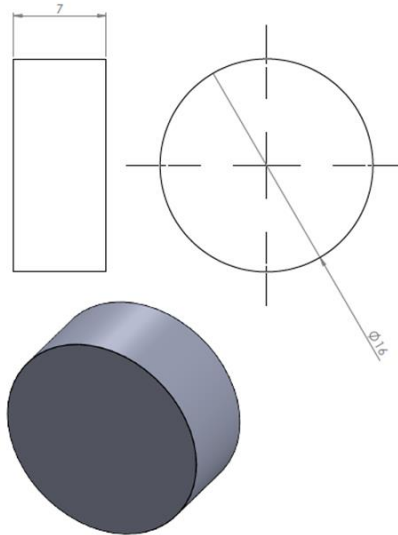
Inconel 601 super alloy was selected as the substrate material to which the TBC coating system was applied. The chemical composition of the experimental material obtained from the AMATEX brand argon optical spectrometer is given in Table 1.



**Table 1.** The chemical composition of the Inconel 601 experimental material.

Element	Chemical composition (%wt)
Ni	54,560
Cr	26,200
Fe	16,700
Al	0,742
C	0,150
Mn	0,320
Si	0,428
Mo	0,158
Ti	0,358
Others	0,384

Inconel 601 super alloy sample, which has a size of  $\text{Ø}16 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ , was cut with a wire erosion in size  $\text{Ø}16 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}$  samples. Dimensions and view of the coated and raw samples are given in Fig.1.



(a)



(b)

**Fig.1.** (a) Dimensions and (b) view of raw (dark) and coated (white) samples.

## TBC Coating Process of Samples

Before the TBC process, the apparatus was designed and manufactured during the TBC process to place and compress the samples. Before the thermal barrier coating process, the samples were subjected to sandblasting process. The sandblasting process was performed with NK F020 powder, under 6 bar pressure, from 15 cms away and two passes. Then, the samples were placed in the coating apparatus. The apparatus is connected to the thermal spray unit and the coating process started.

Application of NiCrAlY powder which is the bond coat material on the Inconel 601 substrate material, was applied by HVOF spray method, and the application of 8 % YSZ powder which is the ceramic top coat material, was performed by the APS method. The bond coat thickness is approximately 150  $\mu\text{m}$ , the ceramic top coating thickness was reached up to 300  $\mu\text{m}$ .

The TBC application performed with HVOF and APS methods was performed with Sulzer Metco Thermal Spray System. HVOF and APS process parameters are given in Table.2.

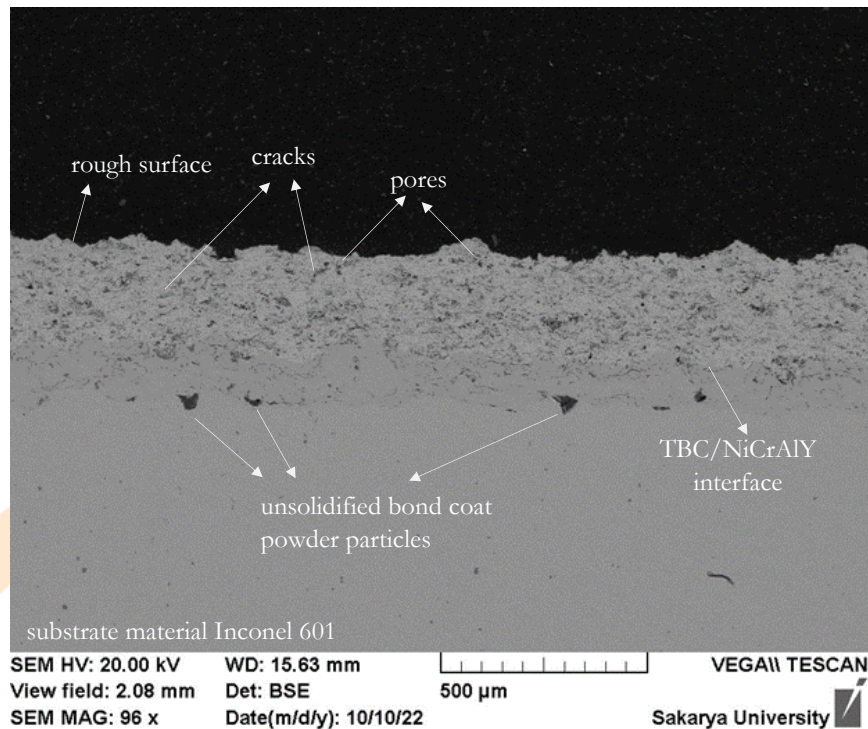
**Table.2.** HVOF and APS process parameters.

Process Parameters	Bond Coat	Ceramic Top Coat
Thermal spray method	HVOF	APS
Spray distance (mm)	150	130
Argon (NLPM)	45	55
Hydrogen (NLPM)	12	15
Carrier gas (NLPM)	2,4	1,8
Disk speed	%15	%10
Current (A)	575	630
Speed of robot movement (mm/sec)	300	250
Powder feed speed (g/min)	45	20

## RESULTS AND DISCUSSION

### Microstructural Investigations

SEM analysis was applied to thermal barrier coated sample. After the sample was molded with molding device in vacuum, SEM analysis was performed by Vega Tescan II after sectioning with precision cutting device. SEM image of the thermal barrier coated sample is given in Fig.2.



**Fig.2.** SEM image of the thermal barrier coated sample.

As seen, although the ceramic top coat of the sample has a lamellar microstructure, the surface is rough. Pores, cracks and unsolidified particles are more present in the top coat.

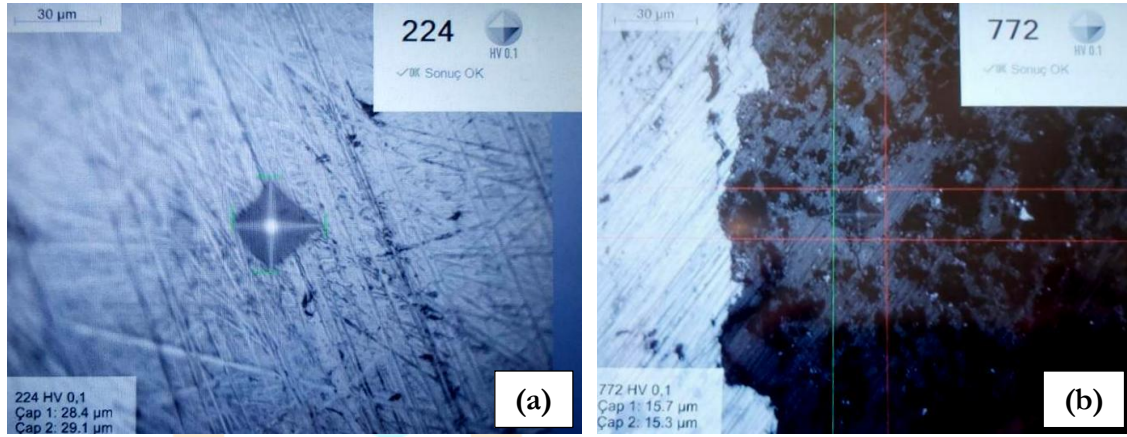
During TBC application, the differences of process parameters such as TBC application technique, powder size, spraying distance and plasma arc power have great importance on the coating microstructure. The coatings produced by the APS method contain more pores and cracks than the coatings produced by the HVOF method (Xu and Guo, 2011, 165-166). This is the main reason why the ceramic top coat produced by the APS method contains more pores and cracks.

As it is seen in Table.2., the spraying distance for the bond coat process is 150 mm and for the ceramic top coat process is 130 mm. It is thought that the shorter spray distance of ceramic top coat process is another cause of the intense cracks and pores in the microstructure.

The quality of thermal barrier coatings is also closely related to the plasma arc power, and the porosity ratio decreases as the plasma arc power increases. The argon/hydrogen ratio also has a significant effect on the microstructure of coating (Çiftçürek, 2009, 97-100) (Wang et al., 2018, 479). In Table.2., it is seen that the argon/hydrogen ratio for the bond coat process is 3.75, and the argon/hydrogen ratio for the ceramic top coat process is 3.66. The plasma arc power is higher during the bond coating process. Therefore, it can be said that another reason for the lower porosity density in the bond coat is the difference in plasma arc power.

### Microhardness surveys

Micro hardness measurements are applied for the raw material and coated regions of the sample. Micro hardness values are given as examples in Fig.3.



**Fig.3.** Micro hardness measurements. (a) Micro hardness value of raw material. (b) Micro hardness value of the coating.

The test is applied for 13 s and HV 0,1 Vickers micro hardness values were approximately found to be 220 for raw material and 770 for coating.

## CONCLUSIONS

- The thermal barrier coating process was applied on Inconel-601 superalloy by consolidating the %8 YSZ and NiCrAlY spherical shaped particles.
- The thermal sprayed %8 YSZ and NiCrAlY coatings on Inconel 601 as substrate's microstructure has cracks, unsolidified bond coat powder particles and pores.
- Process parameters such as TBC application technique, powder size, spraying distance and plasma arc power directly affect the structure of coatings. The porosity ratio decreases as the plasma arc power increases and the shorter plasma spraying distance causes the intense pores and cracks.
- The hardness of the thermal sprayed coating (770 HV 0.1 in mean values) is determined approximately 3.5 times higher than the raw material (220 HV 0.1 in mean values).

## ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank Kırıkkale University Scientific Research Projects Department for financial supports (Project Code: 2022/053), Prof. Dr. Fatih ÜSTEL for Thermal Spray Coating operation and microstructural surveys, Mr. Mehmet Kalkan for micro-hardness tests.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## REFERENCES

Atmaca E.S., *Inconel 718 Süperalaşımının PVD Yöntemi ile AlTiN ve CrN Kaplanması ve Karakterize Edilmesi*, Gazi University, Department of Metallurgical and Material Engineering, Master's Thesis, Ankara, 2015, 9-15.

Bhadeshia H. K. D. H., *Nickel Based Superalloys*, 2003, Retrieved from <https://www.phase-trans.msm.cam.ac.uk/2003/Superalloys/superalloys.html> on 21.10.2022.

Çay V.V., Ozan S., Süperalaşım ve Uygulama Alanları , *Eastern Anatolia Region Research*, 2005, Volume 3, Issue 2, 178 – 188.

Çiftyürek E., %8 YSZ (İtriyum ile Stabilize Edilmiş ZrO<sub>2</sub>) Termal Bariyer Kaplamaların (TBK) Üretilmesi ve Proses Parametrelerinin Optimizasyonu, Master's Thesis, Yıldız Technical University, İstanbul, 2009, 97-100.

Gupta M., *Design of Thermal Barrier Coatings A Modelling Approach*, Springer, 2015, 8-9.

Heubner U., *Nickel Alloys*, CRC Press, 1998, 129.

Jinshuang Wang, Junbin Sun, Hao Zhang, Shujuan Dong, Jianing Jiang, Longhui Deng, Xin Zhou, Xueqiang Cao, Effect of spraying power on microstructure and property of nanostructured YSZ thermal barrier coatings, *Journal of Alloys and Compounds*, Volume 730, 2018, 471-482.

Patsias S., Tassini N., Lambrinou K., Ceramic coatings: Effect of deposition method on damping and modulus of elasticity for yttria-stabilized zirconia, *Materials Science and Engineering A 442* (2006), 504–508.

Singh H., Sidhu T.S., Kalsi S.S., Microstructure study of cold sprayed 50%Ni–50%Cr coating on Inconel-601, *Surface Engineering*, VOL 31, 2015, 825-831.

Xu H., Guo H., *Thermal Barrier Coatings*, Woodhead Publishing Limited, 2011,165-166.

ICOMNAS



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## The Analysis of Solid Waste in Muğla Province in the Urbanization Process

*Bahar İKİZOĞLU<sup>1</sup>*

### **Abstract**

Due to industrialization and urbanization, resources are consumed disproportionately, and significant waste are discharged as a result. The increasing waste volume affects the nations, societies, families and individuals. Waste is not only an environmental problem, but also an economic loss. Therefore, it is very important to determine the amount of waste at its source and to determine its recyclable part.

Muğla province, which is included in the Aegean Region of the Republic of Turkey, is famous for its holiday regions such as Ortaca, Dalaman, Fethiye, Marmaris, Datça and Bodrum, with a small part of its lands entering the Mediterranean Region. Located in the southwest of Turkey, Muğla is surrounded by Aydın in the north, Denizli and Burdur in the northeast, Antalya in the east, the Mediterranean Sea in the south and the Aegean Sea in the west. The present study aimed to determine the types of solid waste and the volume of each waste type generated in the Muğla province, and to analyze the recycling possibilities of these waste. Thus, the study aimed to determine the current status of solid waste production in Muğla province in the urbanization process. The study findings demonstrated that the waste collection and disposal processes employed in Turkey were also adopted in Muğla province

**Keywords:** Recycling, Tekirdağ, urbanization, solid waste, waste management.

---

<sup>1</sup> Dr. Research Assistant, Suleyman Demirel University , Environmental Engineering, Orcid: 0000-0002-6654-7303



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## 1.INTRODUCTION

Urbanization is a concept with several definitions. Urbanization in the narrow sense means the increase in the number of cities and urban population. However, urbanization is not only a demographic phenomenon, but a reflection of economic, social, political and cultural processes (Kaya, 2003). Solid waste, which has not been considered as an important problem in developed countries, led to serious environmental problems with the increase in urban population. After the industrial revolution, disposal of solid waste became a significant problem in Europe. In late 19th century, the situation in the UK was so bad that the state banned the disposal of garbage in fields, rivers, and sea in 1888. A similar law was enacted in the USA in 1899, attempting to prevent the garbage disposal in rivers and fields next to rivers. Turkey waited until the 2000 s to enact similar laws and regulations (Mançuhan, 2005).

Waste was initially described in Turkish legislation as "harmful substances that are disposed to or left in the environment after any activity" in the Environmental Law No. 2872 in 1983 (Environmental Law, 1983). Rapid urbanization and population growth experienced due to technological advances rapidly increased the pressure on the environment due to human activities both in Turkey and all provinces. United Nations Environment Program (UNEP), described solid waste as "the substances that the owner does not want, need, or use, and needs to be treated and disposed of" (Öztürk, 2010). The waste could be categorized as solid, liquid, gas and packaging waste. Solid waste include solid substances that are not wanted by the manufacturer and should be disposed of regularly to preserve human and environmental health (Read, 1999).

The total solid waste volume produced in Turkey was 3-4 million tons per year in the 1960s, while only domestic solid waste volume is 25 million tons/year today. Thus, waste requires a management system that includes several functions such as collection, transportation, recycling and disposal, rather than simply garbage that should be disposed of at a far-away landfill. Due to these developments, the term "waste management" became a common term and led to the employment of "integrated waste management" instead (Güler, 2008).

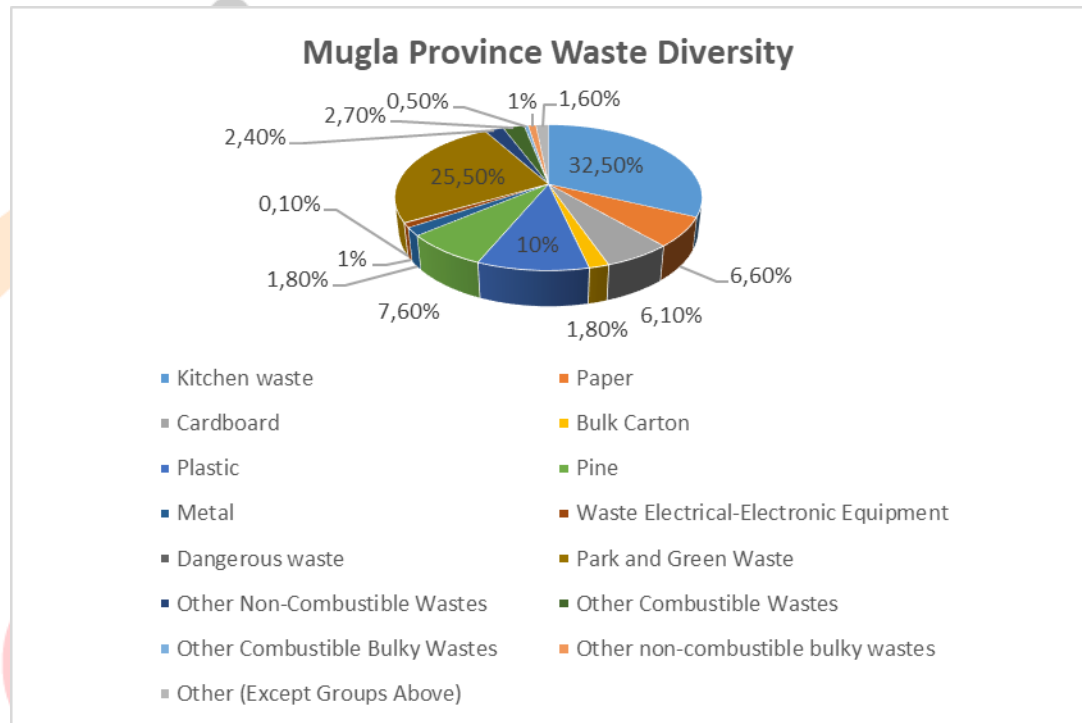
Muğla Province is located at the southern end of Western Anatolia, between 36° 17' and 37° 33' north latitudes and 27° 13' and 29° 46' east longitudes, at the Southwestern end of the Aegean Region, in a mountainous region where the Aegean and Mediterranean Regions are intertwined. Muğla Province, with an area of 12890 km<sup>2</sup>, is surrounded by Aydın in the north, Denizli and Burdur in the northeast, Antalya in the east, the Mediterranean and Aegean Seas in the south and west. opulation density in the province is approximately (1,100,000) low compared to Turkey's average. In recent years, with the development of tourism, there has been a great increase in the population in the summer months. Agriculture is among the important sources of income. The main livelihood of the people is tourism, agricultural production, forest products, underground resources management, traditional handicrafts and fish production.

The present study aimed to investigate and analyze the solid waste types, volume and solid waste management practices during the urbanization process in Muğla province that city has the longest coasts in Turkey.

## 1. Waste Types in Muğla Province

### 2.1 2.1.1. Municipal Waste

The amount and characteristics of domestic solid wastes are closely related to the characteristics of the cities, the social and economic status of the people, the climate, the type of fuel used and other similar factors. According to Muğla Provincial Directorate of Environment and Urbanization 2019 data, the solid waste composition of Muğla Province is given in Figure 1.



**Figure 1.** Muğla Province Solid Waste Composition

Domestic solid wastes are stored in sanitary landfills established by metropolitan provincial and district municipalities. 2020; In total, 361,615 tons/year of waste was disposed of by the Metropolitan Municipality throughout Muğla Province.

### 2.2 2.2.2. Packing Waste

From the raw material to the processed product, all products made of any material used for transportation, protection, storage and sale during the transportation of a product from the producer to the user or consumer are called packaging. In the province of Muğla, the packaging type and the amount of collected packaging waste in 2019 are given in Table 1.

**Table 1.** Packaging Waste in Muğla Province in 2020 (Packaging Information System, 2020).

Packing Type	Amount of Collected Packaging Waste
--------------	-------------------------------------

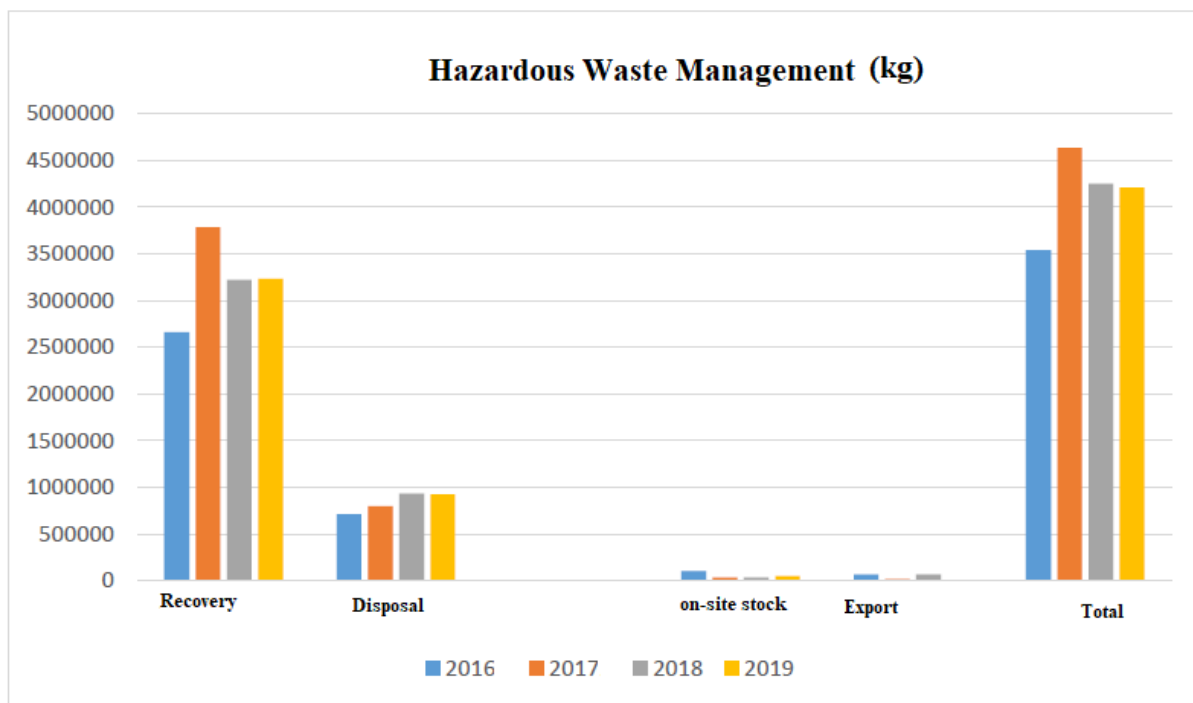


Plastic	1.393.966
Metal	0
Composite	36.742
Paper Cardboard	12.590
Pine	1.064.850
Wood	0
Mixed	34.111.671

There are 17 packaging waste collection and separation facilities in Muğla province. Despite the high amount of waste, only plastic, paper, cardboard and glass wastes can be recycled. (Muğla Province Environmental Status Report, 2019).

### 2.3 2.3. Hazardous Waste

Carcinogenic, toxic, explosive, flammable, corrosive, irritating, etc. Wastes that pose a risk in terms of human health and the environment due to their characteristics are called hazardous waste.

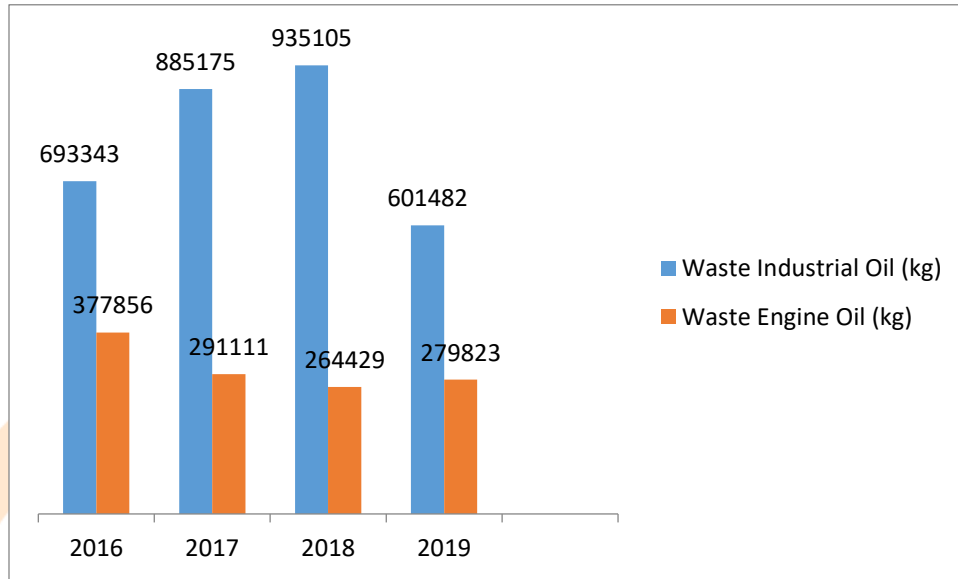


**Figure 2.** Hazardous waste management in Muğla province according to waste management practice

### 2.4 2.4 Mineral Oil Waste

Oil waste is partially or completely composed of mineral, synthetic, or biogenic oil waste. Mineral oils are employed in lubrication of mechanical tools and equipment, and after a certain period

of time, the chemical and physical properties of the mineral oil deteriorate due to friction and development of solid residue and should be replaced. Oil waste could be recycled by reclaiming the oil waste as raw material or by adding to energy fuels.



**Figure 3.** Amount of waste motor oil and waste industrial oil collected in Muğla by years

### Waste Batteries and Accumulators

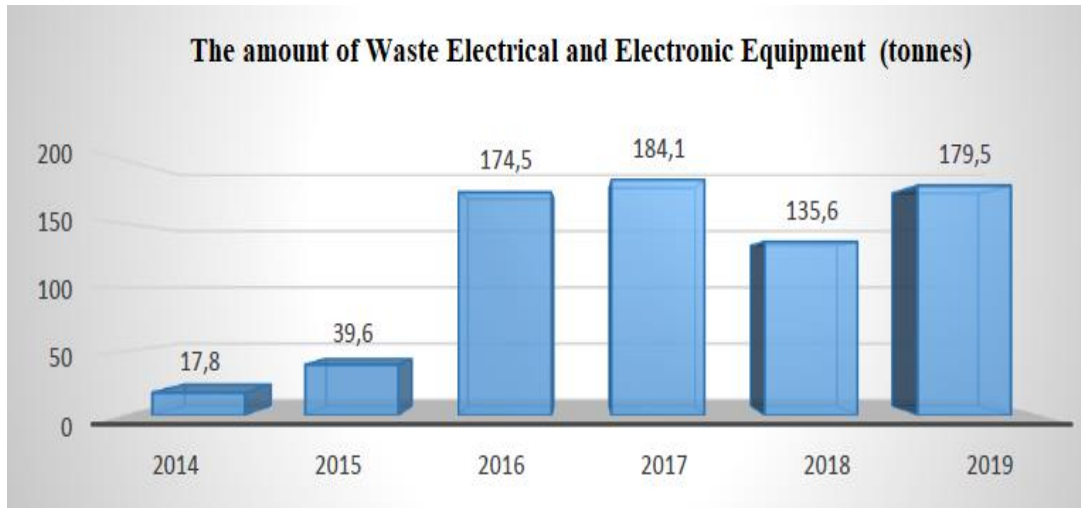
Battery and vehicle battery waste are collected by licensed institutions in Muğla province based on the Regulation on Control of Battery and Accumulator Waste. The battery and vehicle battery waste collected in the province is presented in Table 3.

**Table 2.** Amount of waste accumulators and batteries collected in Muğla province by years (kg).

Year	Collected Batteries (Kg)
2015	62.053
2016	80.854
2017	86.006
2018	71.153
2019	86.553

### 2.5 Electrical and Electronic Waste (EEW)

The Electrical and Electronic Equipment Waste collected over the years is presented in Figure 4 (Waste Management, 2020).

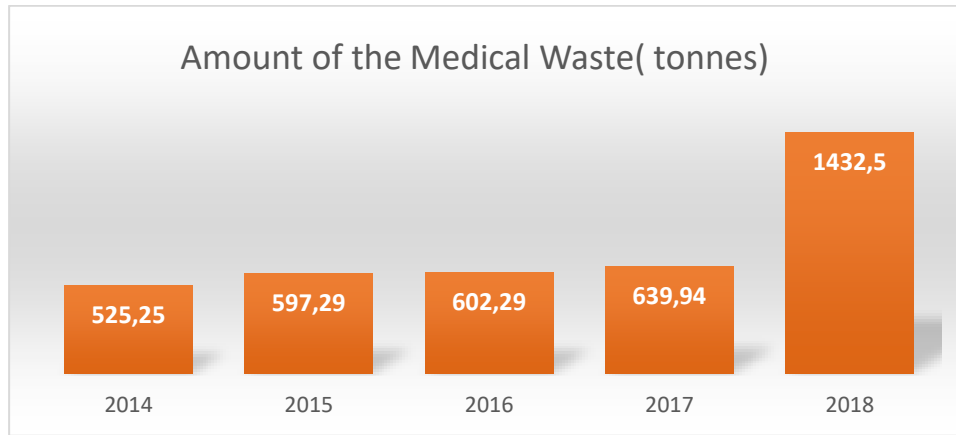


**Figure 4.** Annual Electrical and Electronic Equipment Waste in Muğla Province

In the province, electrical and electronic waste is separated and limited at the source. Copper and aluminum conductors, porcelain insulators, iron direct and other iron components, protective and aboveground cables are collected in the open warehouse area and sent to the warehouse of AYDEM Muğla Provincial Directorate due to the fact that they can be removed from the existing electricity network in Ortaca District, due to its aging or not meeting the needs. In the use of concrete, iron and wooden poles of which various molds have been removed, no reassembly is made in terms of durability, the others are sent to the open warehouse of AYDEM Muğla Provincial Directorate. Electricity meters, which are removed from subscribers and received RED from the stamp setting, are also collected in the Muğla warehouse and sent to MKE. Waste electricity and waste electronics are collected separately from the manufacturer's duties at certain periods or sent to recycling facilities (Environmental Status Report, 2019).

## 2.6 Medical Waste

Medical waste is the general name of the wastes consisting of infectious, pathological and sharp-penetrating wastes generated during the processes in health units.



**Figure 5.** Medical Waste in Muğla Province

There are 21 hospitals throughout the province of Muğla, and according to the provisions of the Regulation on Control of Medical Wastes, medical wastes originating from health centers are disposed of by sending them to a licensed medical waste sterilization facility. Disposal price is determined every year by the Local Environmental Board Decision. There is no medical waste sterilization facility within the borders of Muğla province. The resulting medical wastes are collected by 4 licensed vehicles and taken to the sterilization facility in Denizli, where they are disposed of (Environmental Status Report, 2019).

### 2.8 Compost

There is no compost facility in Muğla province where organic waste is recycled (Environmental Status Report, 2019). Considering the population growth and the fact that the domestic waste constitutes 34% of the total waste, recycling organic waste as compost would significantly reduce the waste volume disposed to regular landfills, extend the regular storage life and allow the utilization of the compost in the agricultural cultivation, which is very important to meet the demands of the population growth.

### 2.9 Coal-Fired Thermal Power Plants and Ash

There are 3 Thermal Power Plants in the province, namely Yatağan, Kemerköy and Yeniköy Thermal Power Plants. While 23.59% of the ash and slag generated in these facilities are disposed of in the sanitary landfill, 76.41% are stored in the facilities. (Environmental Status Report, 2018).

### 3. Zero waste management

“Zero Waste”; It is a target defined as a waste management philosophy that includes preventing waste, using resources more efficiently, preventing or minimizing waste generation by reviewing the causes of waste generation, and collecting and recycling waste separately at the source in case of occurrence (Alakaş et al, 2018). The zero waste project started in our country in 2017. Therefore, within the scope of zero waste, 9440 tons, 9439 tons and 9937 tons of waste were collected in 2018, 2019 and



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

2020, respectively. For the same years, 500, 1000 and 1224 institutions/organizations have switched to zero waste management system, respectively. In 2020, 36303 people attended zero waste trainings held in the province (Environmental Status Report, 2020).

#### 4. Discussion and Conclusion

Waste is studied based on the economic and environmental approaches. The transportation, collection, disposal and management of the waste of various types such as solid waste, packaging waste, hazardous waste, medical waste, special waste generated by the consumption of products in daily life are quite important. Attention should be paid to the management of solid waste. Several types of solid waste significantly affect humans, nature, health, environment and economy. Costs incurred during storage, collection, and transportation of waste could adversely affect national economies. Thus, the solid waste is recycled to minimize these costs. Although recycling is a broad topic, it should be prioritized by every segment in the society. The recycling of products such as paper, plastic and batteries, the negative effects of waste on the environment could be reduced and recycling could contribute to the economy.

ICOMNAS



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## References

- Environmental Law, Official Gazette. Date of 11.08.1983 and No. 18132. (in Turkish).
- Environmental Status Report, 2021. Web Page, Retrieved May 2022. [http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/mugla\\_cdr2019-20210127133328.pdf](http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/mugla_cdr2019-20210127133328.pdf) (in Turkish).
- Environmental Status Report, 2019. Web Page, Retrieved June 2022. [http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/mugla\\_cdr2018-20200220095734.pdf](http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/mugla_cdr2018-20200220095734.pdf). (in Turkish).
- Güler, N., 2008. *Solid waste management in the urbanization process and the example of Kocaeli*, Kocaeli University Institute of Social Sciences, Master Thesis. Kocaeli. (in Turkish).
- Kaya, E., 2003. *Urbanization and Urbanism*, Istanbul: İlke Publishing, p. 87. (in Turkish).
- Mançuhan, C. 2005. Solid Wastes-Renewable Raw Material and Energy Source, *Water and Environment Journal*, 1-7. (in Turkish).
- Öztürk, İ., 2010. *Solid Waste Management and EU Practices*. ISTAC A.S. Technical Books Series 1-7.2, İstanbul. (in Turkish).
- Read, A.D. 1999. Making waste work: making UK national solid waste strategy work at the local scale, *Resources, Conservation and Recycling*, 26 (3-4) 259-285.
- Packaging Information System 2019. <https://atikambalaj.csb.gov.tr/>
- Waste Management App. <https://www.turkiye.gov.tr/ecbs-3>. (in Turkish).

ICOMNAS



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Investigation of Manufacturability of Cardiovascular Stent Material with Resin 3D Printer

*Bünyamin ÇİÇEK<sup>1</sup>*

### Abstract

In this study, a new cardiovascular stent design was fabricated with ultraviolet light-cured resin. A new cardiovascular stent was designed with support from the literature. The drawing of the design was made in the SolidWorks program. A design with a diamond slice was produced as a sample by making a belt with a 1 mm strip at both ends. The Chitubox 64 program was used as the interface in the productions made with a resin 3D printer. Cardiovascular stent samples produced with a resin structure with known biocompatibility were successfully obtained by cytotoxicity test. Cardiovascular stents were produced with a resin 3D printer with an efficiency of up to 95%. Deformed or broken products were not included in the evaluation. The flexibility and reversibility of the produced cardiovascular stent samples were investigated with a simple experimental setup. cardiovascular stent specimens showed successful results in experiments repeated 3 times with a constant load of 500 g and a constant time of 1 min. Thus, new design cardiovascular stents were produced with a resin 3D printer. In addition, the flexibility of cardiovascular stents during a surgical operation was interpreted by examining their ability to be flexible and return to their original shape.

**Keywords:** Resin 3D printer, cardio vascular stent, polymer.

<sup>1</sup> Dr. Lecturer, Hitit University, Machine and Metal Technologies, 0000-0002-6603-7178

## INTRODUCTION

3D printers are used in all areas of the industry thanks to their rapid prototyping feature. Conventional printers work by making the filament PLA structure fluent with temperature. The new generation 3D printers work by solidifying a liquid epoxy resin (ER) in a curing station. The resolution in new generation products has reached the level of 20 micrometers. These structures, which form in accordance with the basic principle of additive manufacturing (AM), give successful results. Special wavelength ultraviolet (UV) light is often used as the curing activator. A curing occurs with the UV activation of photoinitiators added into the ER. Thus, the object can be produced in very precise dimensions (Elomaa, Keshi, Sauer, & Weinhart, 2020; Karaca, Çiçek, Aydoğmuş, & Sun, 2022; Rocheva et al., 2018; Zhao et al., 2018).

It is possible to use objects produced in 3D printers in all areas. Machine components that require a mechanical strength can be produced quickly with this method. In addition, a personalized skull piece can be easily produced as a biomaterial. In this case, it is very important that the products meet the expectations of the place of use. For this purpose, in recent years, these products have often taken their place in the production of biomaterials, thanks to the biocompatibility properties of polymers. Polymer-based 3D products are used in many materials such as scaffold parts, contact lenses, dental implants, etc. Biocompatibility is also a known process in resin 3D printers. The biocompatibility level meeting the standards has triggered the study of new products. In this context, the use of 3D printers in vascular stents has started in recent years (Borrello, Nasser, Iatridis, & Costa, 2018; Elomaa et al., 2020; Kuang et al., 2018; Liska et al., 2007; Mahmud, Hassan, Hasan, & Gomes, 2021).

Vascular stents are used in different designs according to vessel diameter, vessel wall thickness and region. Currently, these materials can be produced from metallic alloys. In this case, the biodegradability of products in contact with blood should also be taken into account. However, the corrosion resistance of polymers against blood is very high. For this reason, a resin 3D printer product can be used in vascular stents. Thus, rapid production and biocompatibility resin has started the use of 3D printers in this field (Bao, Paunović, & Leroux, 2022; Mahmud et al., 2021; Rynio et al., 2022; Shan, Chen, Hu, Qin, & Liu, 2020).

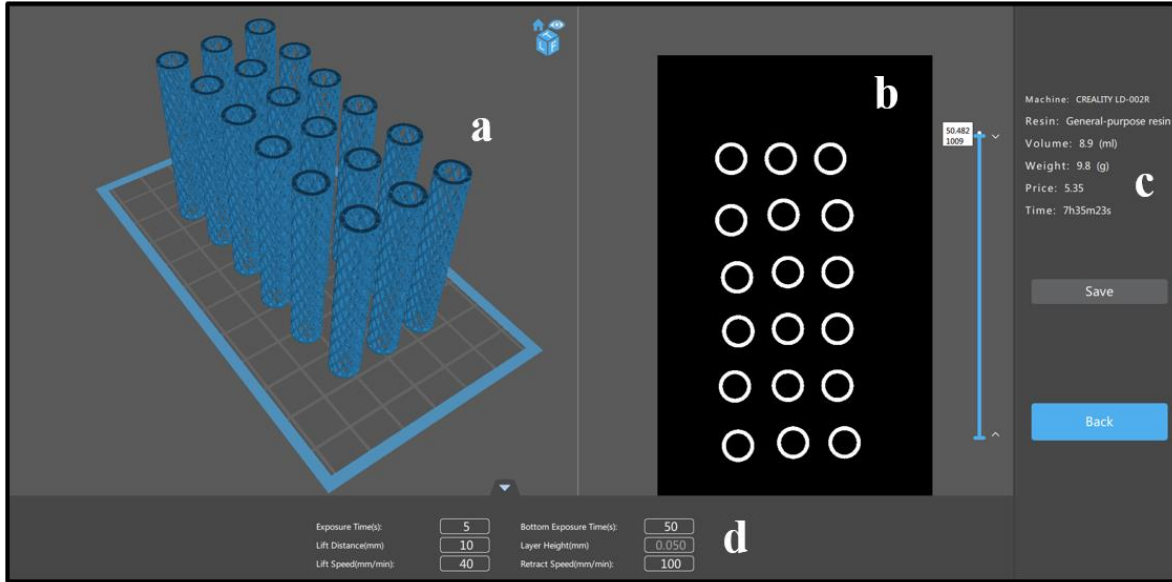
In this study, the reproducibility of a vascular stent design with a resin 3D printer was investigated. The design prepared using the literature was produced in a resin 3D printer. It was observed that the geometric form of the stent, which contracted under pressure after production, returned to its original state when the pressure was lost. It has been interpreted that a stent manufactured with a material known to be biocompatible could be used in this way. While discussing the manufacturability of the stent with a resin 3D printer, it is important that the design can be created in a few hours without the need for any molds.

## MATERIALS AND METHODS

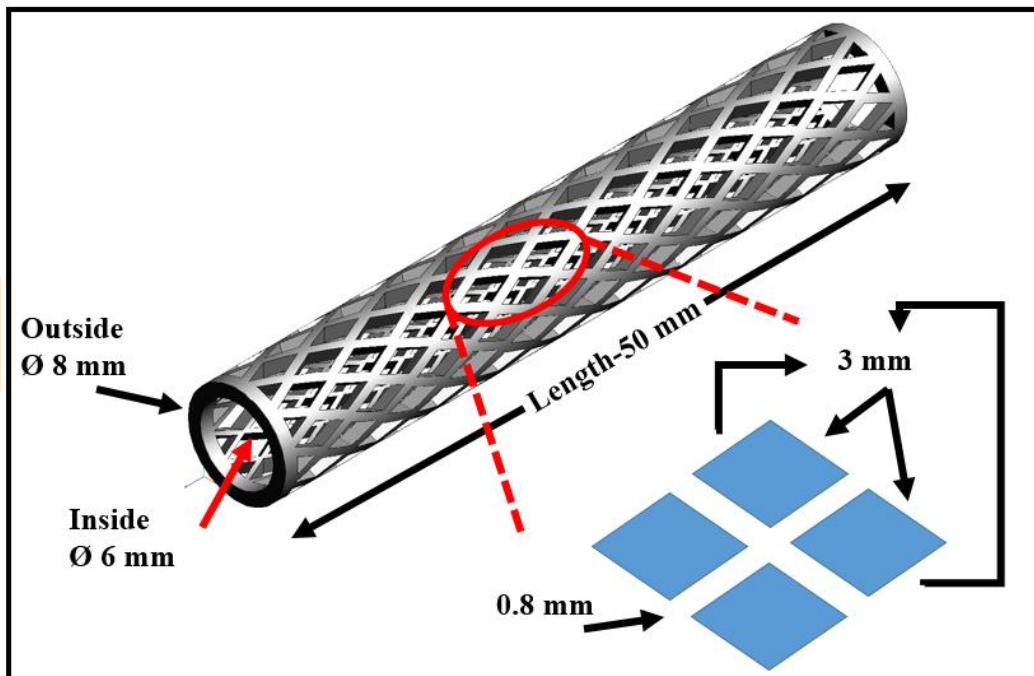
In this study, all productions were made with a Crealty LDR-002 brand resin 3D printer. Anycubic brand standard product in transparent green color was used as the resin. Curing parameters are given in Figure 1. The stent design was drawn with the SolidWorks program. The drawing derived from the \*.stl version was adapted to the printer with an interface program. As the interface program, the Chitubox (special interface program) program recommended by the printer company was used.



Details of the stent design and fabrication layout are shown in Figure 1. Dimensional details of the design are illustrated in Figure 2.



**Figure 1.** Curing details (a) sketch, (b) UV light coordinates, (c) product amount-price and, (d) curing parameters



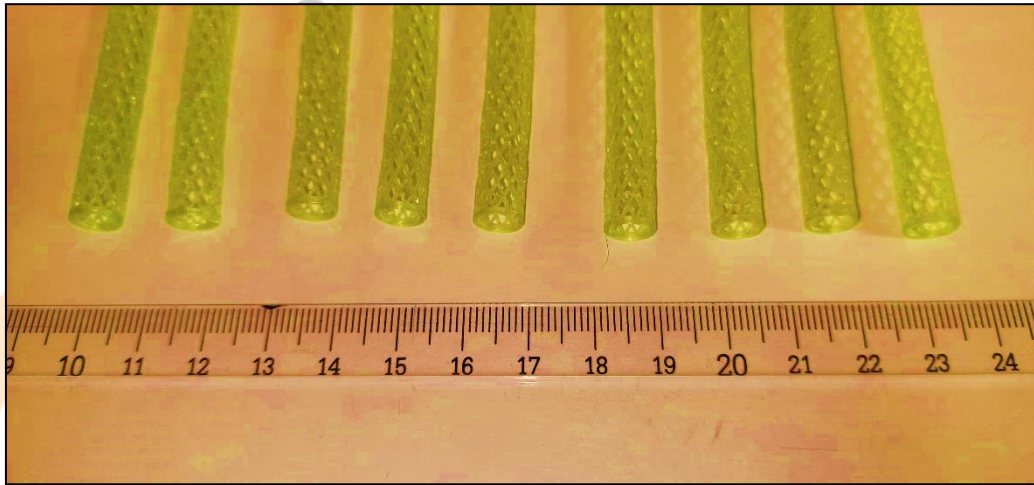
**Figure 2.** Specimen measurement details

After the productions, spring-back and recovery were examined with preliminary experiments. Produced samples were kept under 500 g load for 1 minute. It was then removed from the load. This

experiment application was tried 3 times and the result was reported with images. This type of experiment is illustrated in the results section. This experimental setup was developed by literature review (Ghosh, Ning, Wang, & Kong, 2018; Mahmud et al., 2021; Shan et al., 2020; Ware et al., 2017).

## RESULTS AND DISCUSSIONS

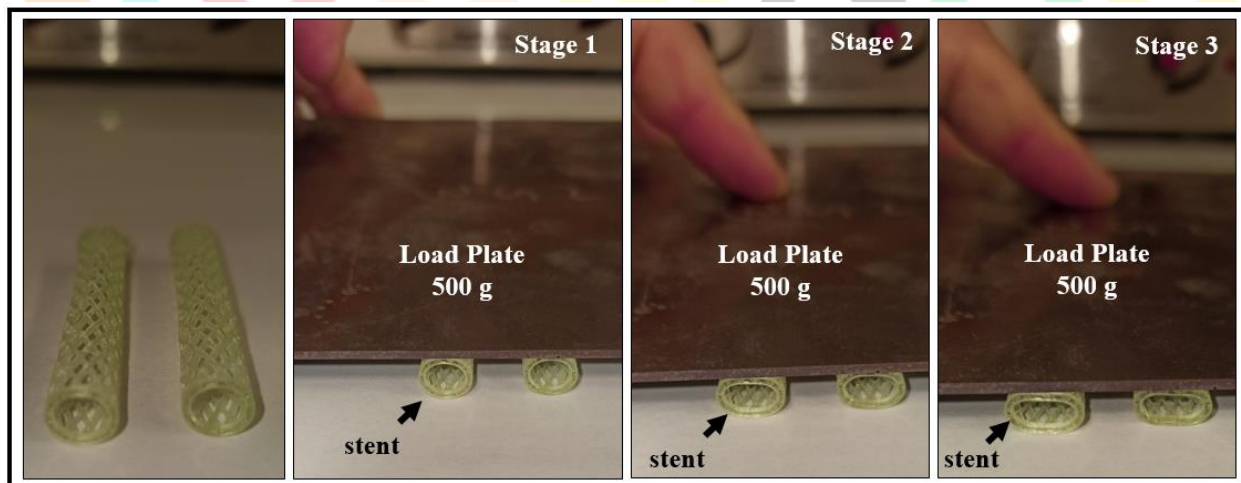
The reproducibility of a vascular stent design with a resin 3D printer is discussed in this study. As a result of the study, successful samples were produced. Successfully produced samples are shown in Figure 3.



**Figure 3.** Vascular stent specimens

Stent samples were produced without fracture and deformation. The design prepared during the drawing is shown in the picture in real size. Thus, the manufacturability of the new design with a resin 3D printer was monitored.

The back diffusion test process and test results applied to the stent samples produced are given in Figure 4.



**Figure 4.** Images of stent specimens under load with respreads status

When Figure 4 was examined, it was observed that the samples kept under 500 g load returned to their original form when the load was removed. Thus, the backpropagation condition was confirmed by the mechanical test.

The manufacturability of a new design cardio vascular stent with a resin 3D printer was investigated in this study. The manufacturability of vascular stents or other vascular expansion products with these methods has been a hot topic in recent years (Chiu et al., 2019; Mahmud et al., 2021; Van Lith et al., 2016).

In our previous studies, we tried to produce a resin 3D printer stent whose biocompatibility was examined (Çiçek, Aydoğmuş, & Sun, 2021). The main purpose here is the suitability of this type of resins for flexible operation (Chiu et al., 2019; Van Lith et al., 2016; Zarek et al., 2016).

The successful mechanical behavior of the stent structures in flexible processes has attracted the production to the resin 3D printer process (Bao et al., 2022; Rynio et al., 2022; Shan et al., 2020; Ware et al., 2017). In the study by Bao et al, it was shown that the mechanical parameters were provided with a resin 3D printer. (Bao et al., 2022). Thus, the production and examination of new designs and the application of such products were brought to the fore.

## CONCLUSIONS

In this study, a new cardio vascular stent was designed in the light of the literature. The design was produced on a resin 3D printer with a previously determined biocompatibility ratio. As a result, the following general results were obtained.

- 1- The new design was drawn with the support of literature and successfully produced with a resin 3D printer.
- 2- There was no dimensional loss in the design after production.
- 3- In the back propagation test setup established with the support of the literature, the samples were able to return to their original form after being kept under 500 g load for 1 minute. In this process, no deformation and measurement loss occurred.

Thus, a new design was produced with a resin 3D printer and its manufacturability was evaluated with a basic mechanical experiment. In our future studies, the production of cardio vascular stent with different designs and different mechanical test methods will be discussed.

## REFERENCES

Bao, Y., Paunović, N., & Leroux, J. C. (2022). Challenges and Opportunities in 3D Printing of Biodegradable Medical Devices by Emerging Photopolymerization Techniques. *Advanced Functional Materials*, 32(15), 2109864.

Borrello, J., Nasser, P., Iatridis, J. C., & Costa, K. D. (2018). 3D printing a mechanically-tunable acrylate resin on a commercial DLP-SLA printer. *Addit. Manuf.*, 23, 374-380. doi:10.1016/j.addma.2018.08.019

Chiu, Y.-C., Shen, Y.-F., Lee, A. K.-X., Lin, S.-H., Wu, Y.-C., & Chen, Y.-W. (2019). 3D printing of amino resin-based photosensitive materials on multi-parameter optimization design for vascular engineering applications. *Polymers*, 11(9), 1394.

Çiçek, B., Aydoğmuş, T., & Sun, Y. (2021). Reçine 3D yazıcı ürünlerinin biyo-uyumluluk incelemesi. *Neşebir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(2), 67-72.

Elomaa, L., Keshi, E., Sauer, I. M., & Weinhart, M. (2020). Development of GelMA/PCL and dECM/PCL resins for 3D printing of acellular in vitro tissue scaffolds by stereolithography. *Mater. Sci. Eng. C*, 112, 110958. doi:10.1016/j.msec.2020.110958

Ghosh, U., Ning, S., Wang, Y., & Kong, Y. L. (2018). Addressing unmet clinical needs with 3D printing technologies. *Advanced healthcare materials*, 7(17), 1800417.

Karaca, T. H., Çiçek, B., Aydoğmuş, T., & Sun, Y. (2022). The effect of graphene-nanoplatelet and nano-teflon on mechanical properties of UV photo-resin 3D printer products. *Polymer-Plastics Technology and Materials*, 61(12), 1298-1307.

Kuang, X., Zhao, Z., Chen, K., Fang, D., Kang, G., & Qi, H. J. (2018). High-speed 3D printing of high-performance thermosetting polymers via two-stage curing. *Macromol. Rapid Commun.*, 39(7), 1700809. doi:10.1002/marc.201700809

Liska, R., Schuster, M., Inführ, R., Turecek, C., Fritscher, C., Seidl, B., . . . Varga, F. (2007). Photopolymers for rapid prototyping. *J. Coat. Technol. Res.*, 4(4), 505-510. doi:10.1007/s11998-007-9059-3

Mahmud, Z., Hassan, M., Hasan, A., & Gomes, V. G. (2021). 3D printed nanocomposites for tailored cardiovascular tissue constructs: A minireview. *Materialia*, 19, 101184.

Rocheva, V. V., Koroleva, A. V., Savelyev, A. G., Khaydukov, K. V., Generalova, A. N., Nechaev, A. V., . . . Khaydukov, E. V. (2018). High-resolution 3D photopolymerization assisted by upconversion nanoparticles for rapid prototyping applications. *Sci. Rep.*, 8(1), 1-10. doi:10.1038/s41598-018-21793-0

Rynio, P., Galant, K., Wójcik, Ł., Grygorcewicz, B., Kazimierzak, A., Falkowski, A., . . . Kawa, M. (2022). Effects of Sterilization Methods on Different 3D Printable Materials for Templates of Physician-Modified Aortic Stent Grafts Used in Vascular Surgery—A Preliminary Study. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(7), 3539.

Shan, W., Chen, Y., Hu, M., Qin, S., & Liu, P. (2020). 4D printing of shape memory polymer via liquid crystal display (LCD) stereolithographic 3D printing. *Materials Research Express*, 7(10), 105305.

Van Lith, R., Baker, E., Ware, H., Yang, J., Farsheed, A. C., Sun, C., & Ameer, G. (2016). 3D-printing strong high-resolution antioxidant bioresorbable vascular stents. *Advanced Materials Technologies*, 1(9), 1600138.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Ware, H. O. T., Farsheed, A. C., Van Lith, R., Baker, E., Ameer, G., & Sun, C. (2017). *Process development for high-resolution 3D-printing of bioresorbable vascular stents*. Paper presented at the Advanced Fabrication Technologies for Micro/Nano Optics and Photonics X.

Zarek, M., Layani, M., Cooperstein, I., Sachyani, E., Cohn, D., & Magdassi, S. (2016). 3D printing of shape memory polymers for flexible electronic devices. *Advanced Materials*, 28(22), 4449-4454.

Zhao, T., Li, X., Yu, R., Zhang, Y., Yang, X., Zhao, X., . . . Huang, W. (2018). Silicone–epoxy-based hybrid photopolymers for 3D printing. *Macromol. Chem. Phys.*, 219(10), 1700530. doi:10.1002/macp.201700530



***Galium aparine* L. Bitkisindeki Peroksidaz ve Katalaz Enzim Aktivitelerine Bazı Metallerin Etkisinin İncelenmesi**

Duygu YAMAN<sup>1</sup>  
Gülner ARABACI<sup>2</sup>

**Özet**

Serbest radikaller, eşlenmemiş elektronları nedeniyle canlı hücrelerdeki proteinler, DNA ve lipitler gibi önemli yapılara zarar verdiklerinden bu zararı önlemek için canlılar savunma mekanizmalarına sahiptir. Bu mekanizmalar enzimatik ve enzimatik olmayan bir antioksidan savunma sistemleridir. Peroksidaz ve katalaz antioksidan özelliğe sahip enzimlerdendir. Peroksidaz (POD, E.C: 1.11.1.7.), hidrojen peroksit varlığında birçok organik ve inorganik substratların oksidasyonunu katalizleyen bir oksidoredüktazdır. Katalaz (CAT, E.C.1.11.1.6) hidrojen peroksitin O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya dönüşümünü katalizleyen antioksidan enzimdir. Bitkilerde hasar görmüş dokuların odunlaşma sürecine yardımcı olarak savunma mekanizmalarına dahil olurlar. Bitkilerde bulunan bu enzimler dış etkenlerden ve çevrede atık olarak bulunan metallerden aktivitelerini artırarak veya azaltarak etkilenebilirler. Bu çalışmada, yoğurt otu bitkisinden (*Galium aparine* L.), kısmen saflaştırılmış POD ve CAT enzimlerinin aktivitesi üzerine bazı metallerin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, *Galium aparine* L. bitkisi Sakarya bölgesinden taze olarak temin edilmiştir. *Galium aparine* L. 0,1 M pH: 7.0 fosfat tamponunda 4°C'de homojenleştirilmiş ve kısmi olarak saflaştırılmıştır. POD aktivitesi 3mM 4-metilkatekol ve 1mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> substratları kullanılarak pH 7.0 da, CAT aktivitesi ise 20 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> substratı kullanılarak pH 7.0 tayin edilmiştir. Daha sonra Fe(III), Cu(II), Mn(II), Co(II), Ni(II), Ba(II), Ca(II), Pb(II), Hg(II), Cd(II) metallerinin 0,5mM, 1mM ve 5mM konsantrasyonlu çözeltileri POD ve CAT enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerini incelemek için etkileştirildi ve enzimlerin aktivite değişimleri araştırıldı. Elde edilen sonuçlara göre POD enzim aktivitesinin 1mM Hg(II)'de %84,68 ve 5mM Pb(II)'de CAT enzim aktivitesini %55 oranında inhibe ettiği görülmüştür. 0.5 mM konsantrasyonlu test edilen tüm metaller, her iki enzim aktivitesinde de önemli bir inhibisyon göstermemiştir.

**Keywords/Anahtar Kelimeler:** *Galium aparine* L., Peroksidaz, Katalaz, Metal, Aktivite

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Kimya Bölümü, Orcid: 0000-0002-8283-7490

<sup>2</sup> Prof.Dr., Sakarya Üniversitesi, Kimya Bölümü, Orcid: 0000-0002-1190-5695

## 1.GİRİŞ

Serbest radikallerin eşleşmemiş elektronları diğer maddeler ile reaksiyona girmelerini kolaylaştırır. Hücrelerde bulunan protein, DNA ve lipit gibi canlılar için önemli olan yapılarda serbest radikaller tarafından hasara uğrarlar( Langseth,1993). Hücrelerde devamlı üretilen bu serbest radikallere karşı vücut antioksidan savunma sistemleri geliştirmiştir. Antioksidanların temel görevi serbest radikalleri ortadan kaldırarak hücre hasarının önüne geçmektir (Lobo vd.,2010:118-126). Antioksidanlar enzimatik ve enzimatik olmayan olarak ayrılırlar. Peroksidaz ve katalaz enzimleri antioksidan özelliğe sahip enzimlerdendir (Niki,1993:365-373).

Peroksidaz (POD, E.C: 1.11.1.7.), hidrojen peroksit varlığında, hidrojen atomlarını verme eğilimi bulunan birçok organik ve inorganik substratların oksidasyonunu katalizleyen oksidoredüktaz grubu enzimidir (Banci,1997:253-263). Katalaz (CAT, E.C.1.11.1.6) hidrojen peroksidin O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya dönüşümünü katalizleyerek hidrojen peroksidin hücreden uzaklaşmasını sağlayan oksidoredüktaz grubu enzimidir (Aydemir ve Kuru,2003:85-97)

*Galium aparine* L. (yoğurt otu), diğer bitkilerin üzerinde ve yerde büyüeyebilen Rubiaceae ailesine ait çok yıllık bir bitkidir(Atmaca vd.,2016:305-310). Anadolu'da peynir üretiminde kullanıldığı için yoğurt otu olarak adlandırılmıştır. Yaprak ve saplarından çıkan küçük tüyler yardımı ile buldukları yere sabitlenirler. Meyvelerin hepsi tohumların dağılımı için tüylerle kaplıdır. *Galium aparine* L. bitkisinin kimyasal bileşenleri polifenolik asitler, alkaloidler, antrafinonlar, iridoitler, antrafinonlar ve C vitamini şeklindedir(Bokhanivd.,2013:24-29). Epilepsi hastalığı, hipertansiyon, lenf bezleri şişkinlikleri, ve kanser tedavilerinde kullanıldıkları bilinmektedir.

Maden atıkları, pestisitler ve kontrolsüz genişleyen sanayi alanları toprak kirliliğine sebep olan etkenlerdir. Toprak kirliliği bitki, hayvan, insan sağlığı, topraktaki böcek ve mikroorganizmalara ciddi zararlar verebilir. Kurşun(Pb), kadmiyum(Cd), civa (Hg) gibi ağır metaller topraktaki organizmalarda ve bitkilerde oksidatif strese sebep olarak antioksidan yeteneklerini azaltabilirler. Metal- enzimlerin metal- kofaktör bağlanması için rakebet ederek aktifliklerine de engel olabilirler(Stohs ve Bagchi,1995:321-336). Bitkilerin gelişmesi için gerekli olan bakır (Cu), demir (Fe) ve kalsiyum (Ca) gibi metallerde DNA sentezi ve fotosentez gibi süreçlerde görev alırlar(Ali vd.,2003:462-499). Bitkilerin savunma sistemlerinde görev alan antioksidan enzimler ile bitkiler metallerle maruz kaldıklarında stres gösterirler. Bu stres sonucunda antioksidan enzimlerin aktiviterinde değişiklikler gözlenir.

Bu çalışmada bitkilerin gelişimi için gerekli olan ve toprak kirliliğine sebep olan çeşitli metallerin yoğurt otu bitkisinden (*Galium aparine* L.) izole edilen peroksidaz ve katalaz enzim aktiviterine etkileri incelenmiştir.

## 2. METARYEL VE METOD

### 2.1 Kullanılan Kimyasallar

Çalışmada kullanılan Yoğurt Otu (*Galium aparine* L.) bitkisi Türkiye'nin Sakarya bölgesinden taze olarak toplanmış ve kullanılabildiği kadar -20°C'de saklanmıştır. Askorbik asit, PVP (polivinil pirrolidon), Triton X-100, 4-metilcatekol ve diğer kimyasallar Sigma-Aldrich ve Merck firmalarından temin edilmiştir.

### 2.2 Ham Enzim Ekstraktının Hazırlanışı

8gr -20°C'de depolanan yoğurt otu küçük parçalara ayrıldı. %0,01 (w/v) askorbik asit içeren 40 ml 0,1M fosfat tamponu (pH= 7.0) içinde blender ile homojenleştirildi. %0,5 (w/v) PVP ve 0,5 ml

Triton X-100 eklenerek 10 dk daha homojenleştirme işlemine devam edildi. 4 kat tül bent bezinden süzöldükten sonra 4500 rpm'de 10 dk santrifüjlendi ve süpernatant kısmı ham enzim ekstarktı olatak kullanılmak üzere saklandı.

### 2.3. Peroksidaz Aktivite Tayini

Enzim aktivite tayini H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'li ortamda 4- metilkatekol substratı ile 420 nm'de 1dk'lık absorbans artışının spektrofotometre kullanılarak ölçülmesi ile gerçekleştirilmiştir. Tayin 0.1M pH:7,0 fosfat tamponu, 3mM 4-metil katekol, 1mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 100 µl ham enzim ekstarktı ile yapılmıştır. Reaksiyon hacmi toplamda 3 ml'dir. Ölçümler 3 tekrarlı şekilde yapılmıştır.

### 2.4. Katalaz Aktivite Tayini

Katalaz aktivite tayini pH:7.0 0,1M fosfat tamponu ve 20 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanılarak 240 nm'de spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Katalaz aktivitesi 180 sn'de 240nm'de absorbans azalmasının izlenmesi ile belirlenmiştir. Ölçümler 3 tekrarlı şekilde yapılmıştır.

### 2.5 Peroksidaz ve Katalaz Enzimleri Aktivitelerine Metal Etkisinin İncelenmesi

FeCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub>, MnCl<sub>2</sub>, CoCl<sub>2</sub>, NiCl<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, PbCl<sub>2</sub>, HgCl<sub>2</sub>, CdCl<sub>2</sub> metallerinin 0,5 mM, 1 mM ve 5 mM konsantrasyonlu çözeltileri hazırlanmıştır. Her bir metalin çözeltisi sabit miktarda enzimle birlikte 1saat inkübe edilmiştir. Peroksidaz enzimine etkisi için metali enzim çözeltisi 4- metilkatekol ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> substratları ile 420 nm'de, katalaz enzimine etkisi için ise metali enzim çözeltisi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> substratı ile 240 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Ölçümler 3 tekrarlı şekilde yapılmıştır. % aktivite oranları ise metalsiz ve metali aktivitelerin karşılaştırılması ile belirlenmiştir.

## 3. Bulgular

### 3.1. Peroksidaz ve Katalaz EnzimAktivitelerine Metal Etkisi

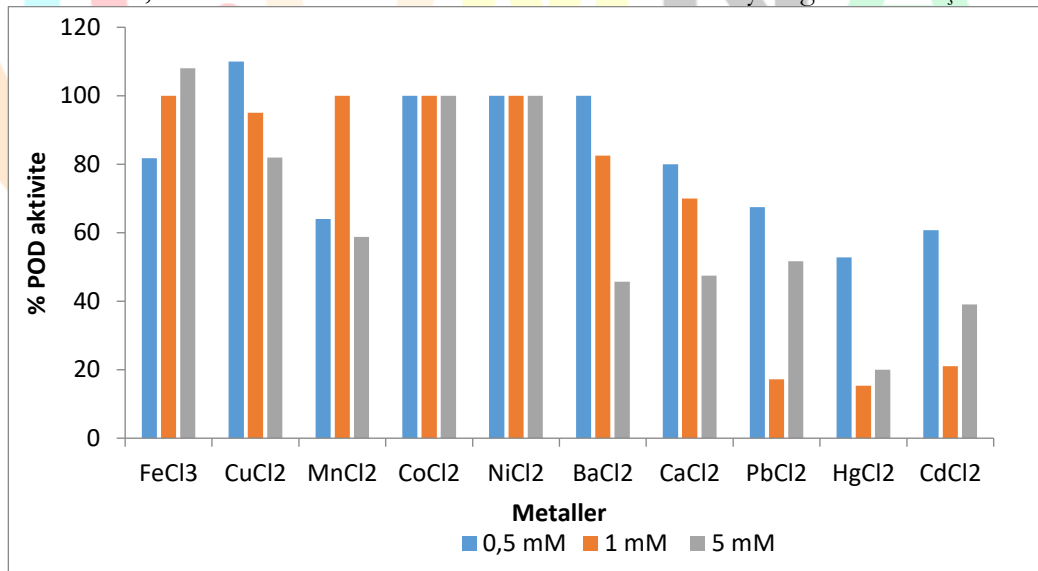
Bu çalışmada öncelikle katalaz ve peroksidaz enzimleri yoğurt otu (*Galium aparine* L.) bitkisinden izole edilmiş ve peroksidaz enzim aktvitesi 4-metlkatekol ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile katalaz enzim aktivitesi ise H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> substratı ile uygun tamponlar ile belirlenmiştir. Aynı substratlar ile peroksidaz ve katalaz enzim aktivitelerine farklı metallerin etkileri araştırılmıştır. Bunun için Fe(III), Cu(II), Mn(II), Co(II), Ni(II), Ba(II), Ca(II), Pb(II), Hg(II) ve Cd(II) metalleri 0.5 mM, 1 mM ve 5 mM olarak 3 ayrı konsantrasyonda hazırlanmıştır. Her bir konsantrasyon da aynı miktarda enzim bir saat süre ile etkileştirilmiş ve daha sonra kinetik olarak enzimlere uygun substratlar kullanılarak aktiviteleri spektrofotometik olarak belirlenmiştir. Buna göre elde edilen sonuçlar Tablo 1, Şekil 1 ve Şekil 2' de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde test edilen metallerin *G. aparine* peroksidaz ve katalaz enzim aktivitelerini inhibe edici veya hiç etki etmediği gözlenmiştir.



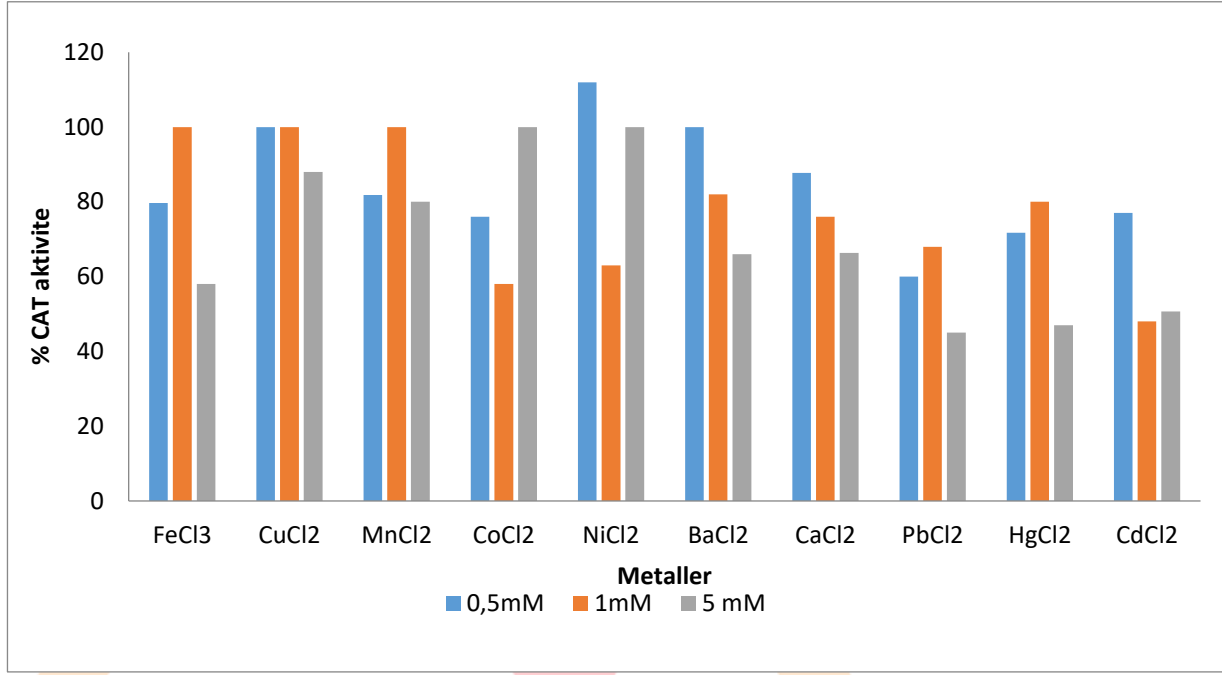
Metal	% POD aktivite			% CAT aktivite		
	0,5mM	1mM	5 mM	0,5mM	1mM	5mM
FeCl <sub>3</sub>	81,75	100	108	79,7	100	58
CuCl <sub>2</sub>	110	95	82	100	100	88
MnCl <sub>2</sub>	64	100	58,75	81,8	100	80
CoCl <sub>2</sub>	100	100	100	76	58	100
NiCl <sub>2</sub>	100	100	100	112	63	100
BaCl <sub>2</sub>	100	82,5	45,74	100	82	66
CaCl <sub>2</sub>	80	70	47,5	87,7	76	66,3
PbCl <sub>2</sub>	67,5	17,19	51,7	60	68	45
HgCl <sub>2</sub>	52,82	15,32	20	71,7	80	47
CdCl <sub>2</sub>	60,71	21	39,07	77	48	50,7

**Tablo 1** - *Galium aparine* L. Peroksidaz (POD) ve Katalaz (CAT) enzim aktivitelere metal etkileri

Bitkilerin gelişimi için önemli olan metallere demir (Fe), bakır (Cu), kobalt (Co) ve nikel (Ni) test edilen tüm konsantrasyonlarda dahi *Galium aparine* peroksidaz ve katalaz enzim aktivite üzerine önemli etki etmediği gözlenmiştir (Tablo 1, Şekil 1 ve 2). Elde edilen sonuçlara göre *G. aparine* POD enzim aktivitesinin 1mM konsantrasyondaki Hg(II) metalinin en yüksek inhibitör etkisi ile %84,68 oranında *G. aparine* CAT enzim aktivitesini de %80 oranında inhibe ettiği gözlenmiştir. Toprak kirliliği ve bitki gelişimi için oldukça zararlı olan kurşun (Pb) 1 mM konsantrasyonun *G. aparine* POD enzim aktivitesini % 82,81 oranında inhibe ederken ve *G. aparine* CAT enzim aktivitesini ise 5 mM konsantrasyonda ancak %55 inhibe ettiği belirlenmiştir. Yine çevre ve tüm canlılar için toksik olan kadmiyum (Cd) metalinde 1 mM konsantrasyonda *G. aparine* POD enzim aktivitesini %79, *G. aparine* CAT enzim aktivitesini ise %52 oranında inhibe ettiği gözlenmiştir. 0.5 mM konsantrasyonlu test edilen tüm metaller, her iki enzim aktivitesinde de önemli bir inhibisyon göstermemiştir.



**Şekil 1** - *G. aparine* POD enzim aktivitesi üzerine metallerin etkisi



Şekil 2 -*G.aparine* CAT enzim aktivitesi üzerine metallerin etkisi

#### 4. SONUÇ

Her geçen gün çoğalan nüfus ile birlikte yaşam koşullarının değişmesi, endüstriyel ve teknolojik çalışmaların artması ile birlikte çevre kirliliği ve çevreye atılan ağır metallerde artmaktadır. Bunlarda doğayı ve doğada yaşayan tüm canlılarla birlikte bitkileri etkilemektedir. Bu çalışmada ağır metallerin *Galium aparine* L. bitkisinden elde edilen peroksidaz ve katalaz enzim aktivitelerine farklı metal konsantrasyonlarında metallerin etkisi incelenmiş ve bu çalışmada kullanılan en yüksek derişim olan 5 mM konsantrasyonda birçok metalin enzim aktivitelerine etki etmezken özelliklede ağır metallerden Pb, Cd ve Hg metallerin ise bu enzimleri inhibe ettiği belirlenmiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri birimi tarafından BAP- 2021-7-24-59' nolu proje ile desteklenmiştir.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Kaynaklar

Atmaca, H.; Bozkurt, E.; Cittan, M.; Dilek Tepe, H. 2016. Effects of Galium aparine extract on the cell viability, cell cycle and cell death in breast cancer cell lines. *J. Ethnopharmacol.* 186, 305-310.

Aydemir, T. ve Kuru, K. 2003. Purification and Partial Characterization of Catalase from Chicken Erythrocytes and The Effect of Various Inhibitors on Enzyme Activity, *Turkish Journal of Chemistry*, 27, 85-97.

Banci, L. 1997. Structural properties of peroxidases. *Journal of biotechnology*, 53(2- 3), 253-263.

Bokhari, J.; Khan, M.R.; Shabbir, M.; Rashid, U.; Jan, S.; Zai, J.A. 2013. Evaluation of diverse antioxidant activities of Galium aparine. *Spectrochim. Acta A: Mol. Biomol. Spectrosc.* 102, 24-29.

Langseth, L. 1993. Oxidants, antioxidants, and disease prevention. International Life Sciences Institute (ILSI), Belgium.

Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacogn Rev.* 2010; 4(8): 118–126

M. B. Ali, P. Vajpayee, R. D. Tripathi, U. N. Rai, S. N. Singh and S. P. Singh, 2003. "Phytoremediation of lead, nickel and copper by *Salix acmophylla* Boiss.: role of antioxidant substances", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 70, pp. 462–469.

Niki E. Antioxidant defenses in eukaryotic cells. In: Poli G, Albano E, Dianzani MU, editors. *Free radicals: From basic science to medicine*. Basel, Switzerland: Birkhauser Verlag; 1993. pp. 365–73.

S.J. Stohs and D. Bagchi, 1995. "Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions," *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 18, no. 2, pp. 321-336.

ICOMNAS

## Savunma Sanayisi İçin Transfer Presi Tasarımı

*Ergun ATEŞ<sup>1</sup>  
Ömer AÇIKEL<sup>2</sup>*

### Özet

Bu çalışmada öncelikle mühimmat ve silah sistemleri ile ilgili standartlar ve patent çalışmaları incelenmiştir. Daha sonra kullanılan kartuş tipleri ve NATO standartlarında verilen özelliklerin yanı sıra mermi üretiminde kullanılan transfer presleri ile bunların tasarım ve imalat çalışmaları araştırılmıştır. Çalışmanın esas hedefi olan 9x19 mm mermi çekirdeği üretimi için gerekli kalıp sistemi ile 40-ton kapasiteli bir transfer presin tasarımı tamamlanmıştır. Tasarım ve analiz çalışmalarında, mühimmat üretimi için tasarlanan transfer presin çalışma sistemi hakkında bilgiler verilmiştir. Tasarımlarda pres ve mermi çekirdeğinin imalat süreci ve istasyonlardaki zımba ve kalıpların şekillendirilme süreçleri detayıyla incelenmiştir. Tasarımlarda Solidworks 2016 programı kullanılmıştır. Tasarım sistemine ait tüm bileşenlerin analiz çalışmalarında, Ansys Workbench 2019 R2 Academic programı kullanılmış ve sonlu elemanlar yöntemiyle yer değişimleri ile gerilme değerleri hesaplanmıştır. Tasarım pres, zımba, kalıp ve bazı donanım elemanlarında tasarım değişiklikleri yapılarak, 7,62x51 mm, 5,56x45 mm ve 7,62x39 mm başta olmak üzere, diğer kalibredeki mermi çekirdeklerinin üretiminin de mümkün olabileceği öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mermi, mühimmat ve ateşli silahlar, mühimmat üretim ekipmanları, transfer pres, eksantrik pres, zımba ve kalıp tasarımı.

<sup>1</sup> Doç. Dr., Balıkesir Üniversitesi Müh. Fak. Makine Müh. Böl. Orcid:0000-0001-7611-4854

<sup>2</sup> Mak. Yük. Müh., Balıkesir Üniversitesi Fen Bil. Ens. Mak. Müh. ABD Orcid:0000-0002-7743-9340

## GİRİŞ

Bu çalışmada savunma sanayisi için farklı tiplerde mermi çekirdeklerinin üretilebileceği kalıp sistemiyle birlikte bir pres tasarımı hedeflenmiştir. İmal edilen presler ve kalıp sistemlerindeki gelişmeler oldukça önemlidir. Bu maksatla öncelikle konu olan mermi çekirdeği üretimi amaçlı pres ve kalıp sistemleri ele alınmıştır.

Silah ve mühimmat sistemleriyle ilgili, tarihsel süreçteki gelişimi ve savunma endüstrisi hakkında bilgilerin yer aldığı çalışmalar mevcuttur (*Hamilton, 1916; Lewis, 1972; Thomson&Mayo 1991*). NATO (Kuzey Atlantik Antlaşması Organizasyonu) Standardizasyon Ofisi tarafından hazırlanan ve NATO müttefik mühendislik yayınları tarafından yayınlanan AEP-97 Standardı içerisinde STANAG 4820, STANAG 4172, STANAG 4509, STANAG 2310, STANAG 4090 ve STANAG 4383 standartlarını barındırmaktadır. AEP-97 Standardı hafif silah mühimmatları açısından NATO askeri gücü tarafından ihtiyaç duyulan mühimmat tasarımları, test prosedürleri ve teknik performans ihtiyaçlarını belirler ve detaylı bir şekilde açıklar (*NATO Standard AEP-97, 2018*).

II. Dünya Savaşı'yla birlikte ve devamında mühimmat üretim makineleri imalatında birçok firma yerini almış ve yıllardan beri makine imalatı yaptıklarından (*Thomson vd, 1991*) sektördeki deneyimleriyle mühimmat donanımları alanında hızla gelişmişlerdir (*The Bliss; Werner; Farrel; MHR, 2022*).

Ateşli silahlar için gerekli olan fişeklerin üretimleri bu amaca uygun presler ve bunlarla bütünleşmiş kalıp sistemlerinin birlikte çalışmasıyla mümkün olabilmektedir. Mühimmat üretiminde kullanılan presler ve kalıplarla ilgili çalışmalar olarak; C şekilli koça sahip bir transfer presi için patent başvurusu, kalıplarda alt ve üst takımları kullanarak iş parçalarını art arda oluşturmak için tasarlanmış bir transfer presiyle ilgilidir (*Andreas, 2018*), bir diğer çalışmada ise C tipi çok istasyonlu transfer pres zımba ve kalıplar aracılığıyla çekirdek üretimi gerçekleştirilmiştir (*Lamb, 1906*).

Pres ve kalıp sistemleriyle ilgili dayanım hesapları yanında sonlu elemanlar analizi yapılarak kontrol edilmiş olan yapılarla ilgili çalışmalar da mevcuttur (*Fındık, 2004; Khichadia&Chaukan, 2014; Yağbasan, 2010*). Pres ve kalıp sistemlerinde belirli bir elemana odaklanarak yapılan çalışmalar olarak; Eksantrik pres milinde gerilme analizi, yorulma (*Erdem, 2007; Rusinski vd, 2010*), dönme anındaki titreşimler (*Jun, 2009*), biyel kolunun analizi (*Özdemir, 2013*), kam mekanizmasının optimizasyonu (*Hamza vd, 2018*), kardan milinin geometrik modellenmesi (*Uzunoglu, 2006*), kardan kaplinlerin de hasara etki eden faktörleri (*Uçar, 1999*) incelenmiştir.

Kalıp sistemi odaklı çalışmalar olarak; kalıpta kesilebilme özelliklerine kesme boşluğunun etkisi (*Kabraman, 2006*), derin çekme analizinde burulma analizi (*Yalçın, 2010*), derin çekme işlemine uğramış bir bakır mermi çekirdeği ceketinin mekanik ve mikro yapısal evriminin incelenmesi (*Cheng, 2008*), derin çekme işlemine etki eden zımba hızı, pot çemberi kuvveti, zımba ucu yarıçapı ve kalıp ağız yarıçapı uzunluklarının Ansys ile incelenmesi (*Yıldız, 2017*), progresif çekme kalıplarının tasarımı ve maliyet analizi hakkındaki incelemeler (*Mutlu, 2006*), sac metal kesme kalıp tasarımı ve gerilme analizi (*Yılmaz, 2014*), alınan bir patent çalışmasında kovan yüksüğü, çekirdek yüksüğü ve iç kurşun gibi malzemelerin besleme ve yönlendirme mekanizması açıklanmaktadır (*Hildenbrand, 1979*).

Literatür incelemesinden görülen, savunma sanayisi çerçevesinde farklı alanlarda gerçekleşen birçok gelişme sonucu, ateşli silahlardaki bugünkü modern teknolojiye ulaşmamızı sağlamıştır. Bu çalışmada, NATO standartlarına uygun olarak farklı mermi çekirdeği tiplerinin üretimi için kullanılabilecek kalıp sistemiyle birlikte bir presin tasarımı esas alınmıştır.

## YÖNTEM

Hafif silah mühimmatı üretiminde her proses birbirinden tamamen farklı özellikleri ve görevleri olan makineler tarafından gerçekleştirilir. Bu makineler kullanılarak mermi olarak tamamlanmasına kadar yapılması gereken işlemler, sıralı operasyonlar olarak uygulanır.

Mermi çekirdeği, kovan, barut ve kapsülden oluşan elemanların bütünü fişek olarak adlandırılmaktadır. Fişeklerin birbirinden farklı özelliklerde çok sayıda çeşidi bulunmaktadır. Kovan, fişegin ana gövdesidir. Kovanın görevleri olarak; barutu, mermi çekirdeğini ve kapsülü, bir arada tutmak, barutu dışarıdan gelen etkilere karşı korumak ve barutun yanmasıyla oluşan barut gazı basıncından en üst seviyede yararlanmaktır. Kovanlar genelde Ms70 olarak adlandırılan %70 bakır ve %30 çinko karışımı olan pirinçten imal edilirler. Kovanların çelik malzemeden üretilenleri de vardır. Kullanıldıkları silahlara göre çok çeşitlilik gösterirler. Kovanın üretiminde işlem sıralaması olarak; kovanın hammaddesi çift etkili preslerde derin çekme ve kesme yöntemiyle imal edilir. Normalizasyon tavlama ve yıkama işlemlerinden sonra kovan preslerde kullanıma hazır hale gelir. Çok istasyonlu transfer preslerinde derin çekme ile kovanın boyu uzatılır. Daha sonra kovanın arka kısmına kapsül cebi açılır. Kapsül cebi açıldıktan sonra markalama işlemleri yapılır. Ateşleme deliği delinir ve kovana gerekli koniklik verilir. Üretilcek kovan çeşidine göre kovana boyun kısmı verilir. Daha sonra boy kesme makinelerinde presden çıkan kovanın ağız kısmı kesilerek kovanın boyu kısaltılır ve tırnak açma makinesinde kovanın arka kısmında bulunan oluk açılır. Bu işlemlerden sonra kovan gerilim giderme tavlama sokularak derin çekme işlemi esnasında oluşan artık gerilmeler alınır. Yıkama ve parlatma işlemi gerçekleştirilen kovanlar, ölçü kontrollerinden geçirilir ve ölçüsünde olan kovanlar kapsülleme işlemine hazır hale gelir.

Kapsül fişek için önemli bir elemandır ve NATO standardına sahiptir. Kapsülün eczasını saran kapsül kabı genellikle ince rulo sac pirinç, bakır veya nikelden yapılmaktadır. Kapsülün örs kısmı da pirinç, bakır veya nikelden imal edilir. Kapsül kabına, örs adı verilen aradaki eczanın ateşleme iğnesi veya horoz vurduğu zaman sıkışmasını sağlayan parça preslenerek montaj tamamlanır. Atış esnasında kapsüldeki eczasının sıkışmasıyla oluşan alev ateşleme deliğinden geçerek kovan içerisindeki barutu tutuşturur (Hamilton, 1916). Kapsüller, kap ve örs denilen kısımlar birbirine montajlı (Boxer), veya örsü bulunmayıp kovanın bir parçası olan (Berdan) gibi farklı tiplerde olabilirler (Alim, 2009; Söylemez, 1977). Kapsülleme makinesinde kovanların arka kısımlarında bulunan kapsül ceplerine kapsül çakılır ve merminin suya ve neme dayanıklı olması için kapsül ve ağız kısmına lak adı verilen sıvı sürülür.

Bu işlemler gerçekleşirken bir taraftan da tek vuruşluk yatay preslerde iç kurşunlar imal edilir ve yıkanarak çapakları alınıp kullanıma hazır hale getirilirler.

Gömlek yüksüğü çift etkili preslerde, pirinç veya bakır sac rulolardan derin çekme ve kesme işlemi sonunda elde edilir. Normalizasyon tavlama ve yıkama işlemleri sonunda kullanıma hazır hale getirilir. Çok istasyonlu transfer preslerde gömlek yüksüğün ilk olarak derin çekme işlemi ile boyu uzatılır ve ucu mermi tipine göre şekillendirilir. Gömlek yüksüğünün içerisine yatay preslerde şekillendirilen iç kurşun koyularak arka kısmı kapatılır.

Çekirdekler gömleklili ve gömleksiz olmak üzere iki tiptir (Söylemez, 1977; Forest, vd, 1983). Gömleksiz kurşun çekirdeklerinin üzerleri genelde yağlı bir madde ile kaplanır veya bu çekirdeklere bakır kaplama yapılır. Gömleksiz çekirdekler NATO standartlarının dışında yer almaktadır. NATO standardında üretilen çekirdeklerin tamamı gömleklili çekirdeklerdir. Gömleklili çekirdekler kurşun kısımları Ms90 tombak (%90 bakır, %10 çinko) veya Ms70 pirinç malzemeden yapılmış bir gömlekle kaplıdır. Çekirdek ön kısmı, hedefe doğru hızlı bir şekilde ilerlerken havayı yarması ve uçuş dengesini sağlaması için sivri bir şekilde tasarlanır. Çekirdek gömleğinin arka kısmının, atış esnasında açılmayacak

şekilde, üretim prosesinde mühürleme işlemi hedef dağılımını iyileştirir. NATO standartlarında FMJ (Full Metal Jacket) olarak adlandırılan kurşunun tamamen gömlekle kaplı olduğu ucu sivri olan çekirdeğin kullanılması şart koşulmaktadır. JFP (Jacketed Flat Point); FMJ mermi çekirdeği ile aynı olmasına rağmen mermi çekirdeğinin burnu düz bir haldedir. JHP (Jacketed Hollow Point); mermi çekirdeğinin yapısını yumuşak bir kurşun nüve ve çok sert bir gömlek oluşturmaktadır (Alim, 2009).

Kapsüllü, kovan ve çekirdekler montaj makinesinde buluşurlar, kapsüllü kovanlara gerekli miktarda barut doldurularak çekirdek montajı gerçekleştirilir. Kullanıma hazır hale gelen mermiler için paketleme makinelerinde paketleme işlemi yapılarak kullanıma hazır hale getirilirler (Hamilton, 1916; Lewis, 1972).

Birbirinden farklı silahlarda kullanılmak üzere farklı amaçlarla tasarlanmış pek çok fişek çeşidi vardır. Ancak dört kalibre fişegi, NATO topluluğuna üye ülkelerin birbiri arasında rahat kullanımı sağlamak ve belirli bir kaliteyi sağlamak amacıyla, NATO standartlarıyla özellikleri belirlenmiştir. Genel olarak Dünya üzerinde askeri amaçlı ve sivil amaçlı olmak üzere NATO tarafından kabul gören fişekler kullanılmaktadır. Bu fişek çeşitleri; 9x19 mm Parabellum (standart STANAG 4090), 5,56x45 mm NATO (standart STANAG 4172), 7,62x51 mm NATO (standart STANAG 2310), 12,7x99 mm NATO (standart STANAG 4383) olarak sıralanabilir (NATO Standard AEP-97, 2018).

## Tasarım ve Analiz

Çalışmada çekirdek üretimi için kalıp sistemiyle birlikte çalışan H tipi bir eksantrik pres tasarımı esas alınmıştır. H tipi presler, gövde yapısı kapalı olan makinelerdir ve yüksek tonajlı preslerin tasarımında H tipi gövde şekli tercih edilir. Eksantrik pres, elektrik motorundan alınan dönme hareketini mekanik enerjiye çevirerek, bu enerjinin bir kısmını depolayıp diğer kısmını da kullanarak iş yapan tezgâh olarak tanımlanır (MEB, 2012). Presin bir transfer presi olması ise eksantrik presin işleviyle sistemde elde edilen bir veya birden fazla kuvveti ve hareketi takımlar ve kalıplar vasıtasıyla işlenecek iş parçasına aktarmak ve iş parçası üzerinde derin çekme, kesme ve form verme gibi işlemlerin gerçekleşmesini sağlamaktır (Fındık, 2004). Eksantrik pres üzerindeki kalıp ve zımbaların değiştirilerek farklı mermi çekirdeği tipinin aynı platform üzerinde imalatının gerçekleştirilebiliyor olması üretim açısından esneklik sağlar. Ayrıca diğer mühimmat tiplerinin üretimi için yeni pres tasarımı yapılmasını gereksiz kılarak zaman ve maddi açıdan tasarruf edilmesini sağlar. Eksantrik pres üzerindeki kalıp ve zımbaların değiştirilmesi minimum zamanda yapılmalıdır ve ilave olarak makine üzerinde yapılacak olan bakım işlemlerini de sistemi olabildiğince basit ve sade tasarlayarak minimum zamanda gerçekleşmesiyle verimlilik artacaktır. Toplamda (7+7) 14 istasyondan oluşan preste istasyonlarda birbirinden farklı işlemler gerçekleştirilerek imalatı gerçekleştirilen ürün, NATO Standartlarında belirlenen son halini almaktadır. Pres 40000 daN'lık bir kuvvete sahiptir. Pres tasarımında işlemlerin ergonomisi ve iş güvenliği konularına da dikkat edilmiştir. Takımların ömrünü uzatmak amacıyla üst ve alt blokların birbirini merkezlemesi ve üst bloğun yataklanmasına dikkat edilmiştir.

Tasarımı gerçekleştirilen eksantrik transfer pres 5,5 kW gücünde bir elektrik motoru tarafından tahrik edilmektedir. Elektrik motoru ile elde edilen dönme hareketi V kayışlar vasıtasıyla volana aktarılmaktadır. Volana bağlı olan eksantrik milin üzerinde aynı zamanda debriyaj ve fren sistemi bulunmaktadır. Debriyaj ve fren sistemi pnömatik kumanda ile çalışır. Volan motordan aldığı dönme hareketi ile sürekli döner fakat volanın bağlı olduğu eksantrik mil dönmez. Mermi çekirdeği üretmek istediğimiz zaman kavrama (debriyaj) kumandası devreye girer. Volana montajlı sürtünme plakası ile kavrama üzerindeki sürtünme plakasının birbirine geçmesi sonucu eksantrik mil dönmeye başlar. Eksantrik milin görevi dairesel hareketi doğrusal harekete çevirmektir. Sert malzemeden yapılmış

kızaklarla yataklanmış olan hareketli üst blok presin eksantrik miline iki adet biyel koluyla bağlıdır. Biyel kolu vasıtasıyla üst blok eksantrik milin eksen kaçıklığı kadar doğrusal hareket yapmaktadır. Bu presin kursu veya stoku olarak adlandırılır. Strok boyu genelde küçük tonajlı preslerde ayarlanabilir. Burada tasarımı gerçekleştirilen presin strok boyu 140 mm olarak sabit tutulmuştur.

Genel olarak mekanik preslerin dakikadaki vuruş sayıları düşük olduğu için volan direkt olarak eksantrik milin üzerinde yer almaz volan mili üzerinde bulunur. Aynı zamanda debriyaj fren sistemi de volan mili üzerinde bulunur. Kavrama devreye sokulduğunda volan mili dönmeye başlar, volan milindeki dönme hareketinin devri dişliler vasıtasıyla düşürülerek eksantrik mile (krank miline) aktarılır. Ancak tasarımını gerçekleştirdiğimiz presin vuruş sayısı 1 dakikada 120 olması sebebiyle eksantrik milin devrini düşürmek amacıyla tasarımda volan mili ve dişlilere yer verilmesine gerek görülmemiştir. Ayrıca mekanik pres tasarımlarında volan mili olmasının bir diğer sebebi de pres strok boyunun ayarlanmasına kolay bir şekilde olanak sağlamasıdır.

Eksantrik mile aktarılan hareket üst dişli kutusu vasıtasıyla 1:1 oranında dikey olarak konumlandırılan kardan miline aktarılır. Çalışmada kardan mili ayarlanabilir olması nedeniyle iki parçalı olarak tasarlanmıştır. Kardan miline aktarılan hareket aynı zamanda bir dişli vasıtasıyla encoderin bağlı olduğu sistemdeki dişli üzerine aktarılır. Encoder'e aktarılan bu hareket ve eksantrik milden üst dişli kutusuna geçerken işaretlenen mekanik sıfır dişli kutuları gibi hareket aktarım sistemlerinde, herhangi bir sorun oluştuğunda onarmak için eksantrik presin bazı kısımları söküp tekrar montaj yapmak için mekanik sıfır ve encoder sıfır çakıştırılarak hareket diyagramına uygun şekilde montajın gerçekleştirilmesini sağlar. Hareket diyagramından 2 veya 3 derecelik sapma ile gerçekleştirilen montajlarda dahi sistemde üretim yapılması mümkün olmayacaktır.

Kardan milinin altında, kamasız kilitli kaplin ile montajı sağlanan ürünlerin istasyonlar arası transferini gerçekleştiren transfer barın hareketini aldığı transfer bar kam sürücü parçası bulunur. Bu parça tarafından transfer barın hareketi diyagrama uygun olarak gerçekleştirilir. Kardan miline bire bir oranında aktarılan bu hareket alt dişli kutusu vasıtasıyla çıkarıcı zımbaların 0 ile 360 derece arasında konumunu belirleyen yatay olarak konumlandırılmış kardan miline aktarılır. Yatay olarak konumlandırılan kardan mili üzerindeki kamlar (eksenden kaçık diskler) vasıtasıyla alt bloğun hareketi 0 ile 360 derece arasında belirlenir. Alt bloğun presin çalışması esnasında kamlar üzerinden temasının kesilmemesi için alt blok geri dönüş yaylarıyla pres gövdesine bağlanmıştır. Yatay olarak konumlandırılmış kardan milinin sonunda zincir dişlisi bulunmaktadır. Aynı zamanda hareketin aktarılacağı besleyici kam milinin ucunda da zincir dişlisi bulunmaktadır. Bir zincir vasıtasıyla hareket, besleyici kam miline aktarılır. Zincirin gerginliği gergi dişlisi tarafından ayarlanır. Besleyici kam milinin üzerindeki kamlar tarafından hareket diyagramına uygun olarak 1. ve 8. sıvama istasyonlarında gömlek yüksüğünün sisteme besleme işlemi gerçekleştirilir. 4. ve 11. İstasyonlar'da ise iç kurşunun sisteme hareket diyagramına uygun olarak beslenmesi gerçekleştirilir. Gömlek yüksüğü mermi çekirdeğinin dış zarfını, iç kurşun ise adından da anlaşılacağı gibi iç kısmı oluşturur. Bu işlem sırası 9x19 mermi çekirdeğine göre verilmiştir. Daha büyük kalibrelerde (7,62x51 / 7,62x39 / 5,56x45) zırh delici parçası da sisteme eklenebilir. Ayrıca işlem sayısında artış olacağı için 9x19 mm mermi çekirdeğinde olduğu gibi 14 istasyona yayılarak kalıplar tasarlanmış haliyle üretim yapılacaktır. İstasyonların yaptığı işlemler ve kalıpların konumlandırılması hakkında bilgiler 9x19 mm mermi çekirdeği ile ilgili olarak detaylı bir şekilde analizlerde verilmiştir.

Eksantrik transfer presin elemanları olarak; pres gövdesi, ana motor, volan ve debriyaj-fren sistemi, eksantrik mil, biyel kolları, üst zımba tutucu blok, besleme kam mili, transfer bar, çıkarıcı zımba tutucu bloğu kamları, zincir dişli kutusu, alt blok, hava körüğü, geri dönüş baskı yayları, üst dişli kutusu,

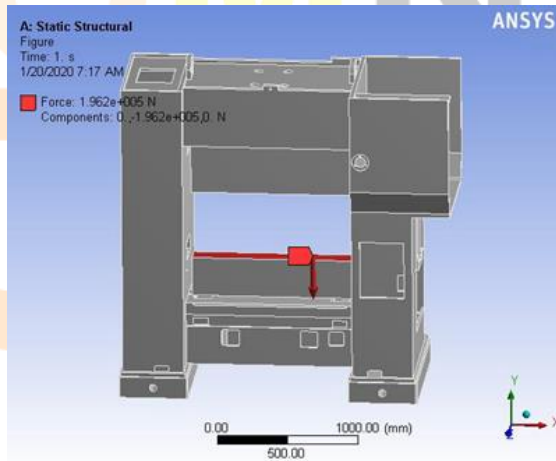


dikey kardan mili, transfer bar hareket kamı, alt dişli kutusu, yatay kardan mili, hammadde besleme kamları olarak sıralanabilir.

Pres gövdesi tasarım modeli olarak, literatür araştırması sonuçlarıyla da uyumlu, mermi çekirdeği üretimi için kullanılan ve denenmiş başarılı yapılardan bir eleman olmasına dikkat edilmiştir. Pres çerçevesi yapı çeliği St-52 olan 20 ile 30 mm arasında değişen kalınlıktaki plakaların kaynak ile birleştirilmesi sonucu elde edilecektir. Pres çerçevesi alt, üst ve yan gövdelerden oluşmaktadır. Bu gövdelerin her birinin birbirinden bağımsız olarak imalatı gerçekleştirilip sonrasında gövdeler birbirleriyle birleştirilerek pres çerçevesi montajının tamamlanmış hali elde edilebilir. Gövdenin kaynak işlemi bittikten sonra gövde üzerinde kaynak nedeniyle oluşabilecek olan çatlaklar tahribatlı muayene yöntemleriyle kontrol edilmelidir. Kaynak işlemi sonucunda pres gövdesi üzerinde gerilmeler oluşur. Bu nedenle tavlama fırınında gerilim giderme tavlaması yapılmalıdır. Kaynak ve ısıl işlemi biten gövde korozyona karşı boyanabilir.

### Pres Gövdesi Elemanları ve Analizi

Pres gövdesi tasarımı ve imalatı aşamasında, işe uygun pres çerçevesinin üç boyutlu modeli Solidworks 2016 programında çizilmiştir. Gövdenin analizi için Ansys Workbench 2019 R2 Academic programında şekil değiştirme, eşdeğer gerilme (von-Mises) analizi ve güvenlik katsayısı analizleri yapılmıştır. Gövde analizi için programda eleman tipi üçgen, eleman sayısı 27188 ve düğüm noktası sayısı 51326 olduğu halde, static structural modül ayarları kullanılmıştır. Tüm yapıyı taşıyan presin ayakları mesnet noktaları olarak alınmıştır. Tasarım için ayrıca mühendislik açısından gerekli dayanım hesapları da yapılmıştır. Nihai tasarımlar için imalat resimleri oluşturulmuştur. Bu aşamada temel elemanları ile ilgili bazı seçilmiş sonuçlar olarak; Şekil 1'de görüldüğü üzere pres gövde tasarımının alt blok kısmına aşağı yönlü 196200 N kuvvet uygulanmıştır (Açikel, 2020). Presin hareketi sonucunda alt blok en büyük kuvvete maruz kalacak elemandır. Bu kısımda kullanılan değer, pres tasarımında farklı şekillendirme yöntemiyle üretilen ürünler için gerekli olan pres kuvvetinden yola çıkarak hesaplanmıştır.

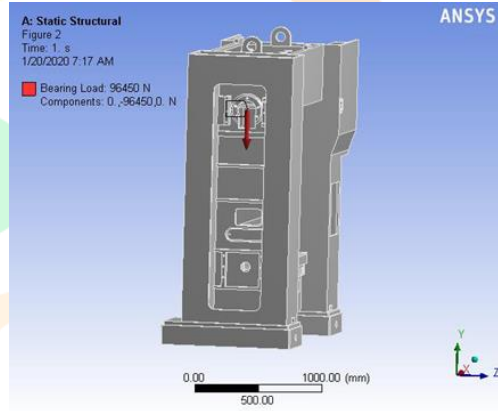


Şekil 1. Pres gövdesinde alt bloğa kuvvet uygulanması

Şekil 2'de görüldüğü gibi eksantrik mil yataklamasının yapıldığı noktalara 96450 N (diğer taraftaki yatağa ise 112980 N) düşey yönlü kuvvet uygulanmıştır. Eksantrik mil şekilde gösterilen

noktalara radyal kaymalı yataklar vasıtasıyla yataklanmış ve yükleme tipi "Bearing Load" olarak seçilmiştir. Bu kısımda analizin gerçekleşmesi için gerekli olan değer eksantrik milin eğilme ve burulma hesapları kapsamında bulunmuş olan eksantrik milin mesnet noktalarına uygulanan kuvvet değerleridir.

Şekil 3'de yatay kardan milinin yataklanmasının yapıldığı noktaya 383,1 N (diğer taraftaki yatağa ise 2360,2 N) düşey yönlü olarak kuvvet uygulanmıştır. Yatay kardan mili şekilde gösterilen noktalara radyal kaymalı yataklar vasıtasıyla yataklanmış ve yükleme tipi "Bearing Load" olarak seçilmiştir. Analizin gerçekleşmesi için gerekli olan değer yatay kardan milin eğilme ve burulma hesapları kısmında bulunmuş olan yatay kardan milin mesnet noktalarına uygulanan kuvvet değerleridir. Pres gövdesinin besleme kam milinin yataklanmasının yapıldığı noktaya hareket aktarımında kullanılan zinciri döndüren dişli çarkın miline etkiyen kuvvet esas alınarak +Z ve -Y yönlerinde kuvvetler tanımlanmıştır. Bu kuvvetlerin bileşke kuvveti 4342,9 N olarak hesaplanmıştır. Besleme kam mili radyal kaymalı yataklar yataklanmış ve yükleme tipi "Bearing Load" olarak seçilmiştir. Analiz için gerekli olan değerler zincir dişli sistemi hesaplarından alınmıştır. Pres gövdesine uygulanan kuvvetler ve tanımlanan mesnet noktalarının analizi sonucunda elde edilen şekil değiştirme sonuçları 0-0,14345 mm arasında elde edilmiştir.

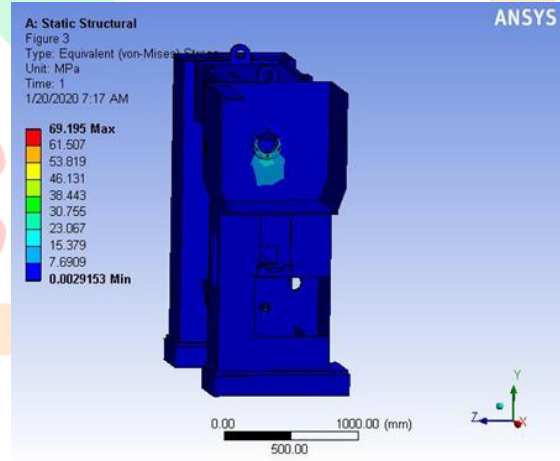


Şekil 2. Pres gövdesinde eksantrik milin yataklanmasında aşağı yönlü kuvvet uygulanması

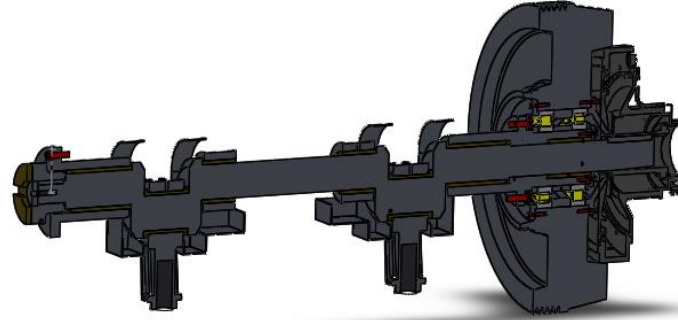


Şekil 3. Pres gövdesinin aksi tarafına yatay kardan mili yataklanmasında aşağı doğru kuvvet uygulanması

Pres gövdesine uygulanan kuvvetler ve tanımlanan mesnet noktalarının analizi sonucunda elde edilen (Şekil 4) eşdeğer gerilme (von-Mises) sonuçları 0,0029153-69,195 MPa arasında değişmiştir. Pres gövdesine uygulanan kuvvetler ve tanımlanan mesnet noktalarının analizi sonucunda elde edilen güvenlik katsayısı sonuçları 3,613-15 arasında değiştiği gözlenmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen preste yapılan volan gibi diğer pres elemanları da hesaplamalara katılarak ana motor gücü 5,5 kW olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ana motor devri 1500 d/dakika olan 3 fazlı asenkron motor olarak belirlenmiştir. Ana motor milinin çıkışında hesaplamalarda 76 mm çapa sahip kasnak döndürülmekte ve döndürme hareketi V kayışlar vasıtasıyla volana aktarılmaktadır. Volan daha büyük bir çapa (790 mm) ve (GG25, 600 kg) ağırlığa sahip olduğu için aktarılmış olan hareketin devri 140 d/dakika'lara kadar düşmektedir. Hatta kavramadaki kayıplarda göz önünde bulundurulduğunda devir yaklaşık olarak 120 d/dakika olarak hesaplanır. Eksantrik mil çapı, volan montajının gerçekleşeceği kısımda 90 mm olarak hesaplanmıştır. Buna göre katalogdan NU 2318 ECP silindirik makaralı rulmanlar yataklama için seçilmiştir. Elektrik motorunun ayaklarının sabitlendiği tabla presin üst kısmında bulunmaktadır. Kayış hesabına göre ise 5 adet, 9,5 3150 La veya SPZ 3137 Lw kodundaki kayış seçimleri uygun görülmüştür. Sisteme hava tankı ve pres emniyet valfi ve selenoid bobin de sisteme ilave edilmiştir. Eksantrik preste hesaplamalara göre kavrama seçiminde; Ortlinghaus katalogdan debriyaj momenti 29000 Nm olan 0-420-149-90-301 numaralı pnömomatik/kavrama fren seçilmiştir. Çalışmada eksantrik mil (Şekil 5) dayanım hesapları sonucu radyal kaymalı (110 mm) yataklı ve malzemesi (42CrMo4) olarak tasarlanarak, boyutlandırılmıştır. Eksantrik mil üzerinde volan, debriyaj-fren sistemi, yağlama elemanları, biyel kolları ve biyel kolları vasıtasıyla bağlanan üst zimba tutucu blok yer alır.

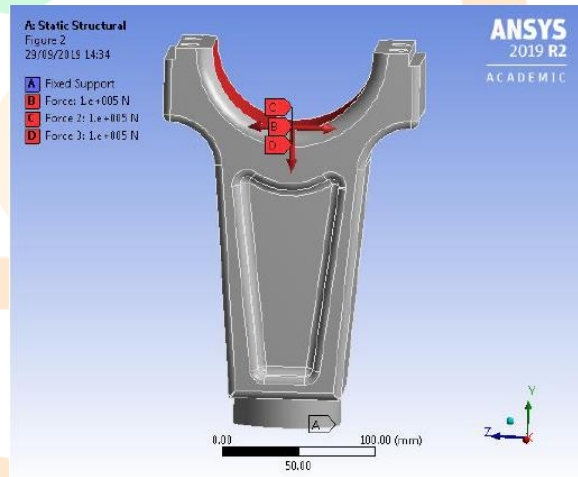


Şekil 4. Pres gövdesi üzerine eksantrik milin yataklanmasında gerilme analizi



Şekil 5. Eksantrik milin montajlı kesit görünümü

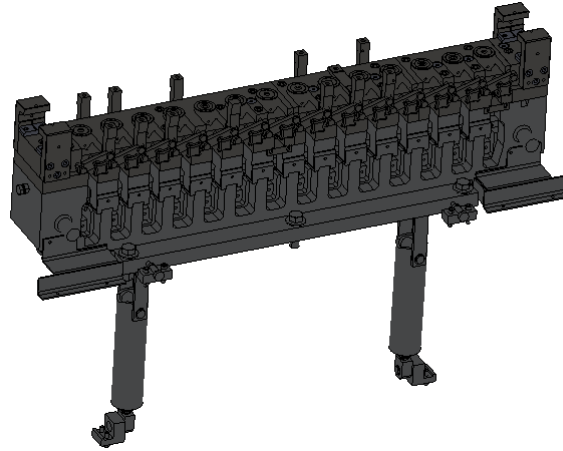
Ansys Workbench 2019 R2 Academic programında yapılacak olan analiz için ilk olarak Solidworks 2016 programında çizimi yapılan katı modelin Ansys'e aktarımı gerçekleştirilmiştir. Biyel kolu malzemesi olan GGG 60 sfero döküm malzemenin özellikleri tanımlanmıştır. Ansys programında, üçgen eleman tipi, eleman sayısı 16600 ve düğüm noktası sayısı 26850 olduğu halde analiz yapılmıştır. Eksantrik mil ile üst zımba tutucu blok arasında kuvvet iletimini sağlayan biyel kolu özellikle üst zımba tutucu blok en alt konumdayken 100000 N'luk basma kuvveti (Şekil 6) etkisi altında kalmaktadır.



Şekil 6. Biyel kolu üzerindeki basma kuvvetleri

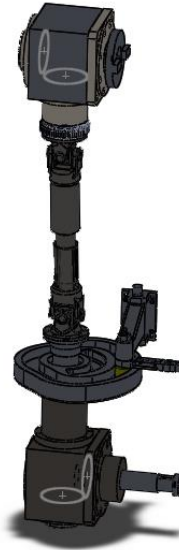
Bu basma kuvvetinin biyel kolu üzerindeki oluşturduğu toplam yer değiştirme, eşdeğer gerilme (von-Mises) ve güvenlik katsayısı ile ilgili analizler Static Structural modülüyle yapılmıştır. Biyel kolunda uygulanan kuvvetler ve tanımlanan mesnet noktalarının analizi sonucunda elde edilen şekil değiştirme sonuçları 0-0,027746 mm arasında değişmiştir. Biyel kolunda uygulanan kuvvetler ve tanımlanan mesnet noktalarının analizi sonucunda elde edilen eşdeğer gerilme (von-Mises) sonuçları 0,16625-59,781 MPa arasında değişmiştir. Biyel kolunda uygulanan kuvvetler ve tanımlanan mesnet noktalarının analizi sonucunda elde edilen güvenlik katsayısı sonuçları 4,1819-15 arasında değişmiştir.

Üst zımba tutucu blok ve buna zımbaların pensler ve pens somunları sayesinde sabitleneceği halde ve bloğun hareketi için kızaklarıyla birlikte tasarlanmıştır. Üst zımba tutucu blok GGG 60 sfero döküm malzemeden imal edilmesi uygun görülmüştür. Besleme işlemi kam mili üzerindeki kamların besleme kollarını harekete geçirmesiyle gerçekleşir. Ham madde ve yarı mamul besleme prosesinde bütün sistem tek bir noktadan hareket alır. Besleme kam miline hareket, alt bloğun hareket etmesini sağlayan yatay kardan mili tarafından zincir vasıtasıyla iletilir. Besleme kam milinin hareketi alan kısmında bir zincir dişlisi bulunmaktadır. Transfer bar, presin (7+7) toplam 14 istasyonu arasındaki transfer işlemini gerçekleştirecek şekilde alüminyum malzeme esaslı tasarlanmıştır. Transfer işleminin gerçekleşmesi; Bir istasyonda işlem gören yüksük çıkarıcı zımbalar tarafından transfer barın yaylı tutucularına verilir, tutucular tarafından alınan yüksük sonraki istasyondaki üst zımba tarafından kalıp da işleme sokulur, her bir devirde transfer bar işlem göreceği parçayı bir sonraki istasyona taşır, daha sonra ise bir önceki yerine gelir ve sürekli olarak aynı işi tekrar eder. Bu çalışmada da transfer bar 9x19 mm için tasarlanmıştır. Çıkarıcı zımba tutucu bloğun kamları alt kısımda bulunan zincir vasıtasıyla besleme kam miline hareket aktaran yatay kardan mili üzerinde bulunmaktadır. Tasarımı gerçekleştirilen kamlar üst zımba tutucu blok ve transfer bar ile senkronize hareket etmektedir. Çıkarıcı zımbaların üzerine herhangi bir yük binmemekte, sadece işlenecek olan parçanın transfer barın tutucularına aktarım görevini üstlenmektedir. Tasarımı gerçekleştirilen presin (Şekil 7) alt bloğu, çıkarıcı zımba tutucu blok ve kalıp tutucu blok olmak üzere iki bloktan meydana gelmektedir. Çıkarıcı zımba tutucu blok hareketli, kalıp tutucu blok ise sabittir. Kalıp tutucu blok üzerinde istasyonlar arası transfer işlemini gerçekleştiren transfer bar yatakları ve transfer barın aynı doğrultuda hareket ederek transfer işlemini gerçekleştirmesi sağlanır. Kalıp tutucu blok üzerinde gömlek yüksüğü ve iç kurşun beslemede bu hammaddelerin üzerinde hareket ettiği bir tabla bulunmaktadır. Bu tabla üzerinde üst zımbalarda işlem gören parçaların sıyırıcıları ve kesilen fazlalık parçanın sıyırıcısı bulunmaktadır. Kesilen parçanın üflendiği boru ve derin çekme prosesinde yardımcı olarak kullanılan aparatlar kalıp tutucu blok üzerine yerleştirilen tablada yer almaktadır. Çıkarıcı zımba tutucu blok ve kalıp tutucu GGG 60 malzeme olarak tasarlanmıştır.



Şekil 7. Alt blok genel görünüm

Üst dişli kutusu, eksantrik milden yatay yönde aldığı hareketi, hareketin yönünü değiştirerek dikey olarak kardan miline aktarır. Üst dişli kutusunun alt kısmında bulunan dişli vasıtasıyla encoder'e hareket aktarılır ve presin hareket diyagramına uygunluğu kontrol edilir. Alt dişli kutusu, dikey kardan milinden aldığı hareketi, hareketin yönünü değiştirerek yatay olarak kardan miline aktarır. Üst ve alt dişli kutusunda bulunan helisel konik dişlilere ait boyutlandırma ve mukavemet hesapları yapılmıştır. Pres tasarımındaki kardan mili, üst dişli kutusundan aldığı hareketi ve momenti alt dişli kutusuna hareketin devrinde herhangi bir değişikliğe neden olmadan iletir. Kardan mili tasarımında iki adet mafsal kullanılmıştır. Mafsalların kendi aralarında montajı mafsal istavrozlu ile gerçekleştirilmiştir. Kardan mili montajlarının yapılacağı alt ve üst noktalara 8 adet civata vasıtasıyla flanşlarından sabitlenmektedir. Dikey kardan milinin imalatında 4140 ıslah çeliği kullanılacaktır. Transfer bar kamı, dikey kardan mili vasıtasıyla dönme hareketini alır. Kardan milinden aldığı dönme hareketiyle transfer bara hareket verir. Yatay kardan mili alt dişli kutusundan aldığı hareketi ve momenti zincir vasıtasıyla hareketin devrinde herhangi bir değişikliğe sebep olmadan hammadde besleme kam miline aktarır. Yatay kardan mili tasarımında iki adet mafsal kullanılmıştır. Kardan mili montajlarının yapılacağı sağ ve sol noktalara 6 adet civata ile flanşlarından sabitlenmiştir. Yatay kardan mili imalatında 4140 ıslah çeliği kullanılmıştır. Üst dişli, dikey kardan mili, transfer bar hareket kamı ve alt dişli montajı Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Üst dişli, dikey kardan mili, transfer bar hareket kamı ve alt dişli montajı

## Mermi Çekirdeği Üretimi ve Analizler.

Hammadde besleme kamlarından, gömlek yüksüğü besleme kamı kam milinin dönmesi ile besleme koluna ileri-geri hareket verir. Bu hareket gömlek yüksüğünü üretimin başladığı istasyona aktarır. İç kurşun besleme kamı ise besleme kam milinin dönmesi ile besleme koluna ileri-geri hareket verir. Bu halde iç kurşun üretim istasyonuna aktarılarak form verilmiş çekirdek gömlek yüksüğü içerisinde yerini alır. Mermi çekirdeği üretiminde kullanılan hammadde Ms70 veya Ms90 olarak 9x19 mermi çekirdeği üretiminde kullanılabilir. Gömlek yüksükleri bant şeklinde girdikleri çift etkili preslerde derin çekme ve kesme işlemleri uygulanarak elde edilmektedir. Yıkama ve fırınlama

işlemlerinden de geçtikten sonra tasarımını gerçekleştirdiğimiz presde kullanılmak üzere hazır hale gelmektedir (Şekil 9).



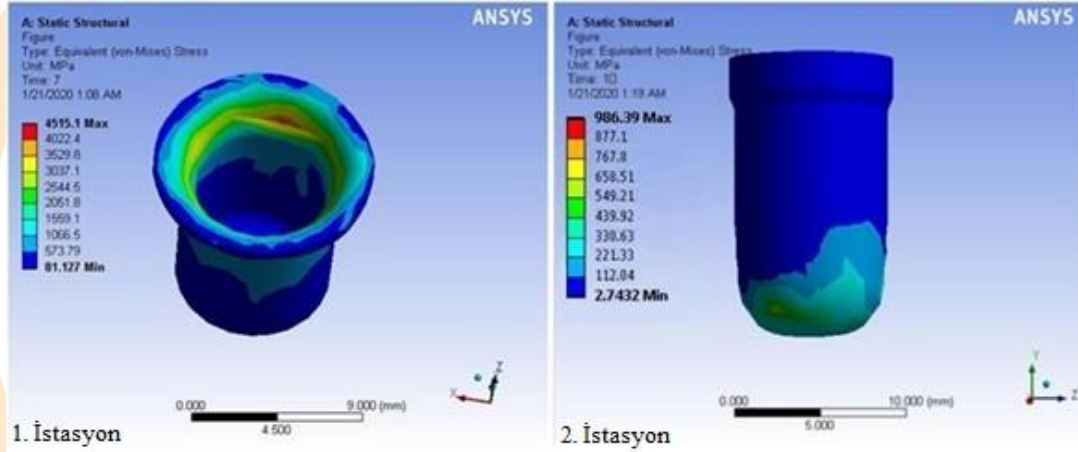
Şekil 9. 9x19 Mermi çekirdeği üretiminde işlem sırası

Mermi çekirdeği üretimi için tasarlanan istasyonlardaki işlemler farklıdır. İlk istasyonda; Derin çekme işlemi yapılmaktadır. Derin çekme işlemi kalıp ve zımba arasında sıkıştırılan ürüne kuvvet uygulanmasından ibarettir. Kalıp ve zımba arasında sıkıştırılan gömlek yüksüğünün boyu uzatılır. Ancak gömlek yüksüğünün çapı ve duvar kalınlığı azaltılır. İkinci istasyonda; Derin çekme işleminin etkisiyle boyu uzamış, çapı ve duvar kalınlığı azalmış hammaddenin uç kısmına kademeli olarak karakteristik 9x19 mm mermi çekirdeği burnunun şekli verilir. Üçüncü istasyonda; Ceket üzerinde önceden belirlenmiş fazlalık olan kısım pim ile kalıp arasına sıkıştırılarak kopartılır. Bu şekilde mermi çekirdeği ceketinin boyu kıvrıma payı' da hesap edilerek belirlenmiş olur. Dördüncü istasyonda; İç kurşun yatay presinde form verilmiş olan iç kurşun yarı mamulü mermi çekirdeği ceketinin içine baskı uygulanarak yerleştirilir. Beşinci istasyonda; Mermi çekirdeğinin ceket kısmı kıvrılarak ceket içerisine yerleştirilen iç kurşunun çıkması engellenir. Altıncı istasyonda; Ceket kısmı kıvrılan mermi çekirdeğinin atış anında kıvrılan kısımdan açılarak dengesinin bozulmasını engellemek amacıyla mühürleme işlemi yapılır. Son istasyonda; Mermi çekirdeği çapının son ölçüsü belirlenerek ürün çıkarılır.

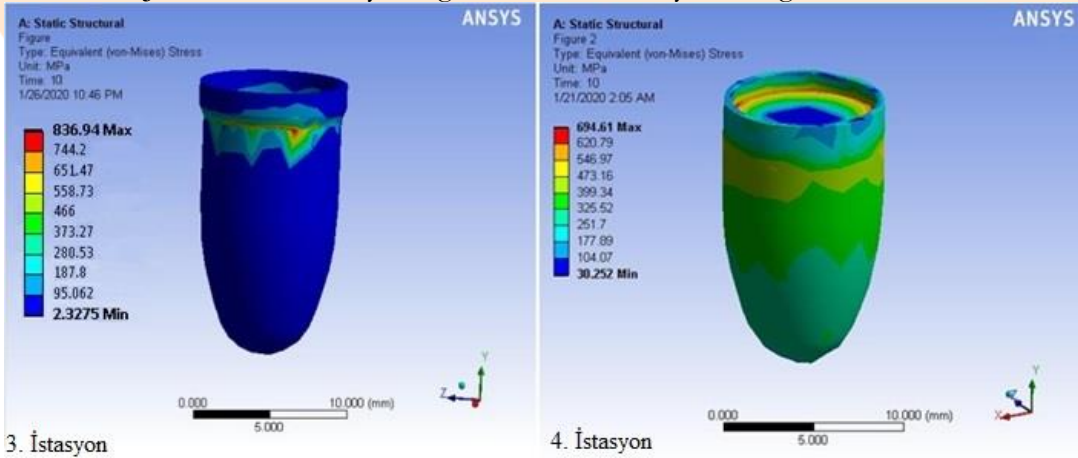
İstasyonlarda değişimin analizi için gömlek yüksüğü, zımba ve kalıplar katı model olarak tüm elemanlarıyla birlikte Solidworks 2016 programında tasarlanmış ve yapılan çizimler Ansys Workbench 2019 R2 Academic programına aktarılmıştır. Ansys programında, Tetrahedrons eleman tipi ve Static Structural modülünde, şekil değiştirme ve eşdeğer gerilme (von-Mises) analizi yapılmıştır. Birinci istasyondan yedinci istasyona kadar tüm istasyonlarda olmak üzere düğüm noktası, eleman sayısı, işlemler, şekil değişimi ve gerilme analizi sonuçları Tablo 1'de (Açıkel, 2020) ve gerilme analizi görüntüleri ise sırasıyla Şekil 10-13 ile verilmiştir. İstasyonlardaki işlemlere göre şekil değiştirmelerden en küçük ve büyük değerler sırasıyla 2. İstasyon ve 6. İstasyonda 0,0000 ile 0,8398 mm olarak elde edilmiştir. En büyük değer İstasyon 6'da (kurşunun yerleştirilmesinden sonra) baskı neticesi mühürleme işleminin yapıldığı bölümdür. Gerilme değerleri incelendiğinde ise sırasıyla en küçük ve en büyük değerler olarak İstasyon 7 ve İstasyon 1'de 0,000014 ile 4515,10 MPa olarak elde edilmiştir. En büyük değer İstasyon 1'de derin çekme işleminde gerçekleşmiştir.

**Tablo 1.** İstasyonlarda Ansys analiz sonuçları

İstasyon Numarası	1	2	3	4	5	6	7
Düğüm Noktası Sayısı	2297	3947	4627	2301	2289	2535	1989
Eleman Sayısı	908	1915	2060	845	838	957	902
İşlem	Derin Çekme	Uç Sivrilme	Kesme	Kurşun Yerleştirme	Ceket Kıvrırma (Bükme)	Tanzim (Baskı, Mühürleme)	Çap Düzeltme (Kalibre)
Şekil Değiştirme (mm)	0,0292 5,2769	0,0000 3,5000	- -	0,1666 0,6729	0,3795 0,8211	0,2389 0,8398	- -
Gerilme (MPa)	81,1270 4515,10	2,7432 986,39	2,3275 836,94	30,2520 694,61	8,2628 669,56	18,447 361,10	0,000014 0,467910

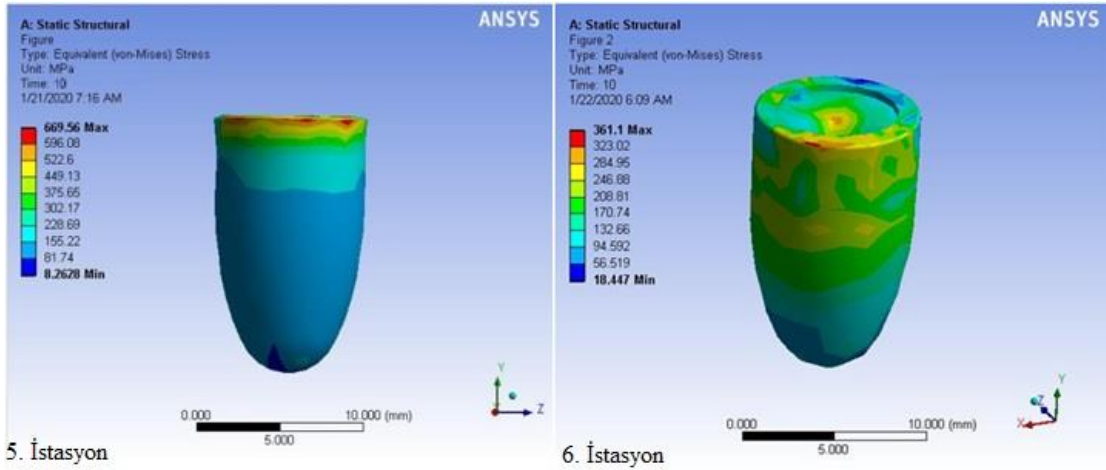


**Şekil 10.** Gömlek yüksüğünün 1. ve 2. istasyondaki gerilme analizi

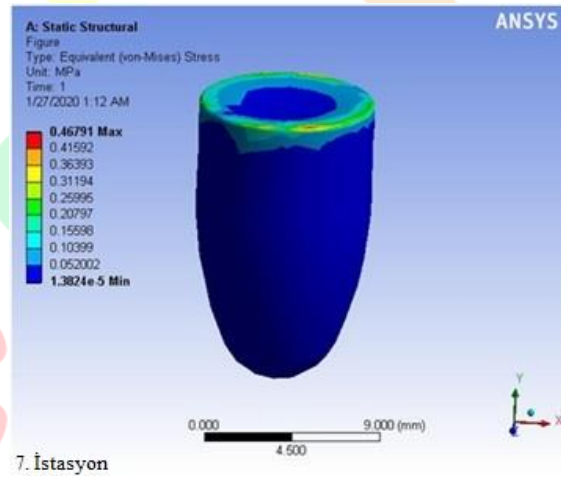


**Şekil 11.** Gömlek yüksüğünün 3. ve mermi çekirdeğinin 4. istasyondaki gerilme analizi





Şekil 12. Mermi çekirdeğinin 5. ve 6. istasyondaki gerilme analizi



Şekil 13. Mermi çekirdeğinin 7. istasyondaki gerilme analizi

## SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Tasarım ve analiz çalışmaları için öncelikle mermi çekirdeği transfer presi, tüm elemanlarıyla birlikte tasarlanmıştır. Gövde tasarımı yapılan transfer presin Solidworks 2016 ile tasarım aşamasından sonra Ansys Workbench Academic 2019 R2 programıyla gövde analizi yapılmıştır. Gövde analizinde, ilk olarak St-52 malzemesi oluşturulan katı modele atanmış ve yüke maruz kalan alanlara uygun yükleme şartları altında ve yük değerleri girilerek, gerilmenin ve yer değiştirmenin olduğu bölgeler değerleriyle birlikte başarılı bir şekilde hesaplanmıştır. Tasarımı yapılan pres gövdesi analizinde en az 3 olarak belirlenen emniyet katsayısından daha büyük, emniyetli sonuçlar elde edilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen prese ait motor gücünün, volan ağırlık, değerlerinin ve motor kasnağı ile volan arasında bağlantı oluşturacak olan kayış hesapları yapılmıştır. Eksantrik mil ve eksantrik milin yataklamasının yapıldığı radyal kaymalı yataklara ait hesaplamalar malzeme seçimleri ile bu çalışma kapsamında başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Presin çalışması esnasında değişken yüklere maruz kalan biyel kolları

için maruz kaldıkları basma kuvvetinin oluşturduğu etkinin, çekme kuvvetinin oluşturduğu etkiye göre daha önemli olduğu öngörülmüştür. Bunun sonucunda biyel kolları Ansys programında uygun malzeme atanarak analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda gerilme ve toplam şekil değiştirmenin maksimum olduğu bölgeler belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda biyel kolları için 4 olarak belirlenen emniyet katsayısının üzerinde değerler elde edilerek, sistemin güvenli olduğu belirlenmiştir. Pres gövdesi analizinde sırasıyla şekil değiştirme ve gerilme değerleri 0-0,14345 mm ile 0,0029153-69,195 MPa arasında elde edilmiştir. Pres gövdesi analizinde güvenlik katsayısı değerleri en küçük ve büyük değerler olarak 3,613-15 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Üst zımba tutucu blok ve alt blok gibi ana elemanlar içerisinde sayılan bölümlerin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Üst zımba tutucu blok ve alt blok da yüksek darbe dayanımına sahip olması sebebiyle GGG 60 malzeme seçilmiştir. Transfer presde önemli görevlerden olan istasyonlar arasında transfer işlemini gerçekleştiren “transfer bar” adı verilen elemanın tasarımını birçok alt elemanın montaj işlemiyle gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu aşamada transfer barın kontrol sistemi belirlenmiştir. Ham madde besleme kamları, transfer bar hareket kamı ve çıkarıcı zımba tutucu blok kamlarına ait tasarımlar, presin çalışma düzenini belirleyen hareket diyagramı göz önünde bulundurularak, başarılı bir şekilde yapılmıştır. Transfer presde hareketin çevrim oranının değiştirilmeden üst kısımda bulunan eksantrik milden alt kısımda bulunan yatay kardan miline aktarılmasında görev alan dişli kutularının hesapları ve yapılan hesaplar doğrultusunda tasarımları gerçekleştirilmiştir. Hareket aktarımında kullanılan yatay ve dikey kardan millerinin burulmaya ve eğilmeye karşı hesapları yapılmıştır. Kardan millerinin yapılan tasarımları ve imalatında kullanılan malzemeler göz önünde bulundurularak emniyet katsayıları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler belirlenen emniyet katsayısının üstünde çıkmış ve kardan millerinin güvenli olduğu görülmüştür. Alt bloğun hareketinde görev alan yatay kardan milinin yataklanmasında kullanılan radyal kaymalı yatakların hesapları malzeme seçimleriyle birlikte başarılı bir şekilde yapılmıştır. Ayrıca yatay kardan milinden, besleme kam miline hareket aktarımında kullanılan zincir dişli sistemine ait hesaplamalar ve hesaplamalar sonucunda zincir ve zincir dişlisi seçimleri yapılmıştır.

Transfer presdeki mermi çekirdeği üretim prosesi için, tüm istasyonlarda yapılan form verme işlemleri açıklanmıştır. İstasyonlarda yapılan derin çekme, kesme ve bükme işlemleri ile ilgili açıklamalar verilmiştir. Her istasyon için yapılan zımba ve kalıp tasarımlarının çalıştığı doğrulanması amacıyla Ansys programı üzerinde uygun veri girişleri ve malzeme tanımlarıyla simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyonlar sonucunda tasarımlar doğrulanmıştır. Ayrıca mermi çekirdeğinin üretim aşamasında ham madde ve yarı mamuller üzerinde meydana gelen gerilme ve şekil değiştirme değerleri de elde edilmiştir. Gerilme ve şekil değiştirmenin meydana geldiği bölgeler, analiz sonuçlarından görüleceği gibi sayısal ve bölgesel olarak birbirleriyle uyumludur. Mermi çekirdeği için yapılmış olan analizlerde, en büyük şekil değiştirme ve gerilme değerleri sırasıyla İstasyon 6’da 0,8398 mm ile mühürleme ve İstasyon 1’de 4515,10 MPa ile derin çekmede elde edilmiştir.

## Sonuçlar

Bu çalışmada bilgisayar destekli tasarım ve analiz çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca pres elemanlarının tasarımında teorik hesaplamalar ve bu hesaplamalar sonucunda bazı makine elemanlarının seçimleri gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasından sonra elde edilen tasarım ve hesap verileri kullanılarak pres gövdesinin imalatı yeni bir çalışma olabilir. İmalat sürecinde çalışma kapsamında yapılan analizler ile gerçek ortamda yapılan deneysel veriler karşılaştırılabilir. İmalat sürecinde eksantrik pres imalatında tecrübeli kişi veya kuruluşlarla hareket edilmelidir. Bu şekilde



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

imalat kısmında ortaya çıkabilecek problemler öngörülerek bu problemlerin oluşmaması için önlemler alınabilir.

Bu çalışma kapsamında 9x19 mm mermi çekirdeğinin imalatı için gerekli olan zımba, kalıp ve yardımcı elemanların tasarımları yapılmıştır. İlk imal edilecek olan transfer pres 9x19 mm mermi çekirdeği üretimi için imal edilmelidir. İmalat konusunda ve mermi çekirdeği üretimi konusunda tecrübe kazanıldıktan sonra 5,56x45 mm, 7,62x39 mm ve 7,62x51 mm başta olmak üzere daha stratejik olan kalibreler için zımba, kalıp ve yardımcı elemanların tasarımları yapılmalı ve hızlı bir şekilde bu kalibrelerin mermi çekirdeklerinin üretimi için harekete geçilmelidir. Sonraki süreçte bu kalibrelerin üretim aşamalarında deneyim kazanılmalıdır.

Presler imal edilip, çalıştırılmaya başlandıktan sonraki süreçte presin çalışması takip edilmelidir. Makede hatalardan meydana gelen duruşlar belirlenmeli ve otomasyon yönünden imal edilen makineler geliştirilmelidir. Ayrıca gelişen teknolojiyle birlikte transfer presde mekanik ve imalatta kullanılan malzemeler bakımından revizyonlar da yapılabilir.

## **Bilgi**

Bu çalışma yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

ICOMNAS



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Referanslar

Açıklık Ö., (2020). Savunma sanayisi için transfer presi tasarımı. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Balıkesir Üniversitesi. Balıkesir, Türkiye.

Alim Y., (2009). Aynı marka farklı seri numaralı tabancalarda çıkan mermi çekirdeğinin hangi tabancaya ait olduğunun saptanması için yapılan balistik analizler. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Marmara Üniversitesi. İstanbul, Türkiye.

Andreas S., (2018). Application for transfer press having a C-shaped ram. Germany patent and trademark office 201827040078. Oct., 24.

Cheng C. L., (2008). Mechanical and microstructural characterization of copper microsamples after cold drawing. Master's thesis. Department of Mechanical Engineering. University of Maryland. Baltimore County. Baltimore, USA.

Erdem H., (2007). Eksenrik pres milinde gerilme analizleri ömür ve güvenilirlik değerlendirmeleri. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul, Türkiye.

Farrel Company. (2022). A guide to the Farrel Company records. University of Connecticut. Yayın tarihi: Ekim 1984, Güncellenme tarihi: Ekim 2012, Erişim tarihi: 7 Mart 2022. <https://archives.lib.uconn.edu/islandora/object/20002%3A860133177>

Fındık A., (2004). Mekanik sac şekillendirme pres tasarımında sistematik konstrüksiyon ve sonlu elemanlar yöntemlerinin kullanımı. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul, Türkiye.

Forest P. R. D., Gaensslen R. E., & Lee H. C., (1983). Forensic Science. An introduction to criminalistics. McGraw-Hill Companies. New York, USA.

Hamilton D. T., (1916). Cartridge manufacture; A treatise covering the manufacture of rifle cartridge cases, bullets, powders, primers and cartridge clips, and the designing and making of the tools used in connection with the production of cartridge cases and bullets. The Industrial press. New York, USA.

Hamza F., Abderazek H., Lakhdar S., Ferhat D., & Yıldız A. R., (2018). Optimum design of cam-roller follower mechanism using a new evolutionary algorithm. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Vol. 99, pp. 1267-1282, Aug. doi.org/10.1007/s00170-018-2543-3

Hildenbrand A., (1979). Mechanism for feeding and orienting elongated workpieces. Justia Patents. 4154329. May., 15.

Jun J. Z., (2009). Research for the system of eccentric shaft based on Ansys. Master's thesis. Department of Mechanical Engineering. Wuhan University. Wuhan, China.

Kahraman E., (2006). Sac metal malzemelerin kalıpta kesilebilme özelliklerine kesme boşluğunun etkisi. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gazi Üniversitesi. Ankara, Türkiye.

Lewis B. R., (1972). Small arms ammunition at the international exposition. Philadelphia, 1876. Smithsonian Institution press, Washington, D.C., USA.

MEB, (2012). Kalıpları test etme. Tek. kod. 521MMI651 Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara, Türkiye.

MHR Defence. (2022). 100 years of excellence. Yayın tarihi: Ocak 2019, Güncellenme tarihi: Ocak 2021, Erişim tarihi: 7 Mart 2022. <https://www.mhr-defense.com/en/about-mhr/100-years-excellence.html>



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Mutlu S., (2006). Progresif kalıplarda derin çekme otomasyonu. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Trakya Üniversitesi. Edirne, Türkiye.

NATO Standard AEP-97. (2018). Multi Calibre Manual of Proof and Inspection (M-CMOPI) for NATO Small Arms Ammunition. NATO Standardization Office. Brussels, 2004.

Özdemir T., (2013). Motor biyel kolunun baş kısmının kırılmasının sonlu elemanlar yöntemi ile nümerik analizi üzerine bir çalışma. Doktora tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Balıkesir Üniversitesi. Balıkesir, Türkiye.

Rusinski E., Harnatkiewicz P., Przybyłek G., & Moczko P., (2010). Analysis of the fatigue fractures in the eccentric press shaft. Solid State Phenomena. Vol. 165. pp. 321-329. Jun. doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.165.321

Söylemez A., (1977). Kriminalistik. Haşmet matbaası. İstanbul, Turkey.

The Bliss. ((2022). The history of Bliss clearing Niagara incorporated. Yayın tarihi: 10 Ekim 2018, Erişim tarihi: 7 Mart 2022. [https://blissmunitions.com/wp-content/uploads/2018/10/Bliss\\_Defense\\_Complete\\_final\\_reduced.pdf](https://blissmunitions.com/wp-content/uploads/2018/10/Bliss_Defense_Complete_final_reduced.pdf)

Thomson H. C., & Mayo L., (1991). The ordnance department: Procurement and supply. Centre of military history United States Army, Washington, D.C., USA.

Uçar M., (1999). Kardan kaplinlerinde hasara etki eden faktörler ve alınması gereken tedbirler. Pamukkale Üniversitesi. Mühendislik Fakültesi. Mühendislik Bilimleri Dergisi. Cilt 5, No. 2-3, Sayfa 1033-1039. Eylül, Türkiye.

Uzunoglu B., (2006). Kardan şaftının geometrik modellenmesi ve sonlu elemanlar analizi. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul. Türkiye.

Yağbasan O., (2010). C tipi bir pres gövdesinin sonlu elemanlar yöntemi ile analizi. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi. Eskişehir, Türkiye.

Yalcin S., (2010). Analysis and modelling of plastic wrinkling in deep drawing. Master's thesis. Department of Mechanical Engineering. Middle East Technical University. Ankara, Turkey.

Yıldız B., (2017). Derin çekme işleminde kalıp tasarımının sonlu elemanlar yöntemi ile optimizasyonu. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Dicle Üniversitesi. Diyarbakır, 2017.

Yılmaz T., (2014). Kalıpcılık, sac metal kesme kalıp tasarımı ve gerilme analizi. Yüksek lisans tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Aksaray Üniversitesi. Aksaray, Türkiye.

Werner F., (2022). Leading ammunition manufacturing technology". Yayın tarihi: Ocak 2019, Erişim tarihi: 7 Mart 2022. <https://www.fritz-werner.com/about-us>

## Montaja Hazır Çeşitli Tiplerdeki Ev Sandalyelerinin Mukavemet Özelliklerinin Geliştirilmesi

*Adem UÇMAK<sup>1</sup>*

*Tolga KUŞKUN<sup>2</sup>*

*Mustafa KONUK<sup>3</sup>*

*Erkan CEYLAN<sup>4</sup>*

*Ali KASAL<sup>5</sup>*

### Abstract

In this study, the engineering design approach and product engineering methodology were utilized for improving the strength properties of various types of household RTA chairs produced in a manufacturer company that produces chairs in the Turkish Furniture Industry.

10 chairs were subjected to performance tests by using cyclic stepped increased loading method in terms of ALA (American Library Association Technology Reports). Totally, 150 tests were performed (10 chair model, 3 loading direction, 5 replication for each = 150), than strength of chairs evaluated with allowable design loads (light service, medium service and heavy service) in terms of ALA. According to the maximum load values obtained from the test results, computer-aided three-dimensional structural analyzes (Finite Element Method) of the chairs were made and their weak points were determined. Considering the weak points determined for each chair model, strength-enhancing optimization alternatives were realized. According to the rational alternatives determined among the optimizations, the prototypes of each developed chair model were subjected to the performance tests in ALA, again, 150 improved model chairs, without changing the appearance of the original models.

As a result of the study, the RTA chairs, which were produced by the manufacturer and were found to have insufficient strength, were improved with product engineering methods, including performance tests, and they were provided to meet the required performance values for domestic usage.

**Keywords:** Product Engineering, Performance Testing, Chair, Structural Analysis, Finite Element Method.

<sup>1</sup> Öğretmen, Bitlis Hizan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Mobilya ve İç Mekân Tasarımı. Orcid: 0000-0003-2951-2950

<sup>2</sup> Arş. Gör. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0001-6657-139X

<sup>3</sup> Sistem Geliştirme Müdürü, Bellona Mobilya Sanayi ve Ticaret A.Ş. Orcid: 0000-0002-1761-7109

<sup>4</sup> Öğr. Gör., Bingöl Üniversitesi, Tasarım Bölümü, Orcid: 0000-0002-0497-7789

<sup>5</sup> Prof. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Üniversite, Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-4632-0072

## GİRİŞ

Günümüzde hem fizyolojik hem de kültürel ihtiyaçları karşılamaya yönelik olarak kullanılan mobilyalar, insanın yaşamında önemli bir yere sahiptir. Mobilya pazarlarının hızla büyümesi, yeni malzemelerin ve teknolojilerin gelişmesi, taleplerin artması, üretici firmaların çoğalması sonucunda mobilya, eskisi kadar pahalı bir ihtiyaç olmaktan çıkmıştır.

Mobilya ihracatı dünya ölçeğinde hızlı bir artış göstermektedir. Bunun yanı sıra dünya ölçeğinde global mobilya üretici ve satıcıları Türkiye'de yatırımlar gerçekleştirmektedir. Bu gerekçeler dolayısıyla, çok dinamik bir sektör olduğu anlaşılan mobilyanın, her geçen gün talep oranları kitleler bazında çoğalmaktadır. Sektörde yaşanan rekabet, mobilyayı yerel bir ürün olmaktan çıkartıp uluslararası bir ürün haline getirmiştir. Bunda öncelikle nakliye, alan, kurulum kolaylığı gibi faktörler etkili olmuş ve mobilyalar demonte olarak üretilmeye başlanmıştır. Demonte olarak üretilen mobilyalarda ayrıca üretim kolaylığı, depolama maliyetlerinde düşüş, servis hizmetleri (parça değişimi, tamir) ve yerinde montaj kolaylığı gibi önemli avantajlar sağlanmaktadır.

Demonte ürünlerin yukarıda belirtilen nedenlerle üretimde tercih edilmesi nedeniyle; demonte birleştirmede kullanılan mekanik bağlantı elemanları her tür mobilya konstrüksiyonların da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Mukavemet, estetik, montaj kolaylığı sağlama gibi özellikler altında pek çok çeşitte bağlantı elemanı kullanılmaktadır. Ancak, bu bağlantı elemanlarıyla ilgili iki temel sorun ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi estetik ikincisi ise teknik sorunlardır. Geçmişte üretilen birçok bağlantı elemanı mobilya yüzeylerinde, yanlarında veya kalınlıklarında görünmekte ve bu durum mobilyanın estetik değerini düşürmektedir. Son yıllarda teknoloji ve ürün tasarımındaki gelişmeler sayesinde, demonte bağlantı sağlayıp aynı zamanda mobilyaların görünmeyen kısımlarında görev yapan çok kaliteli ve çeşitli bağlantı elemanları üretilmiştir. Bir başka ifadeyle, estetik sorunlarla ilgili durum ortadan kalkmıştır. Ancak, bu birleştirme elemanlarının sağlamlığı ve dayanıklılığı ile ilgili teknik sorunlar halen yaşanmaktadır.

Sandalye üretiminde, bitmiş ürün tüketiciye monte ve demonte olmak üzere iki farklı yöntemle sunulabilmektedir. Demonte olarak üretilen sandalyelerde sağlamlık konusunda bazı problemler yaşanmakta ve bu durum müşteri şikâyetlerine konu olmaktadır. Gerek monteli gerekse demonte sandalyeler kullanıcılar için aynı fonksiyona hizmet etmek amacıyla üretildikleri için demonte sandalyelerin mukavemetinin de monteli sandalyelerin mukavemet değerlerine getirilmesi zorunluluktur. Sandalye üretimi yapan birçok firma, kullanıcılardan aldığı olumsuz geri dönüşler nedeniyle, demonte olarak üretilen sandalyelerin mukavemet özelliklerinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar yapmaktadır. Ancak, firmalarda Ar-Ge'ye gereken önem verilmediğinden ve ayrıca Ar-Ge kültürü henüz oturmamış olduğundan, bu tarz çalışmalar bilimsel yaklaşımlardan uzak olup, bilinçsizce yürütülmekte, deneme yanılma yöntemi uygulanmakta ve çok zaman alıcı süreçler yaşanmaktadır. Hâlbuki firmalar Ar-Ge'ye gereken yatırımları yapmalı, performans test laboratuvarları kurmalı, üniversite-sanayi işbirliğine ağırlık vermeli, bu konularda akademik çalışmalar yapmış veya yapmakta olan bilinçli elemanlar istihdam etmelidir. Kısaca, araştırma geliştirme birimlerinin başarısı için sistematik, ciddi bilimsel yaklaşımlar gerekli olup, performans testlerini de kapsayan ürün mühendisliği metodolojilerinin ciddiyetle uygulanması gerekmektedir. Bu bağlamda, üniversite-sanayi işbirliğinin ne kadar gerekli olduğu ve bu işbirliklerinin geliştirilmesinin gerekliliği açıkça görülmektedir.

Mobilya estetik ve işlevsel bir tüketim ürünü olarak karakterize edilebilir. Uygun mobilya tasarımları, kendilerine yüklenen işlevsel amaçları karşılarken, aynı zamanda kullanıcıların estetik taleplerini de tatmin edebilmelidir. Ayrıca mobilya, malzeme ve üretim gereklilikleri bakımından ekonomik anlamda verimli olmalıdır. Bununla birlikte, mobilyanın yapısal (mühendislik) tasarımı da

önemli olup, kullanıcılara güvenilir bir hizmet verecek şekilde tasarlanmalıdır. Buna göre mobilya ürün mühendisliği, geniş kapsamlı mobilya tasarım sürecinin doğal ve gerekli bir parçasıdır (Erdil, 1998).

Mühendislik tasarımı, malzemelerin, konstrüksiyonların (yapım teknikleri), üretim teknolojilerinin ve mobilyada ergonomik kriterlerin, optimum şekilde belirlenmesi işlemlerini kapsar. Mühendislik tasarımı, estetik, ekonomik ve teknik hususların ideal arakesitinde oluşan ürün tasarımlarının gerçekleştirilebilmesi açısından önemlidir ve bilimsel esaslara dayalı olarak yapılması çok büyük bir önem arz etmektedir. (Kasal, 2004).

Mobilya ürün mühendisliğinin son aşaması performans testleridir (Efe, 1994). Bu deneylerin amacı, kullanıcıların, kullanım sırasında karşılaşılabilecek problemleri önceden belirlemek ve mobilya henüz kullanıma girmeden ve üretilmeden önce değişiklikleri ve ürün ile ilgili geliştirmeleri yapmak amacıyla tasarımcıya geri besleme sağlamaktır. (Eckelman, 1995).

Mühendislik işlemleri yapılırken kullanılan teknik imkânlar da büyük önem taşımaktadır. Günümüzde mobilya sistemlerinin mühendislik tasarımı, katı modelleme ve yapısal analiz programları kullanarak yapılabilmektedir. Sistemin tüm elemanları bilgisayar ortamında parametrik olarak modellenen ve gerekli değişiklikler katı modellemenin sağladığı avantajlar sayesinde kolayca yapılarak optimizasyonlar sağlanabilmektedir. Ayrıca, mobilya sisteminin tüm mukavemet hesapları da bilgisayar destekli analiz programları tarafından yapılabilmektedir (Eckelman, 1971).

Çerçeve konstrüksiyonlu (iskelet) mobilyalar, yapısal olarak çözümü zor ve zaman alıcı olan çerçevelerden meydana gelmektedirler. Bu sorunlar günümüzde bilgisayar destekli analiz programları kullanılarak giderilmiştir. Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ve teknolojisinin gelişmesiyle, sonlu elemanlar programlarının modern mobilya tasarım sürecinin birçok basamağında kullanımı mümkün olmaktadır. Mobilya sisteminin mukavemet tasarımı, katı modelleme ve yapısal analiz programları kullanılarak yapılabilmektedir. Sistemin tüm elemanları parametrik olarak modellenip, her türlü değişiklikler katı modellemenin sağladığı üstünlükler sayesinde kolayca yapılmakta ve en uygun tasarım sağlanabilmektedir (Kasal, 2004). Özellikle de sonlu elemanlar metoduyla (FEM) çalışan yapısal analiz programları mobilya mühendisliğinde kullanılmaya başlanmıştır.

Literatür incelemesi yapıldığında, mobilya performans test metodlarına ve monilyaların yapısal analizlerine ilişkin birçok çalışmanın gerçekleştirildiği görülmüştür.

Eckelman, performans deneyleri kavramının temelinde yatan ana etmenleri analiz etmiştir (Eckelman, 1988). Eckelman ve Zhang (1995) döşemeli mobilya iskeletlerinin mühendislik tasarımında kullanılan ve döşemeli mobilyaların davranışlarını değerlendirmede kullanılan Genel Servis Hizmetleri (GSA: General Services Administration Performance Test Method for Upholstered Furniture) test metodunu tanıtarak, evrensel düzeyde kabul edilebilir bir performans deneyi yöntemi geliştirilebilmesi için gerekli olan temel faktörleri ve kavramları tartışmışlardır. Eckelman, devirli basamaklı yük yöntemini (cyclic stepped increasing load method) tanıtır, bu yöntem kullanılarak geliştirilen bir dizi sandalye performans deneylerini ve kabul edilebilir yük değerlerini vermiştir (Eckelman, 1999). Altınok (1995), Sarıçam ve Doğu kayını odunundan hazırladığı sandalyelerin, alt ara kayıt yeri için optimizasyon yaparak, kritik oturma pozisyonunda denemiş ve gerekli davranış ölçümlerini yapmıştır. Sonuç olarak, çerçeve düğüm noktalarının (zıvanaların) yüksekliği ve tutkallı bağlantı sağlamlığının birinci derece, çerçeve elemanlarının ve çerçeve uzantısı ayak alt ve üst kısımlarının kesit boyutlarının ikinci derece önemli olduğunu belirlemiştir (Altınok, 1995). Zaman fonksiyonu ve örneklem sayısında minimum malzeme hacminin belirlenmesine katkı sağlayan statik optimizasyon yöntemlerinin etkinliğini ortaya koymak için araştırmalar yapılarak, maksimum dayanıklılık parametrelerinde konstrüksiyon bileşenlerinin minimal boyutlarının hesaplanması hedeflenmiştir. Deneyler, sonlu



elemanlar yöntemiyle çalışan bir programa entegre edilerek Monte Carlo yöntemi yardımıyla optimize edilmiş sandalye konstrüksiyonunda, uygulama işleminde 17 saniye içerisinde başlangıçtaki hacmin %53'ü oranında malzeme tüketimini azalttığını bildirmişlerdir (Smardzewski ve Gawroński, 2001). Güray vd. yaptıkları çalışmada yürütülen mühendislik tasarım metodolojisi sonucunda ALA'nın ev içi kullanım için gerekli olan mukavemetten ödün vermeden Sarıçamdan imal edilen sandalyelerde ortalama %16, Doğu kayını sandalyelerde ortalama %32 oranında azalma sağlamışlardır (Güray vd., 2022).

Çalışma, Türkiye Mobilya Endüstrisinde faaliyet gösteren bir firma ile ortak olarak yürütülmüştür. Çalışmada çözülmesi amaçlanan problem, firmanın üretmiş olduğu demonte sandalyelerin mukavemetinin düşük olması ve bu anlamda yoğun bir müşteri şikâyeti almasıdır. Buna göre, öncelikle üretici firmanın tüm üretiminin yaklaşık % 30' unu oluşturan bir örneklem grubu demonte sandalyelerdeki mukavemet sorunları ortaya koyulmuş, nedenleri araştırılmış ve giderilmiştir. Mukavemet ile ilgili sorunların tespitleri hem performans testleri hem de bilgisayar ortamında yapısal analizlerle ortaya koyulmuştur.

Çalışma kapsamında, üretici firmada üretilen mevcut sandalyelerin mukavemet durumlarının belirlenebilmesi ve problemin gerçekliğinin tespiti amacıyla; 10 sandalye modeli, 3 yükleme yönü ve her modelden 5 yineleme olmak üzere toplam 150 adet sandalye üretilmiş ve test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ALA' da belirtilen kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmıştır (ALA, 1982; Eckelman 1995; Eckelman 1999). Mevcut sandalyelerin performans değerlendirmelerine ilişkin sonuçlar Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Mevcut sandalyelerin önden-arkaya kuvvet taşıma değerleri

Model	Deney yükleri	H. DİLER(2013) (ev içi kullanım)		Hafif Kullanım (ALA)		Orta Kullanım (ALA)		Ağır Kullanım (ALA)	
		Sonuç	Sonuç	Sonuç	Sonuç	Sonuç	Sonuç		
M1	489,28	1312	Kaldı	1335	Kaldı	1557	Kaldı	1780	Kaldı
M8	600,48	1312	Kaldı	1335	Kaldı	1557	Kaldı	1780	Kaldı
M3	667,2	1312	Kaldı	1335	Kaldı	1557	Kaldı	1780	Kaldı
M9	711,68	1312	Kaldı	1335	Kaldı	1557	Kaldı	1780	Kaldı
M6	822,88	1312	Kaldı	1335	Kaldı	1557	Kaldı	1780	Kaldı
M7	889,6	1312	Kaldı	1335	Kaldı	1557	Kaldı	1780	Kaldı
M5	911,84	1312	Kaldı	1335	Kaldı	1557	Kaldı	1780	Kaldı
M10	917,4	1312	Kaldı	1335	Kaldı	1557	Kaldı	1780	Kaldı
M4	1112	1312	Kaldı	1335	Kaldı	1557	Kaldı	1780	Kaldı

Yapılan önden arkaya fiili testler sonucunda tüm mevcut sandalye modellerinin göstermiş oldukları performanslar ALA yöntemine ve Diler (2013)'e göre önden arkaya yüklemeye "ev içi" kullanım yüklerini sağlayamamıştır.

**Tablo 2.** Mevcut sandalyelerin yanıl kuvvet taşıma değeri

Model	Deney yükleri	H. DİLER(2013) (ev içi kullanım)	Sonuç	Hafif Kullanım (ALA)	Sonuç	Orta Kullanım (ALA)	Sonuç	Ağır Kullanım (ALA)	Sonuç
M8	333,6	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı
M2	400,32	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı
M4	444,8	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı
M5	444,8	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı
M7	467,04	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı
M1	472,6	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı
M10	481,86	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı
M3	533,76	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı
M6	578,24	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı
M9	689,44	935	Kaldı	890	Kaldı	1449	Kaldı	1891	Kaldı

Yapılan yanıl fiili testler sonucunda tüm mevcut sandalye modellerinin göstermiş oldukları performanslar ALA yöntemine ve Diler (2013)'e göre yanıl yüklemde “ev içi” kullanım yüklerini sağlayamamıştır.

**Tablo 3.** Mevcut sandalyelerin arkadan-öne taşıma değeri

Model	Deney yükleri	H. DİLER(2013) (ev içi kullanım)	Sonuç	Hafif Kullanım (ALA)	Sonuç	Orta Kullanım (ALA)	Sonuç	Ağır Kullanım (ALA)	Sonuç
M4	444,8	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı
M8	444,8	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı
M10	472,6	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı
M3	481,86	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı
M6	500,4	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı
M2	518,93	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı
M1	528,2	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı
M9	667,2	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı
M5	689,44	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı
M7	689,44	845	Kaldı	1001	Kaldı	1446	Kaldı	1891	Kaldı

Mevcut sandalyelerin performans değeri incelendiğinde, örneklem grubu olarak seçilen 10 model sandalyenin her üç yüklem yönü için de başarısız olduğu ve ALA’ da verilen kabul edilebilir tasarım yüklerini karşılayamadığı belirlenmiştir. Bir başka ifadeyle, çalışmanın probleminin gerçekliği sayısal verilerle de ortaya koyulmuştur. Buna göre, sandalye modellerinin görünüşünde herhangi bir değişiklik yapmadan mukavemetlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada, mühendislik tasarımı yöntemlerini uygulamak suretiyle, ev içi kullanımlar için tasarlanmış ve üretilmiş olan çeşitli tiplerdeki ahşap ev sandalyelerinin mekanik performanslarının geliştirilmesi yapılmıştır. Geliştirme çalışmaları yapılmış olan 150 adet sandalye yeniden aynı koşullarda üretilmiş, testlere alınmış ve sonlu elemanlar metoduyla gerçekleştirilen yapısal analizler yardımıyla geliştirilen sandalyelerin mukavemeti fiili testlerle de doğrulanmıştır. Sonuçta, 150

mevcut sandalye 150 de geliştirilmiş sandalye olmak üzere toplamda 300 adet sandalye test edilmiş ve önemli bir sayısal veri tabanı elde edilmiştir.

Çalışmanın alt amaçları;

- Demonte sandalyelerin ev içi kullanımlar için gerekli olan sağlamlık derecesine gelmesini sağlamak suretiyle ürün iyileştirmeleri yapmak,
- Üretici firmanın Ar-Ge süreçlerine performans testleri ve yapısal analizleri entegre ederek süreç iyileştirmesi yapmaktır.

## MALZEME VE YÖNTEM

### Ağaç Malzeme ve Tutkal

Deneylerde ülkemizde yayılış alanlarının genişliği ve mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanımları, firmadaki üretim göz önünde bulundurulmuş ve masif ağaç malzeme olarak, I. sınıf Doğu kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky) odunu kullanılmıştır.

Deney örneği sandalyelerde soğuk olarak kullanılması, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz olması gibi özellikleri ile koltuk iskelet üretiminde yaygın olarak kullanılması nedeni ile polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır.

### Deneylerde Kullanılan Ağaç Malzemelerin Bazı Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışmada, sandalye iskeletlerinin üretildiği ağaç malzemelerin rutubet (TS ISO 13061-1) ve yoğunlukları (TS ISO 13061-2), statik yük altındaki; liflere paralel basınç (TS ISO 13061-17), çekme (TS ISO 13061-6), liflere dik yönde eğilme dirençleri (TS ISO 13061-3), eğilmede elastikiyet modülü (TS ISO 13061-4) değerleri ilgili standartlara uyularak tespit edilmiştir.

### Çalışma Kapsamında Değerlendirilen Deney Sandalyeleri ve Üretimi

Çalışma kapsamında, üretici firmada monteli ve demonte olmak üzere yaklaşık 90 farklı model sandalye olup yıllık yaklaşık 630.000 adet sandalye üretimi gerçekleştirilmektedir. Çalışma kapsamında değerlendirilmek üzere, tüm demonte sandalye modellerini temsil edebilecek özelliklerdeki 10 sandalye modeli örneklem grubu olarak seçilmiştir. Değerlendirilmek üzere örneklem grubu olarak seçilen 10 adet demonte sandalye modellerine ait resimler Tablo 4' te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Çalışma kapsamında denenmek üzere belirlenen sandalye modelleri

Model	Montaja hazır durumdaki sandalyeler	Montajı tamamlanmış sandalyeler
M1		

M2



M3



M4



M5



M6



M7



M8



M9



M10



Çalışma kapsamında hem mevcut hem de geliştirilmiş tüm sandalye modellerinde, montaj işlemleri için aşağıda belirtilen bağlantı elemanları kullanılmıştır:

8 mm çapında ve 35 mm boyunda, düz yivli gövdeli plastik kavelalar,

- Yıldız başlı, 3,5 mm çapında ve 18 mm boyundaki vidalar,
- T-Nut (tırnaklı perçin),
- Sonsuz dişli saplamalar,
- Zamak dübelller,
- Fiberli somunlar,

- Alyan başlı civatalar ve optimizasyon kararı olarak
- “L” şeklindeki köşe destek metali bağlantı (geliştirilmiş sandalyelerde)

Çalışmada kullanılan 10 farklı deney örneği sandalyelerinin ortalama olarak oturma yükseklikleri 43 cm, oturma derinlikleri 41 cm ve oturma genişlikleri de 44 cm ölçülerindedir.

## Sandalyelere Uygulanan Performans Test Metodu

Deneyler, Muğla Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde yapılmıştır. Kullanılan performans test ekipmanı, Amerika’da sandalyeler için geliştirilmiş olan American Library Association (ALA) test yöntemlerindeki esaslara göre çalışmaktadır.

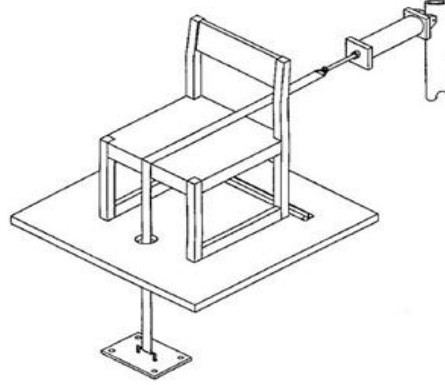
Test sisteminin metodolojisinde, kullanıcıların yük uygulama eylemlerini, bir başka ifadeyle sandalyelerin gerçek kullanım şartlarını en rasyonel şekilde temsil eden “devirli basamaklı artan yüklenme” (cyclic stepped increasing load) metodu kullanılmaktadır. Devirli basamaklı artan yüklenme metodunda, her bir performans testi için önceden belirlenmiş olan bir yük değeri belli devir sayısında ve oranında mobilya sistemine uygulanmaktadır. Bu aşama tamamlandığında, yük değeri yine önceden belirlenmiş bir oranda artırılarak birinci aşamadaki işlemler tekrarlanır. Bu işlemler, kabul edilebilir tasarım yük değerlerine ulaşıncaya veya mobilyada herhangi bir açılma, kırılma vb. gibi deformasyonlar meydana gelinceye kadar devam ettirilir. Her aşamadaki devir sayısı 25000 devir olarak uygulanmakta ve devir oranı yaklaşık olarak 20 dev/dak alınmaktadır. Test edilen bir mobilyanın performansı, 25000 devri başarıyla tamamlayan en büyük yük değeri olarak kabul edilmektedir.

Bu deney yönteminde, “hafif kullanımlar” ev içi ve özel mekânlardaki kullanımları, “orta kullanımlar” çok yoğun olmayan büro vb. mekânlardaki kullanımları, “ağır kullanımlar” ise yoğun kullanımı olan hastane, okul, kütüphane, hava alanı, vb. mekânlardaki kullanımları temsil etmektedir (Eckelman ve Erdil, 2001).

Çalışma kapsamında, deney sandalyelerine test standardında belirtilen yüklenme metodlarından “oturma çerçeve sistemine önden arkaya devirli yüklenme testi”, “oturma çerçeve sistemine arkadan öne devirli yüklenme testi” ve “oturma çerçeve sistemine yanal devirli yüklenme testi” uygulanmıştır.

## Deney Sandalyelerinin Önden Arkaya Devirli Yüklenme Testi.

Bu test yöntemi, sandalye oturma çerçevesi sisteminin önden arkaya doğru itilerek zorlanmasını ve bu yüklemenin sandalyede kalıcı deformasyon, birleştirme yerlerinde açılma, elemanlarda kırılma vb. oluncaya kadar devam ettirilmesini konu almaktadır. Bu testin amacı yan çerçevelerdeki (ikileme) birleştirmelerin mukavemetinin test edilmesidir. Yan çerçevedeki birleştirmelerde, tutkal kullanımının uygunluğu, miktarı, uygulanan birleştirme konstrüksiyonlarının tekniğine uygun yapıp yapılmadığının anlaşılmasını sağlayacak bir testtir. Bu yüklenme biçimi, kullanım sırasında sandalyede oturma ve aynı anda arkaya yaslanma eylemini temsil eder (Eckelman, 1988). Deneylerde dakikada 20 devir olacak şekilde önden arkaya doğrultuda ve yatay yönde bir yüklenme yapılmıştır. Deneylere 445 N’ luk bir yüklenme ile başlanmış olup, her başarılı tamamlanan 25000 devir sonrası yük değeri 112 N artırılmak suretiyle testlere devam edilmiştir. Her tamamlanan 1113 N’ luk yük değerinden sonra, yük artışı değeri 112 N’ dan 224 N’ a çıkarılmıştır (Eckelman, 1988).Deney düzenine ait önden arkaya yüklenme test düzeni ve yüklenme biçimi Şekil 1’ de verilmiştir.

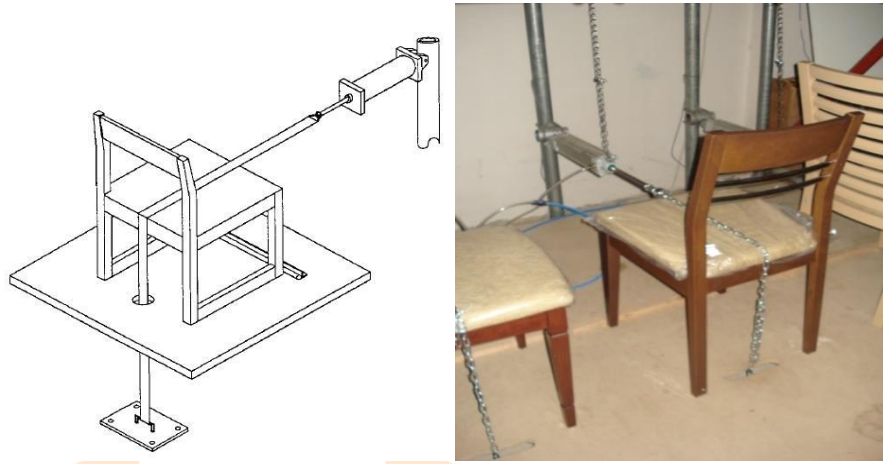


**Şekil 1.** Devirli önden arkaya yükleme test düzeneği

Deney düzeneğinde, Şekilde görüldüğü gibi, deney sandalyesinin arka ayaklarının arka kısmına, sandalyenin arkaya doğru kaymasını engellemek amacıyla destek parçaları yerleştirilmiştir. Önden arkaya yükleme, pistonla kitli bir şekilde tutturulmuş bir zincir yardımıyla yapılmış olup, çekme yükünü uygulayacak pistonla bağlı olan yükleme zinciri, sandalyenin genişlik yönünde tam ortasında yer almıştır. Deneylerde yüklemeler sandalye elemanlarında kırılma, birleştirme yerlerinin açılması vb. gibi aşırı deformasyon hali oluşup, yük taşıma özelliği kayboluncaya kadar bu sistemde arttırılarak devam etmiş ve sandalyenin kırıldığı andaki devir sayısı ve yük değeri sandalyenin yaşam ömrü olarak kaydedilmiştir (Eckelman, 1988). Daha sonra bu değerler, ALA' da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmıştır. ALA' da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir servis yükleri sırasıyla 1335 N, 1557 N ve 1780 N' dur.

### **Deney Sandalyelerinin Arkadan Öne Devirli Yükleme Testi.**

Bu test yöntemi, sandalye oturma çerçevesi sisteminin arkadan öne doğru itilerek zorlanmasını ve bu yüklemenin sandalyede kalıcı deformasyon, birleştirme yerlerinde açılma, elemanlarda kırılma vb. oluncaya kadar devam ettirilmesini konu almaktadır. Bu testin amacı, önden arkaya yükleme testinde olduğu gibi, yan çerçevelerdeki birleştirmelerin mukavemetinin test edilmesidir. Yükleme yönünün değiştirilmesi halinde, yan çerçevedeki birleştirmelerde, tutkal kullanımının uygunluğu, miktarı, uygulanan birleştirme konstrüksiyonlarının tekniğine uygun yapılp yapılmadığının anlaşılmasını sağlayacak bir testtir. Bu yükleme biçimi, kullanım sırasında sandalyede oturma ve aynı anda öne doğru eğilme, öne doğru hareket etme, arkaya doğru sandalyenin ön ayaklarını yerden kaldıracak şekilde yaslanma ve aniden öne bırakma vb. gibi eylemleri temsil etmektedir (Eckelman, 1988). Deneylerde dakikada 20 devir olacak şekilde arkadan öne doğrultuda ve yatay yönde bir yükleme yapılmıştır. Deneylere 445 N' luk bir yükleme ile başlanmış olup, her başarılı tamamlanan 25000 devir sonrası yük değeri 112 N arttırılmak suretiyle testlere devam edilmiştir. Her tamamlanan 1113 N' luk yük değerinden sonra, yük artışı değeri 112 N' dan 224 N' a çıkarılmıştır (Eckelman, 1988). Deney düzeneğine ait arkadan öne yükleme test düzeneği ve yükleme biçimi Şekil 2' de verilmiştir.



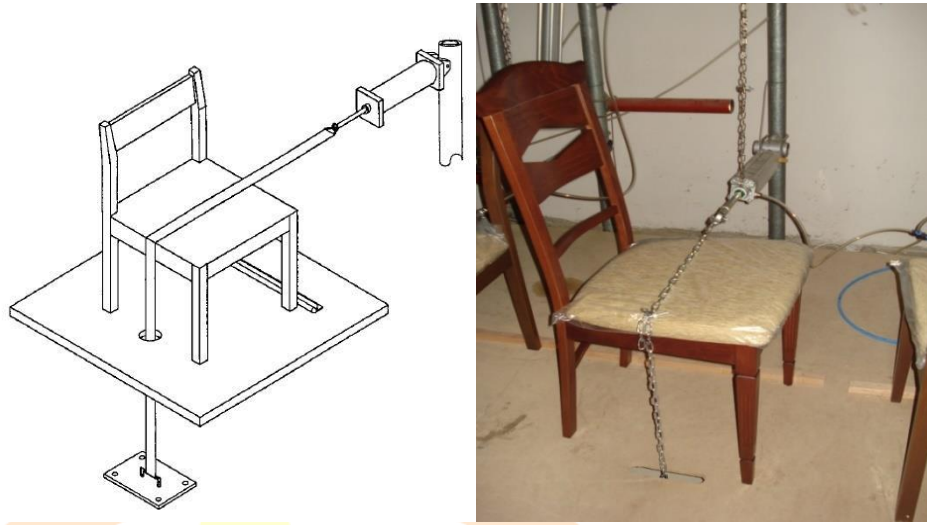
**Şekil 2.** Devirli arkadan öne yükleme test düzeneği

Deney düzeneğinde, fotoğraf şekilde görüldüğü gibi, prototip deney sandalyesinin ön ayaklarının ön alt kısmına, sandalyenin öne doğru kaymasını engellemek amacıyla destek parçaları yerleştirilmiştir. Arkadan öne yükleme, pistonla kilitli bir şekilde tutturulmuş bir zincir yardımıyla yapılmış olup, çekme yükünü uygulayacak pistonla bağlı olan yükleme zinciri, sandalyenin genişlik yönünde tam ortasında yer almıştır. Deneylede yüklemeler sandalye elemanlarında kırılma, birleştirme yerlerinin açılması vb. gibi aşırı deformasyon hali oluşup, yük taşıma özelliği kayboluncaya kadar bu sistemde arttırılarak devam etmiş ve sandalyenin kırıldığı andaki devir sayısı ve yük değeri sandalyenin yaşam ömrü olarak kaydedilmiştir (Eckelman, 1988). Daha sonra bu değerler ALA' da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmıştır. ALA' de verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir servis yükleri sırasıyla 1001 N, 1446 N ve 1891 N' dur.

### **Deney Sandalyelerinin Yanal Devirli Yükleme Testi.**

Bu test yöntemi, sandalye oturma çerçevesi sisteminin yana doğru itilerek zorlanmasını ve bu yüklemenin sandalyede kalıcı deformasyon, birleştirme yerlerinde açılma, elemanlarda kırılma vb. oluncaya kadar devam ettirilmesini konu almaktadır. Bu testin yönteminde esas olan, sandalyenin yanal yöndeki zorlayıcı kuvvetlere karşı göstereceği performansın belirlenmesidir. Bu tür yüklemelerle, sandalye kullanıcıların herhangi bir sebeple yana doğru eğilmesi, uzanması veya özellikle yan taraflarındaki bir kişi ile sohbet etme esnasında kolçağa doğru yaslanarak sandalyeyi yanal yönde zorlaması gibi eylemlerde karşılaşılır. Bu testin amacı yan çerçeveleri birbirine bağlayan elemanların (ön kayıt, arka kayıt, ara kayıtlar) birleştirme yerlerinin mukavemetinin test edilmesidir. Deneylede 223 N' luk bir yükleme ile başlanmış olup, her başarılı tamamlanan 25000 devir sonrası yük değeri 112 N arttırılmak suretiyle testlere devam edilmiştir. Her tamamlanan 1113 N' luk yük değerinden sonra, yük artışı değeri 112 N' dan 224 N' a çıkarılmıştır. Deneylede dakikada 20 devir olacak şekilde arkadan öne doğrultuda ve yatay yönde bir yükleme yapılmıştır. Deney düzeneğine ait yanal yükleme test düzeneği ve yükleme biçimi Şekil 3' te verilmiştir.





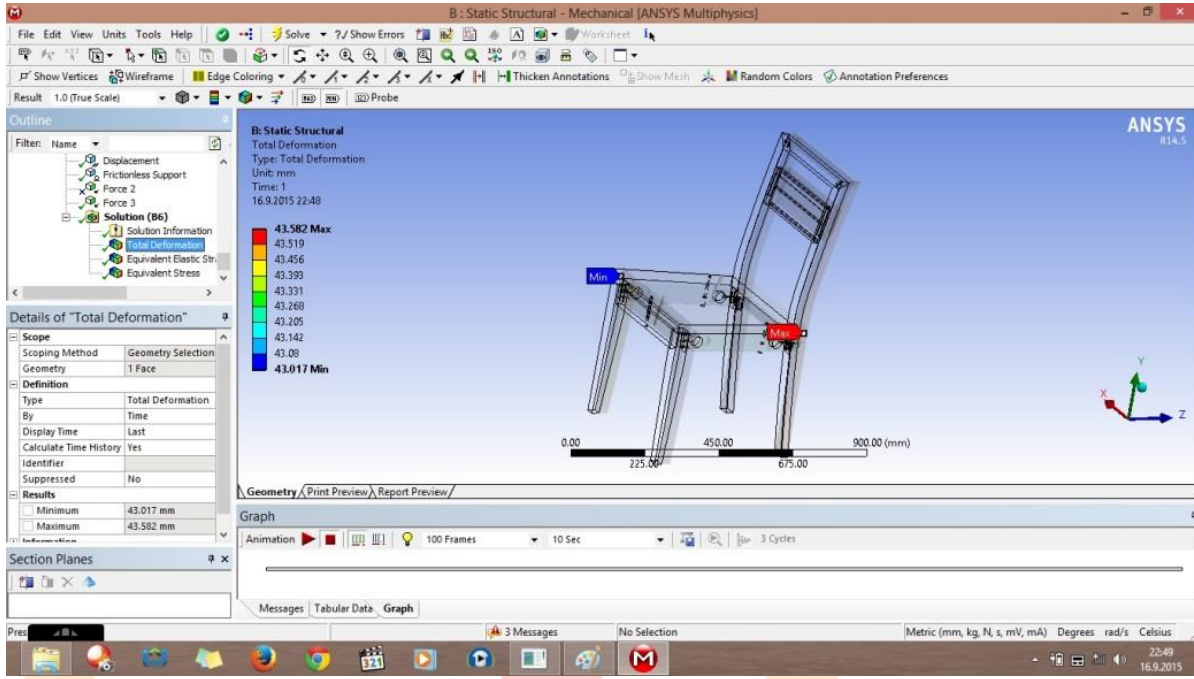
**Şekil 3.** Devirli yanal yükleme test düzeneği

Deney düzeneğinde, fotoğraf şekilde görüldüğü gibi, deney sandalyesinin yan alt kısmına, sandalyenin yana doğru kaymasını engellemek amacıyla destek parçaları yerleştirilmiştir. Yanal yükleme, pistonla kilitli bir şekilde tutturulmuş bir zincir yardımıyla yapılmış olup, çekme yükünü uygulayacak pistonla bağlı olan yükleme zinciri sandalyenin derinlik yönünde tam ortasında yer almıştır. Deneylerde yüklemeler sandalye elemanlarında kırılma, birleştirme yerlerinin açılması vb. gibi aşırı deformasyon hali oluşup, yük taşıma özelliği kayboluncaya kadar bu sistemde arttırılarak devam etmiş ve sandalyenin kırıldığı andaki devir sayısı ve yük değeri sandalyenin yaşam ömrü olarak kaydedilmiştir (Eckelman, 1988). Daha sonra bu değerler ALA' da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılmıştır. ALA' da verilen hafif, orta ve ağır kabul edilebilir servis yükleri sırasıyla 890 N, 1449 N ve 1891 N' dur.

### Yapısal Analizlerinin Gerçekleştirilmesi

Bilgisayar destekli yapısal analizler için bir sonlu elemanlar analizi (Finite Element Analysis) yazılımı olan "ANSYS Workbench" programından yararlanılmıştır. Fiili test sonucunda oluşan deformasyon yerleri ve kritik noktalar sonlu elemanlar yöntemiyle çalışan yapısal analiz programında tespit edilmiştir. ANSYS yazılımı mühendislerin mukavemet, titreşim, akışkanlar dinamiği ve ısı transferi ile elektromanyetik alanlarında fiziğin tüm disiplinlerinin birbiri ile olan interaksiyonunu simule etmekte kullanılabilen genel amaçlı bir sonlu elemanlar yazılımıdır. Bu sayede gerçekleştirilen testlerin ya da çalışma şartlarının simule edilmesine olanak sağlayan ANSYS ürünlerin henüz prototipleri üretilmeden sanal ortamda test edilmesine olanak sağlar.

Bu çalışmada gerçekleştirilen yapısal analiz uygulamalarında, öncelikle mevcut sandalyelerin gerçek performans testlerinden elde edilen maksimum kuvvet değerleri, sanal ortamda modellenen sandalyelere uygulanmış ve sistemin çözümü yaptırılmıştır (Şekil 4).



**Şekil 4.** Sandalyelerin bilgisayar destekli yapısal analizlerinin ANSYS' te gerçekleştirilmesi

Tüm sandalye modelleri öncelikle AUTOCAD programında tamamen gerçek sandalyelerdeki tüm detaylarıyla üç boyutlu olarak modellenmiştir. Modellenen sandalyeler daha sonra ANSYS programında aktarılmıştır. ANSYS' te uygulanan yapısal analiz aşamalarında; ilk olarak malzemelerin gerekli fiziksel ve mekanik özellikleri programa girilerek malzeme tanımlanması yapılmış, daha sonra kesit geometrilerine ilişkin özellikler programa girilmiş, ardından ayakların zemine temas ettiği noktalardaki mesnetlemeler gerçek deneylerdeki koşullarda yapılmış, son olarak da yine tamamen gerçek performans testleri koşullarında uygulanan noktalardan deneylerden elde edilen maksimum kuvvetleri uygulanmıştır.

Deney sandalyeleri gerçek deneylerde devirli basamaklı artan yükleme metoduna göre deneylere alınmış olmasına karşın, bilgisayar destekli üç boyutlu yapısal analizlerde sistemin çözümü statik yüklemeye göre yapılmıştır. Buna göre, yapısal analizlerde yükleme yapılırken statik yükler ile devirli yükler arasındaki ilişkiler göz önünde bulundurulmuştur. Literatürdeki bazı kaynaklara göre devirli yük mukavemet değeri statik yük mukavemeti değerinin % 50' sinden fazla düşünülmemelidir (Erdil, 1998; Eckelman ve Erdil, 1999; Kuşkun, 2013; Likos ve diğerleri, 2012; Kuskun ve diğerleri, 2018). Bir başka ifadeyle, bir çerçeve sisteminin devirli yükler altındaki mukavemeti, statik yükler altındaki mukavemetinin %50'si olarak alınmalıdır. Buna göre, bilgisayar destekli yapısal analizlerde yük uygulaması yapılırken, gerçek deneylerden elde edilen maksimum kuvvet değerlerinin 2 katı hesaba alınmıştır. Çözüm aşamasında, uygulanan maksimum kuvvetler altında sandalyelerde oluşan deformasyon miktarları belirlenmiştir.

Yapısal analizler, hem mevcut sandalyelere, hem de sanal ortamda geliştirilen sandalyelerde gerçekleştirilmiştir. Yapısal analizlerde, mevcut sandalyelerin her üç yükleme yönündeki performans testlerinde dayandıkları maksimum yükler, aynı sandalyenin güçlendirme çalışmaları yapılmış mevcut haldeki modellerine de sanal ortamda uygulanmıştır. Buna göre, güçlendirilmemiş deney

sandalyelerinden elde edilen deformasyon (mm) miktarlarında meydana gelen azalmalar yüzdesel olarak hesaplanmış ve yük- deformasyon arasında doğrusal ilişki olduğu varsayımına göre bu yüzdelere kuvvetlerdeki artış oranları olarak hesaba alınmıştır. Bir başka ifadeyle, aynı yük altında, sandalyelerde meydana gelen deformasyon miktarlarının azaltılması için çalışılmış, bu durum yapısal analizlerde başarıldıktan sonra da geliştirilmiş sandalyelerin üretimine geçilmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

### Deney Örneği Sandalyesinde Kullanılan Ağaç Malzemenin Bazı Teknik Özellikleri

Deney sandalye iskeletlerinin üretilmiş oldukları ağaç malzemenin bazı teknik özelliklerine ait veriler Tablo 5’ de verilmiştir.

**Tablo 5.** Ağaç malzemenin teknik özelliklerine ait veriler

	Rutubet Oranı (%)	Tam Kuru Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Doğu Kayını				
			Hava Kuru Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Basınç Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )
X <sub>ort</sub>	8,47	0,66	0,69	110,37	60,72	129,57	13083
v (%)	6,87	8,16	8,47	6,39	5,57	12,37	12,53

X<sub>ort</sub>. Ortalama değer v: Varyasyon katsayısı

### Sonlu elemanlar Analizi Yöntemiyle Yapılan Yapısal Analiz Sonuçları

Yapısal analiz sonuçları, modellerin fiili test sonuçlarına göre modellere uygulanan yüklerin ortalaması olarak yükler yüklenmiş ve deformasyon miktarları mm cinsinden belirtilmiştir. Tablo 6’ da tüm sandalye modellerinin deformasyon miktarları toplu halde gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Yapısal analiz sonuçları

Sandalye Modeli	Önden Arkaya		Yanal		Arkadan Öne	
	Maksimum Yük Değerleri (N)	ANSYS İlk Deformasyon Sonuç ( mm)	Maksimum Yük Değerleri (N)	ANSYS İlk Deformasyon Sonuç ( mm)	Maksimum Yük Değerleri (N)	ANSYS İlk Deformasyon Sonuç ( mm)
M1	978,6	42,5	889,6	53,9	1067,5	61,6
M2	2490,9	31,4	800,6	6,4	1037,9	7,3
M3	1334,4	53,0	1067,5	34,1	963,7	30,8
M4	2224,0	36,7	889,6	6,3	889,6	13,4
M5	1823,7	30,7	889,6	8,3	1378,9	9,0

M6	1645,8	39,0	1156,5	9,1	1000,8	12,6
M7	1779,2	49,6	934,1	19,5	1378,9	33,7
M8	1201,0	43,3	667,2	10,7	889,6	9,0
M9	1423,4	54,0	1378,9	30,2	1334,4	11,6
M10	1834,8	72,1	963,7	61,4	945,2	41,4

### Sandalye Modellerinde Mukavemet Geliştirici Çalışmalar ve Alınan Kararlar

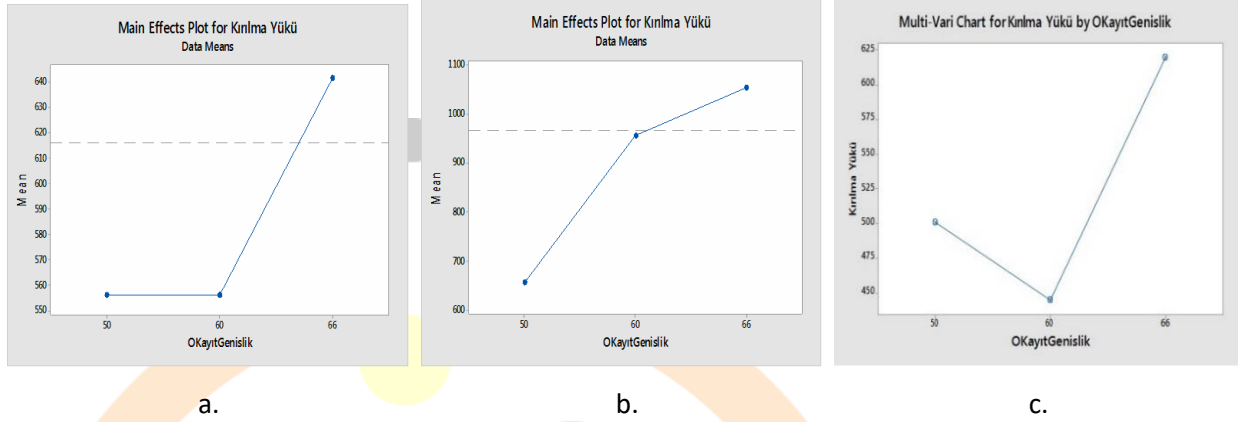
Sandalyeler 13 farklı geometrik özellikler itibarı ile incelenmiştir. Çoklu analizler için veri yapısının uygunluğuna bakılmış ve sandalyelerin geometrik özellikleri arasında korelasyonun önemli olduğu tespit edilmiştir. Çok değişkenli analizler yerine elde edilen veriler çoklu değişken analizlerine tabi tutulmuştur. Böylece doğru optimizasyon kararlarının verilmesine yardımcı olmak amaçlanmıştır. Bu sonuçlar Tablo 7’ de verilmiştir.

**Tablo 7.** 13 Farklı kesit geometri özelliklerindeki değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları

	OABoy	OA Boy	OA GenislikUst	OA GenislikAlt	AA Boy	AA Genislik	AA Kalınlık	SS Yan KayıtUst	SS Yan Kayıt Alt	O KayıtUzunluk	O KayıtGenislik	AA UstKayıt	AA Alt Kayıt	Sirt Ara Kayıt
OABoy	1,00	0,12	0,35	0,07	0,04	-0,43	0,62	0,63	0,29	-0,41	-0,57	-0,45	-1,00	
OA Genislik Ust	0,12	1,00	0,83	0,60	0,14	-0,17	-0,29	-0,29	-0,42	0,19	0,03	-0,35	*	
OA Genislik Alt	0,35	0,83	1,00	0,34	-0,31	0,04	0,08	0,00	0,12	-0,38	-0,35	-0,31	-1,00	
AA Boy	0,07	0,60	0,34	1,00	0,19	-0,27	-0,42	-0,16	-0,55	0,41	-0,18	-0,84	-0,97	
AA Genislik	0,04	0,14	-0,31	0,19	1,00	-0,58	-0,08	-0,01	-0,69	0,80	0,55	0,01	1,00	
AA Kalınlık	-0,43	-0,17	0,04	-0,27	-0,58	1,00	-0,14	-0,27	0,46	-0,36	0,25	0,36	-0,17	
SS Yan KayıtUst	0,62	-0,29	0,08	-0,42	-0,08	-0,14	1,00	0,94	0,54	-0,63	-0,48	-0,03	-1,00	
SS Yan Kayıt	0,63	-0,29	0,00	-0,16	-0,01	-0,27	0,94	1,00	0,36	-0,48	-0,59	-0,31	-1,00	
O Kayıt Uzunluk	0,29	-0,42	0,12	-0,55	-0,69	0,46	0,54	0,36	1,00	-0,90	-0,41	0,27	-1,00	
O Kayıt Genislik	-0,41	0,19	-0,38	0,41	0,80	-0,36	-0,63	-0,48	-0,90	1,00	0,65	-0,04	1,00	
AA Ust Kayıt	-0,57	0,03	-0,35	-0,18	0,55	0,25	-0,48	-0,59	-0,41	0,65	1,00	0,60	0,99	
AA Alt Kayıt	-0,45	-0,35	-0,31	-0,84	0,01	0,36	-0,03	-0,31	0,27	-0,04	0,60	1,00	1,00	
Sirt Ara Kayıt	-1,00	*	-1,00	-0,97	1,00	-0,17	-1,00	-1,00	-1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	

Yapılan çoklu değişken analizlerinde ön kayıt genişliğini 66 mm olmasının mukavemete olumlu yansıdığı görülmüş ve geliştirme kararlarına eklenmiştir. Şekil 5’ de de gösterilmiştir.

Şekil 5. Arkadan öne (a), önden arkaya (b) ve yanal test (c)

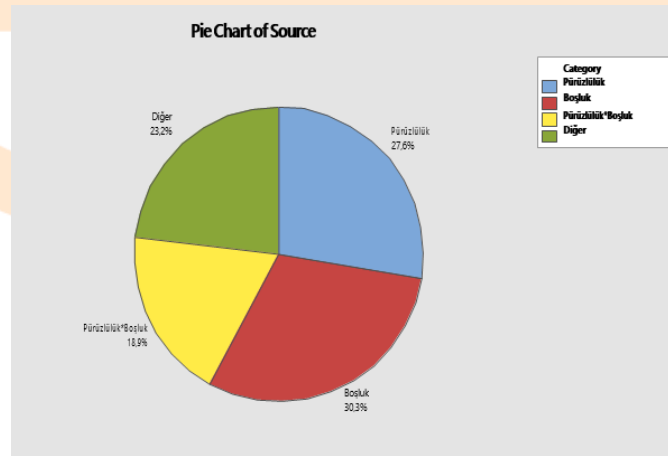


Geliştirme çalışmaları sonucunda alınan kararlar şunlardır:

**Karar 1:** Her 3 test sonucu da incelendiğinde ön kayıt genişliğinin 66 mm olmasının mukavemeti olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır. Yeni sandalyelerde ön ayak kayıt genişliğinin 66 mm olması sağlanacaktır.

Yapısal analizde tam anlamıyla çözülemeyeceği düşünülen bazı geliştirme önerilerinin deney tasarımı ile denenmesi ve geliştirme kararının buradan elde edilecek deney sonuçlarına göre verilmesi kararlaştırılmıştır.

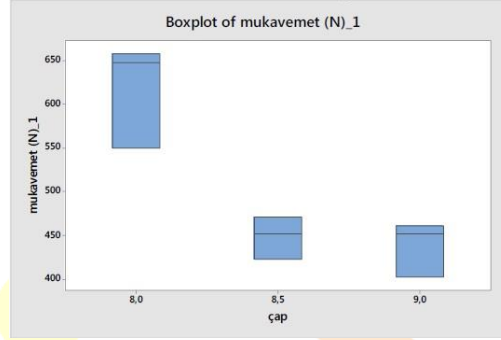
Yapılan deneylerde erkek zıvana yüzeyi (pürüzlü, pürüzsüz), erkek-dişi zıvana arasındaki boşluk (tolerans) miktarı (boşluksuz, 0,5 mm ve 1 mm boşluk) birer faktör (bağımsız değişken) olarak ele alınmıştır. 30 örneklilik numune ile yapılan tam faktöriyel testte elde edilen sonuçlar şu şekildedir. Zıvana yüzeyi, boşluk miktarı ve bu iki faktörün etkileşimi yapışma mukavemeti üzerinde etkili olmaktadır. Bu etkilerin düzeyi Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Faktörler ve yapışma mukavemetine etki düzeyleri

Yapışma mukavemeti %72 oranında açıklanmakta olup en büyük etki boşluk (30,3%), pürüzlülük (27,6%), etkileşim (18,9%) olarak elde edilmiştir.

**Karar 2 ve 3:** Zıvanaların üretilmesinde boşluksuz (toleransız) ve pürüzlü olarak üretimin devam ettirilmesine karar verilmiştir. Zamak dübel çapları 8 - 8,5 - 9 mm olarak 3'erli örnekler üzerinde teste tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar grafiksel olarak aşağıda verilmektedir. Şekil 7' de gösterilmiştir.



**Şekil 7.** Zamak dübel çapı ve mukavemet değerleri

**Karar 4:** Farklı zamak dübel çaplarında yapılan deney sonucunda elde edilen mukavemet değerlerine göre optimize edilmiş sandalyelerde zamak dübel çaplarının 8 mm olmasına karar verilmiştir. Bağlantı elemanı olarak kullanılan zamak dübel Şekil 8' de gösterilmiştir.



**Şekil 8.** Bağlantı elemanı olarak kullanılan zamak dübel

**Karar 5:** Genel olarak sandalyelerin kırılma noktası olan kayıt ve ayak bağlantı noktalarına metal köşe destek plakası konulmasına karar verilmiştir. Kullanılan metal köşebentler Şekil 9'da gösterilmiştir.



**Şekil 9.** Köşe destek metali ve bağlantı noktası

## Yapısal Analizlerde Geliştirilmiş Sandalye Deformasyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Yapısal analiz sonuçlarına göre, aynı yük miktarı altında güçlendirilmiş sandalye modellerinde önden arkaya, yanal ve arkadan öne yüklemelerde meydana gelen deformasyon miktarları ve yüzdesel azalmalar sırasıyla Tablo 8' de gösterilmiştir.

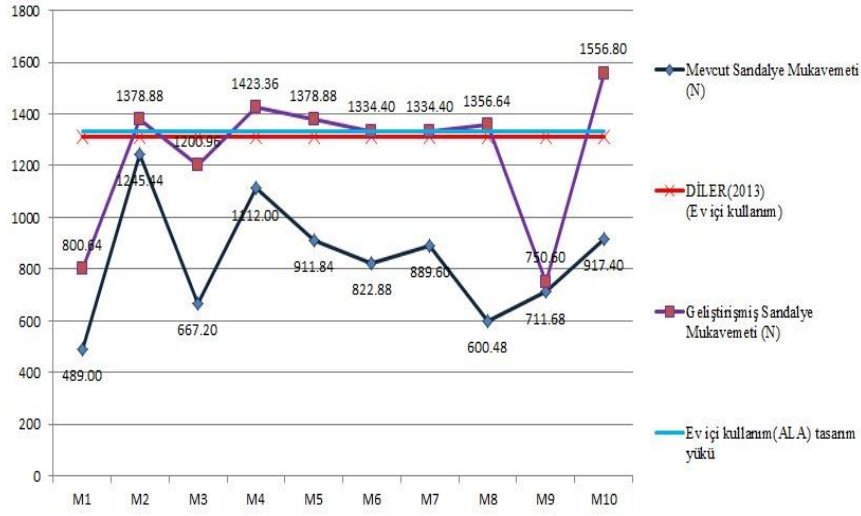
**Tablo 8.** Yapısal analiz önden arkaya, yanal ve arkadan öne yükleme test sonuçları

Yapısal Analiz Test Sonuçlar	Sandalye Modeli	Mevcut Mukavemet (N)	Yapısal Analiz Mevcut Deformasyon Sonucu (mm)	Geliştirilmiş Modelde Yapısal analiz Deformasyon Sonucu (mm)	Deformasyon Azalma Oranı (%)
Önden Arkaya Yükleme	M1	978,6	42,5	20,9	49
	M2	2490,9	31,4	17,5	56
	M3	1334,4	53,0	31,6	60
	M4	2224,0	36,7	21,1	57
	M5	1823,7	30,7	13,1	43
	M6	1645,8	39,0	20,6	53
	M7	1779,2	49,6	28,1	57
	M8	1201,0	43,3	15,7	36
	M9	1423,4	54,0	31,9	59
	M10	1834,8	72,1	42,6	59
Yanal Yükleme	M1	889,6	53,9	14,6	27
	M2	800,6	6,4	3,7	58
	M3	1067,5	34,1	10,4	30
	M4	889,6	6,3	3,3	52
	M5	889,6	8,3	4,8	58
	M6	1156,5	9,1	5,6	62
	M7	934,1	19,5	10	51
	M8	667,2	10,7	4,6	43
	M9	1378,9	30,2	11,8	39
	M10	963,7	61,4	30,4	50
Arkadan Öne Yükleme	M1	1067,5	61,6	34,1	55
	M2	1037,9	7,3	3,2	44
	M3	963,7	30,8	9,6	31
	M4	889,6	13,4	6,2	46
	M5	1378,9	9,0	5,3	59
	M6	1000,8	12,6	7,1	56
	M7	1378,9	33,7	16,9	50
	M8	889,6	9,0	3,1	34
	M9	1334,4	11,6	6,8	59
	M10	945,2	41,4	17,7	43

Sandalye modellerinin önden arkaya, yanal ve arkadan öne yüklemelerine ilişkin toplam deformasyon miktarı sonuçlarına bakıldığında, mevcut sandalye yapısal analiz test sonuçlarında elde edilen deformasyon miktarlarının, geliştirilmiş sandalye yapısal analiz test sonuçlarında elde edilen deformasyon miktarlarına oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Deformasyon miktarlarındaki düşüş, aynı yüke maruz kalan sandalyenin mevcut durumdaki deformasyon miktarına ulaşması için uygulanan yükün artmasına neden olacağı varsayılmış ve geliştirilen sandalyelerin önden arkaya, yanal ve arkadan öne yönde daha fazla yük taşıyabileceği öngörülmüştür.

## Geliştirilmiş Sandalye Modellerinin Fiili Testlerdeki Performansı

Çalışma kapsamında geliştirilmiş yeni sandalyeler için, 10 sandalye modeli, 3 yükleme yönü ve her modelden 5 yinleme olmak üzere toplam 150 adet sandalye üretilmiş testleri gerçekleştirilmiştir. Mevcut sandalye fiili test sonuçları ile geliştirilmiş sandalye önden arkaya fiili test sonuçlarını topluca gösteren grafik, Şekil 10’ da verilmiştir.

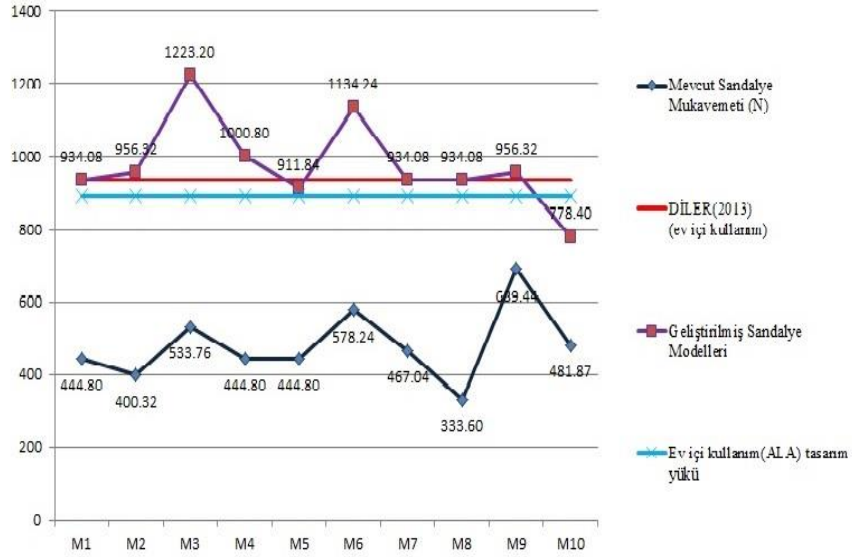


Şekil 10. Sandalye iskeletlerinin önden arkaya kuvvet taşıma değerleri

Sandalye modellerinin önden arkaya yöndeki devirli yüklemelere karşı göstermiş olduğu performans değerleri ile bu performans değerlerinin karşılaştırılması sonucunda, Diler (2013)’ e ve ALA’ da belirtilen kabul edilebilir yüklere göre M1, M3 ve M9 nolu modeller belirlenen sınıflandırmalardaki “ev içi” kullanım yüklerini sağlayamamıştır. Kalan diğer 7 sandalye modeli ise “ev içi” kullanım koşullarını sağlamışlardır. Bir başka ifade ile bu testlerdeki başarı oranı % 70 olarak gerçekleşmiştir.

Mevcut sandalye fiili test sonuçları ile geliştirilmiş sandalye yanal fiili test sonuçlarını topluca gösteren grafik, Şekil 11’ de verilmiştir.

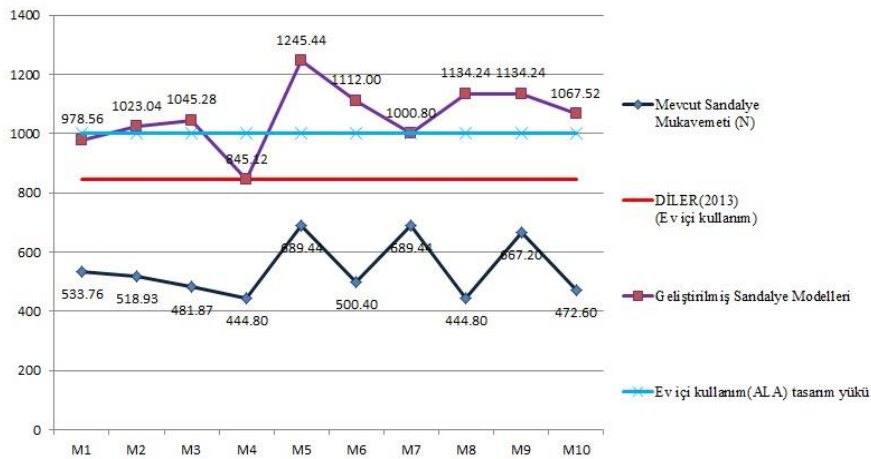




Şekil 11. Sandalye iskeletlerinin yanıl kuvvet taşıma değeri

Sandalye modellerinin yanıl yöndeki devirli yüklemelere karşı göstermiş olduğu performans değeri ile bu performans değeri karşılaştırılması sonucunda, Diler (2013)' e göre M5 ve M10 modelleri, ALA' da belirtilen kabul edilebilir yüklemeye göre ise sadece M10 nolu model belirlenen sınıflandırmalardaki “ev içi” kullanım yüklerini sağlayamamıştır. Kalan diğer sandalye modelleri ise “ev içi” kullanım koşullarını sağlamışlardır. Bir başka ifade ile bu testlerdeki başarı oranı Diler (2013)' e göre % 80, ALA' ya göre ise % 90 olarak gerçekleşmiştir.

Mevcut sandalye fiili test sonuçları ile geliştirilmiş sandalye arkadan öne fiili test sonuçlarını topluca gösteren grafik Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Sandalye iskeletlerinin arkadan öne kuvvet taşıma değeri

Sandalye modellerinin arkadan öne yöndeki devirli yüklemelere karşı göstermiş olduğu performans değerleri ile bu performans değerlerinin karşılaştırılması sonucunda, Diler (2013)' e göre tüm sandalye modelleri, ALA' da belirtilen kabul edilebilir yüklerle göre ise M1 ve M4 nolu modeller dışında kalan diğer sandalye modelleri belirtilen “ev içi” kullanım koşullarını sağlamışlardır. Bir başka ifade ile bu testlerdeki başarı oranı Diler (2013)' e göre % 100, ALA' ya göre ise % 80 olarak gerçekleşmiştir.

## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, Türkiye Mobilya Sektörü' nde önemli bir paya sahip olan üretici bir firma ile ortak olarak yapılmıştır. Çalışmadaki temel amaç, firma tarafından üretilen demonte sandalyelerin mukavemet açısından geliştirilmesi ve ev içi kullanımlar için gerekli yükleri karşılayabilecek sağlamlığa getirilmesidir.

Performans deneyleri sonucunda demonte sandalyelerde gözlenen deformasyon karakteristikleri ve elde edilen mukavemet değerlerinin yapısal analizleri sonucunda genel olarak görülen olumsuzlar;

- Kusurlu malzeme kullanımı,
- Uygun olmayan kesit geometrisi ve ölçüleri ile tasarımlar,
- Sandalye tasarımında yan, ön ve arka ara kayıtların kullanılmaması,
- Birleştirme noktalarındaki konstrüksiyonel ve uygulama hataları,
- Demonte bağlantı elemanlarının yetersizliği ve uygunsuzluğu,
- Köşe destek elemanlarının boyutsal ve şekilsel uygunsuzluğu

olarak özetlenebilir.

Deney sandalyelerinin gerçek kullanım koşulları altında gösterebilecekleri olası davranışlar, sandalyeler için geliştirilmiş olan bir deney yöntemindeki tasarım yük değerlerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Demonte olarak üretilmiş olan bu sandalye modellerinin hiçbirisi mevcut durumda iken hafif kullanım yüklerini karşılayamamışlardır, Buna göre, yapılan geliştirme çalışmalarından sonra bu demonte sandalye iskeletleri mukavemet açısından, ev içi kullanımlar için uygun hale getirilmiştir.

Performans deneyleri sonuçlarına göre, demonte sandalye iskelet sistemlerinde kritik noktalar birleştirmeler olmaktadır. Diğer bir deyişle, birleştirmelerin mukavemeti tüm sistemin mukavemetini temsil etmektedir, Buna göre, mekanik dirençleri yüksek olan malzemeler ile daha güçlü birleştirmeler ve dolayısıyla daha mukavemetli mobilya sistemleri elde etmek mümkün olabilir.

Demonte olarak üretilen mobilyaların monteli mobilyaların mukavemetine yaklaştırılması gerekmektedir. Yapısal analiz programı kullanarak ürün giriş sürecini kısaltmak ve zayıf olan noktaların tesbitinde kullanmak günümüz teknolojisinde zorunluluk halini almakta olduğu söylenebilir.

Performans deneylerini de kapsayan ürün mühendisliği yöntemlerinin, mobilya mukavemet analizinde uygulanabileceği ve böylece kaliteli, estetik ve ekonomik çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalar üretileceği söylenebilir. Çalışma sonucunda, masif ağaç malzemelerden üretilecek demonte sandalye iskeletlerinin mukavemet analizi için gerekli olan veriler elde edilmiştir. Bu veriler üretici firma tarafından gelecek yıllarda üretilmesi düşünülen demonte sandalyelere standartlaşma sağlayabilecektir.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Sonuç olarak, mobilyada kalite göstergesi estetik ve dayanım olduğundan, geliştirilen yöntemler ve performans deneyleriyle, ülkemiz mobilya endüstrisi Avrupa standartları kalitesinde hatta daha kaliteli mobilyalar üreterek ülkemiz ekonomisine katkıda bulunulacağı söylenebilir.

## Teşekkür

Bu bildiri, birinci yazarın Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamladığı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir (Uçmak, 2016). Çalışma Türkiye Mobilya Endüstrisinde faaliyet gösteren Bellona Mobilya Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasıyla ortak olarak yürütülmüştür.

Bu çalışmayı 1501-Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı (Proje No: 3130546) kapsamında destekleyen TÜBİTAK' a ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Projeleri Ofisine (Proje No: 14/025) teşekkür ederiz.



## Kaynakça

- Altınok, M., (1995). Sandalye tasarımında gerilme analizine göre mukavemet elemanlarının boyutlandırılması. Doktora Tezi, G. Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 38-47
- American Library Associations (ALA), (1982). The Use of Performance Tests and Quality Assurance Programs in the Selection of Library Chairs. *Library Technology Reports*, 18, 5: 483–571.
- Diler, H. (2013). Mühendislik tasarımı yaklaşımı ile farklı tiplerdeki ev sandalyelerinin mekanik performanslarının değerlendirilmesi. Doktora Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Eckelman, C. A. (1971). Shear strength of dowel joints. *Purdue University Paper*, 4567, 24–28.
- Eckelman, C. A. (1988). Performance testing of furniture, part II, a multipurpose universal structural performance test method. *Forest Product Journal*, 38 (4), 13–18.
- Eckelman, C. A. (1995). Performance test concepts. *Library Teknology Reports*, 124-154.
- Eckelman, C. A. (1999). Performance testing of side chair. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 57: 227–234.
- Eckelman, C. A. Erdil, Y. Z. (1999). Furniture engineering and quality of life. I. International Furniture Congress, İstanbul, 306-332.
- Eckelman, C. A. Erdil, Y. Z. (2001). General Services Administration Upholstered Furniture Test Method – FNAE 80 – 214 , A Description of the Method with Drawings. Purdue University, Department of Forestry and Natural Resources, Extension Publication Fnr – 176, 1159 Forestry Bldg., West Lafayette, 47907, Indiana, USA.
- Eckelman, C. A. Zhang, J. L. (1995). Uses of the general services administration performance test method for upholstered furniture in the engineering of upholstered furniture frames. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 53(4): 261–267.
- Efe, H. (1994). Modern mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında geleneksel ve alternatif bağlantı tekniklerinin mekanik davranış özellikleri. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erdil, Y, Z. (1998). Strength analysis and design of joints of furniture frames constructed of plywood and oriented strand-board, master of science. Purdue University Graduate School, West Lafayette, Indiana, USA, 1-9.
- Güray, E. Ceylan, E, & Kasal, A. (2022). Weight–strength optimization of wooden household chairs based on member section size. *Maderas-Cienc Tecnol*, 24.
- Kasal, A. (2004). Masif ve kompozit ağaç malzemelerden üretilmiş çerçeve konstrüksiyonlu koltukların performansı. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kuşkun, T. (2013). Zıvana ölçülerinin ve yüklenme tipinin sandalye mukavemetine etkileri ve gerçek deney sonuçlarının sonlu elemanlar analizi sonuçlarıyla karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Kuskun, T. Kasal, A. Haviarova, E. Kilic, H. Uysal, M. Erdil Y. Z. (2018). Relationship between static and cyclic front to back load capacity of wooden chairs, and evaluation of the strenght values according to acceptable desing values. *Wood and Fiber Science*, 50(4):1-9.
- Likos, E. Haviarova, E. Eckelman, C. A. Erdil, Y. Z., Özçiftçi, A. (2012). Tecnical note: Static versus cyclic load capacity of side chairs constructed with mortise and tenon joints. *Wood Fiber Sci* 45(2):223-227.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Smardzewski, J. Gawronski, T. (2001). Fem algorithm for chair optimisation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 4, I, 2, 01.

TS ISO 13061-1. (2021). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - bölüm 1: fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi. T.S.E. Ankara.

TS ISO 13061-2. (2021). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - bölüm 2: fiziksel ve mekanik deneyler için yoğunluğun belirlenmesi. T.S.E. Ankara.

TS ISO 13061-3. (2021). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri - Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 3: Statik eğilmede nihai mukavemet tayini. T.S.E. Ankara.

TS ISO 13061-4. (2021). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri - kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - bölüm 4: statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini. T.S.E. Ankara.

TS ISO 13061-6. (2021). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri - kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - bölüm 6: liflere paralel nihai çekme geriliminin tayini. T.S.E. Ankara.

TS ISO 13061-17. (2019). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – küçük kusursuz odun numuneleri için deney yöntemleri – bölüm 17: liflere paralel basınç altında nihai gerilimin belirlenmesi. T.S.E. Ankara.

Uçmak, A. (2016). Demonte olarak üretilmiş çeşitli tiplerdeki ev sandalyelerinin mukavemet özelliklerinin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

ICOMNAS

## Kırsal Mirasın Sürdürülebilirliği Üzerine Bir Araştırma: Gölcük İlçesi Nüzhetiye Mahallesi Örneği

*Fatma Azize Zülal AYDINOL<sup>1</sup>*

### Özet

Günümüzde nüfus artışında yaşanan hızlanma, kırsaldan kente orantısız göç, tüketim alışkanlıklarının farklılaşması, teknolojinin gelişmesiyle yapım tekniklerinin gelişmesi ve malzemeye kolay ulaşım gibi sebeplerden ötürü kentsel yerleşmelerde, betonarme yapılar çoğalmakta ve yapı çevreler her geçen gün birbirlerine benzemekte, bölgeler özgün ve yerel doku kimliklerini kaybetmektedir. Hızla büyüyen kentler, tek tip ve kimliksiz yapılar ile dolmaktadır. Ülkemizdeki kırsal yerleşmelerde de, buldukları fiziksel ve sosyal çevreyle uyumlu, kendi kimliğini bulmuş, halk mimarisi ile yapılmış yapılar günden güne kaybolmaktadır. Yerel malzemeyi önemsiz kılan, bulunduğu çevreye ait hiçbir özelliği bulunmayan betonarme yapılar artmaktadır.

Uzmanlar, hem kentlerde hem kırsal alanlarda mevcut yerleşme ve gelecekteki yerleşme sorunları ile iyileştirme önerileri üzerine tartışmakta, bu konuda kırsal yerleşmelerdeki uygulamaların çözüm olabileceği düşünülmektedir. Fiziksel çevreye ve toplum yapısına göre farklılaşabilen ve uyum gösteren, doğru planlama kararlarının uygulandığı, yerel mimari kullanımını yaygın olduğu bu yerleşmeler mercek altına alınmaktadır.

Bu araştırma kapsamında, tarihi geçmişi, kültür varlıkları ve eşsiz doğasıyla ön plana çıkan Kocaeli İl'i Gölcük İlçesi Nüzhetiye Mahallesi kırsalında konumlanan geleneksel yapıların genel durumları kırsal mimari/yerel mimarlık konuları gözetilerek incelenmiştir. 2018 yılında yapılan saha araştırması, 2013 yılında Gölcük Mimari Miras adlı kitapta da yer alan ve aynı bölgede incelenen yapılar üzerinden olmuştur. Geçmişten günümüze kıyaslama yoluyla yapılan ve incelenen yapıların son durumlarının belgelenmesini içeren bu araştırmanın bölgeye ait kırsal mimarlık mirasının korunmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Gölcük, Nüzhetiye, Kırsal Mimari, Kırsal Miras, Koruma

<sup>1</sup> Doktora Öğrencisi, Kocaeli Üniversitesi, azizeaydinol@gmail.com, Mimarlık, ORCID: 0000-0002-3463-6985

## GİRİŞ

Küreselleşen dünyada, teknolojinin de etki ve getirileriyle kentlerde tek tip ve çarpık yapılaşma hızla artmaktadır. Yapıların yerel ve özgün mimari kimlikleri, içinde kültürü ve geçmiş tarihi de barındıran biricik özellikleri günden güne kaybolmaktadır. Hızlı ve orantsız büyüyen kırsal yerleşim yerlerinde de, yerel malzemelerden, kerpiç, taş, briket veya tuğla, yapılmış yapılar yerine modern yapı malzemeli, betonarme vb. yapıların tıpkı kentlerde olduğu gibi arttığı gözlemlenmektedir. Kırsal yerleşmelerden kentlere doğru artan göç de geleneksel evlerin zaman içinde boş kalmasına neden olan ve sürdürülebilirliğine zarar veren bir unsur olarak görülmektedir.

Kırsal mimariyi koruma ve sürdürülebilirliği üzerine ulusal ve uluslararası alanda çeşitli çalışmalar yürütülmektedir: 1964 yılında yürürlüğe giren, ülkemizde de kabul gören, tarihi yapıların, kültür varlıklarının korunması ve restorasyonu hakkında bir anlaşma olan “Venedik Tüzüğü” bu çalışmalardan ilk akla gelenlerdendir. Tüzüğün ilk maddesinde, belli bir uygarlığın, önemli bir gelişmenin, tarihi bir olayın tanıklığını yapan kentsel ya da kırsal bir yerleşmenin de tarihi kültür varlığı olarak görülebileceği ifade edilmektedir. Kırsal mimarinin korunmasının önemine vurgu yapılan bir başka çalışma, 1977 yılında Granada’da gerçekleştirilen “Bölgesel Planlama İçinde Kırsal Mimari” adlı sempozyumdur. Sempozyumda kırsal mimarinin somut ve somut olmayan değerleri “Yaşamsal belleğin göstergesi” olarak nitelendirilmiş, bütüncül şekilde korunmasına vurgu yapılmıştır (Akyüz Levi, Taşçı, 2017: 366). Kırsal alanların korunması için Avrupa Konseyi bünyesinde kurulan ve disiplinler arası çalışmaları da hedefleyen “Traditional Rural Architecture: A Strategy for Europe”, “European Rural Heritage Observation Guide” vb. komisyonlar da bu amaca hizmet ettikleri için örnek olarak verilebilir.

Ülkemizde geleneksel kırsal mimarinin kültür varlığı olarak görülmesi ve korunması, 1989 yılında onaylanan 1985 tarihli Avrupa Mimari Mirasının Korunması Sözleşmesi’nin 10. maddesinin 4. fıkrasında belirtilmektedir (Avrupa Konseyi, 1985).

Literatür araştırmaları kapsamında, kırsal mimari üzerine ülkemiz coğrafyasında da çok çeşitli çalışmalar mevcuttur. Nüzhetiye Mahallesi ile ilgili yapılan iki önemli çalışma ön plana çıkmaktadır. Bunlardan ilki, bir tez çalışması olan ve Nüzhetiye Mahallesi’ne ait maddi-manevi alandaki halk kültürü ürünlerini kendi bütünlüğü içinde derlemeye dayalı “Nüzhetiye (Döşeme) Köyü Monografisi” adlı bir alan çalışmasıdır (Gökçe, 2018). Çalışma için, mahalleye ait kültür unsurlarının derlenmesine 21 Aralık 2015 tarihinde başlanmış, 31 Aralık 2017 yılına kadar devam etmiştir. Çalışmada amaçlanan, Nüzhetiye Mahallesi’nin unutulmaya yüz tutmuş kültürünü yaşatmak ve devamlılığını sağlamaktır (Gökçe, 2018).

2011-2013 yılları arasında, Kocaeli’nin Gölcük sınırları içinde yapılan bir başka alan çalışmasında, çoğunluğu 19. yüzyıl sonları ve 20. yüzyıl başlarına tarihlenen geleneksel yöntemlerle yapılmış 489 adet yerel mimarlık örneği araştırılıp, “Gölcük Mimari Miras Kitabı” adı altında toplanmıştır (Köksal, 2013). Antik dönemden bu yana günümüze ulaşan yapılar haritalar eşliğinde düzenlenmiştir. Gölcük’ün çeşitli mahallelerinde yapılan bu geniş kapsamlı araştırma, Nüzhetiye Mahallesi’nde de toplam 36 adet kırsal yapının varlığından bahseder. Bu çalışma da, aynı bölgeye gidilerek kitapta yer alan yapıların son durumları ortaya konulmuştur. Böylece kırsal mirasın sürekliliği ve korunumu bağlamında gelecek araştırmalara da bir katkı olacağı düşünülmektedir.

## YÖNTEM

Bu çalışmada, Kocaeli İl’i Gölcük ilçesi Nüzhetiye Mahallesi kırsalında konumlanan geleneksel yapıların genel durumları kırsal mimari/yerel mimarlık konuları gözetilerek incelenmiştir. 2018 yılında yapılan saha araştırması, 2013 yılında yayınlanan “Gölcük Mimari Miras” adlı kitapta yer alan ve aynı

bölgede 2011 yılında incelenen yapılar üzerinden olmuştur. İncelenen yapılar Nüzhetiye Mahallesi'nin üç farklı bölgesinde bulunmaktadır. Bunlar: Merkez, Sakarbiçki Mevkii ve Kuzey Bölgesi'dir. Bunun için yerinde gözlem ve fotoğraflama ile bir saha araştırması yapılmıştır. Ayrıca mahalle sakinleri ve mahalle muhtarı ile görüşmeler yapılmıştır. Literatür ve arşiv taraması da kullanılan diğer başlıca araştırma metotları olarak sıralanabilir. Geçmişten günümüze kıyaslama yoluyla yapılan ve 36 adet kırsal yapının incelenerek son durumlarının belgelenmesine dayanan bu araştırma ile bölgeye ait kırsal mimari dokunun ve kırsal mirasın sürekliliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## Nüzhetiye Mahallesi Hakkında Genel Bilgiler ve Coğrafi Özellikleri

Nüzhetiye Mahallesi, Kocaeli'nin Gölcük ilçesinde bir köydür. Hükümetin 12.11.2012 tarihinde çıkardığı 6360 sayılı Kanun ile köylerin mahalle olarak değiştirilmesi sonucu artık Nüzhetiye Mahallesi olarak nitelendirilmektedir (Resmî Gazete, 2012). 2018'de yapılan saha araştırmasında tabelalarda köy yazıldığı görülmüştür.



Şekil 1. Nüzhetiye Mahallesi'nin Konum Haritası

Nüzhetiye Mahallesi, bir Gürcü Köyü olmasından dolayı Gürcü gelenek ve görenekleri hâkimdir. Mahalle büyükleri arasında genellikle Gürcüce konuşulmaktadır. Ermenilerle birlikte Lazların da yaşadığı mahalle eğitim seviyesi en yüksek köy olarak nitelendirilmektedir. Bundan dolayı hemen her yıl bölgede örnek mahalle olarak seçilmektedir. Mahalle daha önceleri tipik bir emekli köyü görünümündeyken, yaşanan 1999 Gölcük depreminden sonra çevre il ve ilçelerde yaşayan köylülerin dönmesi sonucu nüfusu artmış ve gençleşmiştir (Gürcistan Dostluk Derneği). Yılda iki kez olan Gürcü festivali bire düşürülmüştür ve yaza doğru yapılmaktadır. 2016 yılında, 15 Temmuz Darbesi yüzünden yapılmamıştır.

## Nüzhetiye Mahallesi'nin Tarihçesi

Nüzhetiye Mahallesi, 1877–1878 Osmanlı-Rus Harbi dolayısıyla, 1893 yılında, Artvin ili Murgul'a bağlı Baga, Başköy, Kordet, Durça, Ozmal ve Gurbin köylerinden İzmit'e göç eden Gürcü muhacirleri tarafından kurulmuştur. Devrin Padişahı Sultan Abdülhamit tarafından köy halkını Hopa İskelesi'nden vapurla İzmit Saraylı Köyü'ne iskân ettirmiştir. Orada bir müddet oturmuşlar, sıtmadan dolayı şimdiki ismi Nüzhetiye, eski ismi Döşeme olan köyü dağ içinde kurmuşlardır (Gölcük Kültürel Miras Ofisi). “Nüzhet” Arapça kökenli bir kelime olup; eğlenme, gönül açacak yere gidip gezme, tazelik, sevinç, ferah anlamlarına gelmektedir. Nüzhetiye' de buna bağlı olarak eğlenilecek, sevinçli, ferah yer anlamlarına gelmektedir. (Galitekin, 2005:262). Eski mahalle sakinleri “Büyük Döşeme” ismini de kullanmaktadır (Gökçe, 2018:32). 1588 yılında İzmit'e gelen ve Nüzhetiye Köyü'nü de ziyaret



ederek burada konaklayan Reinhold Lubenau adlı seyyahın notlarında, köyün adı “Nasockli” olarak kaydedilmiştir (Lubenau, 2012:523).

1919 yılında Nüzhetiye Mahalle’si, 80 hane ve 539 nüfuslu bir köydü. Günümüzde Nüzhetiye’nin Sakarbiçki Mevkii’ si olarak bilinen bölgesi de Osmanlı’nın son zamanlarına kadar köy statüsünde idi. Köy sakinleri yaklaşık 300 yıl kadar önce Sapanca gölü-Marmara denizi kanal açma teşebbüsü sırasında Doğu Anadolu’dan getirilerek bu civara yerleştirilen Ermeniler ’den oluşmaktaydı. 1895’te Köyün Halil Paşa Vakfiyesinde ve diğer vesikalarda geçen ismi Sakarbiçkisi’ dir. Zamanla dilde Sakarbiçki ’ya dönüşmüştür (Gürcistan Dostluk Derneği).

Nüzhetiye’nin Tarihi Cami’sini Sultan Abdülhamit Han’ın başmabeyincisi Hacı Ali Paşa yaptırmıştır. Camiye sonradan konulan Latin harfleriyle yazılı bir kitabede inşasının 1878’de başlayıp 1880’de bittiği kayıtlıdır. Camii 1927 senesinde restore edilmiş ve büyütülmüştür (Gürcistan Dostluk Derneği). Cami ile ilgili son görseller (2018 yılına ait) ilgili bölümde sunulmuştur.

## Nüzhetiye Mahallesi’ nin Coğrafi Özellikleri

Nüzhetiye Mahallesi, Gölcük Merkez’ in 11,4 km güneyinde olup, deniz seviyesinden 405 metre yüksekliktedir. Yüz ölçümü 8,92 km<sup>2</sup>’dir. Kuzeyde Hasaneyn Mahallesi, doğuda dağlık ve ormanlık alanlar ile Yeni Ferhadiye Mahallesi, batıda Ümmiye, Siyretiye ve Mamuriye Mahalleleri ile çevrilidir. Güneyinde Samanlı Dağları bulunur. Bu dağlardan doğan Kopuk Deresi merkezin kuzeyine doğru giderek Karaağaç Mevkii’ne ulaşır. Maden Deresi ise mahallenin güneyine ulaşır. Nüzhetiye Mahallesi, birbirlerine yaklaşık 1,5 km mesafede bulunan merkez ve Sakarbiçki Mahallesi olarak ikiye ayrılmaktadır (Gölcük Kültürel Miras Ofisi). Araştırmada ise mahalle, Kuzey Bölgesi’ de olmak üzere toplam üç bölge olarak ele alınmıştır.



Şekil 2. Nüzhetiye Mahallesi’ nin Genel Görünümü, 2018

## Nüzhetiye Mahallesi’nde Halkın Geçim Kaynağı ve Bitki Örtüsü

Mahalle halkı geçimini, tarım ve hayvancılıktan ziyade çevre il ve ilçelerde çalışarak veya ticaret yaparak sağlamaktadır. Çoğu genç, üniversite eğitimi için aileleriyle birlikte mahalleyi terk etmiştir. Bu bir yandan halkın eğitim seviyesini arttırmış bir yandan nüfusu düşürmüştür (Sertoğlu, 2018). Nüzhetiye Mahallesi’nin civarda eğitim seviyesi en yüksek mahalle olarak bilinmesinin nedeni de budur.

Bütün evler bahçelidir ve meyve ağaçları vardır. Özellikle kayın ve kestane ağaçları çok sayıdadır. Üzüm yetiştiriciliği, koruculuk, hayvancılık (küçükbaş, büyükbaş ve arıcılık) yapılmaktadır.

Tarım faaliyetleri daha azdır. Nisan ve mayıs aylarından itibaren mahallenin nüfusu artmaktadır. Kışın ise halk başka il veya ilçelerdedir.

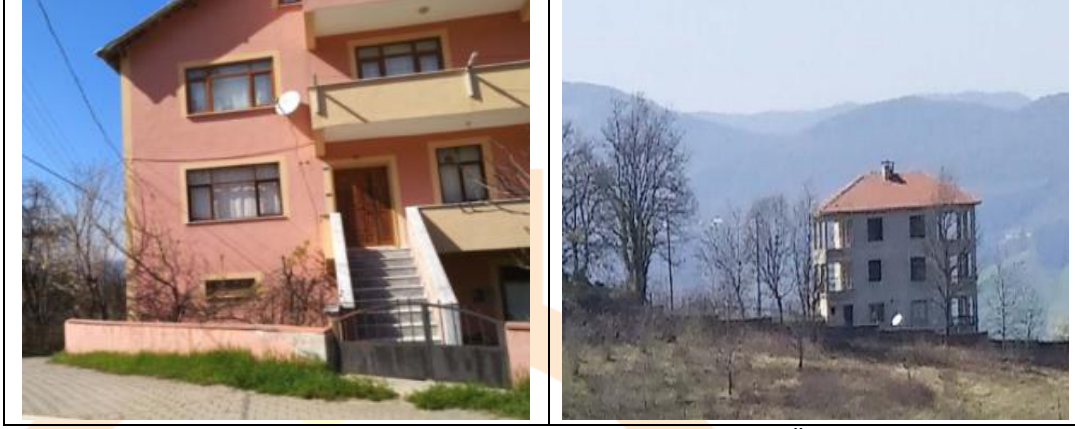


Şekil 3. Nüzhetiye Mahallesi – Hayvancılık ve Tarım Faaliyetleri, 2018

### Nüzhetiye Mahallesi'nde Yapıların Genel Durumu

Mahallede hem eski hem yeni yapılar mevcuttur. Bazı eski evler ve yapılar kaderlerine terk edilmiş, yenileme çalışmaları yapılmamıştır. Yeni inşa edilmiş yapılar, havuzlu müstakil evler sayıca az da olsa vardır. Mahalle halkından edinilen bilgiye göre özellikle depremde sonra merkez bölgesinde

betonarme, 3-4 katlı yapılar yapılmıştır. Araştırma sırasında yapımı devam eden betonarme yapılar da gözlemlenmiştir. Aşağıdaki örnekler bunlardan bazılarıdır. Mahallede, 2007’de 197 olan nüfus, 2011 yılında 160 olmuştur. 2018 itibariyle hane sayısı 285, nüfus 360 olmuştur. Depremden çok az etkilenen Nüzhetiye Mahallesi 11 kayıp vermiştir.



Şekil 4. Nüzhetiye Mahallesi – Betonarme Yapı Örnekleri, 2018

## Nüzhetiye Mahallesi’nin Diğer Özellikleri

Nüzhetiye Mahallesi yemyeşil doğası ve temiz havasıyla, irili ufaklı dereleri ve şelalesi ile yerli ve yabancı turistler için cazip bir nokta olmuştur. Trekking alanı ve yine burada bulunan alabalık restoranı bu mahallenin ününü arttıran unsurlardır. Restoran 20 yılı aşkın süredir faaliyettedir. 2018 yılları içinde muhtarlık görevini yürüten Mehmet Sertoğlu, mahallede bir ilkokulun bulunduğunu fakat kapalı olduğunu belirtmiştir. İlerleyen yıllarda okulun müze yapılacağı bilgisi alınmıştır. Mahallede sağlık evi veya ocağı yoktur. Saha araştırması sırasında, mevcut yapının kullanılmadığı görülmüştür.



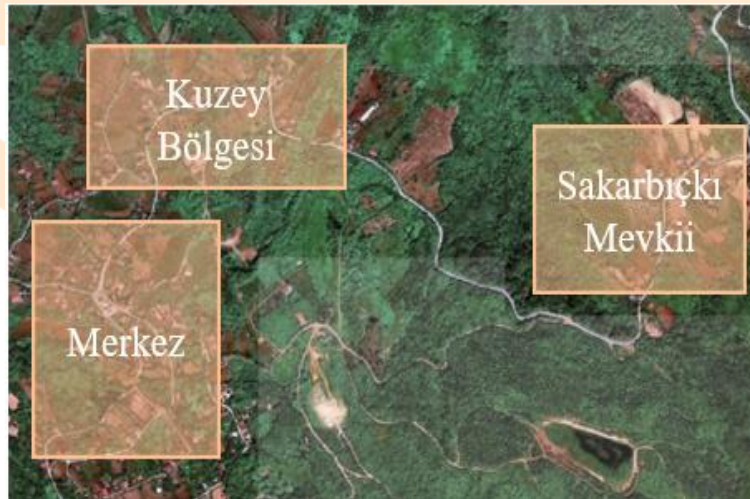
Şekil 5. Nüzhetiye Mahallesi – Alabalık Restoranı, 2018



Şekil 6. Nüzhetiye Mahallesi Genel Görünümü – Dere ve Şelale, 2018

### Alan Araştırması için Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Bölgeler

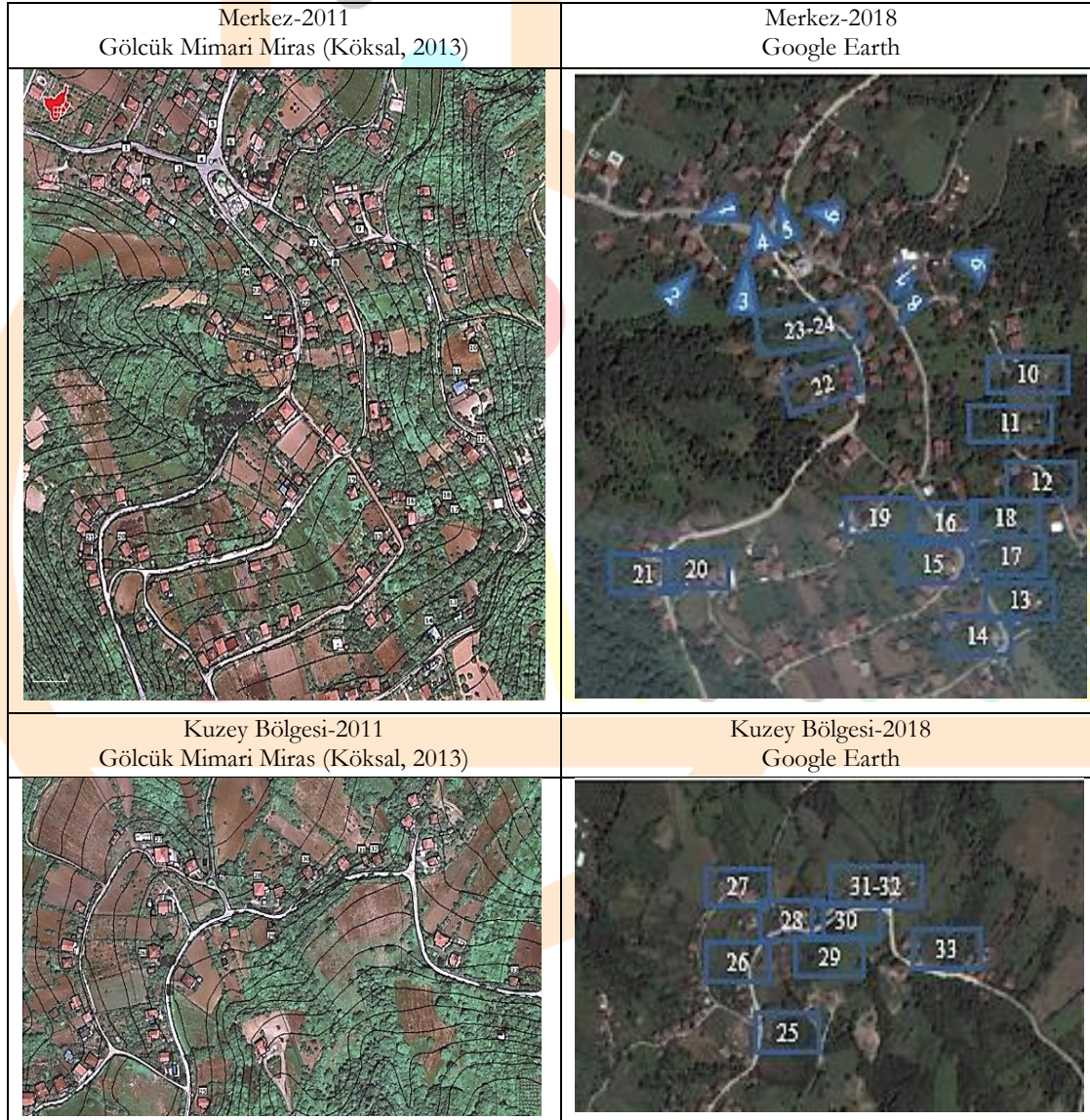
Araştırma için Nüzhetiye Mahallesi'nin Merkez, Sakarbiçki Mevkii ve Kuzey Bölgesi'ndeki kırsal mimari ile yapılan yapılar araştırılmıştır.



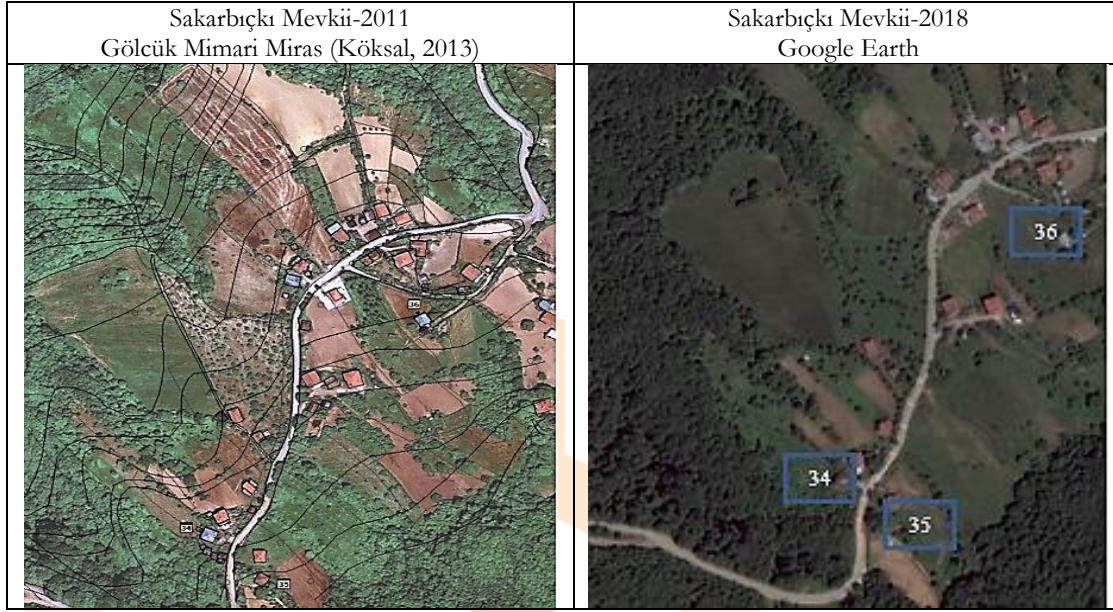
Şekil 7. Nüzhetiye Mahallesi'nin Bölgeleri, 2018

Aşağıdaki haritalardan (Şekil 8. ve 9.) sol sütundakiler Gölcük Mimari Miras kitabında bulunan ve 2011 yılında Nüzhetiye Mahallesi'nde incelen yapıları gösteren haritalardır. Sağ sütundakiler ise, Google Earth üzerinden aynı binaların numaralandırılmış durumlarıdır. Böylece öncelikle 2018 yılı itibariyle yapıların var olup olmadıkları tespit edilmiştir.

Çatı kaplaması yenilenen yapılar, uydu görüntülerinden belli olmaktadır (genelde alüminyum kullanılmıştır) ve Sakarbiçki Mevkii 'de diğer bölgelere oranla daha fazladır. Bazı yapıların çok eski de olsa varlıklarını koruduğu görülmüştür. Bazılarının kaderlerine terk edildikleri, bazılarında yenileme çalışmalarının çok az yapıldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 8. Nüzhetiye Mahallesi Merkez ve Kuzey Bölgesi – Araştırma Sahası ve İncelenen Yapıların Harita Üzerinde Gösterimi



Şekil 9. Nüzhetiye Mahallesi Sakarbiçki Mevkii – Araştırma Sahası ve İncelenen Yapıların Harita Üzerinde Gösterimi





### Çalışma Kapsamında Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar

Aşağıda tablolar halinde oluşturulmuş yapı incelemelerinde, 2011 yılına ait görseller ve “İnceleme” yazısının haricinde bulunan numaraları belirtilmiş yapı bilgileri “Gölcük Mimari Miras” adlı kitaptan alınmıştır (Köksal, 2013). Bu çalışmada ise, söz konusu mahalledeki aynı yapılarda 2018 yılında inceleme yapılmış ve görselleri çekilmiştir.

Araştırmada yapıların özellikleri ve çeşitleri belirtilmiş, 2018 yılı itibarıyla, 36 adet kırsal yapının devamlılığına bakılmıştır. Yapıların büyük bir çoğunluğu kırsal konut yapısı olmakla birlikte, mahalle için önem arz eden ve tarihi değeri olan Tarihi Camii’ de incelenmiştir. Bunun dışında kırsal alanlarda sıklıkla bulunan serender ve ahır yapıları, ya da zaman içinde depolama alanı olarak işlev gören yapılarda incelenmiştir.

Kırsal mahallelerde bulunan yapıların yerleşim planı ve mimari özellikleri, o mahallenin sosyokültürel ve sosyoekonomik düzeyinin de bir yansımasıdır. Bu tarz çalışmalar için mahalle hakkında kapsamlı bir araştırma yapmak (tarihçesi, eğitim düzeyi, kültür araştırmaları, coğrafi özellikleri vs.) sakinlerinden veya yetkili kişilerden, çeşitli kaynaklardan bilgi toplamak gibi çabalar gereklidir. Yapılan bu çalışmada da bu adımlar gözetilmiştir.

**Tablo 1 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011	
<p><b>1 Numaralı Yapı:</b> Merkeze giderken yol üstünde bulunan yapıdır. Geleneksel sistemle inşa edilen mahalledeki ilk yapıdır. Aynı parselin içinde iki betonarme yapı ve iki serender bulunmaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	
<p><b>İnceleme-2018:</b> Hem arkadaki betonarme yapı hem de öndeki yapı kullanılmaktadır. Betonarme yapının dış cephe boyası yenilenmiştir. İki yapıda aynı kişiye aittir.</p>	 <p>2018</p>	
<p><b>2 Numaralı Yapı:</b> “Yapı ahşap karkas sitem arası dolu tuğla dolgu inşa edilmiş ve sıvanmıştır. Bodrum, zemin ve bir kattan oluşmaktadır. Kıрма çatısı vardır. Yapının ek betonarme kısmı vardır” (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı kullanılmaktadır. Sahibi Mevlüt Kalyoncu'dur ama vefat etmiştir. Eşi yaşamaktadır. Evin içi de incelenmiştir. Yapı 2011'e göre yenilenmiştir.</p>	 <p>2018</p>	

**Tablo 2 – Nüzhetiye Mahallesi’nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011
<p><b>3 Numaralı Yapı:</b> Serenderi olan ve geniş bir bahçede bulunan yapıdır. Bodrum ve zemin kattan oluşur. Yapının duvarları, yağma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı ve düz örgülü tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Giriş kapısının üstü kırma çatı uzatılarak örtülmüştür. Yapı kullanılmaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Duvarların üzeri sıva ile kapatılmıştır, yapı kullanılmaktadır.</p>	<p>2018</p> 
<p><b>4 Numaralı Yapı:</b> “Meydan komşuluğunda bahçe içinde bulunan bu yapı, yağma taş üstüne ahşap karkas sistem arası dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Yapı sıvalıdır. Bodrum ve zemin kattan oluşmaktadır” (Köksal, 2013).</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı değişmemiştir, kullanılmaktadır. Giriş kapısı ahşap taşıyıcıların desteği ile kırma çatı tarafından 3 numaralı yapıda olduğu gibi örtülmüş durumdadır.</p>	<p>2018</p> 



**Tablo 3 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011
<p><b>5 Numaralı Yapı:</b> Tek katlı, iki dükkândan oluşan yol üzerinde bulunan yapıdır. Yığma briket ile inşa edilmiştir. Kıırma çatıya sahiptir. Giriş cephesi sıvalıdır (Köksal, 2013)</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı yaz dönemine doğru kullanılmaktadır. İçinde birtakım eşyaların depolandığı görülmüştür.</p>	<p>2018</p> 
<p><b>6 Numaralı Yapı:</b> Zemin ve bir kattan oluşan, yığma taş üstü sıvalı yapıdır. Dar bir terasa sahiptir. Meydana bakan ve mahalle okulunun batısındaki kuzeydoğu yönünde yamaca oturmaktadır (Köksal, 2013)</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Konut yapısının camları kırık ve eskimiştir. Yanında Gölcük Belediyesi'nin yaptırmış olduğu çeşme vardır. Merkez Cami'nin karşısında bulunmaktadır. Yapı kullanılmamaktadır.</p>	<p>2018</p> 



**Tablo 4 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011	
<p><b>7 Numaralı Yapı:</b> Yamaca oturan ve yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı örgülü dolu tuğla ile inşa edilen yapının kullanımı sürmemektedir (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	
<p><b>İnceleme-2018:</b> Altı samanlık olarak kullanılan bu evin pencere ve çerçeveleri yenilenmiştir. Yapı boştur. İnceleme sırasında iki farklı cephenin fotoğrafı çekilmiştir. Yapı da giriş kapısının kırma çatının uzatılarak örtüldüğü görülmüştür.</p>	<p>2018</p> 	
<p><b>8 Numaralı Yapı:</b> Güneybatı yönünde yamaca oturan konut yapısıdır. Yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Bodrum ve zemin kattan oluşur. Güneybatı yönündeki cephesi kısmen yıkılmış olup ağır hasarlıdır (Köksal, 2013).</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>	<p>2018</p>  <p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı çok eskimiştir, ağaçların içinde kaybolmuştur ve ağır hasarlıdır.</p>





**Tablo 5 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011	2018
<p><b>9 Numaralı Yapı:</b> Patika bir yol üzerinde bahçe içindeki yapıdır. Konut yapısı ahşap karkas sistem arası tuğla dolgu duvar ile inşa edilmiş ve sıvanmıştır. Zemin ve bir kattan oluşur. Yapı ciddi bir müdahaleye uğramıştır. Güneydoğu cephesinde PVC'den oluşan bir kış bahçesi mevcuttur (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	 <p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı kullanılmaktadır. Bahçede kümes hayvanları ve iki adet köpek vardır. Güneş enerjisi kullanımı dikkat çekmektedir. Yapı kullanılmakta ve değişikliğe uğramamıştır.</p>
<p><b>10 Numaralı Yapı:</b> Zemin ve bir kattan oluşan konut yapısı bahçe içinde konumlanmıştır. Ahşap karkas sistem arası balıksırtı ve düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Giriş cephesinin çatı saçağına ek yapılarak uzatılmış, üstü kapalı yarı açık bir mekân elde edilmiştir (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	 <p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı kullanılmaktadır. Ziyaret sırasında sakinlerinin bahçe ile uğraştığı görülmüştür. İki kişi yaşamaktadır.</p>

**Tablo 6 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011	
<p><b>11 Numaralı Yapı:</b> Geniş bir bahçe içinde, ahşap çitlerle çevrili olan yapı, yağma taş üstüne ahşap karkas sitem arası balıksırtı ve düz örgülü dolu tuğla dolgu duvar ile inşa edilmiş ve üzeri sıvanmıştır. Bodrum ve zemin kattan oluşan yapının çatısı alüminyum ile kaplanmıştır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı eskimiştir, kullanılmamaktadır. Duvarda çatlaklar ve sıvalarda dökülmeler vardır. Camların çoğu yoktur.</p>	<p>2018</p> 	
<p><b>12 Numaralı Yapı:</b> Ağaçlık bir alanda düz bir zeminde bulunan yapı, ahşap karkas sistemi arası düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. İki ayrı ek yapılmıştır. Yapı kullanılmaktadır. (Köksal, 2013).</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>	
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapıda iki ailenin bir arada yaşadığı bilgisi alınmıştır. Yapı aktif bir şekilde kullanılmaktadır.</p>	<p>2018</p> 	

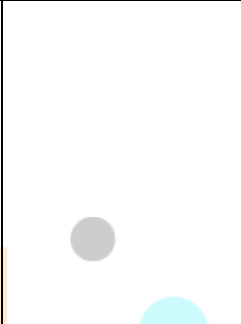


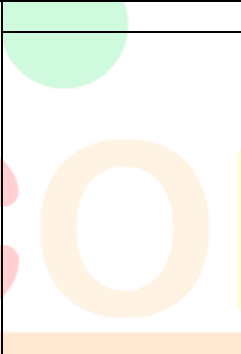


**Tablo 7 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011
<p><b>13 Numaralı Yapı:</b> Yığma taş ile yapılan yapı ağaçların arasındadır ve ulaşımı zordur. Bodrum ve zemin kattan oluşmaktadır. Çatısı alüminyum levha ile kaplanmıştır. Yapı kullanılmamaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı bakımsız durumdadır. Kullanılmamaktadır. Yapının hemen arkasında daha yüksek eski bir yapı daha vardır. O da kullanılmamaktadır.</p>	<p>2018</p> 
<p><b>14 Numaralı Yapı:</b> Yapı yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı ve düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilen yapı kullanılmaktadır. Taşıyıcı görevi ören karkas sistem arasındaki dolgularda onarım yapılmıştır. Güneydoğu girişi ve bazı pencerelere müdahale edilmiştir (Köksal, 2013).</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapının çatısı alüminyumdur. Balkon gibi bir ek yapılmıştır. Delikli ahşap ile mahremiyet sağlanmıştır.</p>	<p>2018</p> 

**Tablo 8 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011	2018
<p><b>15 Numaralı Yapı:</b> Köy sağlık ocağı ve cami komşuluğunda bahçe içinde bulunan yapıdır. Yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Bodrum ve zemin kattan oluşmaktadır. Yapı kullanılmaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	 <p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı kullanılmaktadır, ama bakımsızdır.</p>
<p><b>16 Numaralı Yapı:</b> Geleneksel sistemle inşa edilmiş mahallenin Tarihi Cami'si olan yapı, Sultan Abdülhamit Han'ın başmabeyincisi Hacı Ali Paşa yılında yapılmıştır (inşaatı içinden çıkan kitabeyle göre 1878-1880 yılları). Dönem mimarisini yansıtmaktadır. Yapı 1927'de onarım görmüş ve büyütülmüştür. 2011 yılında pencere ve kapı kasaları değişmiştir, bu yüzden 2011'de geçici olarak kapatılmıştır. Tavanında geometrik figürler bulunur (Köksal, 2013).</p>	  <p>(Köksal, 2013)</p> <p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı şuan kullanılmaktadır. Restorasyonu bitmiştir. Bahçede imamın evi, abdest yeri ve tarihi değeri olan güneş saati vardır. Muhtardan edinilen bilgiye göre değerli kitabeler çalınmıştır. Giriş kısmı çıkma ve ahşaptır. İçi de yenilenmiştir.</p>  <p>Güneş saati, 2018</p>	    <p>Tarihi Cami, 2018</p>

**Tablo 9 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**




YAPILAR	2011	
<p><b>17 Numaralı Yapı:</b> Ağaçlık bir alanda bulunan yapı, yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Zemin ve bir kattan oluşmaktadır. Yapı kullanılmamaktadır (Köksal, 2013).</p>		 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Tarihi Cami'nin ve çınar ağaçlarının olduğu bölgede bulunan yapı, kötü durumdadır, kısmen yıkılmıştır.</p>	<p>2018</p> 	
<p><b>18 Numaralı Yapı:</b> Kullanılmayan sağlık ocağının doğusunda bulunan bahçe içindeki yapıdır. Yığma taş sistemi ile inşa edilmiştir. Yapı kullanılmamaktadır (Köksal, 2013).</p>		<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı kullanılmamaktadır, çok eski ve bakımsız durumdadır. Etrafında buna benzer üç yapı daha vardır. Hepsi ağaçların içinde gizlenmiştir. Bahçede tarihi çınar ağaçları ve dut ağaçları vardır.</p>	<p>2018</p> 	

**Tablo 10 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011
<p><b><u>19 Numaralı Yapı:</u></b> Geniş bir bahçe içinde, cami komşuluğundaki yapıdır. Taş temel üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı dolu tuğla dolgu duvar ile inşa edilmiştir. Güneybatı cephesinin yarısı yıkılmıştır. Onarıma ihtiyacı vardır. Yapı kullanılmamaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b><u>İnceleme-2018:</u></b> Yapı hala hasarlıdır. Acil bakıma ihtiyacı vardır ve kullanılmamaktadır.</p>	<p>2018</p> 
<p><b><u>20 Numaralı Yapı:</u></b> Ekim biçim yapılan bir bahçede bulunan yapı, yağma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı ve düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Bodrum, zemin ve çatı katından oluşmaktadır. Güneydoğu cephesinin önündeki teras saçak ile örtülmüştür (Köksal, 2013).</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b><u>İnceleme-2018:</u></b> Yapı kullanılmaktadır ama araştırma sırasında boş olduğu görülmüştür. Sıvalarda çatlama ve yer yer dökülmeler vardır. Çatı alüminyum ile kaplanmıştır.</p>	<p>2018</p> 



**Tablo 11 – Nüzhetiye Mahallesi’nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011
<p><b><u>21 Numaralı Yapı:</u></b> Bodrum ve zemin kattan oluşan konut yapısı kullanılmaktadır. Yapı yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Yapıda bazı pencereler duvar örülerek kapatılmıştır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b><u>İnceleme-2018:</u></b> Yapıda girişin olduğu cephe sıvalıdır. Yapı eskimiştir ama kullanılmaktadır.</p>	
<p><b><u>22 Numaralı Yapı:</u></b> Bahçe içinde düz bir arazide konumlanan konut yapısı, zemin ve iki kattan oluşmaktadır. Yapı yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Kuzeydoğu cephesinin bir bölümü yığma taş dolgu ile müdahale görmüştür (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b><u>İnceleme-2018:</u></b> Yapının kullanımı devam etmektedir. Eskilerden bozulmadan kalan dikkat çekici bir yapıdır. Araştırma sırasında sahiplerinin tarımla ilgilendiği gözlemlenmiştir.</p>	

Tablo 12 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları

YAPILAR	2011
<p><b>23 Numaralı Yapı:</b> Yapı eğimli bir arazide, bahçe içinde bulunur. Yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiş olup sıvanmıştır. Bodrum, zemin ve bir kattan oluşmaktadır. Bacaların olduğu cepheler onarım görmüş ve yığma taş ile kapatılmıştır. Bazı pencereleri ahşap giyotin penceredir (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapının sıvasında dökülmeler görülmüştür. Yapı biraz bakımsız durumdadır. Araştırma sırasında yapıyı kullanan görülmemiştir.</p>	<p>2018</p> 
<p><b>24 Numaralı Yapı:</b> Bodrum ve zemin kattan oluşan yapı, yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Giriş kapısının üstünde çatı saçağı ile örtülmüş bir ışıklık vardır (Köksal, 2013).</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı bakımsız durumdadır ve kullanılmamaktadır. Pencerelerin camları yoktur. Bitkilerin içinde kalmıştır.</p>	<p>2018</p> 

**Tablo 13 – Nüzhetiye Mahallesi’nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011
<p><b>25 Numaralı Yapı:</b> Yapı, bahçe içinde konumlanmış ve yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Bodrum ve zemin kattan oluşmaktadır. Giriş kısmında çatı uzatılarak saçak görevi görmüştür. Yapının çatı malzemesi değiştirilmiştir ve yapı kullanılmaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı kullanılmamaktadır. Yapı eskimiştir, sıvalarda çatlaklar vardır ve pencerelerin camları yer yer kırılmıştır.</p>	<p>2018</p> 
<p><b>26 Numaralı Yapı:</b> Ekim biçim yapılan ahşap çitli bir bahçe içinde konumlanan konut yapısıdır. Yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Zemin ve bir kattan oluşmaktadır. Yapı kullanılmaktadır (Köksal, 2013).</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapının sıvalarında dökülme ve çatlama gözlemlenmiştir. Bazı pencere çerçeveleri beyaza boyanmıştır. Güney yönündeki giriş kapısının üzerindeki saçak sağlamdır. Yapı kullanılmaktadır.</p>	<p>2018</p> 


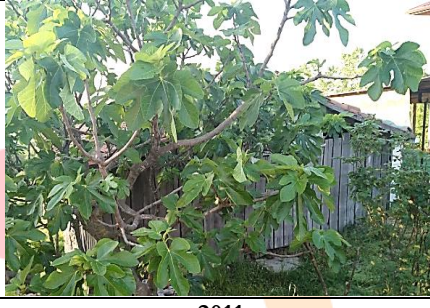


Tablo 14 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları

YAPILAR	2011	2018
<p><b>27 Numaralı Yapı:</b> Mahallede geleneksel yöntemle inşa edilmiş en büyük yapıdır. Konut yapısı yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Sonradan alçıpan ile bölmeler yapılarak ayrı ayrı mekânlar yaratılmıştır. Doğu cephesine betonarme ek yapılmıştır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	
<p><b>27 Numaralı Yapı İnceleme-2018:</b> Araştırma sırasında ilk incelenen bu yapının sahipleri kalabalık aile (üç aile) şeklinde yaşamaktadır. Bahçelerinde çok sayıda küçükbaş hayvan ve ahır vardır. Buraya ilk gelen ailelerden olduğu bilgisi alınmıştır. Yapı, okul binası gibi büyük bir yapıdır.</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	
	<p><b>28 Numaralı Yapı:</b> Ağaçlık, bahçe içinde serenderi olan yapı, yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Yapı sıvanmış ve boyanmıştır. Bodrum ve zemin kattan oluşmaktadır. Giriş kapısının önüne teras yapılmış ve saçakla örtülmüştür (Köksal, 2013).</p>	<p><b>28 Numaralı Yapı İnceleme:</b> Yapı değişmemiştir, konut yapısı olarak kullanılmaktadır.</p>


**Tablo 15 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011
<p><b>29 Numaralı Yapı:</b> Ekim yapılan bir bahçede bulunan yapıdır. Geçirdiği yangın nedeniyle sadece zemin kat kalıntısı vardır. Yapı harap durumdadır, kullanılmamaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı yenilenmiştir. Edinilen bilgiye göre 2015 yılında bu yenileme işlemi yapılmıştır. Yapı kullanılmaktadır.</p>	<p>2018</p> 
<p><b>30 Numaralı Yapı:</b> Ağaçlık bahçe içinde serenderi olan yapı, yağma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı ve düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Çift kanatlı ahşap bir giriş kapısı vardır ve yanında yağma taş sağır duvar görülmektedir. Tek katlı ek bir depo yapısı vardır (Köksal, 2013).</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı yenilenmiştir, eskisinden iyi durumdadır ve kullanılmaktadır. Çatısı alüminyum ile kaplanmıştır. Bir baca daha eklenmiştir.</p>	<p>2018</p> 

Tablo 16 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları

YAPILAR	2011
<p><b>31 Numaralı Yapı:</b> Bahçe içinde samanlık olarak kullanılan yapıdır. Yığma taş üstüne ahşap ile inşa edilmiştir. Yapı kullanılmaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapı kullanılmamaktadır. Bitkilerin içinde kalmıştır.</p>	
<p><b>32 Numaralı Yapı:</b> Ağaçlık, ekim yapılabilir bir bahçe içinde bulunan konut yapısı, yığma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı ve düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Bodrum, zemin ve bir kattan oluşmakta olan yapının ayrıca ahşap karkas sistem ile yapılmış bir deposu bulunur (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b>İnceleme-2018:</b> Yapının çatısı alüminyum ile kaplanmıştır. Bazı camlar kırıktır. Yapı bakımsızdır ve kullanılmamaktadır.</p>	

**Tablo 17 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**


YAPILAR	2011
<p><b><u>33 Numaralı Yapı:</u></b> Ekim yapılan bir bahçe içinde konumlanan konut yapısı, yağma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı ve düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Zemin ve bir kattan oluşmaktadır. Yapı kullanılmamaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b><u>İnceleme-2018:</u></b> Yapı kullanılmamaktadır ve bakımsızdır. Bahçe giriş kapısı ve bazı camları kırık, dolgular yer yer dökülmüştür.</p>	
<p><b><u>34 Numaralı Yapı:</u></b> Bahçe içindeki yapı, yağma taş üstüne ahşap karkas sistem arası düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Serender ve üç adet deposu vardır. Bodrum, zemin ve bir kattan oluşmaktadır. Çatı kaplaması alüminyum ile değiştirilmiştir. Yapı kullanılmamaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b><u>İnceleme-2018:</u></b> 34 ve 35 numaralı yapılar aynı kişiye aittir. Aile büyüklerinden torunlara miras kalmıştır. Bu yapı kullanılmamaktadır.</p>	

**Tablo 18 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011
<p><b><u>35 Numaralı Yapı:</u></b> Yığıma taş üstüne ahşap karkas sistem arası balıksırtı ve düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilen yapı bahçe içinde bulunur. Yapının cepheleri onarım görmüş, çatı kaplaması değiştirilmiştir. Yapı kullanılmaktadır (Köksal, 2013).</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b><u>İnceleme-2018:</u></b> Geleneksel doku korunmuştur. Yapı kullanılmaktadır. Araştırma sırasında sahiplerinin yazı geçirmek üzere hazırlık yaptıkları görülmüştür.</p>	<p>2018</p> 
<p><b><u>36 Numaralı Yapı:</u></b> Ekim biçim yapılan bir bahçe içinde konumlanan konut yapısı, yığıma taş üstüne ahşap karkas sistem arası düz örgülü dolu tuğla dolgu ile inşa edilmiştir. Bodrum ve zemin kattan oluşmaktadır. Çatı alınlığı ahşap dikmeler ile kapatılmıştır. Altında yan yana sıralanan ahşap pencereleri ile güneybatı yönündeki cephesi farklılaşmaktadır. Yapı kullanılmaktadır (Köksal, 2013).</p>	<p>2011</p>  <p>(Köksal, 2013)</p>
<p><b><u>İnceleme-2018:</u></b> Yapıda pek bir değişiklik yoktur, çatı kaplaması alüminyum ile değiştirilmiştir. Yapı kullanılmaktadır.</p>	<p>2018</p> 



**Tablo 19 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları**

YAPILAR	2011	2018
<p><b>Serender-İnceleme-2018:</b> Yapı kullanılmamaktadır ve bakımsızdır. Bahçe giriş kapısı ve bazı camları kırık, dolgular yer yer dökülmüştür.</p>	 <p>(Köksal, 2013)</p>	
<p><b>Mahallede bulunan diğer çeşitli serender örnekleri</b></p>	<p>2018</p> 	

Gölcük Mimar Mirası adlı kitapta bulunmayan ama araştırma sırasında göze çarpan diğer kırsal yapılar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 20 – Nüzhetiye Mahallesi'nde İncelenen Yapılar ve Son Durumları

DİĞER YAPILAR	2018	
<p><b>Nüzhetiye Mahallesi Sağlık Evi:</b> 18 Numaralı yapıya yakın, terk edilmiş, kullanılmayan bir yapıdır. Tarihi Cami'nin karşısında bulunmaktadır. Üçgen alınlığı ve çıkması olduğundan dönemin mimarisine gönderme yapıyor olabilir.</p>		
		
Dar bir terası bulunan eski bir yapı	Altı samanlık olarak kullanılan yığma taş üstüne inşa edilmiş, eski bir ev	Bahçe içinde, tek katlı, ahşap çatılı eski bir ev
Tek katlı eski bir yapı ve hemen yanında yeni yapılan modern bir ev. İki de aynı kişiye ait. Yapılar kullanılmaktadır.		
Altı samanlık olarak kullanılan eski bir ev. Yapı kullanılmaktadır.		

## SONUÇ

Bu çalışmada, Kocaeli İl'i Gölcük İlçesi Nüzhetiye Mahallesi kırsalında konumlanan geleneksel yapıların genel durumları kırsal mimari/yerel mimarlık konuları gözetilerek incelenmiştir. 2018 yılında yapılan araştırma, 2011 yılında Gölcük Mimari Miras adlı kitapta yer alan ve aynı bölgede incelenen

yapılar üzerinden karşılaştırma yöntemi ile olmuştur. Ancak araştırmanın temelini mahalleye ilişkin yerinde tespitlerin yapıldığı alan çalışması oluşturmaktadır.

Köklü bir geçmişe sahip, kırsal mimari dokunun büyük oranda korunduğu ve bir Gürcü köyü (eskiden köy olarak nitelendirilmekteydi) olan Nüzhetiye Mahallesi bu araştırma için seçilmiştir. Geçmişten günümüze kıyaslama yoluyla yapılan ve incelenen yapıların son durumlarının belgelenmesini içeren bu araştırma ile bölgeye ait kırsal mimarlık mirasının korunmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca koruma disiplini de, kırsal mimari ve bu mimari karaktere sahip yerleşim yerleri önemli bir yere sahiptir.

- Araştırma sırasında incelenen 36 adet yapının çoğunun kırsal mimari karakteristik özelliklerini koruduğu gözlemlenmiştir. Bununla beraber, 2011 yılıyla kıyaslandığında bazı yapılar kullanılmazken (11, 25, 31 ve 32 numaralı yapılar), bazıları ise aktif olarak artık kullanılmaktadır (29 ve 7 numaralı yapılar).
- Nüzhetiye Mahallesi'nin üç bölgesinde de büyük oranda kırsal dokunun korunduğu söylenebilir. Fakat bazı binaların ağır hasarlı olduğu görülmüştür (17 ve 18 numaralı yapılar). Ayrıca sayıları az da olsa betonarme yapılarda, 2018 yılı itibarıyla artış görülmüştür (Şekil 3.). Bununla birlikte, alüminyum çatılar ve PVC pencere doğramaları da mevcuttur.
- Mahallede daha çok avlusuz düzene sahip konut tipleri mevcuttur. Geçiminin bir kısmını hayvancılık ile sağlayan mahalle sakinlerinin evleri bu fonksiyona uygun şekilde yapılmıştır. Buna göre; arsa içinde konumlanan yapıların zemin katları, ihtiyaca ve topografik yapıya göre ahır, samanlık veya kümes olarak kullanılabilir. Bazen bir depo görevi de görmektedir. Bu amaçla kullanılan ve sonradan eklenen tek katlı yapılarda aynı arsa da mevcuttur.
- Mahallede incelenen yapıların yapım teknikleri ve fiziksel özellikleri altı başlık altında toplanabilir: Bunlar,
- Mahallenin en önemli yapısının geleneksel sistemle inşa edilmiş ve dönem mimarisini yansıtan Tarihi Cami olduğu söylenebilir. Aktif olarak kullanılmaktadır. Zaman içinde çeşitli tadilatlar yapılmış, onarımlar görmüştür. En nihayetinde özgün dokusuna uygun bir şekilde restore edilmiştir.
- Nüzhetiye mahallesinde, gençlerin eğitim, çalışma vb. sebeplerden dolayı büyükşehirlere gittiği, mahallede yerleşik nüfusun düştüğü bilgisi alınmıştır. Bu durum kalıcı olmamakla birlikte değişkenlik göstermektedir. 2018 yılı itibarıyla mahalleye kalıcı olarak dönüş yapanların sayısında artış yaşanmıştır. Ayrıca dönemsel olarak da nüfusta artışlar meydana gelmektedir: Örneğin, bahar ve yaz aylarında mahallede nüfus artmaktadır. Nüzhetiye mahallesinin doğal güzelliklerinde istifade etmek için gelen turist sayısı da buna eklenmektedir.

Nüzhetiye Mahallesi'nde zaman içinde taş, tuğla, kerpiç vb. yerel malzemeler yerine modern yapı malzemelerinin kullanımıyla inşa edilen yapıların sayısındaki artış anlaşılabilir bir durumdur. Nüzhetiye mahallesi, merkezden izole ve ulaşım zorluğunun görüldüğü bir mahalle değildir. Dolayısıyla çağdaş yapı malzemelerine ulaşım kolaydır. Ayrıca deprem gibi doğal afetlere karşı önlem alma amacıyla modern yapıların yapılmasına izin verilebilir. Bu durum özgün mimari dokuya zarar vermez. Aksine mahalle sakinleri için daha konforlu bir yaşam alanı sunar. Kırsal yerleşim yerlerinin sürdürülebilirliği sadece, yerel yapım sistemleri ve elemanlarının fiziksel devamlılığı ile değil, sosyal,



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

ekonomik ve yaşamsal sürdürülebilirlik ile birlikte mümkündür. Bu bağlamda, yapıların güncel yaşam koşullarına elverişli hale getirilmesi, refah seviyesinin artırılması ve onarıma ihtiyaç duyan yapıların hızlı bir şekilde ele alınması uygun olacaktır. Ayrıca mahallede eko-turizm gibi yabancıların ilgisini çekecek ve bölgeye olan ilginin artırılmasını sağlayacak tüm faaliyetler, zaten var olan potansiyeli daha da ilerilere taşıyacaktır.





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## KAYNAKÇA

Avrupa Konseyi (1985). *Avrupa mimari mirasının korunması sözleşmesi*. Erişim tarihi: 9 Eylül 2022, <https://teftis.ktb.gov.tr/TR-263664/avrupa-mimari-mirasinin-korunmasi-sozlesmesi.html>.

Galitekin, A. (2005). *Gölcük Tarihçe ve Kültür Mirası Eserleri*. Kocaeli: Gölcük Belediyesi Yayınları: 262.

Gökçe, E. (2018). *Kocaeli/Gölcük Nüzhetiye (Döşeme) köyü monografisi*. Kocaeli: İzmit Rotary Kulübü Kültür Yayınları.

Gölcük Kültürel Miras Ofisi. Erişim tarihi: 1 Mart 2018, <https://kulturelmirasofisi.wordpress.com/golcuk-koyleri/nuzhetiye/>.

Gürcistan Dostluk Derneği. Erişim tarihi: 27 Şubat 2018, <https://www.gdd.org.tr/>.

Köksal, T.G. (2013). *Gölcük mimari miras*. Gölcük Vizyon 2023 Projesi. Gölcük Belediyesi, Gölcük, Kocaeli.

Levi, A. E. ve Taşçı B. (2017). Ege'de kırsal mimari araştırmaları: Bayındır köyleri. *Megaron*, 12(3), 365-384. doi: 10.5505/megaron.2017.12499

Lubenau, R. (2012). *Reinhold Lubenau Seyahatnamesi Osmanlı ülkesinde 1587-1589* (Çev. Türkis Noyan). İstanbul: Kitap Yayınevi.

Resmî Gazete (2012). (Sayı: 28489). Erişim tarihi: 27 Şubat 2018, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121206-1.htm>.

## Sözlü Kaynaklar

Nüzhetiye Mahallesi Muhtarı Mehmet Sertoğlu ile 12 Mart 2018 tarihli kişisel görüşme.

# ICOMNAS



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Vertical Equivalent Earthquake Load and Time History Earthquake Analysis on a Sample Building

*Fatma Büşra Selvi AKAY<sup>1</sup>*

*Alptuğ ÜNAL<sup>2</sup>*

*Mustafa KOÇER<sup>3</sup>*

### Abstract

Spectral acceleration values that will affect the structure during an earthquake are obtained from the design acceleration spectra in the regulations, and the earthquake loads that will affect the structure are determined by the dynamic and static methods in the regulations. Although dynamic methods are more realistic and more difficult to understand, they are applied on all existing buildings if a sufficient number of natural vibration modes and their contributions reach the limit values specified in the regulations. Static methods, on the other hand, are obtained by calculating the spectral acceleration value determined depending on the dynamic feature of the structure, depending on the mass of the structure, and distributing it as a static load, taking into account the first mode of the structure. Compared to dynamic methods, there are limitations of usage areas and building height classes. In the regulations, in order to make the design earthquake calculation simpler, they suggest static methods as the design spectrum and liken it to the dynamic method. The main purpose of this study is to compare the vertical earthquake analysis required according to the structural defects defined in TEC 2018 according to the code design spectrum and linear time history analysis. According to TEC 2018, static and dynamic earthquake load analyzes were carried out on buildings with different overhang rates. It has been observed that the structural results according to the dynamic lateral load analysis are quite low compared to the assumptions in the static method. The regulation remains on the safe side in calculating the vertical earthquake force with the static earthquake load analysis.

**Keywords:** TEC 2018, equivalent earthquake load, TH vertical earthquake load analysis, vertical design spectrum.

<sup>1</sup> Engineer, Konya Technical University, Civil Engineering Department, Orcid: 0000-0003-1175-058X

<sup>2</sup> Assoc. Prof. Dr., Konya Technical University, Civil Engineering Department, Orcid: 0000-0003-2945-8325

<sup>3</sup> Asst.. Prof. Dr., Konya Technical University, Civil Engineering Department, Orcid:0000-0002-5505-2065



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## 1.INTRODUCTION

Earthquake ground motion affects structures with serious forces both vertically and horizontally. Although there are many studies on the horizontal effect of the earthquake, there are limited studies on the vertical effect. The reason for this is that a large safety factor applied under vertical load in the designed structures is thought to leave the structure on the safe side sufficiently. (Gurel M.A, Kısa M.) However, it has been observed that in Turkey, in the 17 August 1999 Kocaeli Earthquake, 12 November 1999 Düzce earthquake, and on 30 October 2020, serious damage occurred to the structure due to vertical components as well as the horizontal effect of the earthquake. In addition, when the earthquakes experienced throughout the world are examined, it is seen that vertical earthquake accelerations were recorded to a large extent in the 1994 Northridge (USA) and 1995 Kobe (Japan) earthquakes. (Papazoglu, 1996)

Since the vertical component of the earthquake is smaller than the horizontal components when dimensioning building-type structures, and material and service load coefficients are taken into account while sizing the structural system, the vertical component of the earthquake is ignored when considering minimum conditions. However, the effect of the vertical component of the earthquake is sometimes important in structures with large cantilever and beam spans and in structures with discontinuity in vertical elements. The dynamic effects caused by the vertical earthquake effect cause cross-sectional forces in the structural carrier system negatively. (Ağcakoca E., Elmas M.)

Thanks to the package programs that are widely used today, the construction of projects is very fast and practical. Thanks to these possibilities of technology, earthquake resistant building design can be made, especially in countries such as Turkey, which are in an earthquake zone, taking into account the effects of earthquakes. (Arslan ve Aksoylu, 2019: 569-581)

In this study, the effect of the vertical component of the earthquake was investigated by using the acceleration records of the Izmir, Istanbul, Italy, Mexico and California earthquakes in buildings with different overhang rates. With the help of ETABS V-20 (Evaluation version, computers and structures) program, using equivalent earthquake and time history calculation methods, horizontal and vertical loads acting on structures are calculated with static and dynamic calculation methods. As a result of the analyses, the effect of the vertical earthquake on the cantilever overhangs and the axial load values of the columns has been examined by comparing the regulatory acceptances with the dynamic effects. In addition, the earthquake calculations of the structures built in different regions were carried out with the regulations in force in the region. Thus, in the results obtained, TSC 2018, EC8-4 (Design of Structures for Earthquake Resistance in Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings) and ASCE7-16 (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures in Seismic A comparison was made with regulations such as Design Requirements for Building Structures Structural Engineering Institute) in terms of regulation approaches such as base shear force and floor displacement.

## 2.METHOD

In this study, the same type of housing structure was designed as a reinforced concrete frame system with different protrusion ratios (1-3-5 m) (Figure 1 and Figure 2). With the help of the ETABS V-20 program, the acceleration records of the earthquakes in Istanbul, Izmir, Italy, Mexico, and California were analyzed with the calculation method in the equivalent and time domain according to the earthquake regulations of these countries. The results were also examined according to the TSC 2018, EUROCODE8-2004, ASCE7-16 Earthquake Regulations. In order to better detect the vertical

effect, a regular 8-storey structure with no irregularities and symmetrical from both directions was preferred. In the comparisons, the residential building designed in Istanbul, Izmir, Italy, Mexico and California was compared in the ZA floor class. The structural features are given in Table 1.

Dead and live loads on the floor are taken as  $g=2.0 \text{ kN/m}^2$  and  $q= 2.0 \text{ kN/m}^2$ , respectively, to be constant at each floor. In addition, Wall (wall load) (13 cm brick):  $6.25 \text{ kN / m}$  in the building, Snow (snow load):  $1 \text{ kN / m}^2$  on the top floor of the building.

Figure 1: Plan of the building for 1 m

Figure 2: 3D view of the structure for 1 m

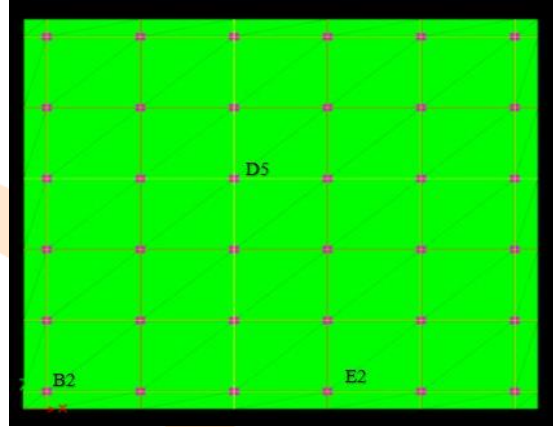
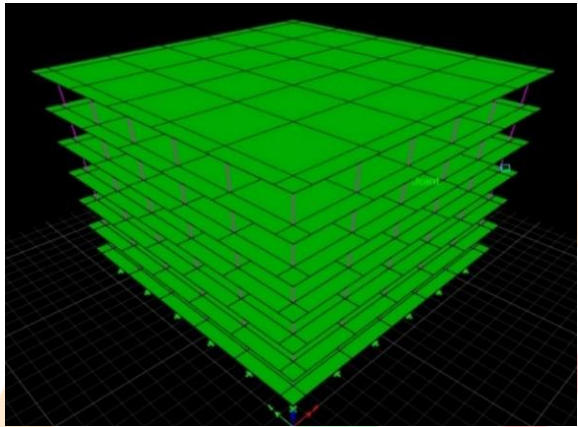


Table 1: Structure Properties

NO	Building Features	1 m coving	3 m coving	5 m coving
1	Number of floors	8	8	8
2	Plan dimensions	22m*22m	26m*26m	30m*30m
3	Slab Thickness	12cm	12cm	12cm
4	Beam dimensions	30cm * 50cm	30cm * 50cm	30cm * 50cm
5	Column dimensions	40cm * 50cm	40cm * 40cm	40cm * 40cm
6	Concrete and steel grade	30MPa/ B420C	30MPa/ B420C	30MPa/ B420C
7	Floor loads	Cladding + parget 0,2 t/m <sup>2</sup> ,	Cladding + parget 0,2 t/m <sup>2</sup> ,	Cladding + parget 0,2 t/m <sup>2</sup> ,
8	Floor loads	Live load 0,2 t/m <sup>2</sup>	Live load 0,2 t/m <sup>2</sup>	Live load 0,2 t/m <sup>2</sup>
9	Wall load	0,625 t/m <sup>2</sup>	0,625 t/m <sup>2</sup>	0,625 t/m <sup>2</sup>
10	Building importance coefficient	1	1	1
11	Ground class	ZA	ZA	ZA
12	Building behavior coefficient	8	8	8
13	Floor height	3 m	3 m	3 m

### 3.RESULTS AND DISCUSSION

As a result of the analyses, structures with elevation ratios of 1 m – 3 m -5 m were first compared in terms of dynamic and static vertical earthquake effects according to the regulations of different countries. The vertical seismic effect on buildings with elevation ratios of 1 m in Figure 3 and Figure 4, 3 m in Figure 5 and Figure 6, and 5 m in Figure 7 and Figure 8, according to the equivalent earthquake load (Ez) and time definition analysis, respectively. results are shown.



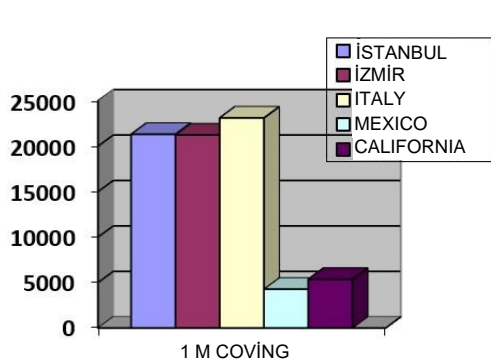


Figure 3: Ez vertical earthquake effect (kN) for 1 m overhang

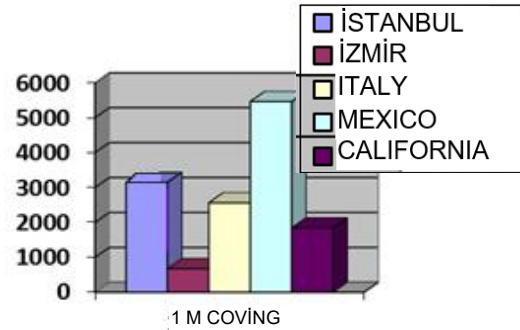


Figure 4: TIME HISTORY Z vertical earthquake effect for 1 m elevation (kN)

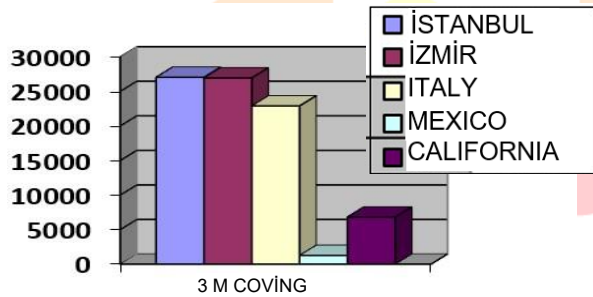


Figure 5: Ez vertical earthquake effect (kN) for 3 m overhang

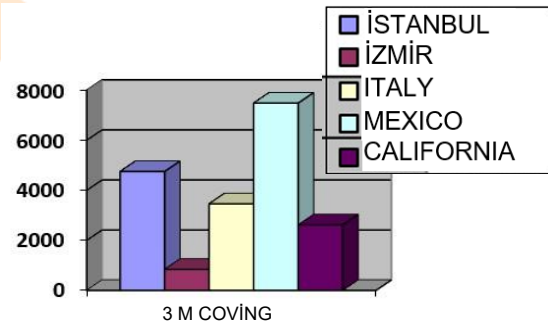


Figure 6: TIME HISTORY Z vertical earthquake effect for 3 m elevation (kN)

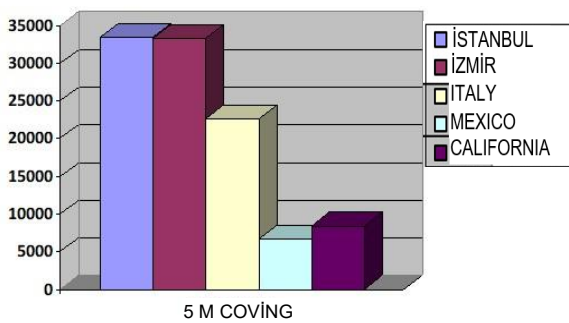


Figure 7: Ez vertical earthquake effect (kN) for 5 m overhang

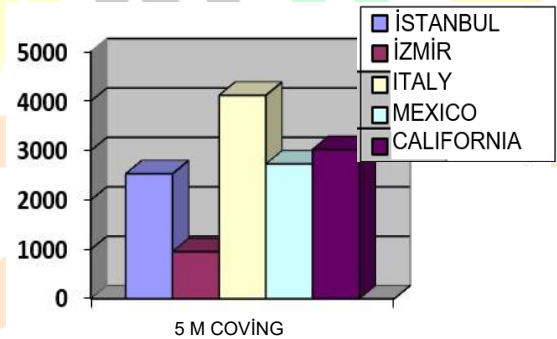


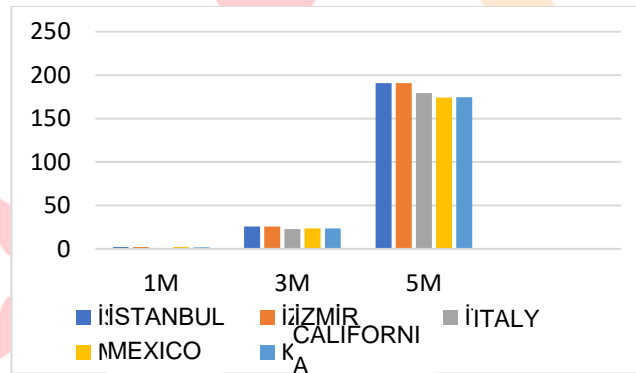
Figure 8: TIME HISTORY Z vertical earthquake effect for 5 m elevation (kN)

According to the results of the static analysis made in buildings with different overhang rates, considering that the structures are identical and their weights are the same, as the overhang rate increases, TSC 2018 has been found to be quite conservative in terms of vertical seismic effects according to the building earthquake codes of other countries. It has been observed that the results obtained according to the dynamic calculation method are at a low level compared to the static

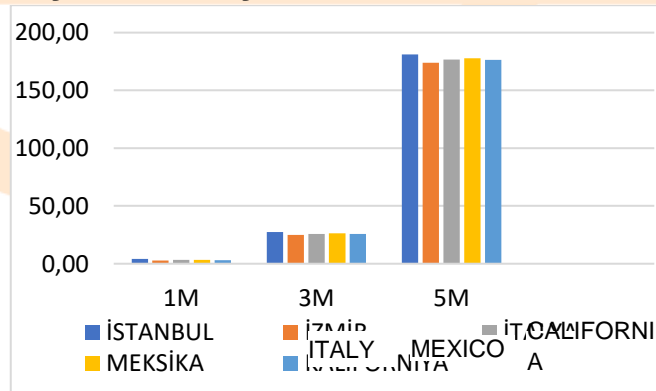
calculation method. Since the vertical earthquake force calculated statically in the building construction regulations is higher than the dynamic effect, it has been observed that the designer stays in the safe direction in the assumptions made in the static calculations. When examined in terms of regulations, it has been seen that the vertical earthquake effect, which TSC 2018 takes into account for the region where it is valid, is considerably higher than other regulations according to the seismicity of this region. In Mexico and California regions, the contribution of the vertical earthquake acceleration taken into account in the design was found to be under the dynamic effect.

As the protrusion rate increased from 1m to 3m, from 3m to 5m, there was a 20-30% increase in base shear forces in general. In the static calculation made with the equivalent earthquake load method, it was observed that the base shear force value depending on the vertical component of the earthquake was lower in Mexico and California than in other regions due to the  $0.2S_{ve}(T)D$  approach applied in ASCE7-16. In the analysis in the time domain, the base shear force was the largest in Mexico and the smallest in Izmir. Base shear force in Mexico is 90% higher than that in Izmir. This result is due to the high vertical acceleration values of the earthquake in Mexico. An increase was observed in the base shear force values as the mass of the structure increased as the protrusion rate increased.

When the beam displacement results are examined, separate examinations were made according to the 1-3-5 m rise rates on the seventh floor (the most critical), and they are given in Figure 9 and Figure 10 in comparison.



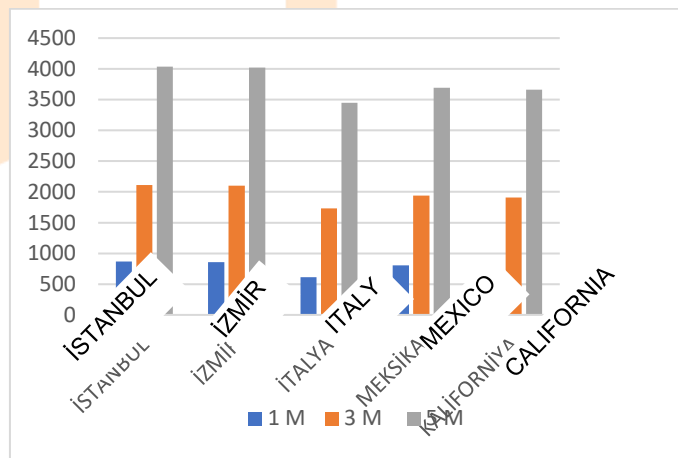
**Figure 9:** B2 cantilever left endpoint beam  $U_z$  displacement of  $G+Q+0.2S+EX+0.3EY+0.3EZ$  combination (mm)



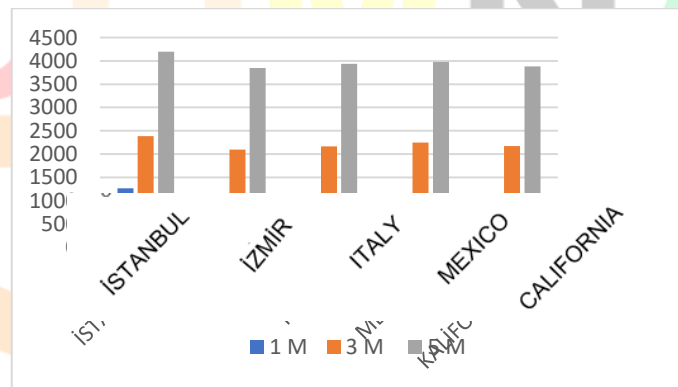
**Figure 10:** B2 cantilever left endpoint beam  $U_z$  displacement of  $G+Q+0.2S+THX+0.3STHY+0.3THZ$  combination (mm)

When the beam displacement graphs are examined, a vertical displacement increase of 12.5 times was observed when the overhang ratio increased from 1 m to 3 m, and a vertical displacement increase of 7 times was observed in the beam cantilever end region when it changed from 3 m to 5 m (Figure 9 and Figure 10). When the cantilever beam length is 1 m, the vertical displacements of the beams, which are almost negligible, reached the order of 300 mm according to the equivalent earthquake force and 200 mm according to the time history analysis when the protrusion ratio is 5 m, and the earthquake acceleration records selected for Istanbul, İzmir, Italy, Mexico California. It has been observed that the results are quite close.

In the B2 column on the first floor, the normal force values are given in Figure 11 and Figure 12, comparatively.



**Figure 11:** B2 column axial force comparison of  $G+Q+0.2S+EX+0.3EY+0.3EZ$  combination (kN)



**Figure 12:** B2 column axial force comparison of  $G+Q+0.2S+THX+0.3THY+0.3THZ$  combination (kN)

For the B2 column, in Istanbul, Izmir, Italy, Mexico and California, it was determined that when the protrusion rates increased from 1 m to 3 m, approximately 100% increased, and when it increased from 3 m to 5 m, there was an increase in axial force close to 100%. Bending moment and shear force section effects values obtained for the first floor at the end point of B2 cantilever beam are given from Figure 13 to Figure 16 comparatively.

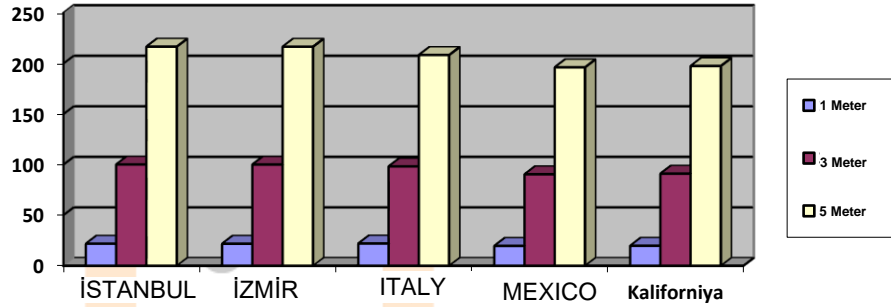


Figure 13: Comparison of B2 cantilever beam end shear force of  $G+Q+0.2S+EX+0.3EY+0.3EZ$  combination (kN)

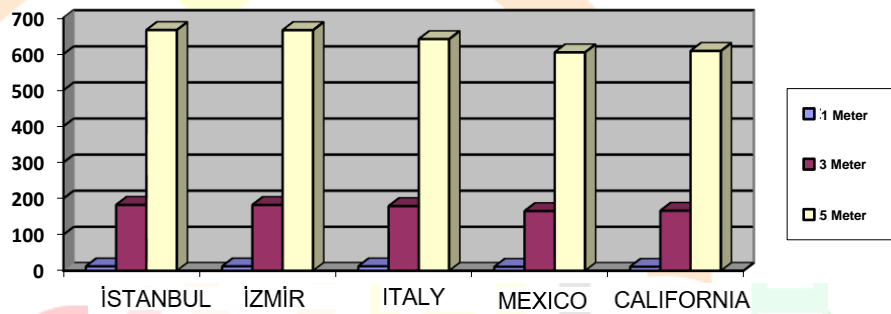


Figure 14: Comparison of B2 cantilever beam end bending moment of  $G+Q+0.2S+EX+0.3EY+0.3EZ$  combination (kNm)

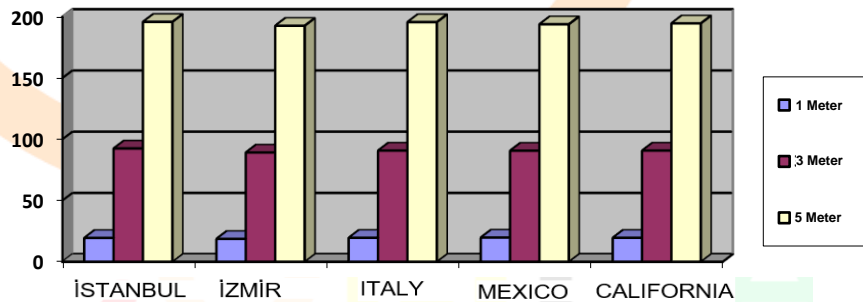
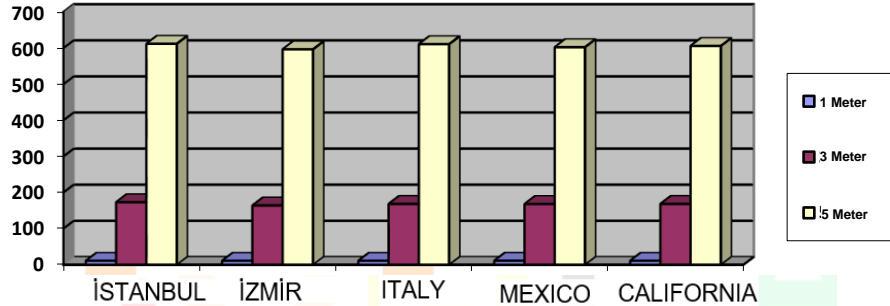


Figure 15: Comparison of B2 cantilever beam end shear force of  $G+Q+0.2S+THX+0.3THY+0.3THZ$  combination (kN)



**Figure 16:** Comparison of B2 cantilever beam end bending moment of G+Q+0.2S+THX+0.3THY+0.3THZ combination (kNm)

According to the equivalent earthquake load method, as the cantilever opening increased in the moment and shear force values, similar to the increases in the axial load, there were 15 and 3 times increases in the moment, 5 and 2 times increases in the shear force, respectively. According to the time history analysis method, the shear force results and bending moment results for 1 m, 3 m and 5 m overhangs are quite close to the results found by the equivalent earthquake load method. When the shear force values are compared with 1m overhang in the time history analysis method, 3-8 times greater values are obtained for 3 m and 5 m overhangs, respectively.

#### 4. Conclusions (Sonuçlar)

Although the calculation steps applied in ASCE 7/16 and TBDY 2018 (Turkish Building Earthquake Code) are the same, it has been observed that the results for the base shear force in TBDY 2018 are greater than ASCE7-16. In the vertical earthquake load calculation, 2/3 Sds approach is made for vertical acceleration for TBDY 2018, while 0.2 Sds approach is made for ASCE7-16. For this reason, it is normal for the base shear force results in TBDY 2018 to come out like this.

The results found by the time history analysis method are close to the results found by the equivalent earthquake load method in most cases. However, variability was also observed in some results. Significant changes were observed in the base shear force, axial normal force, bending moment and vertical displacement of the top floor. However, the change in the base shear force values was more limited than the internal forces obtained in the section-based effects.

As the structural overhang rate increased, large increases were obtained in the vertical earthquake load of the structures due to the vertical earthquake effect. Similarly, similar increases were observed in the top floor vertical displacement values. Obtained results; reveals the effect of the vertical component of the earthquake on the building elements and building performance. For this reason, the vertical earthquake effect should be taken into account in the structural design calculations.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## REFERENCES (Kaynaklar)

- [1]Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2018.
- [2]EC8. 2004, Design of Structures for Earthquake Resistance in Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings.
- [3]ASCE7/16. 2017. Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures in Seismic Design Requirements for Building Structures Structural Engineering Institute.
- [4]Etabs, Evaluation Version, Computers and Structures, 2020
- [5]Özmen G., Orakdöğen E., Darılmaz K. (2015). Örneklerle Sap2000 v17, v17 ed., Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [6]Aksoylu C. ve M.H. Arslan / *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 8 (2), 569-581, 2019
- [7]Papazoglou, A. J. and Elnashai, A. S., 1996, Analytical and field evidence of the damaging effect of vertical earthquake ground motion, earthquake engineering and structural dynamics, vol. 25, pp.1109-1137.
- [8]Gürel M.A. ve Kısa M.,2002, Deprem hareketinin düşey bileşeninin çeşitli yapı elemanları üzerindeki etkileri ve hasar potansiyeli, ECAS2002 uluslararası yapı ve deprem mühendisliği sempozyumu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- [9]Ağcakoca E.,2004, Binalarda düşey deprem etkisinin zaman tanım alanında hesap yöntemi ile incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen bilimleri.

ICOMNAS

## Presleme Sıcaklığının Al-SiC Toz Metal Kompozit Malzemenin Abrasiv Aşınma Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması

Fevzi TAŞ<sup>1</sup>  
Halil ARIK<sup>2</sup>

### Özet

Bu çalışmada, sıcak presleme metodu ile 200 µm altı boyutta ve % 99,97 saflıkta atomize alüminyum tozu ve 16 µm altı SiC tozu kullanılarak toz metal kompozit malzeme üretilmiştir. Alüminyum ve SiC tozları içerisinde 10 mm çapta çelik bilye bulunan turbula cihazında iki saat süreyle karıştırılmıştır. Daha sonra karışım tozdan sıcak presleme ile 32x52mm boyutlarında toz metal kompozit blok numune üretilmiştir. Sıcak presleme işlemi tek yönlü aksenal çelik kalıp içerisinde 200 MPa basınç altında 2 saat süreyle değişen sıcaklıklarda (500, 520, 540, 560 ve 580 °C) gerçekleştirilmiştir.

Aynı süre ve basınç altında fakat farklı sıcaklıklarda üretilen toz metal kompozit numunenin yoğunluk, sertlik ölçümleri ve metalografik inceleme sonrası kuru kayma aşındırma testleri yapılmıştır. Tel erozyon yöntemiyle blok parçalar üzerinden 8 mm çapta ve 14 mm boyunda kesilerek elde edilen silindirik numuneler Pin-on-disk cihazında aşındırma testlerine tabi tutulmuştur. Aşındırma testleri değişen yükler altında (5-10-15 N) ve 2000 m kayma mesafesinde 52 RHc sertlik değerine sahip Hardox çelik diskler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Numuneler üzerinden alınan mikroyapı görüntüleri takviye elemanı olarak bulunan SiC partiküllerinin Al matris yapı içerisinde homojen şekilde dağıldığını, bütün sıcaklıklarda difüzyonla hedeflenen sinterleşmenin gerçekleştiği görülürken % 98 üzeri yoğunluk değerlerine ulaşılabilmiştir. Sıcaklık değişimine bağlı kompozit malzemenin aşınma özelliklerinde bir miktar iyileşme görülürken matris malzemeye göre sertlik değerlerinin yaklaşık % 80 üzeri artmış olduğu görülmektedir.

**Keywords/Anahtar Kelimeler:** Toz metalurjisi, Sıcak presleme, Kompozit malzeme, Mekanik özellikler

<sup>1</sup> Fevzi TAŞ, Gazi Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Orcid: 0000-0003-2536-5180

<sup>2</sup> Prof Dr.Halil ARIK, Gazi Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Orcid: 0000-0001-6521-7399



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## GİRİŞ

Bilindiği üzere saf metallerin mekanik özellikleri çok düşüktür. Bu sebeple metallerin yapı malzemesi olarak saf halde tüketimi oldukça sınırlıdır. Saf metallerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini arttırmak veya gereksinim duyulan özellikleri elde edebilmek için alaşımlandırma, ısıtma işlemi, çökeltme sertleştirme, sıcak veya soğuk deformasyon gibi yöntemler kullanılmaktadır (Yağcı vd., 2021:1-9). Bu tür yöntemlerle pek çok geleneksel malzemeler üretilmiştir. Hızlı gelişen bilim ve teknolojiye kaynaklanan ileri mühendislik malzemesi olarak nitelendirilen hafif, basma, çekme, aşınma dayanımları yüksek, korozyona karşı dirençli, arzu edilen ısı özelliklerine sahip, elektrik iletkenliği yüksek komple malzemelere olan ihtiyaç, bilim insanlarını yeni arayışlara ve çalışmalara yöneltmiştir (Kalemtaş, 2015: 1). Bu çalışmaların bir sonucu olarak ta günümüzde üretimi ve tüketim alanları her geçen gün artmakta olan kompozit malzemelerin keşfedilip, geliştirilmesi olarak görülebilir. Kompozit malzeme iki veya daha fazla malzemenin makro boyutlarda birleşerek oluşturduğu yeni malzemeye denir. Kompozit yapı temel olarak matris ve takviye elemanından oluşur (Yastımoğlu ve Özkan, 2017: 57). Bilindiği üzere alüminyum ve alaşımlarının hafif olmaları, korozyon direncinin iyi olması, ısı ve elektrik iletiminin yüksek olması üretim ve tüketim değerleri bakımından demir ve çelikten sonra ikinci sırada yer almasının en önemli sebeplerindendir (Gökçe vd., 2017: 22). Buna karşın alüminyumun ergime derecesinin, sertliğinin ve mühendislik uygulamalarında ihtiyaç duyulan diğer mekanik özelliklerinin beklentileri karşılamaktan uzak olması alüminyum matrisli malzeme üretimi üzerine yapılan çalışmaların daha da artmasına sebep olmuştur (Köymen Çagar, 2021: 79). Metal matrisli toz metal kompozit malzemelerin üretiminde matris malzemesi olarak alüminyum öne çıkarken üretim metodu olarak ergitme ve katı hal yönteminden biri seçilmektedir (Arık, 2019: 743-744). Katı hal yöntemi olarak toz metalürjisi üretim metodu uygulanırken bu yöntemde kendi içerisinde bazı farklılıklar içermektedir. Alüminyum matrisli toz metal kompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak SiC, B<sub>4</sub>C, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> veya Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi seramik esaslı takviye elemanları kullanılmaktadır (Arık vd., 2017: 88). Silisyum karbür (SiC); yüksek sıcaklıklarda yüksek sertlik ve mukavemet, kimyasal ve ısı kararlılık, yüksek erime noktası, oksitlenme direnci, yüksek aşınma direnci gibi özelliklerinden dolayı takviye elemanı olarak tercih edilen seramik malzemelerinden biridir (Okumuş ve Bülbül, 2020: 407). Uçak kanatları ve gövdesi, helikopter pervaneleri, iniş ve çıkış kapıları, payandalar döşeme kirişleri, çerçeveler, vantilatör ve türbin kanatları, helikopter transmisyon kutusu, giriş destek yapıtları, iniş takımları, otomobil gövde parçaları, tampon ve çamurluklar, ön ve arka paneller, aks mili, yaylar, itme çubukları ve piston kolları gibi birçok malzeme Al/SiC kompozit malzemedan üretilerek kullanılmaktadır. F-16 askeri uçağının karın kanatçığında Al alaşımı yerine SiC partikül takviyeli Al MMK kullanılmıştır (Şahin, 2015: 38-145); (Eryıldız ve Akdoğan Eker, 2015: 8). Aşınma, katı cisimlerin sürtünmesi sonucu yüzeylerinden çeşitli etkenlerle sürekli malzeme kayıplarının oluşmasıdır (Yıldız ve Gür, 2006: 86). Makine bileşenleri zamanla aşınır ve işlevlerini düzgün bir şekilde yerine getiremez hale gelmektedir. Bunun sonucunda iş güvenliği, işgücü, zaman ve verimlilik kaybına yol açar nitekim büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Birçok aşınma türüne özellikle abrasiv aşınmayla endüstride çok sık karşılaşmaktadır (İlkhçi ve İzçiler, 2018: 1). Bu sebeple araştırma enstitüleri ve birçok sanayi kuruluşlarının bünyesinde bulunan AR-GE laboratuvarları aşınma alanında çalışmalar gerçekleştirilmektedirler.



## YÖNTEM

Bu çalışmada Al matrisli SiC takviyeli toz metal parça üretilirken, üretim metodu olarak toz metalürjisi ve presleme şekli olarak sıcak presleme seçilmiştir. Presleme işlemi farklı sıcaklıklarda (500, 520, 540, 560 ve 580 °C) gerçekleştirilerek sıcaklığın kompozit malzemenin aşınma özelliklerine olan etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

## Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalarda matris malzemesi olarak 200 µm altı boyutta ve % 99,97 saflıkta atomize alüminyum tozu, takviye elemanı olarak 16 µm altı SiC tozu kullanılmıştır.

**Tablo 1 – Kullanılan Al Tozunun Kimyasal Kompozisyonu**

Al	Fe	Si	Zn	Mn	Ti	Cu	Mg
99,7	0,25	0,2	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03

Kompozit toz metal parçanın her yerinde aynı özellikleri göstermesi için takviye elemanın matris yapı içerisindeki homojen dağılımı çok önemlidir (Singla vd., 2009: 456). Turbula cihazı kullanılarak SiC ve alüminyum tozun birbirinde homojen karışımını sağlamak için, çelik bilye bulunduran plastik kap içerisinde karıştırma ve öğütme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tozların karıştırma işlemi tablo 2’ de verilen şartlarda ve Şekil 1’de gösterilen turbula cihazında gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2 – Turbula Cihazında Karıştırma Parametreleri**

Karışım Toz	Al (gr)	SiC (gr)	Çelik Bilye (g)	Karıştırma Süresi (Sa)	Hareket Hızı (dv/d)
Al+SiC	225	25	200	2	450

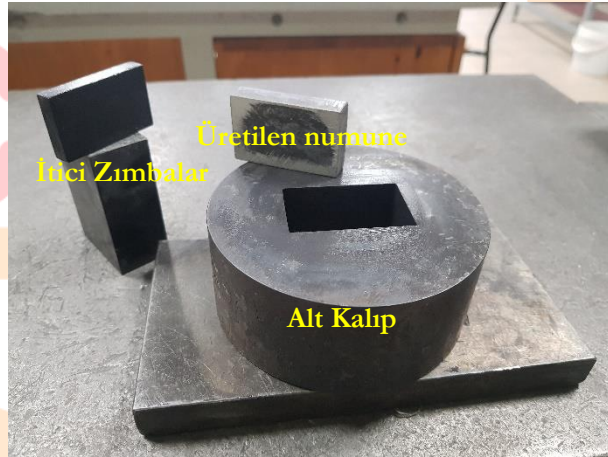


**Şekil 1 – Karıştırma Yapılan Turbula Cihazı**

Uygulamada ilk olarak hazırlanan karışım toz kalıp içerisinde doldurulmuş daha sonra şekil 2’de görülen hidrolik preste sıcak presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. İlk olarak 50 MPa bir ön yükleme yapılmış, daha sonra kalıp üzerine bağlanan kelepçe tipi rezistans sistemiyle 10 °C/dk ısıtma hızında ortam sıcaklığı 500 °C yükseldiğinde 200 MPa basınç uygulanarak mevcut basınç ve sıcaklık altında 2 saat beklenmiştir. Presleme süresi bitiminde uygulanan yük sonlandırılmış ve toz metal kompozit malzeme kalıp içerisinde oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılmıştır. Aynı şartlar altında farklı sıcaklıklarda (520-540-560-580 C) tekrarlanarak 5 farklı toz metal kompozit blok numune üretilmiştir (Şekil 3).



Şekil 2 – Sıcak Preslemenin Yapıldığı Hidrolik Pres



Şekil 3 – Kullanılan Kalıp Elemanları ve Üretilen Toz Metal Kompozit Blok Numune

Sıcak presleme sonrası her numunenin yoğunluk ölçümleri 0,1 mg hassasiyetteki ölçüm yapabilen hassas tarazide yoğunluk kiti kullanılarak arşiment prensibine göre yapılmıştır. Yoğunluk ölçümü sonrası yüzey temizliği yapılan numunelerin Brinell sertlik ölçümleri Duravision 2000 Emco test sertlik ölçüm cihazında yapılmıştır. Sertlik ölçümünde 62,5 kgf yük ve 2,5 mm çapta

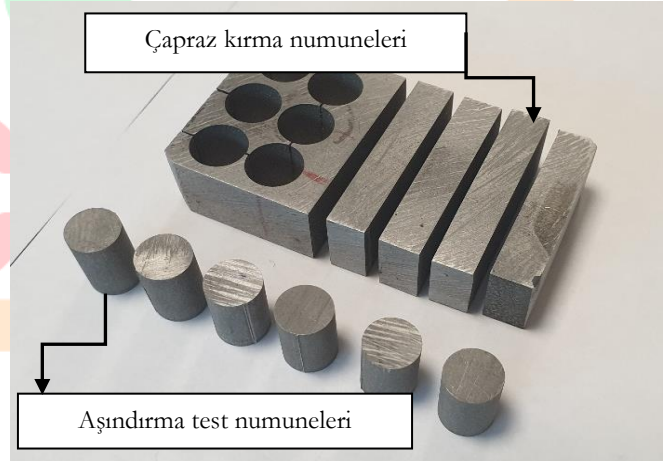
tungstenkarbür (WC) bilye kullanılmıştır. Sertlik ölçümlerinde her numune yüzeyinden 5'er adet ölçüm yapılmış olup, ortalaması kompozit numunenin sertlik değeri olarak alınmıştır.

Her bir farklı presleme sıcaklığında elde edilen numunenin mikro yapı incelemesi için metalografik incelemeye tabi tutulmuştur. Kompozit parçalardan alınan numunelerin sıcak bakalıte gömme sonrası yüzeyleri kademeli olarak 320, 400, 600, 800 ve 1200  $\mu\text{m}$  zımpara ile zımparalanmıştır. Zımparalama sonrası kademeli olarak 6-3 ve 1  $\mu\text{m}$  elmas solüsyonla ile parlatma işlemi yapılmıştır. Parlatma sonrası numune yüzeyleri kellers dağlayıcı ile 10 saniye süreyle dağlanmış (Şekil 4).



Şekil 4 – Sıcak Bakalıte Alınan Numunelerin Görünümü

Farklı sıcaklıklarda sıcak presleme ile üretilen her bir toz metal blok malzemeden tel erozyon yöntemi ile kesilerek elde edilen 6,35 x 12,7 x 31,7 mm boyutlarındaki çapraz kırılma numuneleri ve 8 mm çapta 14 mm boyunda aşınma test numuneleri şekil 5'te görülmektedir.

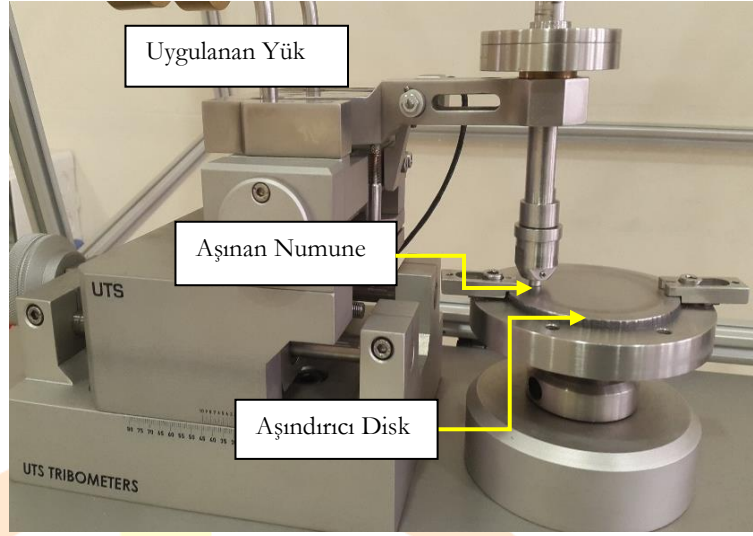


Şekil 5 – Tel Erozyon Yöntemiyle Elde Edilen Aşınma Test Numuneleri

Aşındırma testleri Pin-on-disk kuru kayma aşındırma yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Testler Şekil 6'da görülen TRIBOMETER T10/20 aşındırma test cihazı kullanılarak oda sıcaklığı ve kuru ortamda yapılmıştır. Aşındırma test parametreleri tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3 – Pin-On-Disk Aşındırma Test Parametreleri

Yük (N)	Kayma Hızı (m/s)	Kayma Mesafesi (m)	Aşındırıcı Disk Sertliği (HRC)
5-10-15	1,51	2000	52



**Şekil 6 – Tribometer T10/20 Aşınma Test Cihazı**

Aşındırma testi öncesinde ve sonrasında numune ağırlıkları 0,1 mg hassasiyetinde tartım yapabilen hassas terazide yapılarak aşınma kayıpları ölçülmüştür.

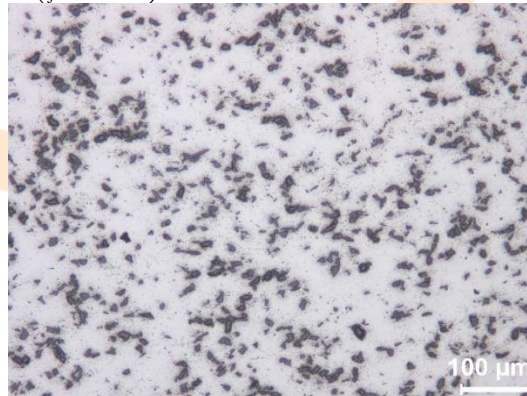
### Sonuçlar ve Tartışma

Farklı sıcaklıklarda üretilen bütün toz metal kompozit blok malzemelerin yoğunluk sonuçları birbirine çok yakın çıkmış olup sıcak preslemenin bir sonucu olarak bütün numunelerde hedeflenen yüksek yoğunluk değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 4). Bu sonuçlar çalışmadaki bütün sıcaklıkların hedeflenen yoğunluk için yeterli olduğunu göstermektedir.

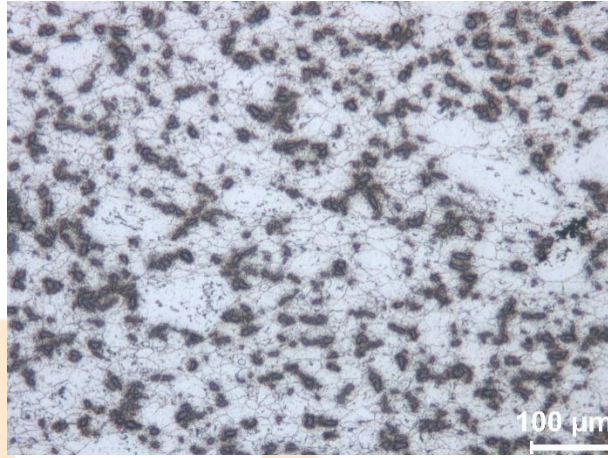
**Tablo 4 – Kompozit Numunelerdeki Presleme Sıcaklığına Bağlı Yoğunluk Değişimleri**

Presleme Sıcaklığı (°C)	500	520	540	560	580
Yoğunluk (%)	98,14	98,87	99,09	99,52	99,45

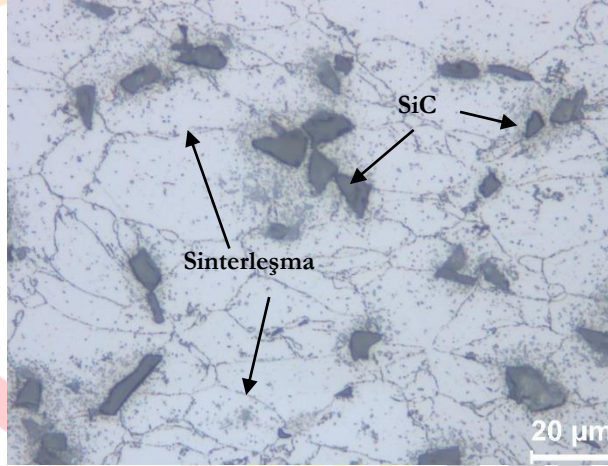
Yine farklı numuneler üzerinden alınan optik ve SEM görüntüleri başlangıçta uygulanan bilye tesiri altındaki mekanik karıştırmaya balı olarak SiC takviye partiküllerin matris yapı içerisinde homojen şekilde dağıldığını göstermekte (Şekil 7-8).



**Şekil 7 – 500 °C'de Üretilen Kompozitte SiC Partiküllerin Matris İçerisindeki Dağılımı**



Şekil 8– 500 °C’de Üretilen Kompozit Malzemenin Dağlanarak Elde Edilen Mikro Yapı Görüntüsü



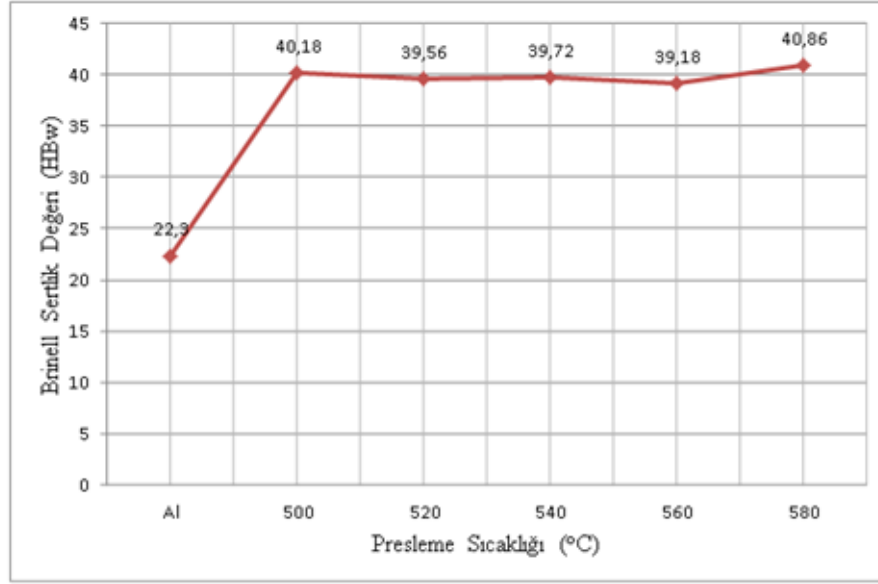
Şekil 9 – 500 °C’de Sinterlenen Kompozit Malzemedeki SiC Partiküllerin Konumu

500 °C’ de iki saat süreyle gerçekleşen sinterleşme sonunda matris yapıyı oluşturan alüminyum toz partiküllerin birbirine tam sinter olurken gözenek miktarının yok denecek mertebede olduğu görülmektedir. SiC partiküller genel olarak matris toz partikülleri ara yerlerinde konumlanmışken matris toz partiküllerinin karıştırma sürecindeki bilye darba tesiri altında deforme olarak küresel morfolojisinin bozulduğu görülmektedir (Şekil 9). Özellikle bilyeli ortamda yapılan karıştırma ile istenen düzeyde takviye elemanın matris yapı içerisindeki homojen dağılımı sağlanarak kompozit toz elde edilmiştir.

Ölçülen Brinell sertlik değerleri saf alüminyum toz metal parçaya göre kompozit numunelerde ciddi sertlik artışları olduğunu göstermektedir (Şekil 10). Saf alüminyum toz metal parçaların sertliği literatür verilerinde yaklaşık 22,3 HBw iken üretilen numunelerin sertlik değerleri 40 HBw ve üzeri ölçülmüştür. Sinterleme sıcaklıkları farklı olsa da bütün numunelerin sertlik değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. En yüksek sertlik değeri saf alüminyum toz metal parçaya göre %79,6 artışla 40,86 HBw olarak 580 °C’de elde edilen toz metal kompozit malzemede görülmüştür. Aynı kompozisyonda fakat farklı presleme sıcaklıklarında üretilen her malzeme üzerinden birden fazla yapılan sertlik ölçüm sonrası elde edilen sertlik değerlerinin birbirine çok yakın çıkması üretilen toz metal kompozit

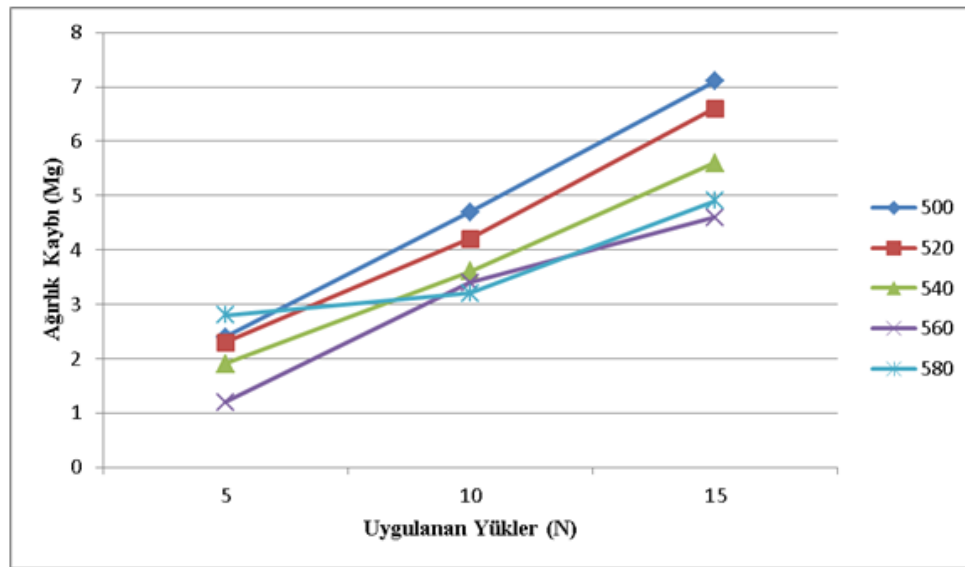
malzemelerde takviye elemanının matris yapı içerisinde homojen olarak dağıldığını ve tüm sinterleme sıcaklıklarının difüzyonla sinterleşme ve bağlanmanın yeterli olduğunu göstermektedir.

Bu noktada sertlik değerleri ile numunelerin yoğunluk değerleri ve mikroyapı görüntülerinin birbiriyle tam olarak uyumlu olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 10 – Presleme Sıcaklığına Bağlı Kompozit Malzemelerdeki Sertlik Değişimi

Aşındırma testi sonrası elde edilen bütün sonuçlar yükteki artışa paralel olarak numunelerdeki ağırlık kayıplarının arttığını göstermektedir (Şekil 11). Bu sonuç literatürdeki benzer çalışmalarla da uyumludur (Arık, 2019: 745-752).



Şekil 11 – Yüke Bağlı Ağırlık Kayıpları

Aşınma sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde bütün numunelerin kompozisyonu, takviye içeriği aynı olsa da sıcak presleme sürecindeki sıcaklık farkından dolayı sıcaklık artarken üretilen kompozit malzemenin aşınma direncinin arttığı ve aşınma kayıplarının azaldığı görülmektedir. Şekil 11 de görüldüğü gibi bazı sonuçların bu değerlendirmeye uymuyor olmasının sebebi ise üretilen malzemenin toz metal kompozit malzeme olmasından kaynaklı küçükte olsa yapısal farklılıklar gösterebileceği ve bu tip malzemelerde tam olarak homojen bir yapının sağlanamayacağı gerçeğinden kaynaklanmaktadır.

## SONUÇLAR

1. Turbula cihazında karıştırma işlemiyle takviye elemanı SiC partiküllerinin alüminyum matris yapı içerisinde homojen dağılımının başarıyla gerçekleştirildiği,
2. Bütün sıcaklıklarda yapılan presleme sonrası bütün numunelerde hedeflenen yüksek yoğunluk değerlerine ulaşılabilindiği,
3. Bütün numunelerde sertlik artışı meydana gelirken sertlik değerlerinin birbirine yakın olduğu,
4. Üretilen toz metal kompozit malzemede matris yapıyı oluşturan alüminyum toz metal parçaya göre % 73,6'lık bir sertlik artışı sağlandığı,
5. Aşınma sonuçları değerlendirildiğinde sinterleme sıcaklığı artarken numunelerin aşınma dayanımlarının arttığı ve aşınma kayıplarının azaldığı sonuçları elde edilmiştir.

## KAYNAKÇA

Arık, H. (2019). Toz metalurjisi metoduyla Al-SiC kompozit malzeme üretimi ve aşınma özelliklerinin araştırılması. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 7 (3), 741-754. DOI: 10.29109/gujsc.587637

Arık, H. , Kırmızı, G., Semerci, P. (2017). Sıcak presleme ile alüminyum matrisli ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> takviyeli toz metal kompozit malzeme üretimi ve abrasif aşınma davranışının araştırılması. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 5 (4), 87-97. DOI: 10.29109/http-gujsc-gazi-edu-tr.343115

Eryıldız, E., Akdoğan Eker, A. (2015). Savunma sanayinde kullanılan ileri kompozit malzemeler ve uygulama alanları. *International Journal of Engineering Research and Development*, 2015 Özel Sayı 2, 8-12. DOI: 10.29137/umagd.379785

Gökçe, A., Fındık F., Kurt, A.O. (2017). Alüminyum ve alaşımlarının toz metalurjisi işlemleri. *Sakarya Üniversitesi, Mühendis ve Makina*, cilt 58, sayı 686, s. 21-47.

İlkhçi, A.A., İzçiler, M. (2018). ASTM F75 Co-Cr-Mo alaşımının abrasif aşınma davranışlarının araştırılması ve incelenmesi. *Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar ve Yenilikçi Teknolojiler Dergisi*, 2 (1), 1 -4.

Kalemtaş, A. (2015). Seramik matrisli kompozit malzemeler. *Bursa: Putech and Composites*, 20-26.

Köymen Cagar, P. (2021). Endüstriyel ürünlerin tasarımında yaygın yer edinen polimer matrisli kompozit malzemelerin özellikleri. *Turkish Journal of Fashion Design and Management*, 3 (2), 79-88.

Okumuş, M., Bülbül, B. (2020). Mekanik alaşımlama metodu ile üretilen Al-4.5Cu/SiC kompozitin termal ve mikroyapısal özelliklerinin incelenmesi. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 8 (2), 405-417. DOI: 10.29109/gujsc.704063

Singla, M., Dwivedi, DD, Singh, L. ve Chawla, V. (2009). Alüminyum bazlı silisyum karbür parçacıklı metal matrisli kompozitin geliştirilmesi. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 8 (06), 455-467.

Şahin, Y. (2015). *Kompozit malzemelere giriş*, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 38-145.

Yağcı, T., Cöcen Ü., Çulha, O., Korkmaz, A. (2021). Alüminyum döküm alaşımlarına dair son yıllardaki akademik ve endüstriyel gelişmelere genel bakış ve değerlendirme. *Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 26, Sayı 3*.

Yastımoğlu, F., Özkan, A. (2017). Tekrarlanan yükler altında kompozit malzemelerin yapılarının incelenmesini amaçlayan deney aygıtı tasarımı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5 (1), 56-66.

Yıldız, T., Gür, A. K. (2006). Aşınma sistemleri. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 4 (2), 86-91.



## COVID-19 Döneminde Dijital Sağlık Okuryazarlığı

*Hazran SOYKAN<sup>1</sup>*

### Özet

Dünya değişime ve teknoloji alanındaki gelişmelere hızlı bir şekilde ayak uydurmak zorundadır. Her alanda olduğu gibi sağlık alanında da teknolojik gelişmeler ilerlemiş ve dijital sağlık okuryazarlığı önem kazanmıştır. Hızlı bir şekilde ilerleyen COVID-19 salgınında insanlar hastalık hakkında bilgi edinmek, önlemek, nasıl yayıldığını anlamaya çalışmak amacıyla dijital kanallarda araştırma yapmışlardır. Ülke ve dünya genelinde web tabanlı çeşitli platformlarda doğru yanlış birçok bilgi paylaşılmıştır. Bu süreçte çevrimiçi bilgilere artan ilgi, büyük bir bilgi havuzunda bireyleri oldukça zorlamaktadır.

Sağlığın daha da önem kazandığı son dönemde internette yer alan bilgi kirliliği, bilimsellikten uzak yanlış bilgilerin yer alması dijital sağlık okuryazarlığının doğru bir şekilde yapılması gerektiğinin önemini göstermektedir. Halkı endişelendiren ve yanlış bilgilendiren bu kaynaklar halk sağlığı açısından oldukça tehlikeli görülmektedir. İnternetin geniş kamu erişimi ve sosyal medya, söylentilerin ve güvenilir bilgilerin yayılmasını kolaylaştırmaktadır. Bilginin aşırı bolluğu insanlığı tehdit etmekte ve bilimsel olarak kanıtlanmış gerçekleri aramayı zorlaştırmaktadır. Topluları bilgilendiren bu sağlık içeriklerinin kolay ulaşılması, anlaşılır olması, toplumun her kesimine hitap etmesi gerekmektedir.

İnsanların elektronik platformlar üzerinden bilgi arama, inceleme ve sağlıklarıyla ilgili karar alma becerileri dijital sağlık okuryazarlığı olarak adlandırılır. İnsanların bu bilgi ortamlarında gezinme ve sağlık kararları vermek için bu bilgileri işleme ve filtreleme becerilerine sahip olmaları gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı dijital sağlık okuryazarlığının önemini vurgulamak, geliştirilmesi için önerilerde bulunmak, pandemi süresince oluşan bilgi kirliliği sorununa dikkat çekmek ve çözüm önerileri sunmaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital Sağlık Okuryazarlığı, COVID-19, Pandemi

<sup>1</sup> Öğretim Görevlisi, Altınbaş Üniversitesi, Tıbbi Dokümantasyon ve Sekreterlik, Orcid: 0000-0002-9481-1917

## GİRİŞ

Sağlığın teşviki ve geliştirilmesinde yeni bir kavram olan sağlık okuryazarlığı ya da e-sağlık okuryazarlığı, içinde bulunduğumuz yirminci yüzyılın toplum sağlığı gayelerinden biri olarak kabul edilmekte ve oldukça önemsenmektedir.. Bireylerin sağlık okuryazarlığı düzeyleri, toplumun temel sağlık bilgilerini ve hizmetlerini anlama, erişme ve aynı zamanda sağlıkla ilgili kararlar alma durumunu göstermektedir. Sağlık okuryazarlığı seviyesinin artması bireysel güçlenme sağlayarak kişilerin sağlık davranışları ve sağlık hizmeti kullanımlarında eşitlik sağlamaktadır. Bireylerin düşük sağlık okuryazarlığı; tanıda gecikme, morbidite ve mortalite hızını arttırma, hastane yatış oranlarında yükseltme, olumsuz sağlık sonuçları, tedavi rejimlerine uyumsuzluk ve kötü sağlık sonuçlarını beraberinde getirmektedir. Düşük sağlık okuryazarlığına sahip bireyler, dijital sağlık uygulamalarını etkin bir şekilde kullanamamakta ve ihtiyaç duydukları bilgileri bulmakta zorlanmaktadırlar. Bilgiye erişimin kolaylaştığı günümüzde, elektronik kaynaklar üzerinden sağlık bilgilerine ya da kaynaklarına erişimin olması, sağlık okuryazarlığının elektronik yönünün varlığının gözardı edilemeyeceğinin en büyük kanıtıdır. (Temür, 2022: 413-417)

Sağlık hizmetlerindeki tıbbi bilgilerin ve kaynakların dijitalleşmesiyle belirli platformlardaki çevrimiçi bilgiler ve e-uygulamalar bireyler için önemli rol oynayama başladı. Bu alanlardaki yapılan araştırmalar, bireylerin online bilgiyi kullanma durumlarındaki becerilerinin aslında sağlıklarını ve sağlık hizmetlerinin kalitesini etkilediğini göstermektedir. Bu tür yetkinliklerin eksikliği birçok olumsuz sonuçlara yol açabileceğini de göstermiştir. Dijital sağlık programlarındaki artan ihtiyaç nedeniyle bireylerin dijital sağlığın farkında olmaları ve yönlendirilmeleri halk sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bireyler kalitelerinin düşük ya da yüksek olma durumlarına göre bu sağlık verilerini eleştirel olarak analiz edebilmeli ve toplumun kullandığı yerleşik teknolojileri sağlıklı yaşam tarzı ile dengeleyerek daha donanımlı olmalıdır. Buna bağlı olarak, son dönemdeki kullanıcılar bir takım dijital teknolojik yetkinliklere sahip olmalı ve ayrıca sağlıklarını sürdürüp geliştirmesi için bu bilgileri anlaması büyük önem taşımaktadır. Dijital sağlık okuryazarlığını önemsemek ve geliştirmek, son yıllarda birçok ülke ve araştırmacı tarafından da fark edilmiş, önlemler alınmaya başlanmıştır. (Ekinci, Ünal, Tarhan, 2021: 148-165)

Sağlığın daha da önem kazandığı son dönemde internette yer alan bilgi kirliliği, bilimsellikten uzak yanlış bilgilerin yer alması dijital sağlık okuryazarlığının doğru bir şekilde yapılması gerektiğinin önemini göstermektedir. Halkı endişelendiren ve yanlış bilgilendiren bu kaynaklar halk sağlığı açısından oldukça tehlikeli gözükmektedir. İnternetin geniş kamu erişimi ve sosyal medya, söylentilerin ve güvenilirmez bilgilerin yayılmasını kolaylaştırmaktadır. Bilginin aşırı bolluğu insanlığı tehdit etmekte ve bilimsel olarak kanıtlanmış gerçekleri aramayı zorlaştırmaktadır. Toplumları bilgilendiren bu sağlık içeriklerinin kolay ulaşılması, anlaşılır olması, toplumun her kesimine hitap etmesi gerekmektedir. (Aydan, 2022, 695-706)

COVID-19'un hızlı gelişimi, büyük miktarda bilginin hızla iletilmesini ve toplumların bu bilgilere erişmesini, anlamasını ve kendi davranışlarına aktarmasını gerektirmiştir. COVID-19 salgını, internette bulunan sağlık bilgilerinin miktarını artırdı ve dijital bilgi ortamlarını zaten olduğundan daha karmaşık hale getirdi. COVID-19 döneminde dijital sağlık okuryazarlığını kullanmak birtakım yeni zorluklar ortaya koymakta, toplum ile ilgili ihtiyaçlar değişmekte, bilgi paylaşımları 'yanlış anlatılar' ile bilgi ortamlarında çoğalmaktadır. (Sykes vd., 2022) Ayrıca, COVID-19 pandemisiyle vatandaşlara bakım sağlamak için e-Sağlık hizmetlerinin ve dijital uygulamaların önemi de açıkça ortaya çıkmıştır. Pandemi, sağlık hizmetleri de dahil olmak üzere insanların etkileşim biçimini değiştirmiştir. Pandemi nedeniyle uzaktan sağlık hizmetinin sunulması, sağlık bilgileri için internetin kullanılması, sağlıkla ilgili

işlemlerin internet üzerinden yürütülmesi gerekliliği ve toplumun sağlık uygulamalarına ilişkin kavram ve bilgileri anlayabilmesi ve davranışlarına aktarabilmesi ihtiyacı e-Sağlık okuryazarlığının önemini artırmıştır. COVID-19 salgınının toplumu, sağlığı ve bilgi yönetimini nasıl değiştirdiğini daha iyi anlamak için bireylerde ve sistemlerde sağlık okuryazarlığını keşfetmek gerekmektedir. Bu çalışmada COVID-19 pandemisi döneminde dijital sağlık okuryazarlığının artan önemini değerlendirmek, pandemi süresince oluşan bilgi kirliliği sorununa dikkat çekmek ve çözüm önerileri sunmaktır amaçlanmaktadır.

## DİJİTAL SAĞLIK OKURYAZARLIĞI

Dijital sağlık “İnternet vb. bilgisayar teknolojileri kullanılarak sunulan sağlık hizmetleri” anlamına gelir. Dijital sağlık okuryazarlığı ise, “teknoloji destekli sağlık araçlarının kullanılabilmesi için gereken bilgi ve beceriyi” içerir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), dijital sağlık okuryazarlığını, e-kaynaklardan sağlık bilgilerine ulaşmak, anlamak, değerlendirmek ve elde edilen bilgileri bir sağlık problemini incelemek veya çözmek için kullanma becerisi olarak tanımlamaktadır. Başka bir tanımda ise dijital sağlık okuryazarlığı, bir bireyin çevrimiçi sağlık verilerini arama, değerlendirme ve tatbik etme veya dijital sağlık uygulamalarını doğru şekilde kullanma mahareti olarak tanımlanmıştır (WHO). Mobil sağlık (M-sağlık, m-Health), dijital sağlığın bir alt bileşenidir. Taşınabilir bilişim teknolojilerinin sağlık ve toplum sağlığında kullanımı olarak tarif edilebilir. Hasta eğitimi, uzaktan takip etme, irtibat, hastalık ve salgın izleme, tanı ve tedavi dahil olmak üzere mobil ağlar vasıtasıyla sağlanan birçok servisi kapsar. Bu nedenle hastaların, dijital sağlık noktasında yeterli sağlık okuryazarlığına sahip olması önemlidir. (Bittlingmayer ve ark., 2020: 176-184)

Pew Araştırma Merkezi, ABD'li yetişkinlerin %35'inin tıbbi bir durumu anlamak için internete girdiğini ve internetin birçok insan için fiili olarak ikinci bir görüş ve hatta ilk görüş olduğunu bildirdi. Dünya Sağlık Örgütü ayrıca Google tarafından "kanser" için arama yapıldığında 575 milyon, "diyabet" için arama yapıldığında 250 milyon sonuç döndürüldüğünü bildirmektedir. Bu çok büyük bir bilgi miktarı olarak gözükmektedir. (Digital Health Literacy, 2022)

Dijital sağlık programlarına artan ihtiyaç üzerine, elektronik sağlık okuryazarlığının farkında olmak ve doğru yönlendirmeleri yapmak önemlidir. Dijital sağlık okuryazarlığı (DSO) özellikle kronik hastalıklara sahip hastaların kendi kendilerini yönetmeleri için gereklidir. Kronik hastalığı olan bireylerin %80 'inin hastalıklarını evde kendileri veya arkadaşları, aile üyeleri veya akrabalarının yardımıyla idare ettikleri tahmin edilmektedir. (Efthymiou et al; 2017:417). Ancak hastalıkların öz yönetimi için güvenilir kaynaklardan doğru bilgilerin alınması büyük önem taşımaktadır. Hemşireler, dijital sağlık verileri noktasında hastalara yardımcı olmalı ve elektronik kaynaklardan edinilen bilgilerin hatalı yorumlanmasından kaynaklanabilecek yanlış anlaşılmaları düzeltebilecek beceriye haiz olmalıdır. Fakat, hemşireler sağlıkla ilgili hususları öğrenmek ve bu hususlarda karar almak için dijital kaynaklardan yararlanma konusunda gerekli bilgiye sahip olmayabilir. Bireylere daha iyi sağlık hizmeti ve eğitimi verebilmek için hemşirelerin iyi seviyede elektronik sağlık okuryazarlığına haiz olmaları gerekmektedir. İyi seviyede dijital sağlık okuryazarlığı bulunan hemşireler, ilgilendikler hastaların hastalık idaresinde daha etkin bir rol oynayabilir. (Temür, 2022: 414)

## COVID-19 DÖNEMİNDE DİJİTAL SAĞLIK OKURYAZARLIĞI

COVID-19 salgınının dikkate değer bir yönü, internette veya diğer iletişim teknolojileri aracılığıyla çok miktarda geçerli ve geçersiz bilginin hızla yayılması ve çoğalmasıyla tanımlanan "infodemi" olmuştur. Hangi bilgilerin doğru ve yararlı olduğunu belirlemek, geniş erken tanımı

'elektronik kaynaklardan sağlık bilgilerini arama, bulma, anlama ve değerlendirme ve elde edilen bilgileri bir sağlık sorununu ele almak veya çözmek için uygulama becerisi' olan dijital sağlık okuryazarlığı veya eSağlık okuryazarlığı gerektirir. Dijital sağlık okuryazarlığı ve eSağlık okuryazarlığı, sıklıkla birbirinin yerine kullanılan örtüşen kavramlar olsa da, eSağlık okuryazarlığı, çevrimiçi kaynaklardan bilgi toplamaya odaklanır. Bu kaynaklar kullanıcıların içeriği görüntüledikleri geleneksel, bilgi tabanlı web sitelerinden oluşan Web 1.0 platformlarından ve kullanıcı işbirliğine izin veren ve sosyal ağ sitelerini, sosyal medya sitelerini, blogları, wiki'leri ve video paylaşım sitelerini içeren Web 2.0 platformlarından oluşur.

Dijital sağlık okuryazarlığı, sosyal medya da dahil olmak üzere web tabanlı platformlardaki etkileşimi içerir. Genel sağlık okuryazarlığı ve dijital sağlık okuryazarlığı birbiriyle ilişkili kavramlardır; düşük sağlık okuryazarlığı becerileri riski taşıyan kişiler aynı zamanda düşük dijital sağlık okuryazarlığı riski altındadır. Düşük sağlık okuryazarlığı yaygın bir sorundur; İngiliz çalışma çağındaki nüfusun %61'i düşük sağlık okuryazarlığına sahiptir ve düşük sağlık okuryazarlığı oranları en çok yaşlılar, etnik azınlık grupları ve sosyo-ekonomik olarak yoksun bölgelerde yaşayan insanlar arasında görülmektedir. Güvenilir ve yararlı COVID-19 bilgilerine erişme ve bunları kullanma konusunda büyük engellerle karşılaşmanın yanı sıra, aynı nüfus grupları aynı zamanda daha yüksek komplikasyonlar ve COVID-19'dan ölüm riski altındadır. (Frings et al, 2022: 1-25)

Dijital sağlık okuryazarlığı (DSO), çevrimiçi ortamlardan sağlık bilgilerini bulma, değerlendirme, bütünleştirme ve uygulama becerisini içeren bir beceri seti gerektirir. "eSağlık okuryazarlığı" (eHL) ve "DHL" terimleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılsa da, eHL ölçümü, çevrimiçi sağlık bilgisi toplamaya odaklanmasıyla ayırt edilir. (Patil, 2021: 1-25)

Düşük dijital sağlık okuryazarlığı, dünya çapında nüfusun büyük bir yüzdesini etkiler ve COVID-19 ile ilgili çevrimiçi yanlış bilgilerin yayılmasına doğrudan katkıda bulunur. Sosyal medya paylaşımının kolaylığı ve 'viral' doğası, durumu daha da karmaşık hale getirmektedir. COVID-19 infodemisinin karmaşıklığı göz önüne alındığında, bu yaklaşımlardan veya araçlardan herhangi birinin tek başına COVID-19 yanlış bilgilerinin yayılmasını durdurmada tamamen etkili olması pek olası değildir. Bunun yerine, bu stratejilerin, yöntemlerin ve hizmetlerin en iyilerini bir araya getiren karma, sinerjik bir yaklaşım, çevrimiçi sağlıkla ilgili yanlış bilgilerin üstesinden gelmek ve bunun COVID-19 ve gelecekteki pandemilerdeki olumsuz etkilerini azaltmak için şiddetle tavsiye edilir. Ayrıca, teknikler ve araçlar ideal olarak hem mesajı (bilgi içeriği) hem de haberciyi (bilgi yazarı/kaynağı) değerlendirmeye odaklanmalıdır. Nüfusun dijital sağlık okuryazarlığı düzeylerinin araştırılması ve iyileştirilmesi, gelecekteki infodemik hazırlık için de önemlidir.

Dünya Sağlık Örgütü, dijital sağlık okuryazarlığının güçlü bir destekçisidir. Formüle 'dijital' eklendiğinde, güvenilir sağlık bilgilerine daha geniş erişilebilirlik, daha iyi sağlık hizmeti kalitesi ve daha düşük sağlık maliyetleri öngörülebilir. Dijital sağlık okuryazarlığı, bir sağlık sorununu ele almak veya çözmek için bilgi ve iletişim teknolojilerini (BİT) kullanarak sağlık bilgilerini arama, bulma, anlama ve değerlendirme becerisidir. (Naeem ve Boulos, 2021)

Pandemi sürecinde sosyal platformlarda yaygın olarak paylaşılan dezenformasyon nedeniyle bireylerin dijital sağlık okuryazarlığı (DSO), COVID-19 ile ilgili bilgilerin kalitesini doğru bir şekilde değerlendirememelerinden ve yanlış bilgilerle manipüle edilmelerinden olumsuz etkilenmektedir. Dezenformasyon ve sahte haberler kafa karışıklığına ve artan strese yol açabileceğinden (38, 39), COVID-19 ile ilgili bilgilerin fazlalığı, okudukları bilgileri eleştirel bir şekilde değerlendiremeyenler için olumsuz ruh sağlığı sonuçları doğurabilir (37). İnternet ve dijital platformlar, COVID-19 ile ilgili başlıca sağlık bilgileri kaynakları haline geldiğinden, öğrencilerin dijital sağlık okuryazarlığını



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

güçlendirmek önemlidir. Bununla birlikte, şimdiye kadar genç yetişkinler için dijital sağlık okuryazarlığını güçlendiren müdahalelerde bariz bir eksiklik bulunmaktadır. (Nguyen et al, 2021)

## SONUÇ

Hastalığın olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik müdahaleleri yürütmek için bireylerin COVID-19 ile ilgili bilgi ihtiyaçlarını ve bilgi arama davranışlarını anlamak çok önemlidir. İnsanların bilgiyi nasıl aradığını bilmek, gelecekte başka sağlık acil durumları meydana gelirse bilgiyi halka duyurmak için stratejiler oluşturmada da çok yardımcı olabilir. Ayrıca, bu tür verilere sahip olmak, bir sağlık krizi sırasında kişilere politika ve prosedür bilgilerini iletmesi gereken yöneticilere ve halk sağlığı sağlayıcılarına da yardımcı olabilir.

Arama motorları ve sosyal medya, COVID-19 ile ilgili bilgi edinmek için diğer medyalara göre daha sık kullanılmaktadır. Bireylerin dijital sağlık okuryazarlığı geliştirildiğinde, yanlış bilginin zararlı etkileri azalır. Bulgular, insanlara kriz anında yanıtıcı bilgilerin bildirilmesi konusunda kurallar oluşturmak için kullanılabilir. (Abdoh, 2022)

Yaşlı yetişkinlerin e-Sağlık okuryazarlığının geliştirilmesi, büyük halk sağlığı olaylarına daha iyi yanıt verilmesini teşvik etmek ve gelecekte bu grup için daha iyi sağlık hizmeti sağlamak açısından önemlidir. Devlet sağlık kurumlarının ve sağlık hizmeti sağlayıcılarının sosyal medya platformları aracılığıyla kanıta dayalı sağlık bilgileri sağlamaları esastır. Geleneksel ve çevrimiçi sağlık hizmetlerinin yönlerini birleştirmek ve yaşlı yetişkinler için güvenilir ve güncel çevrimiçi bilgi ve kaynaklar sağlamak için daha fazla çaba gösterilmesi gerekmektedir. (RN, 2022: 1949-1959)

Genel olarak, COVID-19 salgını ve gelecekteki herhangi bir bulaşıcı hastalık salgını hakkındaki yanlış bilgilerle mücadele, farklı karar alma düzeylerindeki tüm paydaşları içeren işbirlikçi bir çaba olmalıdır. Örneğin, sosyal medya kuruluşlarının bilgileri doğrulamak ve yanlış bilgileri düzeltmek için sivil bir sorumluluğu vardır ve hükümetlerin kanıtlara dayalı karar verme sürecine katılması ve bilgileri uygun şekilde yorumlamak ve kullanmak için gerekli teknik ve bilişsel araçlarla halkı donatması gerekir. Sağlık bilgileri yöneticileri, bu mevcut salgın sırasında doğru bilgileri yaymak için kanıtları kullanmada da çok önemli bir rol oynuyor. Sağlık bilgileri yöneticileri, zamanında, doğru ve eksiksiz sağlık bilgilerine adil erişimi iyileştirmenin çeşitli yollarını kullanmalı ve şeffaflık, kalite ve hasta güvenliğini sağlamalıdır. (Kyabaggu et al, 2022)

COVID-19 salgını, dijital çağdaki ilk gerçek küresel sağlık krizi olduğundan, çok sayıda dijital çözüm gözlemlenmiştir. Bu salgın en azından dijital sağlık çözümlerinin yararlılığını ve tepkiselliğini göstermiş ve bu çözümleri uzun vadede sağlık sistemlerimize dahil etmek için bir fırsat oluşturmuştur. Bu fırsat; devlet yöneticileri, araştırmacılar ve sağlık profesyonellerinin mevcut hizmet alanlarını dağıtmadan dijital çözümleri toplu ve verimli bir şekilde uygulamaya koymaları için acil bir ihtiyaç yaratmaktadır. Salgın üzerinde optimal bir etkiye sahip olmak ve COVID-19 krizinin ön saflarında yer alan insanların hayatını kolaylaştırmak için stratejik ihtiyaçların ele alınması gerekmektedir. (Fagherazzi, 2020: 1-4)



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## KAYNAKÇA

Abdoh, E. (2022). Online health information seeking and digital health literacy among information and learning resources undergraduate students. *The Journal of Academic Librarianship*, 48(6), s. 56-75.

Aydan, S. (2022). Covid-19 pandemisi döneminde e-sağlık okuryazarlığının artan önemi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 25 (3), s. 695-706.

Bittingmayer, U. H., Dadaczynski, K., Sahrai, D., Broucke, S. v., & Okan, O. (2020). Digitale gesundheitskompetenz – konzeptionelle verortung, erfassung und förderung mit fokus auf kinder und jugendliche. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 63, 176-184.

Digital Health Literacy. (2022). 11 27, 2022 tarihinde allofus.nnlm.gov: <https://allofus.nnlm.gov/digital-health-literacy> adresinden alındı

Efthymiou A, Middleton N, Charalambous A, Papastavrou E. (2017). The association of health literacy and electronic health literacy with self-efficacy, coping, and caregiving perceptions among carers of people with dementia: Research protocol for a descriptive correlational study. *JMIR Res Protoc.*, 6(11): 221.

Ekinci, Y. T, Ünal A.T, Tarhan N. (2021). Dijital sağlık okuryazarlığı üzerine bir alanyazın incelemesi. *BAYTEREK : Uluslararası Akademik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 148-165.

Fagherazzi G, Goetzinger C, Rashid M.A, Aguayo G, Huiart L. (2020). Digital health strategies to fight Covid-19 worldwide: challenges, recommendations, and a call for papers. *JMIR Publications*, 22(6), s. 1-4.

Frings, D. et al (2022). Differences in digital health literacy and future anxiety between health care and other university students in England during the COVID-19 pandemic. *BMC Public Health* (658), 1-25.

Kyabaggu, R, Marshall D, Ebuwei P, Ikenyei U. (2022). Health literacy, equity, and communication in the Covid-19 era of misinformation: emergence of health information professionals in infodemic management. *JMIR Publications*, 1(2).

Liu S. et al (2022). Electronic health literacy among older adults in the context of the COVID-19 pandemic: A mixed-methods study. *Journal of Nursing Management*, s. 1949-1959.

Naeem, S, Boulos M. N. K. (2021). COVID-19 Misinformation Online and Health Literacy: A Brief Overview. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18(15).

Nguyen, L. et al. (2021). Digital health literacy about Covid-19 as a factor mediating the association between the importance of online information search and subjective well-being among university students in Vietnam. *Front Digit Health*, (3).

Patil, U. et al. (2021) Health literacy, digital health literacy, and COVID-19 pandemic attitudes and behaviors in u.s. college students: implications for interventions. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18(6), s. 1-25.

Sykes, S, Wills, J, Trasolini, A, Wood, K, Frings, D. (2022). eHealth literacy during the COVID19 pandemic: seeking, sharing, suspicion amongst older and younger UK populations. *Health Promotion International*, (37).

Temür, B, Aksoy N. (2022). Hastalık yönetiminde dijital sağlık okuryazarlığı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemsirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 15(3), s. 413-418.

## Covid-19 Pandemisinde Tıbbi Sekreterler ve Yaşadıkları Sorunlar

*Hazan SOYKAN<sup>1</sup>*

### Özet

2019 yılında başlayan ve hızlı bir şekilde tüm dünyaya yayılan COVID-19 pandemisi hiç kuşkusuz en çok sağlık çalışanlarını etkilemiştir. Sağlık çalışanları pandemilerde yüksek risk taşıyan meslek grubunda yer almaktadır. COVID-19 damlacık ve temas yoluyla bulaşan bir virüs olduğundan, enfekte olan kişilere 1 metreden fazla mesafede olmak gerekmektedir. Fakat sağlık çalışanlarının hastaya uzaktan bakım verme imkanı çok azdır. Özellikle tıbbi sekreterler hasta ve hasta yakınları ile ilk temasa geçen sağlık personeli olarak görülmektedir. Bu nedenle çalışma motivasyonlarının yüksek olması ve hastalarla iyi ilişkiler içerisinde olmaları beklenmektedir. Fakat tıbbi sekreterlerin maruz kaldığı bu mesleki tehlike onları aşırı strese maruz bırakmakta ve bu durum onları uzun dönemde psikolojik olarak olumsuz etkilemektedir. <sup>2</sup>

Yaklaşık iki yıldır devam eden pandemi sürecince daha fazla iş yükü ve uzun çalışma saatleri tıbbi sekreterleri sürekli enfeksiyon riskiyle karşı karşıya bırakmaktadır. Tıbbi sekreterlerin öncelikle kendilerini korumaları daha sonra hastalarla doğru ilişki kurlmaları önemlidir. Kaliteli, güvenli ve verimli bir sağlık hizmeti verilmek isteniyorsa tıbbi sekreterlerin çalışma ortamları ve koşulları iş güvenliği açısından uygun ve yeterli olmak zorundadır. Aksi halde bu durum sekreterlerin sağlıklarını bozabilir, işlerini zorlaştırabilir ve hastalar için olumsuz sonuçlara yol açabilir.

Araştırmalar pandemilerle başa çıkmanın zihinsel ve fiziksel olarak güçlü sağlık personellerine bağlı olduğunu göstermektedir. Hasta ve hasta yakınlarıyla ilk iletişime geçen tıbbi sekreterlerin de bu süreçte problemlerinin gözardı edildiği görülmektedir. Bu çalışmada tıbbi sekreterlerin karşılaştıkları risk ve sorunlara dikkat çekmek, çözüm önerileri sunmak amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Medical secretary, COVID-19, Pandemic

<sup>1</sup> Öğretim Görevlisi, Altınbaş Üniversitesi, Tıbbi Dokümantasyon ve Sekreterlik, Orcid: 0000-0002-9481-1917

## GİRİŞ

Hastane çalışanları genel olarak; baştabib, hastane yöneticisi, hemşire, tıbbi sekreter, ebe, doktor, diş hekimi, baş eczacı, ameliyathane teknisyeni, sosyal hizmet şefi, laboratuvar teknisyeni, radyoterapi teknisyeni, fizik tedavi uzmanı, ağız ve diş sağlığı teknisyeni, anestezi uzmanı ve patoloji teknisyenleri gibi pek çok profesyoneli içine alan farklı uzmanlık alanlarından oluşmaktadır. Sağlık çalışanlarının hastalara, doku parçalarına ve enfekte tıbbi malzemelere temas etme olasılıkları yüksektir. Bu farklı meslek grupları içerisinde tıbbi sekreterin yeri oldukça önemlidir. Çünkü tıbbi asistanlar, hasta ve hasta yakınlarının ilk iletişime geçen kişiler olduklarından hastane için önemlidirler. (Işıklı, 2019: 41-52) Sağlık çalışanlarının ve tıbbi sekreterlerin amacı kaliteli sağlık hizmeti verebilmektir. Fakat meslekleri gereği çeşitli riskler ve iş kazalarına maruz kalabilmektedirler.

COVID-19, bu 8 aylık dönemde yaklaşık 220 ülkede 25 milyon kişiye bulaştı ve 852.758 kişinin ölümünden sorumlu olarak 21. yüzyılın en yaşamı tehdit eden salgını haline geldi. COVID-19 salgını, yalnızca bu 4 aylık dönemi içeren yüksek miktarda (%10) veri nedeniyle modern tarihte eşi benzeri görülmemiş bir durumdur. Sağlık çalışanlarının bulaşıcı hastalıklarla mücadelede ön saflarda olması, bulaşıcı hastalıkların başlangıcındaki belirsizlik ve yaşattığı yoğun stresöenlemlerin zamanında alınmaması, bu önlemlerin uygulanmasındaki sorunlara ek olarak fazla mesai saatleri, yeterince bilgi sahibi olunmaması ve gerekli ekipmanların hazırda bulunmaması da sağlık personellerin maruz kaldıkları riski arttırmaktadır. (Çelik, Bal ve Çetinkya, 2020: 66-77)

2019 yılında başlayan ve hızlı bir şekilde tüm dünyaya yayılan COVID-19 pandemisi hiç kuşkusuz en çok sağlık çalışanlarını etkilemiştir. Sağlık çalışanları pandemilerde yüksek risk taşıyan meslek grubunda yer almaktadır. COVID-19 damlacık ve temas yoluyla bulaşan bir virüs olduğundan, enfekte olan kişilere 1 metreden fazla mesafede olmak gerekmektedir. Fakat sağlık çalışanlarının hastaya uzaktan bakım verme imkanı çok azdır. Özellikle tıbbi sekreterler hasta ve hasta yakınları ile ilk temasa geçen sağlık çalışanları olarak görülmektedir. Bu nedenle çalışma motivasyonlarının yüksek olması ve hastalarla iyi ilişkiler içerisinde olmaları beklenmektedir. Fakat tıbbi sekreterlerin maruz kaldığı bu mesleki tehlike onları aşırı strese maruz bırakmakta ve bu durum onları uzun dönem psikolojik olarak olumsuz etkilemektedir.

Çalışılan ortam ve çalışma koşulları gereği pandemilere en çok yakalanma riski bulunan grup sağlık çalışanlarıdır. Sağlık profesyonellerinin karşı karşıya kaldığı bu durum onları aşırı strese maruz bırakmakta ve bu durumun hem fizyolojik hem psikolojik olarak olumsuz yansımaları gözükmektedir. Yakın zamanda meydana gelen ve birçok kişinin ölümüne neden olan Ebola, Sars gibi enfeksiyonlarda da yine en çok etkilenen ve zarar gören sağlık çalışanları olmuştur. Pandemi dönemlerinde sağlık çalışanları daha fazla iş yükü ve uzun çalışma saatleri karşı karşıya kalmakta ve bu durum onları fizyolojik olarak yormaktadır. Diğer çalışma alanlarında olduğu gibi uzaktan çalışma imkanlarının olmayışı pandemiye karşılaştıkları riski oldukça arttırmaktadır. Burada en çok dikkat çekilmesi gereken nokta ise birçok sağlık çalışanının fiziksel yorgunluk ile başa çıkarken bir yandan da uğradığı şiddet ve tacize uğraması, bu durumun sağlıklarına zararı olduğudur. (Gökçe, 2022: 1833-1860)

Pandemilerde sosyal mesafe bu virüslerin kontrol altına alınmasının en etkili yolu olsa da hastalarla doğrudan temas geçens ağılık çalışanları için bunu uygulamak kolay değildir ve bu durumda onların enfekte olma riskini artırır. Ön saflardaki sağlık çalışanları, hastalığı kontrol altına alma konusundaki kararlılıkları nedeniyle bu pandemi sırasında özellikle savunmasızdır. Covid-19 pandemisi nedeniyle dünya genelinde 100 binden fazla sağlık çalışanı hayatını kaybetmiştir. Fizyolojik tehditlerin yanı sıra, bu tür halk sağlığı acil durumları, profesyonel stres, enfeksiyon korkusu ve çaresiz hissetme dahil olmak üzere sağlık çalışanlarının psikolojilerini etkilemektedir. (Islam et al, 2020: 1794)



Yetersiz sağlık personeli nedeniyle birçok sağlık uzmanı her gün uzun tele-danışmanlık vardiyaları da dahil olmak üzere yaklaşık on yedi saat çalışmak zorunda kaldı. Bu nedenle hükümetler daha fazla sağlık uzmanı atamak zorunda kaldılar. Ayrıca, sağlık çalışanları kendilerini COVID-19 enfeksiyonundan korumak için maske, el eldiveni ve kişisel koruyucu ekipman konusunda akut sıkıntı ile karşı karşıya kaldılar. Ayrıca, yerel olarak üretilen kişisel koruyucu ekipmanların, maskelerin ve otorite tarafından sağlanan diğer kitlerin düşük kalitede olduğu ve tıbbi işgücünü enfekte olmaktan koruyamadığı bildirilmektedir. Sağlık çalışanları ayrıca iş yükü ve ilgili stresin bir sonucu olarak uykusuzluk, yalnızlık, uyku bozukluğu ve zihinsel depresyondan muzdaripti. Bilgi eksikliği, çevresel değişiklikler ve hem kendileri hem de aile üyeleri tarafından enfeksiyon korkusu nedeniyle anksiyete ataklarının yanı sıra hayal kırıklığı yaşıyorlardı. Sağlık uzmanları, bulaşma riskini azaltmak için aile üyelerinden fiziksel mesafeyi korumak zorundadır ve bu da daha fazla psikolojik sıkıntıya neden olmaktadır. Bu nedenle, COVID-19'a maruz kalan yüksek riskli nüfusun psikolojik sorunlarını izlemeye özel bir dikkat daha önemli hale gelmektedir. (Razu, 2021: 10-20)

## **TIBBİ SEKRETERLERİN GÖREV ve SORUMLULUKLARI**

Tıbbi sekreterler, sağlık kurumlarındaki idari personelin birer üyeleridir. Diğer endüstrilerdeki sekreterler gibi, büro, idari ve destekleyici işlevler yerine getirirler. Diğer sekreterlerin aksine, tıbbi terminoloji, tıbbi prosedürler ve sağlık sektörüne özgü iş uygulamaları hakkında bilgi sahibi olmaları gerekir. Tıbbi Sekreterler ayrıca Tıbbi Ofis Uzmanları, Hasta İlişkileri Temsilcileri, Tıbbi Resepsiyonistler veya Tıbbi İdari Asistanlar olarak da adlandırılır.

Tıbbi Sekreter olmak, sağlık ortamlarında idari rollerde başarılı olmak için gerekli becerilerin temelini kazanmak anlamına gelir. Bunlar, bilgisayar uygulamaları ve tıbbi yazılımlar da dahil olmak üzere sağlık alanına özgü teknoloji hakkında iyi bir çalışma bilgisi içerir. İyi sözlü iletişim becerileri ve diğer kişilerarası beceriler, idari, organizasyonel, yönetsel ve finansal beceriler gibi esastır. Potansiyel Tıbbi sekreterlerin de bu alanda iyi performans gösterebilmeleri için tıbbi prosedürleri ve terminolojiyi iyi anlamaları gerekecektir. (Medical Secretary Job Description, t.y.)

Tıbbi sekreterlerin görev tanımlamaları, 22 Mayıs 2014 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanan “Sağlık Meslek Mensupları ile Sağlık Hizmetlerinde Çalışan Diğer Meslek Mensuplarının İş ve Görev Tanımlarına Dair Yönetmelik”de belirtilmiştir. Yönetmelik ekinde tıbbi sektör görev ve sorumlulukları aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- a) Sağlık hizmetleri kurumlarında, tıbbi işlemleri yürütür, gerekli yazışma ve dosyalarını yapar.
- b) Sağlık hizmetleri kurumlarında randevu süreçlerini yürütür ve hasta giriş işlemlerini yönetir..
- c) Hastaya ait sağlık ve ynerim kayıtları arşivler, elektronik belgeleri ve/veya sesli ortamlardaki oluşturulan belgeleri ve sağlık verilerini tıbbi dokümanlara çevirir.
- ç) Hasta dosyalarını ve polikliniklerde oluşturulan diğer belge ve dokümanları dosyalar, tasnif eder, arşivler ve hizmete sunar.
- d) Belirli sınıflandırma ve kodlama kurallarına göre klinik kodlama görevini üstlenir.
- e) Sağlık istatistikleri ile ilgili bilgileri hazırlayarak sonuçlarını üst yönetime sunar.
- f) Hasta dosyaları arşivinin kurulumunu yapar ve düzenler.
- g) Hasta dosyalarındaki eksiklikleri bulur ve giderir.
- h) Hastanın taburcu veyer değiştirme süreçlerini yönetir, kurumlararası iletişimi sağlar. (Sağlık Meslek Mensupları İle Sağlık Hizmetlerinde Çalışan Diğer Meslek Mensuplarının İş Ve Görev Tanımlarına Dair Yönetmelik, 2014)

Tıbbi asistanlar mevcut hastaların girişlerinin yapılması, yapılacak tedaviye hazırlanmaları ve gerekli hasta işlemlerinin yapılması ile randevu oluşturma-iptal etme, zorunlu tıbbi evrakların hazırlanması ve dosyalanması gibi bilgiye de sahip sağlık çalışanlarıdır. Ofis idaresi ve sağlık kurumu işleyişi konusuna hakim olmaları nedeniyle kurum ile hasta, hasta yakını ve doktor ile hasta arasında iletişimi sağlamaktadırlar. Tıbbi sekreterler, çalıştığı özel veya kamu hastanelerinde yetkili çalışanların isteği doğrultusunda her türlü bilgi ve dokümanları düzenlerler ve araştırmacılar belirli izinleri alıp istedikelerinde kullanmaları için yöneticilerinin izniyle verirler. (Erdoğan, 2018:135).

Tıbbi dokümantasyon, insan sağlığı için yapılan araştırmaları, bilgileri kaydetmek, belirli bir düzen içinde saklamak ve bu bilgileri herhangi bir hukuki sorun olduğunda gerekli mercilere teslim etmek demektir. Tıbbi sekreterler, ofis operasyonlarının sorunsuz çalışmasını sağlamaktan sorumlu olduğundan doktorlar, tıbbi personel ve hastalar tarafından kendilerine güvenilmektedir. Yönetimsel ve destekleyici fonksiyonları yerine getirmekle birlikte, tıbbi terminolojiye hakim olmalı ve çeşitli sağlık prosedürlerine ve iş uygulamaları hakkında bilgi sahibi olmalıdırlar. Bir tıbbi sekreter, ödemeler ve sigorta talepleri de dahil olmak üzere hasta bilgilerini doğru ve verimli bir şekilde işlemek, ofis veritabanını ve hasta kayıtlarını yönetmek ve doktorun programını yönetmek için iyi bilgisayar becerilerine sahip olmalıdır. Ayrıca rapor yazabilmeli ve hazırlayabilmeli özellikle tıbbi raporlar hakkında bilgi sahibi olmalıdır. (What Does a Medical Secretary Do?, 2019)

## COVID-19 PANDEMİSİNİN TIBBİ SEKRETERLERE ETKİSİ

Koronavirüs, sağlık camiasına benzeri görülmemiş bir zorluk getirmiştir. Sağlık hizmeti çalışanlarının karşılaştığı en belirgin zorluk, artan enfeksiyon riskidir. COVID-19, asemptomatik insanlar tarafından yayılma kabiliyeti nedeniyle mücadele etmesi karmaşık bir hastalık niteliğindedir. Sağlık çalışanları bulaşmayı önlemek için maske, eldiven ve diğer benzer tıbbi malzemeler kullansalar da bu ürünlerin yeterliliği konusunda soru işaretleri bulunmaktadır. Bu durum, tıp profesyonellerinin kendi kişisel çözümlerini oluşturmaları gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Tıbbi sekreterler vardiyaları boyunca yüzlerce insanla temasa geçmek zorunda olduklarından, enfekte olma riskleri diğer insanlara göre çok daha yüksektir. Enfekte olmaları durumunda ise ailelerine bulaştırma riskleri bulunduğundan stres, kaygı ve depresyonla mücadele etmeleri gerekmektedir. Ebeveyn olan sağlık çalışanları, kaliteli zamandan yoksun olduklarını ve fiziksel ve mental olarak çocuklarına karşı ebeveynlik görevlerini yerine getirebilecek durumda olmadıklarını belirtmektedir. (Çelmeçe ve Menekay, 2020: 1-12)

Hastalarla doğrudan temas halinde olan hekim, hemşire ve sekreterlerin olumsuz ruhsal durumları hem iş performanslarını hem de sağlık durumlarını etkileyerek yaşam kalitelerini düşürebilmektedir. Sağlık çalışanlarında kriz müdahalesi sırasında veya sonucunda ortaya çıkan kaygı, zihinsel muhakeme ve soyut düşünme becerilerini bozarak dikkat ve koordinasyon eksikliğine neden olabilir. Korku ve kaygı gibi çeşitli duygular problem çözme performanslarını etkileyebilir. Problem çözme yeteneğindeki azalma, bireylerin ve toplum sağlığının korunması ve yaşam koşullarının kolaylaştırılması için verilen hizmetlerin etkinliğinin azalmasına neden olabilir. (On the Front Lines: The Role of Medical Assistants During a Pandemic, 2020)

Tıbbi asistanlar; ağır, uzun ve kesintisiz çalışma süreleri, ideal olmayan çalışma şartları ve yoğun iş stresi nedeniyle diğer sektörlerde çalışan asistanlara oranla sağlığı negatif etkileyen daha farklı mesleki risklerle karşılaşmaktadır. Tıbbi asistanlar genellikle çalışmalarının çoğunu yeteri kadar aydınlık olmayan, doğru havalandırılmamış, kapalı ve elverişli olmayan ortamlarda, zemin katlarda sağlık açısından uygunsuz şartlarda gerçekleştirip bu tür alanlarda uzun süreli çalışarak nöbet tutmaktadır.

Aşırı iş yükü ve yoğun çalışma saatleri gibi nedenlerle hasta ve yakınlarıyla sağlıklı iletişim kurma konusunda sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Sağlık çalışanlarının sosyal ihtiyaçlarını sağladığı alanlar (giyinme ve dinlenme odaları, restoran, kafeterya vb.) yeterli sayıda bulunmamaktadır.. Sağlık hizmetlerinin sağlanması sürecinde karşılaşılan olumsuzluklar ve hatalı uygulamalar ile yetersiz güvenlik önlemleri çalışma ortamına ilişkin problemleri daha da arttırmaktadır. (Yolvermez, 2021).

Sağlık çalışanlarının özellikle tıbbi sekreterlerin genellikle aldıkları ücretten emmün olmadıkları, fazla iş yüküne sahip oldukları ve yaptıkları görev ve sorumluluklara göre aldıkları performans sistemine dayalı ek ödeme yöntemlerini yeterli ve adaletli bulmadıkları görülmüştür. Özellikler pandemi döneminde hastanelerin COVID-19 polikliniklerinde görev alan kadın sağlık personellerinin aldıkları ücretleri oldukça düşük bulduğu, hastanelerin döner sermaye kazanımlarının hakkaniyete ve eşitliğe dayalı bir şekilde dağıtılmadığını düşündükleri, bilhassa tıbbi sekreterlerin döner sermaye ücretlerinin fazlasıyla düşük tutulduğu ayrıca diğer yardımcı sağlık çalışanının da bu ödemelerden neredeyse hiç alamadığı tespit edilmiştir. Bu durumda tıbbi sekreterlerin iş performanslarını oldukça etkilemektedir. Böylesine riskli bir mesleğe sahip olup karşılığını alamamak düşündürmektedir. (Kavas ve Develi, 2020: 84-110)

Sağlık hizmeti veren kurumlardaki yetersizlikler, çalışanların görev dağılımındaki dengesizlikler tıbbi sekreterlerin motivasyonunu kaybetmesine ve iş gerginliği yaşamalarına yol açmaktadır. Tüm bu yaşanan iş stresinin sonucunda sağlık çalışanlarında ortaya çıkan gerginlik ve tükenmişlik de insanlarda birçok psikolojik problemlere neden olabilmektedir. Bunların dışında pandemi döneminde COVID-19 geçiren ve bu virüs nedeniyle hayatını kaybeden iş arkadaşlarına tanık olmak tıbbi sekreterlerin kendi sağlığı hakkında düşünmeye ve endişelenmeye yol açmıştır. Psikolojik problemler; anksiyete, depresyon, stres, çaresizlik duyguları vb. ve bedensel problemler; migren, kas gerginliği gibi. Sağlık çalışanları üzerinde yapılan birçok araştırmalarda, çalışma ortamındaki stres kaynaklarının çalışanların bedensel ve ruhsal sağlığının yanı sıra iş tatminlerini de olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Pandemi döneminde oluşan daha stresli ve riskli çalışma ortamlarının fiziksel sağlık sorunlarına (baş ağrısı, yorgunluk, huzursuzluk vb.), akıl sağlığı problemlerine (alkol ve uyuşturucu bağımlılığında yükseliş, fobi, tükenmişlik, depresyon vb.), meslek hayatındaki sosyal problemlere (iş doyumsuzluğu, ilaç alışkanlığı, aile ilişkilerinde bozulma, işle ilgili özgüvensizlik, çalışan bireyler arasında iletişim kopukluğu vb.) yol açtığı gözlemlenmiştir. (Özcanarlan, 2009: 18-20)

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Sağlıklı ve güvenli çalışma alanlarının oluşturulması, hastane gibi risk seviyesi yüksek ve iş yükünün ağır olduğu örgütlerde çalışan tıbbi asistanlar açısından oldukça önemlidir. İş ortamlarının neden olduğu tehlikeler çalışan sağlığını doğrudan doğruya etkilediğinden, sağlıklı iş ortamlarının oluşturulmasının gerekliliğini açıkça göstermektedir. Sağlık çalışanlarının hastanelerde salgın hastalık ve pandemi kaynaklı enfeksiyonları önlemek amacıyla aşılama programlarının ve sağlık kontrollerinin yapılması gerekmektedir. Maruziyetin engellenemediği durumlarda da şahsi koruyucu ekipmanlar kullanılmalı, hijyen tedbirleri kontrollü bir şekilde alınmalıdır. Sağlık kurumları bu ekipmanları karşılamak zorundadır. Pandemi ile yüzleşmek için uygun kişisel koruyucu ekipman kullanımı gibi sağlık çalışanlarını korumak için acil müdahaleler önerilmektedir. COVID-19'un hastane içi enfeksiyon riskini azaltmak için sağlık profesyonellerinin kıyafet değiştirmek için oluşturulan protokolleri takip etmesinin önemini de vurgulamakta fayda var.

Tıbbi sekreterlerin iş ortamı kaynaklı yaşadıkları stres ve buna bağlı başa çıkma yöntemlerinin belirli sürelerde tespit edilip bunlar analiz edilerek, çalışma koşullarında düzenlemeler yapılması, stres



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

kaynaklarının tanınması ve bulunması, bu stresle başa edebilmek için gerekli yöntemleri öğrenme ve problem çözmek için gerekli ilgi ve istek uyandırma, rehberlik ve danışmanlık hizmetlerinin kendisine bu süreçte yardımcı olması gerekmektedir. Sağlık hizmetleri kurumlarındaki iş yükleri değerlendirilerek sağlık çalışanlarının kullandıkları araç-gereç yetersizliklerinin ortadan kaldırılabilmesi için birtakım yeterli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Çok zor koşullarda çalışan sağlık personellerinin sağlıklarını ve güvenliklerine destekleyecek farklı çalışmalar yapılmalıdır. (Solmaz ve Solmaz, 2017: 153).

Tıbbi sekreterler arasında farkındalık artırılmalı ve ruh sağlığına odaklanan daha uzun vadeli çalışmalar planlanmalıdır. Pandemi ilerledikçe olumsuz ruh sağlığı koşulları onları daha fazla etkileyeceğinden, ön saflarda çalışanlar için özel tarama stratejileri uygulanmalıdır.

Tüm kurumların mümkün olduğunca tele sağlık kullanması, giriş noktalarını ve ziyaretçileri sınırlaması, hastaları hijyen alışkanlıklarına ve yüz maskesi kullanmaya teşvik etmesi ve hastaları günlük olarak solunum semptomları açısından taraması esastır. Çünkü birçok kez farklı nedenlerle sağlık hizmeti arayan hastalar gözden geçirilmeyi gerektiren solunum semptomları gösterebilirler. (Monte, 2020)



ICOMNAS

## Kaynakça

- Çelik, H, Bal, E. Y, Çetinkaya Ş. (2020). The risks encountered by healthcare professionals in the global Covid-19 outbreak: the importance of protection. *Turk J Public Health*,(18), s. 66-77.
- Çelmeçe N, Menekay M. (2020). The effect of stress, anxiety and burnout levels of healthcare professionals caring for Covid-19 patients on their quality of life. *Organizational Psychology*, 11, s. 1-12.
- Erdoğan, A. (2018). Tibbi sekreterlik mesleği ile ilgili nitel bir araştırma. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi - Özel Sayı* (1): 134-148.
- Gökçe, A. (2022). Covid-19 pandemi sürecinin sağlık sektörü çalışanları üzerindeki psikososyal yansımaları : Nitel bir araştırma. *Çalışma ve Toplum*, 3(74), s. 1833-1860.
- Islam M.T, Talukder A.K, Siddiqui M.N, Islam T. (2020). Tackling the COVID-19 pandemic: The Bangladesh perspective. *J Public Health Res.*(9), s. 1794–1794.
- Işıklı, E.İ. (2019). Tibbi sekreterlerin yaşadığı sorunların incelenmesi : düzce ilinde bir alan araştırması. *Asya Studies*,(8), s. 41-52.
- Kavas, B. ve Develi, A. (2020). Çalışma yaşamındaki sorunlar bağlamında Covid-19 pandemisinin kadın sağlık çalışanları üzerindeki etkisi. *Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2), 84-112. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1202818> Erişim tarihi: 18.06.2021
- Medical Secretary Job Description. (tarih yok). 11 09, 2022 tarihinde Bryant Stratton: <https://www.bryantstratton.edu/global/bryantstratton/jobs/medical-secretary> adresinden alındı
- Monte RRL, Tavares FAF, Cardoso BB, Goes ABM, Silva TCL, et al. (2020) Covid-19 pandemic and health professionals: practical approaches. *Int J Crit Care Emerg Med*. 6:108. doi.org/10.23937/2474-3674/1510108
- On the front lines: the role of medical assistants during a pandemic. (2020). 11 11, 2022 tarihinde Eagle Gate College: <https://www.eaglecollege.edu/blog/on-the-front-lines-the-role-of-medical-assistants-during-a-pandemic/> adresinden alındı
- Özcanarlan, N. (2009). Hemşirelerin iş ortamındaki stresörlerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana. Erişim adresi: <http://libratez.cu.edu.tr/tezler/8087.pdf> Erişim tarihi: 24.12.2020
- Razu, S.R, et al. (2021, 08). Challenges faced by healthcare professionals during the covid-19 pandemic: a qualitative inquiry from Bangladesh. *Public Health*, s. 10-20.
- Sağlık meslek mensupları ile sağlık hizmetlerinde çalışan diğer meslek mensuplarının iş ve görev tanımlarına dair yönetmelik. (2014, 05). 11 10, 2022 tarihinde [www.mevzuat.gov.tr](http://www.mevzuat.gov.tr): <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=19696&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> adresinden alındı
- Solmaz, M. ve Solmaz, T. (2017). Hastanelerde iş sağlığı ve güvenliği. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(3), 149-153. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/385758> Erişim tarihi: 24.12.2020
- What does a medical secretary do? (2019). 11 11, 2022 tarihinde Live about: <https://www.liveabout.com/what-is-a-medical-secretary-526043> adresinden alındı
- Yolvermez, B. (2021). Sağlık çalışanlarının Covid-19 pandemisi sürecinde çalışma hayatından kaynaklanan sorunların incelenmesi : Sakarya örneği (*Yüksek Lisans Tezi*). Sakarya.

## Kentsel Olanak Olarak Sosyal Altyapı Alanlarının Kentsel Yaşam Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi: Kayseri Kenti Örneği

İrem AVCI<sup>1</sup>

Ozan HOVARDAOĞLU<sup>2</sup>

### Özet

Yaşam kalitesi günümüzde tartışılan küresel ölçekte birçok disiplin tarafından çalışmaya konu edilen öncelikli bir kavramdır. Yaşam kalitesi kavramının sınırlı bir tanımı bulunmamaktadır. Yaşam kalitesi kavramı temelde insan ve insan yaşamını konu almaktadır. Kavram öncelikle insan hakları ile ilişkilendirilmekte ve buna bağlı olarak tanımlanmaktadır. İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi'nin yirmi beşinci maddesinde, herkesin iyi bir yaşam sürebilmesi adına yeterli düzeyde bir yaşama standardına sahip olma gerekliliği konusundan bahsetmektedir. Yaşam kalitesi kavramının ve bu standartların, kentsel ölçekte değerlendirilmesi kentsel yaşam kalitesi kavramını ortaya çıkarmaktadır. Kentler bireylerin yaşam alanıdır. Bu çerçevede kent planlama disiplini, kentlerin kalitesinin yükseltilmesi açısından önemli hale gelmektedir. Türkiye'de yaşam kalitesi kavramı kent planlama özelinde mevzuat ve standartlar dahilinde tanımlanmaktadır. "Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği" ve "Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmelik" ile birlikte çeşitli tanımlamalar yapılmakta ve standartlar belirlenmektedir. (Gündüz, 2020; Qawasmeh, 2014). Bu tanımlamalardan biri de sosyal altyapı alanlarına yöneliktir. Bu çalışma, sosyal altyapı alanlarının bir kentsel olanak olarak değerlendirilmesi dahilinde, yaşam kalitesi üzerine olan etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda belirlenen örneklem alanı Kayseri Kenti'dir. Çalışma kapsamında yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılarak bulgular bu çerçevede değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yaşam Kalitesi, Kentsel Yaşam Kalitesi, Sosyal Altyapı Alanları

<sup>1</sup> Şehir Plancısı, Erciyes Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama, Orcid: 0000-0003-2978-7073

<sup>2</sup> Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama, Orcid: 0000-0003-2680-6582

## GİRİŞ

Bu çalışma “Kent bütününde yer seçen sosyal altyapı alanlarının kentsel olanaklar olarak değerlendirilmesi dahilinde yaşam kalitesine olan etkisini nedir” sorusuna yanıt aranması çerçevesinde oluşturulmuştur.

*Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği*'nde sosyal altyapı alanlarına ilişkin detaylı bir tanım, “Mekânsal kullanım tanımları ve esasları” başlıklı 5. Madde özelinde yapılmıştır. Yönetmeliğe göre sosyal altyapı alanları; “*Birey ve toplumun kültürel, sosyal ve rekreatif ihtiyaçlarının karşılanması ve sağlıklı bir çevre ile yaşam kalitelerinin artırılmasına yönelik kamu veya özel sektör tarafından yapılan eğitim, sağlık, dini, kültürel ve idari tesisler, açık ve kapalı spor tesisleri ile park, çocuk bahçesi, oyun alanı, meydan, rekreasyon alanı gibi açık ve yeşil alanlara verilen genel isimdir*” ifadeleri ile tanımlanmıştır. Tanımdan anlaşılacağı gibi bireylerin sosyal, kültürel ve rekreatif ihtiyaçlarının karşılanması, kentte mekânsal olarak eğitim, sağlık, oyun alanları, dini veya kültürel tesis gibi çeşitli sosyal altyapı alanlarının karşılık bulması ile mümkün hale gelmektedir. Yine tanıma bağlı olarak bu alanların kent bütününde var olması yaşam kalitesini artırıcı bir etki olarak değerlendirilmektedir.

Yaşam kalitesi kavramı farklı birçok disiplin tarafından çalışmaya konu edilen bir kavram niteliğindedir. Dolayısıyla kavramın sınırlı bir tanımı bulunmamaktadır.

Yaşam kalitesi kavramı temelde insan ve insan yaşamını konu almaktadır. İnsanın yaşamı süresince sahip olduğu koşullar ve bu koşullara yönelik duyduğu algı, memnuniyet durumunu ifade etmektedir. En temelde kavram insan hakları kavramı ile ilişkilendirilmektedir.

İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi'nin birinci maddesinde bütün insanlığın hür ve haklar bakımından eşit olarak dünyaya geldiği, yirmi beşinci maddesinde ise herkesin iyi bir yaşam sürebilmesi adına yeterli düzeyde bir yaşama standardına sahip olma hakkının olduğu ifade edilmektedir. Yapılan tanımlamalardan da görüldüğü üzere ‘iyi bir yaşam standardı’ ifadesi doğrudan yaşam kalitesi kavramını ortaya çıkarmaktadır.

(WHO) göre, yaşam kalitesi, “bireylerin, yaşamları süresince içinde buldukları durum, sosyal ve kültürel yapı, değer yargıları, bunları algılama ve değerlendirme biçimleri olarak tanımlanmaktadır. (WHOQOL, 1995:1403).

Tekeli'ye göre (2010) yaşam kalitesi, “insan haklarının, yaşama dönüştürülmesi ile ilgilidir. Bu haklar bireylerin sağlık, ekonomi, konut, eğitim gibi çeşitli haklarını kapsamaktadır. Yaşam kalitesi, bu hakların insan yaşamında karşılık bulmasını hedefleyen bir amaç niteliğindedir (Tekeli,2010).

Bunun yanı sıra literatürde yaşam kalitesi kavramı farklı birçok gösterge ile ilişkilendirilip, sınıflandırılmakta ve bu çerçeve de tanımlanmaktadır.

Yaşam kalitesi literatür kapsamında nesnel ve öznel olmak üzere iki gösterge altında sınıflandırılmaktadır (Chung, vd., 1997).

Nesnel göstergeler bireyin yaşam alanını ve çevresel ilişkilerini konu almaktadır.

Öznel göstergeler ise bireyin daha çok kişisel olarak şartlarını, yaşamını ve standartlarını değerlendirmesiyle ilgilidir (Jankowska,2015).

YAŞAM KALİTESİ					
GÖSTERGELER					
NESNEL (OBJEKTİF)					ÖZNEL (SÜBJEKTİF)
FİZİKİ ÇEVRE	EKONOMİK	SOSYAL - KÜLTÜREL	SAĞLIK	EĞİTİM	SOSYAL
TEMİZ HAVA SU İKLİM ÖZELLİKLERİ GÜVENLİK ALTYAPU HİZMETLERİ ULAŞIM KONUT REKREASYON	GELİR DURUMU İSTİHDAM	SOSYAL - KÜLTÜREL HİZMET ALANLARINA ERİŞİM: KÜTÜPHANE, SİNEMA, MÜZE, TİYATRO	FİZİKİ SAĞLIK ZİHNSEL SAĞLIK SAĞLIK HİZMET ALANLARINA ERİŞİM	YAŞAM BOYU ÖĞRENME EĞİTİM HİZMET ALANLARINA ERİŞİM	MUTLULUK REFAH AIDİYET

**Şekil 1.** Yaşam Kalitesi Göstergeleri

Yaşam kalitesi kavramının göstergelerine bakıldığında, bu göstergelerin tamamının insan yaşamını konu aldığı ortaya çıkmaktadır. Kentler bireylerin yaşam alanıdır. Yaşam kalitesi kavramının, kentsel ölçekte değerlendirilmesi kentsel yaşam kalitesi olarak ortaya çıkmaktadır.

Tekeli'ye (2010) göre kentsel yaşam kalitesi, insanın çeşitli haklarının kentsel ölçekte mekânsal olarak karşılık bulmasıdır. (Tekel,2010)

Kentsel yaşam kalitesi ayrıca, kentlerin yaşanabilirliği üzerinden değerlendirilmektedir. Bu çerçevede kent planlama disiplini kentlerin yaşanabilirliğinin artırılması, yaşam kalitesinin yükseltilmesi açısından önemli hale gelmektedir. Kent planlama ve yaşam kalitesi birbiriyle doğrudan ilişkili olan iki kavramdır.

Türkiye'de yaşam kalitesi kavramı kent planlama özelinde mevzuat ve standartlar dahilinde tanımlanmaktadır. "Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği" ve "Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmelik" ile birlikte çeşitli tanımlamalar yapılmakta ve niceliksel olarak standartlar belirlenmektedir. (Gündüz, 2020; Qawasmeh, 2014). Bu tanımlamalar ve standartlardan biri de sosyal altyapı alanlarına yöneliktir.

Sosyal altyapı alanları kentsel yaşam kalitesinin yükseltilmesine katkı sağlayan öncelikli alanlardandır. Bu sebeple birer kentsel olanak olarak değerlendirilebilir niteliktedirler.

Hovardaoğlu'na (2010) göre kentsel olanaklar; Kentte yaşamını sürdüren nüfusun, kentte gönüllü bir şekilde yaşamasını sürdürmeyi sağlayan; o kent ile arasındaki sosyal, ekonomik, duygusal bağını pekiştiren ve yerel aktörlerin üstlenme düzeyini yükselten bütün her şey olarak tanımlanmaktadır (Hovardaoğlu,2010).

Buna bağlı olarak bu tezin temel amacı kent bütününde bulunan sosyal altyapı alanlarının bir kentsel olanak olarak değerlendirilmesi dahilinde, yaşam kalitesi üzerine olan etkisinin tespit edilmesidir.

Belirlenen bu amaç doğrultusunda çalışma kapsamında öncelikli olarak;

Sosyal Altyapı alanları yaşam kalitesini artırıcı birer gösterge olarak değerlendirilebilir mi?

Sosyal Altyapı alanları birer kentsel olanak olarak değerlendirilebilir mi?

Sorularına yanıt aranması açısından önem taşımaktadır.



## YÖNTEM

Kent bütününde var olan sosyal altyapı alanlarının birer kentsel olanak olarak değerlendirilmesine bağlı olarak yaşam kalitesine olan etkisinin ne olduğu sorusuna yanıt bulmak amacıyla çalışma özelinde niteliksel analizler yapılmıştır. Bu analizler iki basamaktan oluşmaktadır. Birinci basamak tezin çerçevesini belirleyen ve teze yön veren literatür araştırmasına yöneliktir. Literatür araştırmasında öncelikli olarak yaşam kalitesi kavramı ve göstergeleri, kentsel yaşam kalitesi kavramı ve göstergeleri, sosyal altyapı alanlarından neler olduğu, mevzuat bütününde bu alanların nasıl tanımlandığı, bu alanların hangi ihtiyaçlar sonucunda ortaya çıktığı ve bu alanların sunumlarının kent bütününde hangi hizmet alanlarının sunumuyla ilişkilendirilebileceği detaylı bir şekilde sorgulanmıştır. Bu sorgulamalara yanıt verebileceği düşüncesiyle kentsel ölçekte farklı birçok göstergeyi içinde bulunduran örneklem alan Kayseri Kenti olarak belirlenmiştir.

İkinci basamakta ise sosyal altyapı alanlarının belirlenen örneklem alanı içerisinde niteliksel analizi yapılmıştır. Niteliksel analizin gerçekleştirilebilmesi adına yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi ile görüşme kontrol kartları hazırlanmıştır. Bu yöntemin belirlenmesinin gerekçeleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

- İnsana ilişkin algı ve olayların, sosyal gerçeklikte ve doğal ortamında incelenmesini esas alır (Baltacı,2019)
- Ele aldığı problematiği kendi bağlamında, yorumlayıcı bir yaklaşımla inceler; olay ve olguları yorumlarken insanların onlara atfettiği anlamlara odaklanır. (Baltacı,2019).

Görüşme kontrol kartları literatüre bağlı olarak hazırlanmış ve pilot görüşmeler yapılmıştır. Yapılan görüşmeler sonrasında alınan yanıtlara bağlı olarak sorular revize edilmiş ve görüşme soruları kesinlik kazanmıştır. Bu görüşme kontrol kartları iki gruba yöneliktir. İlki sosyal altyapı alanlarına yönelik hazırlanan resmi kurum ve kuruluş görüşme kartları iken bir diğeri katılımcılara yönelik sorulardır.

Resmî kurumlar özelinde hazırlanan sorular 6 konu özelinde oluşturulmuştur. Bunlar;

- Yeterlilik,
- Bağlılık
- Fiziki Kaynaklar
- İletişim
- Güvenlik ve Teknolojiye yönelik sorulardır.

Katılımcılar özelinde hazırlanan sorular genelde bireyin hayat standartlarını belirlemek ve yaşamlarını hangi ölçüde devam ettiklerini çözümlenebilmek adına sorulan sorulardır.

Görüşmelerde gönüllülük esas alınmıştır. Görüşmeler sosyal altyapı hizmet alanlarının sağlayıcı olan resmi kurum ve kuruluşlar (Halk Eğitim Merkezi, Dans Okulu, Rehabilitasyon Merkezleri, Müzik; okulları, Spor Tesisleri, Devlet Hastanesi, Özel Hastane gibi) kurumlarda; herhangi bir sosyal altyapı alanının doğrudan veya dolaylı olarak kullanıcısı olan katılımcılar ile yapılarak örneklem araştırması tamamlanmıştır.

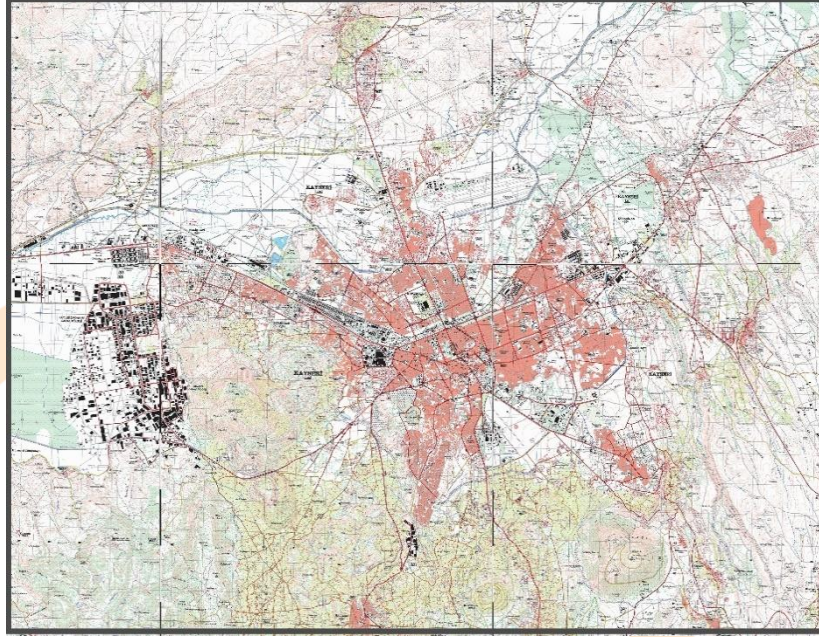
## ÖRNEKLEM ÇALIŞMASI ve ÖN BULGULAR

### Örneklem Seçim Gerekçesi

Yaşam kalitesi kavramı temelde insan ve insan yaşamını konu alması sebebiyle, kalite ölçümü de insan yaşamını konu alan kentler özelinde ortaya çıkmaktadır. Buna bağlı olarak yaşam kalitesinin,

ölçümüne imkân tanıyan, çeşitli göstergeleri içinde bulunduran kentler, örneklem seçiminde etkili olmuştur.

Ekonomik, eğitim, sağlık vb. gibi sosyal altyapı alanlarının niteliksel ve niceliksel göstergelerini değerlendirip yaşam kalitesi ile olan ilişkisini ifade edebilmek gerekçesiyle Kayseri Kenti örneklem alanı olarak seçilmiştir.



Şekil 2. Kayseri Kenti Haritası

Kayseri İç Anadolu Bölgesinde yer alan, sanayisi ile ön plana çıkan bir şehirdir. Kayseri'nin Akkışla, Bünyan, Develi, Tomarza, Sarız, Hacılar, Yahyalı, Yeşilhisar, Felahiye, İncesu, Melikgazi, Talas, Kocasinan, Özvatan, Pınarbaşı, Sarıoğlan olmak üzere toplamda 16 İlçesi bulunmaktadır. Bu ilçeler arasında Kocasinan, Talas, Melikgazi, Hacılar Merkez ilçelerdir.

Merkez ilçelerden olan Kocasinan, Talas, Melikgazi Kayseri Kenti'nin sosyal altyapı alanlarına yönelik niteliksel ve niceliksel olarak birçok farklı kentsel alanları içinde bulundurmaktadır. Hacılar ilçesi sosyal altyapı alanları bakımından diğer merkez ilçelere göre daha sınırlı olması sebebiyle örneklem içine dahil edilmemiştir. Melikgazi ilçesi Kayseri'nin nüfus ve yerleşim açısından en büyük ilçelerinden biridir. Melikgazi 600.427.260 m<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahiptir. İlçe 14 Aralık 1998 yılında, Resmî Gazetede yayımlanması sonrasında 3508 sayılı kanun ile ilden ayrılıp ilçe olmuştur. İlçede çeşitli kamu kurum ve kuruluşları, organize sanayi bölgeleri, özel hastaneler, spor tesisleri, açık ve yeşil alanlar, Erciyes Üniversitesi, Erciyes Üniversitesi Hastaneleri, Erciyes Dağı vb. gibi sosyal altyapı alanları bulunması sebebiyle niceliksel ve niteliksel olarak çeşitli kentsel alanları bulundurmaktadır.

Kocasinan İlçesi yine nüfus ve yerleşim açısından Kayseri'nin büyük ilçelerindedir. İlçe 7 Aralık 1988 yılında 3508 sayılı kanun ile ilden ayrılarak ilçe olmuştur. Kocasinan İlçesi de Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Abdullah Gül Üniversitesi, Kayseri Devlet Hastanesi, Kayseri Şehir Hastanesi, gibi çeşitli eğitim, sağlık, spor, açık ve yeşil alanları bulundurması sebebiyle sosyal altyapı alanları açısından geniş kentsel alanlara sahiptir.

Talas İlçesi Kayseri'nin öğrenci nüfusunun en çok yoğunlaştığı ilçelerden biridir. Kayseri Üniversitesi ilçede konumlanmaktadır. Ali Dağı, Paraşüt İnme Alanı, Kongre Merkezi, KAYMEK Sanat Okulu gibi çeşitli eğitim, sağlık, kültürel çeşitli sosyal altyapı alanları ilçede yer seçmektedir.

### **Yapılan Görüşmeler ve Örneklem Araştırması**

*Örneklem araştırmasında* sosyal altyapı alanlarının hizmet kalitesi, bu alanların niteliksel olarak değerlendirilmesi ve yaşam kalitesiyle ilişkisini açıklamaya amacıyla yarı yapılandırılmış görüşme tekniği ile analizler yapılmıştır. Görüşmeler resmi kurum ve kuruluşlar ile katılımcılar özelinde gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 1- Görüşme Yapılan Katılımcı ve Resmi Kurum Sayısı**

Resmi Kurum ve Kuruluş	Görüşme Sayısı
	27
Katılımcı	409

Yapılan görüşmeler sonrasında her bir soru için verilen cevaplar ilteratüre bağlı olarak ayrı ayrı değerlendirilmiş, belirli başlıklar altında sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan benzer nitelikteki cevaplar, sayısal olarak toplanıp tablolaştırılmış ve bir frekans değerlerine ulaşılmıştır

### **Resmi Kurum ve Kuruluş Görüşmeleri Analizi**

Kent bütününde sosyal altyapı alanlarının yer seçmesi yaşam kalitesini artırıcı etki göstermektedir. Fakat sadece bu alanların mekânsal olarak kentte var olması yeterli değildir. Buna ek olarak bu alanların hizmet sunumları, hizmet çeşitliliği, kullanıcıların bu alanlardan faydalanabilme düzeyi ve bu alanların hizmet kalitesi de yaşam kalitesini artırıcı bir etki göstermektedir. Buna bağlı olarak resmi kurum ve kuruluşlarda yapılan görüşmeler sosyal altyapı hizmet alanlarının sunumları, hizmet çeşitliliğini, kullanıcıların bu alanlardan faydalanma düzeyini anlamaya yöneliktir.

**Tablo 2- Kurumun Ana Faaliyet Konuları**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Yeterlilik		
Kurumun Ana Faaliyet Konuları	1 (Eğitim- Öğretim; Fiziksel Eğitim-1, Zihinsel Eğitim-1, Sürücü Eğitimi-3, Seminer -1)	11
	2 (Sosyal ve kültürel)	2
	3 (Denetim)	1
	4 (Spor)	3
	5 (Sağlık)	4
	6 (Sanat)	2
	7 (Kültür ve Sanat)	3
	8 (Danışmanlık)	1

Tablo 3- Kurumsal İş birliği

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Yeterlilik Kurumsal İş Birliği	1 (Var)	16
	2 (Yok)	11

Tablo 4- İş Birliği Yapılan Kurum veya Kuruluşlar

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Yeterlilik İş Birliği Yapılan Kurum veya Kuruluşlar	1 (Eğitim Kurumları; Özel Eğitim Kurumları-3)	6
	2 (Belediyeler)	3
	3 (Kültür ve Turizm Müdürlüğü)	2
	4 (Kentsel Koruma Kurulu Bölge Müdürlüğü)	1
	5 (Sanat Kulüpleri)	1
	6 (İç İşleri Bakanlığı)	1
	7 (Türkiye Bedensel engelliler Federasyonu)	1
	8 (KAYMEK) (Belirtilmedi)	2

Tablo 5 - Dönemsel Olarak Gerçekleşen Ücretsiz Faaliyet Durumu

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Yeterlilik Kurum Özelinde Dönemsel Olarak Gerçekleşen Ücretsiz Faaliyet Durumu	1 (Var)	16
	2 (Yok)	11

**Tablo 6 -Ücretsiz Gerçekleştirilen Faaliyet Konuları**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Yeterlilik	1 (Spor)	4
	2 (Bilgilendirme; Seminer, Konferans, Bildiri)	3
Faaliyet Konuları	3 (Eğitim)	5
	4 (Tanıtım)	1
	5 (Sanat)	3
	6 (Kültürel; Anma, Kutlama Törenleri)	4
	7 (Ücretsiz Kayıt)	1
	8(Ücretsiz Oyun)	1

Görüşme yapılan kurumların ana faaliyet konuları 8 başlık altında değerlendirilmiştir. Kurumların iş birliği yaparak faaliyet yürüttüğü kurumlar daha çok eğitim kurumlarıdır. İşbirliği ile farklı katılımcılara erişebildiklerini ve tanıtım yapma imkanına sahip olduklarını belirtmişlerdir. Dönemsel olarak ücretsiz faaliyet gösteren kurumlar çoğunlukludur. Kurumların dönemsel olarak yaptıkları ücretsiz faaliyetlerin en temel nedeni katılımcı kitlesini genişletmektir.

**Tablo 7- Vaat Edilen Sürede Hizmetin Karşılanma Durumu**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Yeterlilik		
Vaat Edilen Sürede Hizmetin Karşılanma Durumu	1 (Karşılanıyor)	23
	2 (Karşılanmıyor)	4

**Tablo 8- Hizmet İçin Yapılan Düzenlemeler**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Yeterlilik		
	1 (Toplantı)	1
	2 (Program Oluşturma)	7
Hizmet İçin Yapılan Düzenlemeler	3 (Ekip Organizasyonu)	1
	4 (Planlı ve Sistemli Çalışma Denetimi)	9
	5 (Motivasyon Çalışmaları)	1
	6 (Belirtilmedi)	5

**Tablo 9- Çalışanları Ödüllendirici Düzenlemeler**

Değişkenler Bağlılık	Sınıflandırmalar	Frekans
Çalışanları Ödüllendirici Düzenlemeler	1 (Ek Ödenek- Maddi İyileştirmeler)	9
	2 (Takdir veya Teşekkür Belgesi)	2
	3(Güleryüz, Empati vb.)	2
	4 (Terfi)	1
	5 (Kutlama, Motivasyon Etkinlikleri)	4
	6(Ödül ve Hediye)	4
	7(Ek İzin)	1

Hizmet sunum hızı, kullanıcıların hizmetten faydalanma düzeyini ve memnuniyetini etkileyen parametrelerden biridir. Hizmetin vaat edilen süre içerisinde karşılanması, bunun için yapılan düzenlemeler hizmetin kalitesiyle doğrudan ilişkilidir.

Yapılan görüşmelerde çoğunlukla hizmetin vaat edilen süre içerisinde karşılandığı ifade edilmiştir. Yöneticiler bu çerçevede daha çok çalışmalarını planlı ve sistemli olmalarına dair denetimlemekte ve çalışanlara maddi iyileştirmeler yapmaktadır.

**Tablo 10- Kullanıcıların Kuruma Yönelik Bildirdiği Sorun**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
İletişim Kullanıcıyı Anlama Kullanıcıların Kuruma Yönelik Bildirdiği Sorun	1 (Var)	15
	2 (Yok)	12

**Tablo 11- Bildirilen Sorunların İlişkili Olduğu Öncelikli Konular**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
İletişim Kullanıcıyı Anlama Bildirilen Sorunların İlişkili Olduğu Öncelikli Konular	1 (İletişim)	2
	2 (Fiziki Kaynaklar ve Koşullar)	8
	3(Kullanım Yoğunluğu)	1
	4 (Güvenlik)	1
	5(Aktivite ve Kapasite)	3

**Tablo 12- Sorunlara Yönelik Geliştirilen Çözüm Sistemleri**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
İletişim Kullanıcıyı Anlama	1 (İstişare -Toplantı)	4
	2 (İletişim)	4
Çözüm Sistemleri	3 (Yönetmelik Düzenlemeleri)	1
	4 (Eğitim- Seminer)	1
	5 (Fiziki İyileştirmeler)	3
	5 (Çalışma Koşulları Düzenlemesi)	2

Yapılan görüşmelerde kurumlara yönelik belirlenen öncelikli sorunlardan biri fiziki kaynak ve koşullardır. Yöneticiler bu sorunlara yönelik toplantılar yaparak ve çalışanlar, kullanıcılar ile iletişime geçerek çözüm sistemi geliştirmektedir. Yapılan bütün düzenlemeler çalışanların doğru ve yeterli bir hizmet sunmasında kullanıcıların ise bu hizmetlerden etkin bir biçimde yararlanmasına imkan tanımaktadır.

### Katılımcı Görüşme Analizleri

#### Katılımcı Sosyo- Demografik ve Sosyo-Ekonomik Özellikleri

Yaşam kalitesinin sosyo- demografik ve sosyo- ekonomik göstergeleri altında ortaya çıkan en temel göstergeler, yaş, cinsiyet, medeni durum, eğitim ve gelir durumudur (Boylu vd., 2016). Bireyin yaşamı süresince büründüğü roller, yapabilirlikleri, kente katılımı, kentteki çeşitli sosyal altyapı alanlarından faydalanma düzeyi yaşa bağlı olarak değişim göstermektedir.

Eğitim düzeyi, bireysel gelişim ve bireyin yaşamı süresince sahip olacağı maddi koşullar üzerinde etkilidir (Boylu vd., 2016; European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2004:2). Bir diğer önemli gösterge ise gelir durumudur. Katılımcıların sağlık, yeme- içme, konut, eğitim gibi çeşitli ihtiyaçlarının karşılanması ekonomik imkanları, gelir durumuyla doğrudan ilişkilidir.

**Tablo 13- Yaş Dağılımı**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Yaş Dağılımı	1 (15-19)	66
	2 (20-24)	167
	3 (25-29)	52
	4 (30-34)	30
	5 (35- 39)	26

6 (40-44)	21
7 (45-49)	15
8 (50-54)	9
9 (55-59)	12
10 (60-64)	6
11 (65 Yaş ve Üzeri)	5

Katılımcıların geneli 20-24 yaş grubu içerisindeydir.

**Tablo 14- Eğitim Düzeyi**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Eğitim Düzeyi	1 (Okumadı)	7
	2 (İlkokul)	22
	3 (Ortaokul)	42
	4 (Lise)	211
	5 (Lisans)	89
	6 (Ön Lisans)	19
	7 (Yüksek Lisans)	15
	8 (Doktora)	4

Katılımcıların eğitim durumu genellikle lise düzeyindedir.

**Tablo 15- Çalışma Durumu**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Çalışma Durumu	1 (Çalışıyor)	144
	2 (Çalışmıyor- Öğrenci)	185
	3 (Çalışmıyor- Ev Hanımı)	31
	4 (Çalışmıyor- Emekli)	14
	5 (Çalışmıyor- Diğer)	35



**Tablo 16-** Aylık Gelir Durumu

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Aylık Gelir Durumu	1 (Herhangi sabit bir gelir yok)	158
	2 (200-2200)	81
	3 (2200-4200)	38
	4 (4201-6200)	73
	5 (6201-8200)	28
	6 (82001-10200)	17
	7 (10201+ Üzeri)	14

**Tablo 17-** Mülkiyet Durumu

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Mülkiyet Durumu	1 (Ev Sahibi)	130
	2 (Kira)	83

Katılımcıların genelinin herhangi bir sabit geliri yoktur. Geneli bir mülk sahibidir

### Gündelik Yaşam, Yaşam Alanı ve Zaman Kullanım Analizi

**Tablo 18-** Temel İhtiyaçları Karşılama Durumu

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Aylık Bütçeniz ile Temel İhtiyaçlarınızı Karşılama Durumu	1 (Hayır, Karşılanmıyor)	191
	2 (Evet, Karşılanıyor)	158
	3 (Kısmen)	60

Tablo 19- Temel İhtiyaçları Karşılama Durumu

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Aylık Bütçeniz ile Temel İhtiyaçlarınızı Karşılama Durumu (Konut Sahipliği Temelinde)	1 (Hayır, Karşılanmıyor)	47
	2 (Evet, Karşılanıyor)	62
	3 (Kısmen)	21

Tablo 20- Bireysel Harcama Yapma Durumu

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Bireysel Harcama Yapma Durumu	1 (Hayır...)	142
	2 (Evet...)	267

Tablo 21- Harcama Yapılan Öncelikli Konular

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Harcama Yapılan Öncelikli Konular	1 (Kişisel Bakım)	35
	2 (Alışveriş)	111
	3 (Yeme- İçme)	64
	4 (Eğitim)	33
	5 (Kentsel Sosyal Aktiviteler- Eğlence)	35
	6 (Kentsel Ulaşım)	2
	7 (Hobi)	10
	8 (Teknoloji)	9
	9 (Kişisel Gelişim)	2
	10 (Araç Bakımı)	5
	11 (Gezme, Seyahat veya Tatil)	21
	12 (Spor)	19
	13 (Temel ihtiyaç)	19
	14 (Sanat)	3
	15 (Yatırım)	3
	16 (Evcil Hayvan Bakımı)	1
	17 (Sağlık)	2
	18 (Belirtmedi)	35

**Tablo 22- Özel Harcama Yapılmama Nedeni**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
<b>Özel Harcama Yapılmama Nedeni</b>	1 (Neden Belirtmeyen)	59
	2(Bütçe Yetersizliği)	59
	3 (Fiyat Pahalılığı)	6
	4 (Zamansal Kısıtlılık)	2
	5 (Tasarruf)	2
	6 (Çocuk Masrafları)	14

Ekonomi yaşam kalitesinin ölçümü açısından önemli göstergelerden biridir. Düzenli bir gelire sahip olmak ya da temel ihtiyaçlardan dışında farklı harcama yapabilme imkanına sahip olmak yaşam kalitesinin yükseltilmesi açısından önem taşımaktadır. Katılımcıların geneli aylık bütçeleri ile temel ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Genellikle yapılan harcamalar kişisel bakım, alışveriş, yeme- içme, eğitim, kentsel sosyal aktiviteler, spor ve diğer temel ihtiyaçlara yöneliktir. Katılımcıların harcama yapamama nedeni öncelikli olarak bütçe yetersizliğidir.

**Tablo 23- Bireysel Yaşam Alanına Yakın Yapılması İstenilen Öncelikli Alanlar**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
<b>Bireysel Yaşam Alanına Yakın Yapılması İstenilen Öncelikli Alanlar</b>	1 (Herhangi bir alan istenmiyor)	103
	2 (Sosyo- Kültürel Tesisler)	62
	4 (Sosyal Mekanlar- Kafe)	90
	5 (Perakende Ticaret Alanı)	38
	6 (Açık ve Yeşil Alanlar)	57
	7 (Belediye Hizmet Alanları- Halk Eğitim Merkezleri vb.)	4
	8 (Sağlık Tesis Alanı)	18
	9 (Eğitim Tesis Alanı)	11
	10 (Dini Tesis Alanı)	2
	11 (Spor Alanları)	49
	12 (ATM)	2
	13(Sosyal Mekanlar- Pub, bar, Oyun Salonu)	19
	14 (Sosyal Mekanlar- AVM)	30
	15 (Belediye Hizmet Alanları-Bilet Gişesi, Otobüs Durağı)	6

**Tablo 24- Nedeni**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Nedeni	1 (Neden Belirtmiyor)	202
	2 (Mekânsal Yokluk)	39
	3 (Mekânsal Uzaklık)	35
	4 (Sosyalleşme- Duygusal Tatmin)	22
	5 (Gereksinim Karşılama)	8
	6 (Aktivite Gerçekleştirme)	6

Katılımcıların bireysel yaşam alanlarına yakın yapılmasını istedikleri öncelikli alanlar, sosyal mekanlar başlığı altında değerlendirilen kafe, bar gibi mekanlardır. Bu alanları tercih eden katılımcılar daha çok genç yaş grubundadır. Bu durum en temelde kentte bulunan sosyal altyapı alanlarının yaşa bağlı olarak farklılık göstermesiyle ilişkili olarak gösterilebilir.

Herhangi bir boş zaman dilimine sahip olma durumu kişinin kendi istekleri doğrultusunda faaliyetler gerçekleştirmesine, yeteneklerini keşfetmesine, bireysel olarak gelişim sağlamasına imkan tanımakta ve dolayısıyla yaşama sevincini besleyen ilgi kanallarına ulaşması açısından önemli hale gelmektedir.

**Tablo 25- Boş Zaman Dilimine Sahip Olma Durumu**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Boş Zaman Dilimine Sahip Olma Durumu	1 (Hayır, Boş Zamanım Yok)	54
	2 (Evet, Var)	355

Katılımcıların geneli bir boş zaman dilimine sahip olduklarını ifade etmişlerdir.

**Tablo 26- Boş Zaman Diliminde Evde Gerçekleştirilen Faaliyetler**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Evde Gerçekleştirilen Faaliyetler	1 (Dinlenme, Uyuma vb.)	43
	2 (Kişisel Bakım ve Temizlik)	7
	3 (Spor)	1
	4 (Müzik; Müzik Dinlemek- 11, Enstrüman Çalmak-1)	12
	5 (Ev İşleri ile Uğraşma)	25
	6 (Aile ile Zaman Geçirme)	22
	7 (Teknolojik Platform Kullanımı; Bilgisayar Oyunu- 19, Telefon Sosyal Medya- 18, Mobil Oyun- 3)	40
	8 (Yemek Yeme)	7
	9 (Bireysel Çalışma; Online Çalışma- 2, Ders Çalışma Araştırma vb.)	17
	10 (Hayvan Bakımı)	5
	11(Sanat; Çizim Yapmak- 1, Resim Çizmek-3, -Ebru- 1)	5
	12 (Meditasyon Yoga)	2
	13 (Herhangi Bir Uğraş Yok)	18

**Tablo 26-** Boş Zaman Diliminde Dışarda Gerçekleştirilen Faaliyetler

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Dışarda Gerçekleştirilen Faaliyetler	1 (Spor; Futbol maçı: -1, Futbol Oynamak-7 Basketbol Oynamak-2, Voleybol-1, Yüzme- 1, Bisiklet Sürme-4)	51
	3 (Sanat ve Kültür; Sinema-9, Tiyatro-3, Konser- 1, Heykel- 1, El Sanatları-1, Dernek-1)	16
	4 (Eğlence; Arkadaşlarla Vakit Geçirme- 50, Kafeye Gitme- 19, Farklı Aktiviteler Deneme-10, Ev Gezmeleri- 1)	80
	5 (Alışveriş)	11
	6 (Gezinti-25, Yürüyüş-15)	40
	7 (Parka, Piknik)	11
	8 (Oyun- Masa Oyunu)	6
	9 (Araba)	3

Boş zaman diliminde evde bulunan katılımcılar daha çok dinlenme, uyku ve teknolojik platform kullanımına; dışarda bulunan katılımcılar öncelikli olarak eğlence amaçlı yapılan faaliyetlerde bulunmaktadır.

**Tablo 27-** Herhangi Bir Yeteneğe Sahip Olma Durumu

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Yeteneğe Sahip Olma Durumu	1 (Evet, var)	207
	2 (Hayır, Yok)	202

**Tablo 28- İlgili Yetenek Konusu**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
İlgili Yetenek Konusu	1 (Spor; Box-1, -Basketbol-6, Futbol-17, Tenis-6, Voleybol-6, Binicilik-1, Okçuluk-2, Snoowboard-1, Yüzme-2, Masa Tenisi-2, Maraton-1, -Kayak-1, -E-Spor-1)	48
	2 (Sanat; Mutfak Sanatları-12, Resim-30, Müzik-10, Enstrüman Çalma-16, Şarkı Söyleme-6, Şiir-7, Fotoğrafçılık- 3, Dans-9, Modern Sanat-1, Tiyatro-3, Taklit -4, Mizah-3, El Sanatları-13, El İşi-11, Seramik-2, Heykel-1)	131
	3 (Diğer; Matematik-3, Kişilik Analizi-2, Güçlü Hayal Gücü- 3, Görsel Zekâ-1, Hitabet-2, Empati- 1, Mizah-3, İletişim-4, Ticari Zekâ-2, İkna Kabiliyeti-3, Analitik Zekâ-1, Ezber Kabiliyeti-1, Hızlı Öğrenme-1, Altıncı His-1, Teknolojik Araçları Tamir Kabiliyeti-3, Yabancı Dil Bilme-2, Hızlı İşlem Yapabilme-1, Hızlı Öğrenme-1, Program-2, Bahçe İşleri-1, Dijital Oyun-2, Tavla-1, Santranç-2)	43

Katılımcılara herhangi bir yeteneğe sahip olup olmadıkları sorulmuştur. Geneli bir yeteneğe sahip olduğunu belirtmiştir. Bu yeteneğe bağlı olarak kent bütününde var olan yerel destekli kurum ve özel kuruluşları tercih etmektedir.

**Tablo 29- Kentte Zaman Geçirmekten Keyif Alınan Alanlar**

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
	1 (Herhangi Bir Yer Yok.)	63
	2 (Bireysel Yaşam Alanı)	44
	3 (Özel Hizmet Alanları) Spor Salanou-27, AVM-33, Kayseri Spor Merkezi-1, Cafe-43, Mazakaland-2, Futbol sahası-4, Eğlence Mekânı-5, Buz Pateni-1, Resteurant-3-, Dans Okulu- 2, Kurs-1 Kahvehane-8, Hayvanat Bahçesi-1, Oyun Salonu -6)	116
	4 (Sosyal- Kültürel Tesisler Kütüphane-5, Sinema-2, Tiyatro-2, Kültür Merkezi-3)	14

<b>Kentte Zaman Geçirmekten Keyif Alınan Alanlar</b>	5 (Kamusal Alanlar; Kapuz Şelalası-4-, Park-52, Paraşüt İnme Alanı-18, Halısaha-4, Stadyum, Şahin Kayalıkları-1, Mesire Alanları-21, Meydan-9, Gençlik Merkezi-2, Ali Dağı-6, Baraj-2, Medrese, Tarihi Yerler-3, Türkiye Gençlik Vakfı-4, Aile Yaşam Merkezi-1, Kent Çarşısı-1, Halk Eğitim Merkezi, Talas-31, Bahçelievler-1, Osmanlı Sokağı-4, Tuna-1, Köşk-2, Alpaslan-2, Melikgazi-1, Kocasinan-1, Mevlana-1, Dershane Önü-3, Düvenönü-2, Erciyes Dağı-12, Üniversite-11, Sokak-1)	205
--	--	-----

**Tablo 30-** Alanların Tercih Edilme Nedeni

<b>Değişkenler</b>	<b>Sınıflandırmalar</b>	<b>Frekans</b>
<b>Alanların Tercih Edilme Nedeni</b>	1 (Mekânsal Yokluk)	64
	2 (Mekânsal Konfor)	14
	3 (Kentsel Kompaktlık)	10
	4 (Kentsel ve Mekânsal Esneklik; Aktivite Çeşitliliği)	32
	5 (Kentsel Canlılık; Arkadaşlarla Vakit Geçirebilme-16, Sosyalleşme-11)	31
	6 (Duygusal Tatmin)	82
	7 (Zorunluluk)	6
	8 (Belirtmedi)	152

Katılımcıların büyük bir kısmı kamusal alanlarda zaman geçirmekten keyif almaktadır. Özel Hizmet Alanları özelinde tercih edilen mekanlardan biri kafedir. Özel hizmet alanlarını tercih eden katılımcılar daha çok genç yaş grubuna dahil olan katılımcılardır.

**Tablo 31-** Herhangi Bir Kursa Gidilme Durumu

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Herhangi Bir Kursa Gidilme Durumu	1 (Hayır, Gitmiyorum)	286
	2 (Evet, Gidiyorum)	123

**Tablo 32-** Gidilen Kursun Niteliği

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Gidilen Kursun Niteliği	2 (Meslek Edindirme Kursu)	19
	3 (Sanat Kursu; Enstrüman Kursu -10, Dans Kursu-5, Ebru-2, Resim Kursu-2)	17
	4 (Kişisel Gelişim Kursları; Dil kursu- 25, Sürücü Kursu-1,-Dershane-15, KPSS vb.-7)	48
	5 (Hobi Kursları)	6
	6 (Spor)	13
	7(Diğer)	29

**Tablo 33-** Kursa Gitmenin Sağladığı Bireysel Fayda

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Kursa Gitmenin Sağladığı Bireysel Fayda	1 (Kabiliyet Farkındalığı ve Gelişimi)	2
	2 (Duygusal Tatmin ve Sosyalleşme)	40
	3 (Fiziki Gelişim ve Sağlık)	6
	4 (Zamansal Kullanım)	4
	5 (Mesleki Gelişim)	6
	6 (Kişisel Gelişim)	22
	7 (Öğrenme Kabiliyet Gelişimi)	48
	8 (Sağlamıyor)	3

Herhangi bir kursa gitmek, bu kurs hizmet alanından faydalanmak yaşam kalitesini artırıcı bir etki göstermektedir. Bu çerçevede bireysel olarak bilişsel ve sosyal gelişimi destekleyen faaliyetlere katılmak nitelikli sağlıklı bir yüksek kalitede bir yaşamı ortaya çıkarmaktadır (Karagöz vd., 2020). Katılımcıların geneli herhangi bir kursa gitmemektedir. Giden katılımcılar genellikle kişisel gelişim kurslarına gitmektedirler. Bu kurslara gitmenin sağladığı faydanın ise öğrenme kabiliyet gelişimi olduğunu ifade etmektedirler.



**Tablo 34-** Müze, Tiyatro, Sinema Gibi Etkinliklere Gidilme Durumu

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Müze, Tiyatro, Sinema Gibi Etkinliklere Gidilme Durumu	1 (Hayır. Gitmiyorum.)	140
	2 (Evet. Gidiyorum)	269

**Tablo 35-** Gitme Sıklığı

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Gitme Sıklığı	1 (Haftada Bir.)	24
	2 (Ayda Birkaç Defa)	73
	3 (Yılda Birkaç Defa)	43
	4 (Bir Zaman Dilimi Belirtmeyen)	129

**Tablo 36-** Etkinliklere Gitmenin Sağladığı Bireysel Fayda

Değişkenler	Sınıflandırmalar	Frekans
Etkinliklere Gitmenin Sağladığı Bireysel Fayda	1 (Gündem Takibi)	6
	2 (Zaman Kullanımı, Değerlendirme)	5
	3 (Bilişsel Öğrenme)	3
	5 (Duygusal Tatmin)	57
	6 (Kişisel Gelişim- Ahlak Gelişimi)	29
	7 (Sosyalleşme)	9
	(Belirtmeyen)	167

Yaşam kalitesinin yükseltilmesi özelinde ortaya çıkan bir diğer sosyal ve kültürel alanlar sinema, müze, tiyatro alanlarıdır (Salihoğlu,2016).

Katılımcıların geneli müze, tiyatro ve sinema gibi etkinliklere gitmektedir. Gitme sıklıkları herhangi bir zaman dilimine bağlı olmaksızın ortaya çıkmaktadır yapılan görüşmeler sırasında katılımcılar bütçe ve zamana bağlı olarak gitme sıklıklarının değiştiğini ifade etmişlerdir. Bu etkinliklere gitmenin sağladığı öncelikli fayda iyi hissetme, mutlu olma keyifli hissetme gibi duygularla ilgilidir.

## SONUÇ

Söz konusu çalışmanın bulgular kısmında öncelikli olarak ortaya çıkan tespitlerden ilki resmi kurum ve kuruluşlar özelinde yapılan görüşmelerde de söz konusu alanların birey ve toplumlar için nitelikli bir hizmet sunumu gerçekleştirebildikleri ölçüde işlevsel hale gelmesi olmaktadır. Buna bağlı olarak kurum yöneticileri, çeşitli kurumlarla iş birliği yapmakta, kurum içi çalışan, güvenlik, kullanıcı, yönetim gibi konularında düzenlemeler yapmaktadır.

Bulgular sonucunda ortaya çıkan bir diğer tespit ise mevcut sosyal altyapı alanlarının erişilebilir olması ile ilgilidir. Bu çerçevede erişilebilirlik birey ve grupların sosyal altyapı alanlarına ulaşılabilir olması, katılım sağlayabilmesi, bu alanlardan faydalanabilmesi, bu alanlar özelinde çeşitli ihtiyaçlarının



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

ve beklentilerinin karşılanabilmesi ve bu alanların standartlar dahilinde doğru yer seçmesi ilişkili olarak açıklanabilir.

Buna ek olarak yapılan görüşmeler sonucunda erişilebilirlik, katılımcıların daha çok gelir durumu, eğitim düzeyi, yaşları ve boş zamanları üzerinden açıklanabilir. Bu da yaşam kalitesinin iktisadi ve iktisadi olmayan göstergeleri altında değerlendirilebilir.

Farklı yaş gruplarının kent bütününde katılım sağladığı, tercih ettiği ve kentte yer seçmesini istediği sosyal altyapı alanları farklılık göstermektedir

Farklı yaş gruplarında olduğu gibi eğitim düzeyinin farklılaşması da kent bütününde tercih edilen ve katılım sağlanan sosyal altyapı alanlarını etkilemektedir

Zaman, bireysel olarak bir faaliyet gerçekleştirme, kent bütününde var olan çeşitli faaliyet alanlarına katılım açısından önemli bir etkidir.

Bütün bunlara bağlı olarak elde edilen diğer bir sonuç ise sosyal altyapı alanlarının yaşam kalitesi göstergeleri altında değerlendirilebilir birer kentsel olanak niteliğinde olmalarıdır.





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## KAYNAKÇA

- Baltacı, A., 2019, Nitel Araştırma Süreci: Nitel Bir Araştırma Nasıl Yapılır, Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (AEÜSBED), 5: 368-388
- Boylu, Aydıner, A., Paçacıoğlu, B., 2016, Quality Of Life And Indicators, Journal of Academic Researches and Studies, 8: 137-150
- Chung Cheun, M., Killingworth, A., Nolan, P., 1997, A Critique Of The Concept Of Quality Of Life, International Journal of Health Care Quality Assurance, 10/2 : 80-84
- Gündüz, S., 2020, İmar Planlama Süreci ve Uygulama Araçlarının Hakçılık ve Yaşam Kalitesi Temelinde Değerlendirilmesi ve Bir Model Önerisi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s.364
- Hovardaoğlu O., 2010, Yeni Rekabetçilik: Kentsel Yapabilirlikler ve Kentsel Olanaklar, 13. Ulusal Bölge Bilimi / Bölge Planlama Kongresi: Bölgesel Gelişme için Yapılanma Gündemi
- İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi, (Web Sayfası: <https://www.ihd.org.tr/insan-haklari-evrensel-beyannames/>) (Erişim Tarihi: Mart, 2022)
- Jankowska, E., 2005, Social Indicators And The Measure Of The Quality Of Life, Torun International Studies, 7: 5-13
- Karagöz, Ş., Tortop, Y., Dinç, H., 2020, Halk Eğitim Kurslarına Katılan Bireylerin Rekreatif Etkinliklere Katılımları ile Yaşam Kalitesi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Afyonkarahisar İli Örneği, Türkiye Spor Bilimleri Dergisi, 4: 9-20
- Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, (Web Sayfası: <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=19788&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeli&mevzuatTertip=5>) (Erişim Tarihi: Mart, 2022)
- Qawasmeh, R., 2014, Identification of the quality of urban life assessment aspects in residential neighbourhoods in Doha, The Sustainable City IX, 1: 391
- Salıhoğlu, T., 2016, Kentsel Yaşam Kalitesinin Yükseltilmesinde Boş Zaman Aktivitelerinin Rolü: İstanbul Örneği, Bilimleri Enstitüsü, Fen Doktora Tezi, s.260
- The WHOQOL Group, 1995, The World Health Organization Quality Of Life Assessment (Whoqol): Position paper from the World Health Organization, Social Science & Medicine, 41: 1403-1409
- Tekeli, İ., 2010, Gündelik Yaşam Kalitesi ve Yerellik Yazıları, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, s.79-215

## Bir Solar Enerji Sulama Sisteminin Otonom Çalışmasını Sağlayacak, Sürücü Hata Sinyallerini de Dikkate Alan Gerçek Zamanlı Çalışan Programlanabilir Zamanlayıcı

*Celalettin TİĞLİ<sup>1</sup>*

### Özet

Günümüzde solar enerji, uzun vadede ekonomik ve aynı zamanda çevre dostu olması nedeniyle her alanda giderek yaygınlaşmaktadır. Su kaynaklarından ve yerleşim merkezlerinden uzak olan tarım arazilerinin sulanmasında genellikle sondaj kuyuları iyi bir alternatiftir. Bu sondaj kuyularından suyun çıkarılması için rüzgar enerjisi veya solar enerji yaygın şekilde kullanılmaktadır. Solar enerji kullanan sulama sistemlerinde pompa motoru sürücüsü (inverter) üzerinde her zaman bir zamanlayıcı bulunmamaktadır. Bu durumda, pompa motorunun istenen zamanlarda manuel olarak çalıştırılması ve belirli süre çalıştırdıktan sonra gene manuel olarak durdurulması gerekmektedir. Bunun, kullanıcılar için bir güçlük doğurduğu ortadadır. Bu çalışmada, yerleşim merkezinden oldukça uzakta kurulmuş, harici bir kontrol sistemi ve zamanlayıcısı bulunmayan böyle bir solar sulama sisteminin istenen zamanlarda otonom çalışmasını sağlamayı amaçlayan gerçek zamanlı programlanabilir, Arduino tabanlı bir zamanlayıcı gerçekleştirilmiş ve sistem üzerinde test edilmiştir. Bu çalışmada, üzerinde çalışılan Solar sistemdeki pompa motoru sürücüsü Siemens Sinamics V20 inverteridir. Bu inverterin kendi içinde gömülü bir zamanlayıcısı yoktur. Pompa motorunu istenen zamanlarda çalıştırabilmek için, inverterin belirli sayıdaki çalışma modundan (connection macro) birisi tercih edilmiştir. İlgili çalışma modunda, inverter dijital girişlerinden bazılarının belirli bir düzen içinde kapatılıp açılması gerekmektedir. Bulutlanma gibi durumlarda, solar panel çıkış gerilimi düşmekte ve inverter düşük voltaj hatası (F3) vermektedir. Burada gerçekleştirilen zamanlayıcıda bu problem de dikkate alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Arduino, Solar sulama, Solar enerji, Programlanabilir zamanlayıcı, Otonom çalışma

<sup>1</sup>Dr. Öğr Üyesi, Balıkesir Üniversitesi, MYO Elektronik ve Otomasyon, 0000-0002-6010-0818:

## 1.Giriş:

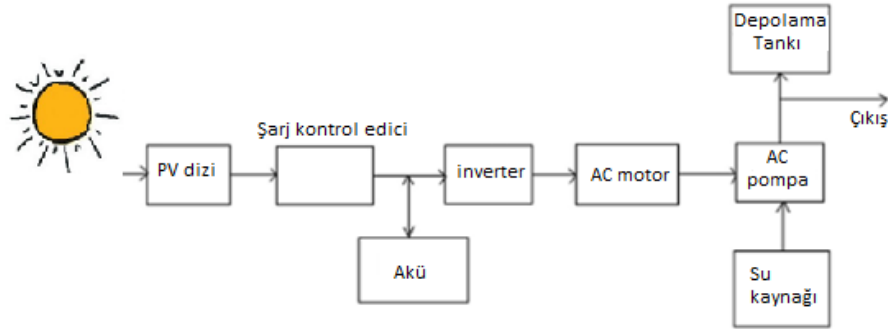
Endüstri devrimiyle birlikte fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılması hız kazanmıştır. Fosil yakıtların doğaya verdiği zarar ilk defa 1800 lerin sonlarında sorgulanmaya başlandı("Wikipedia," 2020). Solar enerjinin tarihte kullanılması MÖ 7. YY' a kadar dayanmaktadır. 1883 de ilk solar hücre selenyumdan üretildi. Fakat bildiğimiz anlamda solar hücreler selenyumdan değil, silikondan üretilmektedir. Bu anlamda ilk fotovoltaik hücrenin Bell labratuarında 1954 de geliştirildiğine ve veriminin de %4 lerde (günümüzde üretilenlerin ¼ ünden az) olduğu bildirilmektedir("What is the history of solar energy and when were solar panels invented?," 2020).

Enerji ihtiyacının giderek artması, fosil yakıtların sınırlı olması ve fosil yakıtları kullanımının çevre kirliliği üzerindeki olumsuz etkileri (iklim değişikliği, kirlilik) nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmıştır. Başka bir enerji kaynağının bulunmadığı veya çok masraflı olduğu sulama sistemlerinde ise bu bir anlamda zorunludur. ("Solar PV is on track with the IEA's Sustainable Development Scenario," 2020)' e göre fotovoltaik kapasitedeki global büyüme 2019 yılında %22 artmıştır. Dünya çapında solar enerji yatırımlarının, 2030' a kadar 1721 GW lık kurulu kapasiteye ulaşması beklenmektedir(ÖZÇELİK & KARALI, 2019).

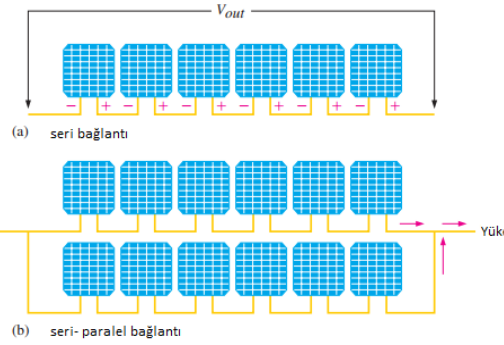
Solar sulama sistemleri diğer enerji kaynaklarına (dizel/benzin elektrik vb) bağımlılığı azaltmasının yanı sıra temiz enerji olması ve uzun vadede kendini amorti etmesi gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca dizel pompalı bir sistemin kurulum ve işletme maliyetleri solar pompa sistemine göre 2-4 kat daha fazladır. Bu nedenle uzun vadede solar sulama pompa sistemleri, klasik sulama pompa sistemlerine göre önemli bir avantaja sahiptir (S.S. Chandel, M. Nagaraju Naik, & Rahul Chandel, 2015).

Bir solar sulama sistemi bir dizi solar (PV-fotovoltaik) panel, şarj kontrol edici, akü, inverter, AC/DC motor, pompa ve su tankından oluşur(şekil 1.1). Pompa motoru DC ise inverttere gerek yoktur. PV paneller, pompa motorunun gerilim ve akım ihtiyacını karşılamak için genellikle karışık (seri-paralel) bağlanmıştır(Floyd, 2011) (Şekil 1.2). Bazı sistemlerde akü ve şarj kontrol edici bulunmayabilir. DC motorların AC motorlara göre daha fazla bakım gerektirmesi, bu uygulamalarda AC motorların tercih edilmesine neden olmuştur (S.S. Chandel et al., 2015).

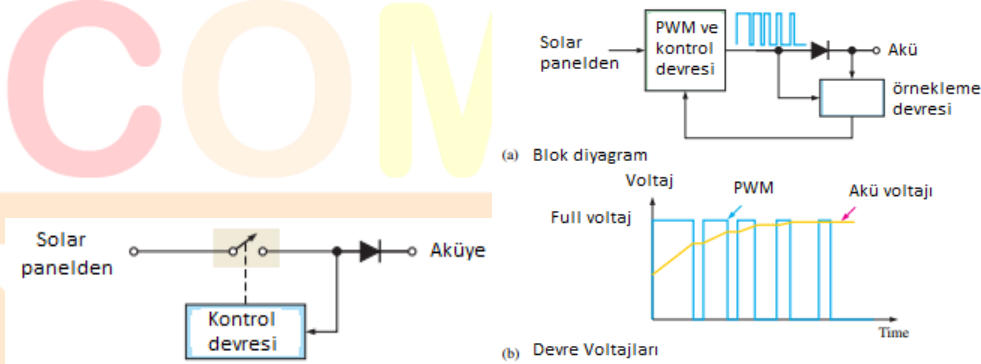
Şarj kontrol ediciler, akü kullanan solar sistemlerde gereklidir. Fakat genel bir kural olarak, eğer solar panel 50 Ah (amper-saat) başına 2W veya daha az güç üretiyorsa şarj kontrol ediciye ihtiyaç yoktur(Floyd, 2011). Şarj kontrol ediciler üç temel tipte olabilir; ON/OFF, PWM ve MPPT. ON/OFF tip en basit olandır. Akü voltajı gözlenir, belirli bir seviyenin altına düştüğünde kontrol devresi anahtarı (transistör) kapatır. Akü voltajı belirlenen seviyeye ulaştığında anahtar açılır (şarj kesilir). Diyot; panel voltajı akü voltajından düşük iken, akünün deşarj olmasına engel olur. PWM kontrol edici akünün daima tam şarjlı olmasını (güneş varken) sağlar. Bu durum akü ömrünü uzatır. Akü voltajı sürekli olarak gözlenir. Akü voltajının tam şarj değerinden farkına bağlı olarak PWM sinyalinin genişliği değişir(şekil 1.3).



Şekil 1.1 Tipik bir solar sulama sisteminin bileşenleri ((S.S. Chandel et al., 2015).

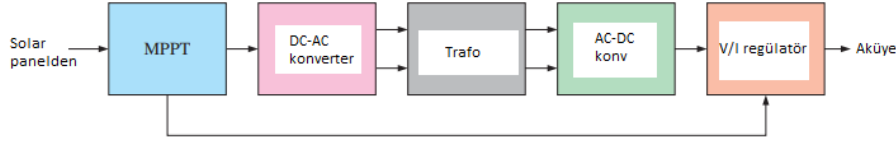


Şekil 1.2 Solar panellerin seri ve seri-paralel bağlanması (Floyd, 2011).



Şekil 1.3 ON/OFF şarj kontrol edici (solda) ve PWM kontrol edici (sağda).

MPPT (Maximum Power Point Tracker-maksimum güç noktası izleyici) tip şarj kontrol edici diğer tiplerden daha verimlidir ve temel olarak bir DC-DC konverterdir. Bu tipte, solar panelin çıkış akım ve gerilimi maksimum gücü belirlemek için sürekli izlenir. Böylece akü şarjını optimize edecek şekilde çıkış voltajını ayarlar(şekil1.4).



Şekil 1.4 MPPT tip şarj kontrol edici(Floyd, 2011).

Verimliliği arttırmak için bazı solar sistemlerde güneş takip sistemleri kullanılabilir(Köksal GÜNDOĞDU, Hüseyin Sercan KABADAYI, & ÖZTÜRK, 2016) ve (Okan BİNGÖL & ALTINTAŞ, 2006). Bu durumda verimlilik, hareketsiz sisteme nazaran %20-%40 arasında arttırılabilir. Bu sistemler açık çevrimli, kapalı çevrimli veya hibrit olabilir(Ay, 2020)

Solar sulama sistemlerinin otonom çalışmasına yönelik literatürde çok sayıda çalışma yapılmıştır. (Zaher, Hamwi, & Almas, 2018) de, toprağın nem değerleri dağıtılmış sensör dizisi kullanılarak ölçülmüş ve kablosuz olarak (wireless) kontrol ünitesine bağlanmıştır. Bu sistemde kullanıcı sulama sistemini cep telefonundan kontrol edebilmektedir. (Chandana T C., Deepika N., & M., 2020) de Arduino tabanlı deneysel bir güneş takip sistemi sunulmuştur. Bu sistemde ışık şiddetini algılayan bir LDR ile sıcaklık ve nem sensörü (DHT11) ve buna bağlı olarak paneli bir eksenle döndüren bir servo motor kullanılmıştır. (Okine, Appiah, Ahmad, Asante-Badu, & Uzoejinwa, 2020) de solar enerji ile beslenen kablosuz sensörler kullanılarak, sulanacak alanın değişik bölümlerinin nem miktarı bilgisi gene kablosuz olarak kontrol ünitesine iletilmiştir. Optimal kontrolü gerçekleştirmek için, sadece gerekli zamanlarda ve gerektiği kadar su pompası çalıştırılmaktadır. Başka bir çalışmada nem, ışık miktarı, sıcaklık gibi değerler kablosuz sensörler ile ölçülmüş ve “Zig Bee” protokol kullanılarak veri transferi gerçekleştirilmiştir. (Mekonnen, Burton, Sarwat, & Bhansali, 2018). (Abdülkadir ÇAKIR & ÇALIŞ, 2008) de PSTN (Public Switch Telephone Network) tel hattı üzerinden manuel veya otomatik komutlar gönderilerek sulama yapılabilir. Manuel çalışmada PC modeminden saha modeme veri aktarımı yapılmaktadır. Otonom çalışmada PIC16F877 işlemcisi kullanılmıştır. Bu çalışmada da nem miktarı referans alınarak kontrol yapılır.

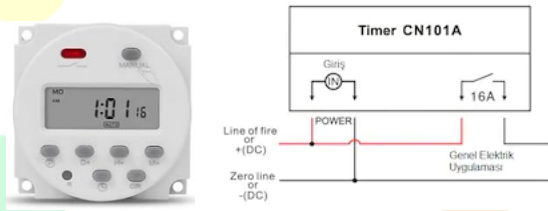
## 2. Materyal ve Metod

Yerleşim merkezinden uzakta kurulmuş solar sistemler eğer otonom değil ise belirli aralıklarla manuel çalıştırılması gereklidir. Bu durumun bir güçlük doğurduğu ortadadır. Özellikle yerleşim merkezinden uzakta bulunan ve ulaşım güçlüğü bulunan solar sistemler için bu durum daha da büyük bir sorun olabilmektedir. Solar sistemlerde pompa motoru 3 farklı şekilde çalıştırılabilir: manuel, zaman bağlı (günün belli zaman aralıklarında vb) ve bir şarta (örn: su tankındaki su seviyesine bağlı olarak). Solar sistemlerde pompa motoru genellikle bir inverter ile sürüldüğü için, pompa motorunu istenen şekilde kontrol etmek için inverterin kontrol edilmesi gerekir. Ticari olarak bulunabilen seçkin markalı bazı inverterlerin kendi içinde bir zamanlayıcısı bulunmaktadır. Bu inverterlerin fiyatı, içinde gömülü zamanlayıcısı olmayanlara göre daha yüksektir. Bununla birlikte kendi içinde zamanlayıcısı bulunan her inverter solar pompayı sürmek için uygun olmayabilir. Siemens'in G120P inverterinin kendi üzerinde bir zamanlayıcısı ve saati bulunur("Pump control with timer in SINAMICS G120P," 2020). Bu nedenle gerçek zamana bağlı çalışmaya uygun olabilir. Ancak Siemens Sinamics V20 inverterinde böyle bir zamanlayıcı ve saat bulunmamaktadır(Siemens, 2020).

Bu çalışmada, yerleşim merkezinden oldukça uzakta bir arazide kurulu bulunan, 24 solar panelli (her biri 90 watt, 17V DC çıkış sağlayabilen) ve Siemens V20 inverterini kullanan 1.5 KW'lık 150 m derinlikli bir derin su pompalı sulama sistemi için gerçekleştirilen Arduino tabanlı gerçek saatli

programlanabilir bir zamanlayıcı sunulmaktadır. Zamanlayıcı sulama sistemi üzerinde test edilmiş ve sorunsuz çalıştığı gözlenmiştir.

Marketlerde bulunan zamanlayıcılar genellikle tek röleli olarak üretilmektedir. Röle birden fazla kontakta da sahip olsa, bu kontaklar aynı anda aktif ya da pasif olurlar. Ayrıca bu zamanlayıcıların önemli eksiklerinden bazıları şöyle sıralanabilir: Bazılarında gerçek zaman saati özelliği yoktur, olsa da enerji kesilmesi durumunda gerçek zamanı hafızada tutma özelliği ya kısa sürelidir ya da yoktur. Ayrıca zamanlayıcı içinde bulunan dahili pil röleyi çalıştıracak güce sahip değildir. Ticari olarak bulunan CN101A gerçek zaman saatli zamanlayıcı böyledir (test edilmiştir) (şekil 2.1). CN101A'nın 12 DC/24 DC/220AC gibi besleme seçenekleri mevcuttur. 12V besleme gerilimi kullanan tip için röle kontakları pasif iken besleme kaynağından çekilen akım 5mA kadar olup çekilen güç yaklaşık  $P=11V \times 5mA=55mW$  olarak ölçülmüştür (11V besleme gerilimi altında). Röle kontakları aktif iken çekilen akım 18mA (çekilen güç;  $P=18 \times 11V=200mW$ ) olarak ölçülmüştür. CN101A gibi bir zamanlayıcı, siemens V20 tipindeki bir inverter üzerinden pompa motorunu kontrol etmek için ancak sınırlı şekilde kullanılabilir. Böyle bir zamanlayıcı üzerinde sadece bir röle bulunduğundan inverterin ancak bir kontakta kontrol edilebilir.



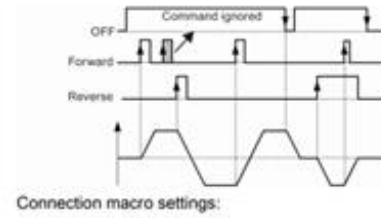
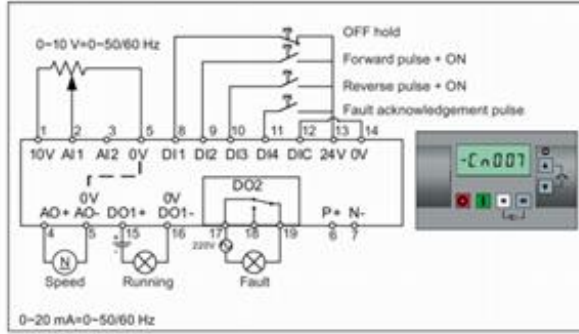
Şekil 2.1 CN101A zamanlayıcı ve bağlantı uçları.

Oysa Sinamics V20 ve buna benzer inverterlerde pompa motorunu farklı modlarda çalıştırmak için birkaç kontakın *ardışıl* olarak ON/OFF yapılmaya ihtiyacı vardır (Siemens, 2020). Bu durumda CN101A gibi bir zamanlayıcı bu amaçla kullanmak için yetersizdir. Bazı çalışma modlarında kullanılabilir ancak bu durumda inverterin bir hata kodu üretmemesini garanti etmek gerekir.

Sinamics V20 inverterinin değişik amaçlar için kullanılmak üzere 11 adet hazır çalışma modu (connection macros) bulunmaktadır. Bunlar Cn00-Cn10 olarak isimlendirilmektedir (Siemens, 2020). Cn008-009 PID kontrol için, Cn010 ise USS (Universal Serial Interface) kontrol için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, uygun olması nedeniyle Cn007 bağlantı makrosu kullanılmıştır (Şekil 2.2). Şekilden görüldüğü gibi bu dijital girişlere gelen ikinci ve daha sonraki darbelerin etkisi yoktur (non retriggerable). Motor kalkış ve duruşları rampalıdır yani motorun kararlı hız değerine ulaşması belirli bir zaman içinde olmaktadır. Bu yavaşlama (rump-down) ve hızlanma (ramp-up) süreleri (parametreleri) birbirinden bağımsız olarak, inverterin "P1121 ve P1120" parametreleri set edilerek belirlenebilmektedir (Siemens, 2020). Bu çalışma modunda pompa motorunu çalıştırmak için en az 3 adet dijital giriş kontaklarının (DI1, DI2, DI4) ardışıl olarak ON/OFF (darbeler şeklinde) yapılması gerekmektedir. Bu kontaklar "OFF hold-stop", "Forward puls+ON-İleri yönde çalışma/pompa" ve "Fault Acknowledgement-Hata alındı" dijital girişleridir. Gözlenen solar sistemde genellikle, güneş enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda pompa çalıştırılmak istendiğinde düşük voltaj hatası (F3 hatası) verilmektedir. Pompanın yeterli şekilde beslenebilmesi için, Panel DC çıkış voltajının belirli bir değerin üstünde olması gerekmektedir. Aksi halde inverter F3 hatası vermektedir. Bu durum ya panel gücünün yetersizliğinden ya da güneş enerjisinin yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Gözlenen solar sistemde,



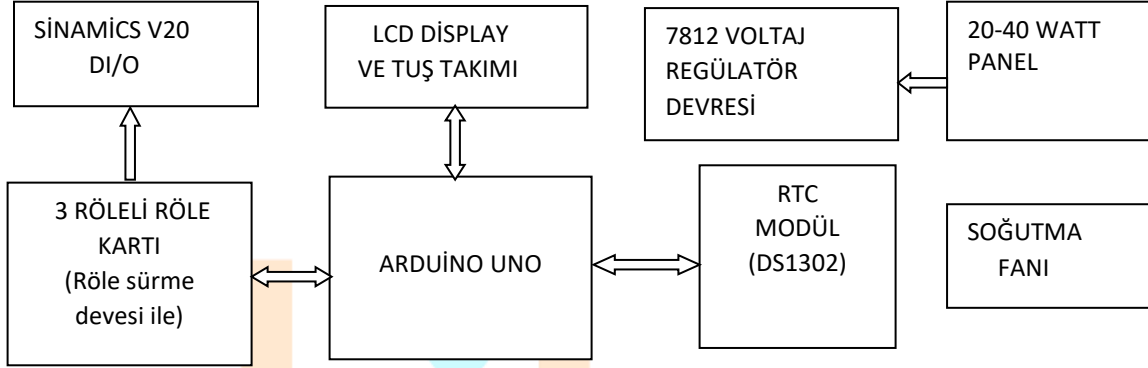
genellikle yazın sabah saatlerinde ve saat 16' dan sonra F3 hatası verilmektedir. Böyle bir hata durumunda pompa motorunun tekrar çalıştırılabilmesi için, önce Hata alındı (DI4), sonra pompa stop (DI1) ve sonra da pompa start (DI2) dijital darbeleri sırası ile uygulanması gerekmektedir. Bu ise standart ticari zamanlayıcılarla yapılamaz. Bu amaçla, gerçekleştirilen zamanlayıcıda 3 adet röle çıkışı kullanılmıştır. Bunlar “Start”, “Stop” ve “F3 hatası alındı” (Fault Acknowledge) sinyallerini (kısa süreli darbe şeklinde) üretmek içindir.



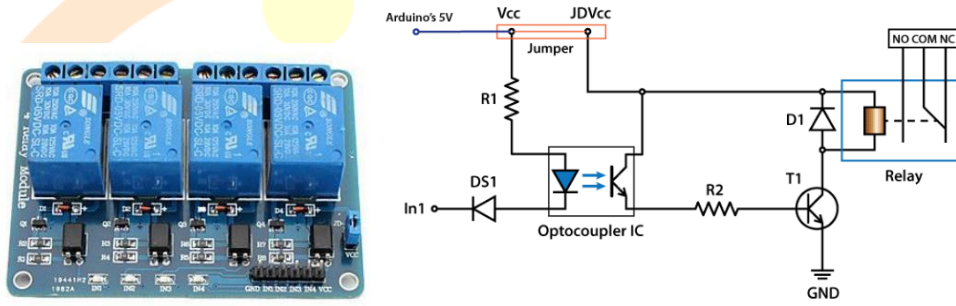
Şekil 2.2 Siemens Sinamics V20 inverterinde Cn007 çalışma makrosu.

Gerçeklenen kontrol devresi şekil 2.3 de gösterilmiştir. Gerçek saat modülü (RTC) üzerinde bulunan pil sayesinde enerji kesintisi durumunda çok uzun süre gerçek zaman değerini saklayabilmektedir. Bu amaçla 2-5V luk bir lityum pil kullanılabilir. Besleme gerilimi arttıkça çektiği akım da artar. Güç tüketimini azaltmak için besleme gerilimi de küçük tutulmalıdır. DS1302 RTC modülünün 2 adet besleme ucu bulunur; birisine (VCC1) harici lityum pil bağlanır, diğeri (VCC2) mikrokontrolöre bağlanır.  $VCC2 > VCC1 + 0.2V$  iken DS1302 modülü VCC2 den (mikrokontrolörden) beslenir. VCC1 tipik olarak 3V luk lityum pile bağlanır. VCC2, Arduino +5V ucuna bağlanmıştır. DS1302 3V luk bir pil ile desteklenmişse, Arduinonun beslemesi (3.3V veya 5V) varken DS1302 Arduinodan beslenir (pilin enerjisi korunur). DS1302 Arduinodan beslenirken 30nA den daha az bir akım çeker. 3V luk pil ile beslenirken, 200nA kadar akım çekmektedir. Sonuç olarak DS1302 çok az güç harcar. Bundan dolayı pil ömrü çok uzundur. DS1302 seri haberleşme yoluyla Arduino ile iletişim kurar. Bunu için sadece CE (Chip Enable), SCLK (serial clock), I/O (data) uçları kullanılır(şekil 2.5).

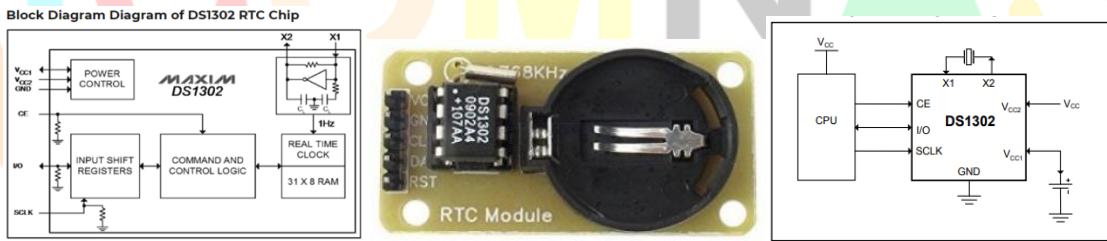
Röle sürme devresinde, röle ve optokuplör besleme gerilimleri bir jumper (devre üzerinde mavi) ile birleştirilmiştir. İstenirse besleme gerilimleri, jumper çıkarılarak ayrılabilir. Röle sürme devresinde bir röle, DS1 diyodu nedeniyle Arduinonun ilgili dijital çıkışının lojik sıfır yapılması ile aktif edilebilir. Bu çalışmada röleler vasıtası ile kısa süreli darbeler üretildiği için, çoğu durumda ilgili Arduino çıkışları lojik “1” de tutulması gereklidir. Bu sayede röle sürme devresinin Arduino çıkışlarından çektiği akım miktarı da (gerilim farkı olmadığından) sıfırdır.



Şekil 2.3 Solar sulama sistemi için tasarlanmış programlanabilir zamanlayıcı.



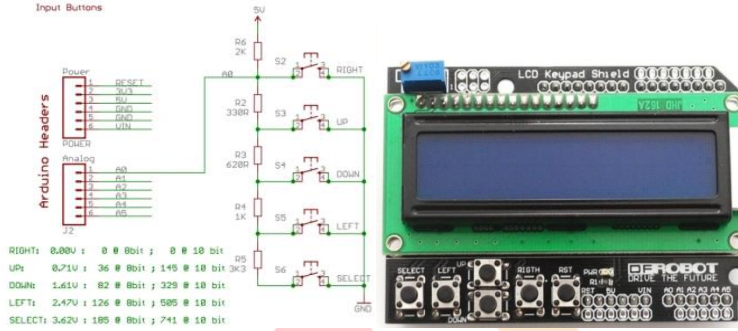
Şekil 2.4 Röle modülü ve elektronik devresi (bir röle için) ("Arduino Relay Tutorial – Control High Voltage Devices with Arduino," 2020).



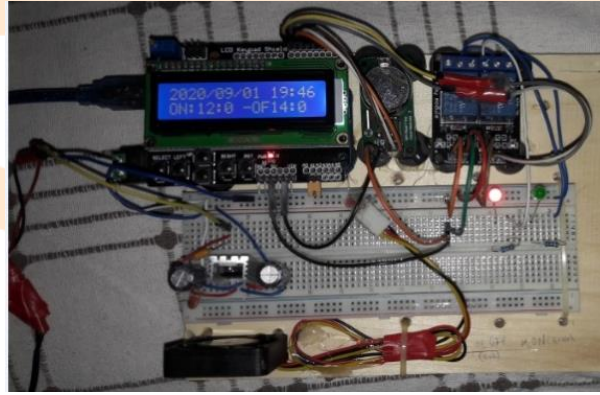
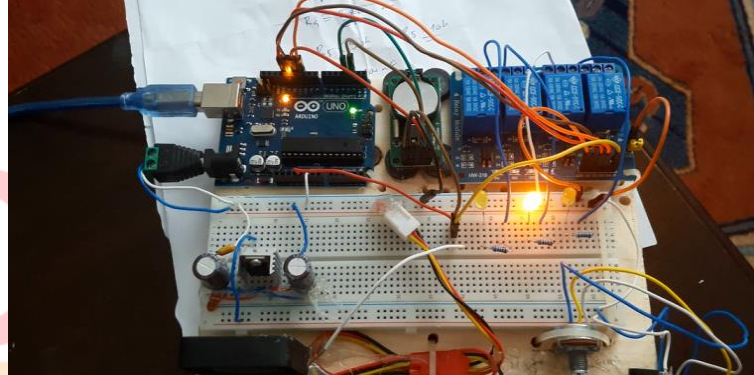
Şekil 2.5 Gerçek zamanlı zamanlayıcı (RTC) modülü (Maximintegrated, 2020).

Çalışmada kullanılan LCD gösterge-tuş takımı programlama değerlerini ayarlamak ve gerçek zaman değerini (isteğe bağlı) görmek için gereklidir. Tuş takımında Arduino A0 analog girişine bağlı 6 adet tuş bulunur (RIGHT;LEFT;UP;DOWN; RST-RESET; SELECT)(şekil 2.6). Bir tuşa basıldığında A0 girişine bir voltaj değeri gönderilmiş olur. Direnç toleransları nedeniyle, bu voltaj değerinin belirli bir aralıkta olduğu düşünülür. Bu tuşlar isimlendirilmiş olmasına rağmen, programlama ile çok farklı fonksiyonlar atanabilir. Bu çalışmada, önce motor start ve stop saat/ dk değerlerini set edebilmek için UP- DOWN- SELECT- RIGHT tuşları kullanılmış ve program yazılmıştır. Bu program çalıştırılmıştır. Fakat daha sonra bu şekilde yapılacak zaman ayarının hem kullanıcı açısından

zor olacağı, hem dk. ayrıntısında yapılacak zaman ayarının gereksiz olduğu ve hem de programı daha karmaşık hale getirdiği (bu durum programın anlaşılmasını ve programda bir değişiklik yapılmasını zorlaştırır) düşünülerek bunun yerine, 15'er dakikalık aralıklarla ve güneş ışınlarının en dik geldiği zaman dilimleri arasında 15 adet seçilebilir paket çalışma zaman aralıkları programlanmıştır. Bu için sadece SELECT (? No lu makro) ve LEFT (seçilen makronun kaydedilmesi/etkinleştirilmesi) tuşları kullanılmıştır. Ayrıca programda 15 adet olan zaman ayar seçeneği kolayca istenildiği kadar arttırılabilir. Zamanlama değerlerinin ayarlanmasında LCD-tuş takımı kullanılmış, ancak Arduino uno uçları yetmediğinden, sistem üzerinde test yapılırken LCD-tuş takımı bağlanmamıştır (şekil 2.7-2.8)



Şekil 2.6 LCD display+Tuş takımı ve tuş takımının Arduino A0 analog girişine bağlantısı.



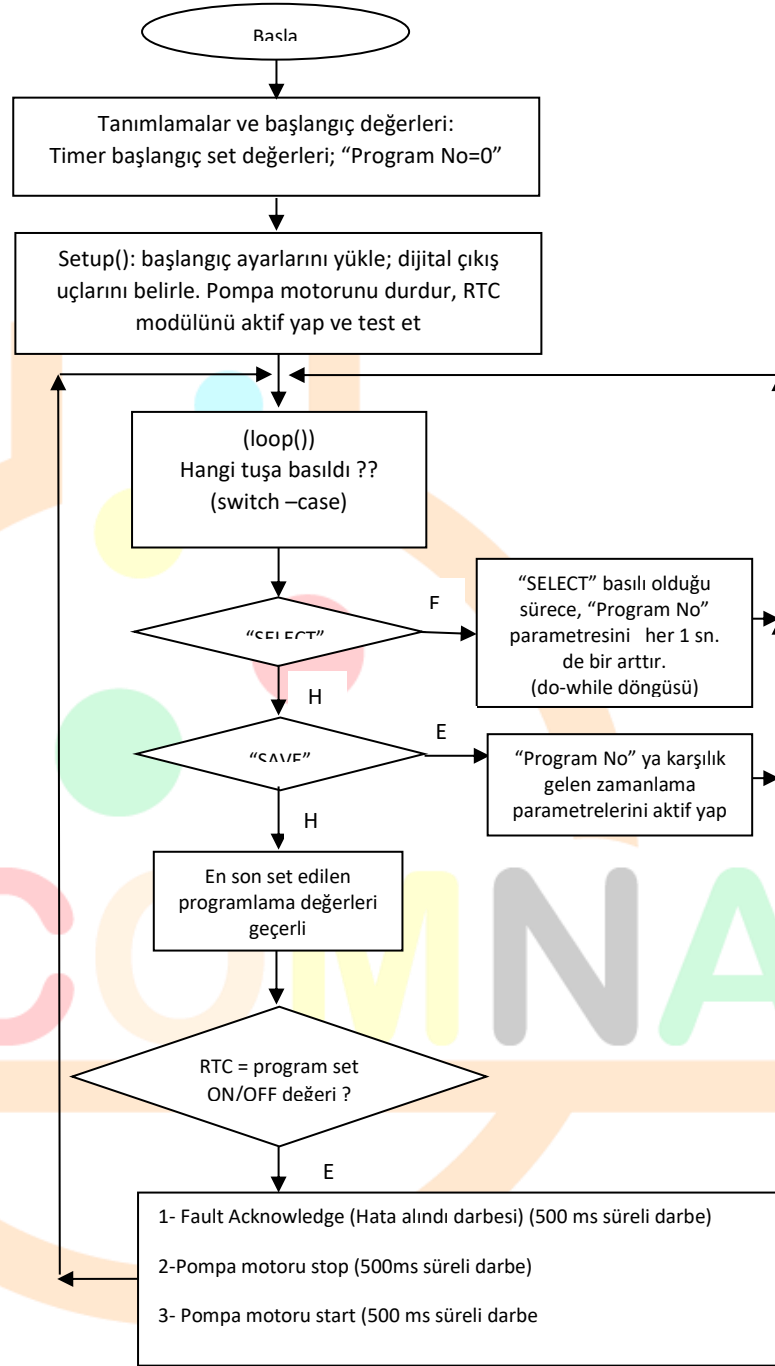
Şekil 2.7 Çok çıkışlı Kontrol (zamanlayıcı) devresinin solar sisteme bağlanmadan önce test edilmesi (LCD display bağlı iken ve değilken).



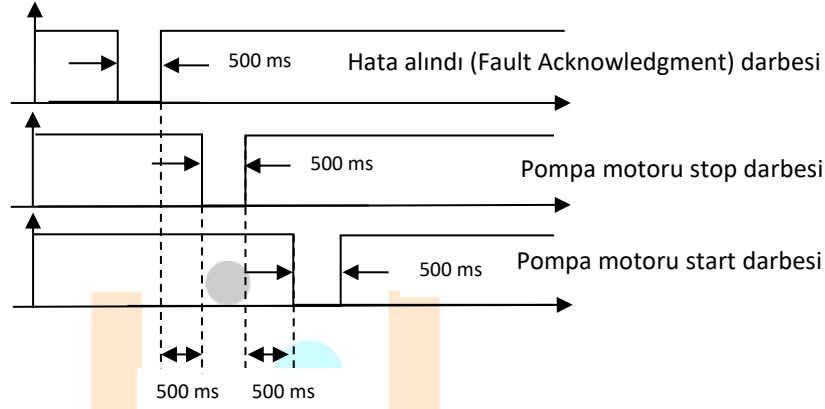
**Şekil 2.8** Arduino tabanlı çok çıkışlı kontrol (zamanlayıcı) devresinin solar sistem üzerinde test edilmesi.

Programda RTC den okunan gerçek zaman değerleri ile SAVE ve LEFT tuşları kullanılarak set edilen zamanlama değerleri karşılaştırılır. Eşit ise sırası ile inverterin daha önceden bir hata sinyali vermiş olma olasılığı dikkate alınarak; sırası ile Hata alındı (Fault Acknowledgement) , motor stop ve motor start darbeleri (500 msn süreli) üretilir.

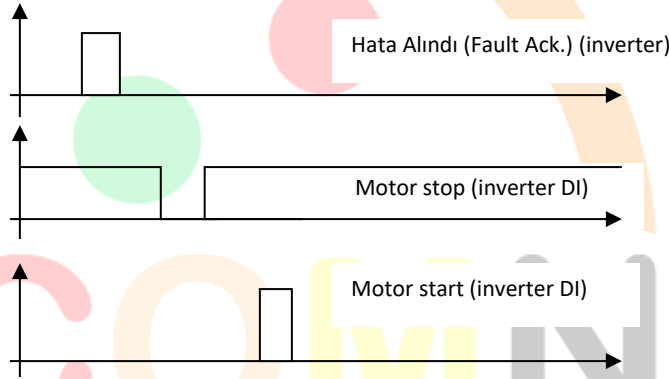
Şekil 2.10 da görüldüğü gibi, Arduinonun ilgili çıkışlarında (10;13;12 DO-Digital Output uçları) darbeler lojik sıfır darbesi olarak üretilir. Böyle olmasının nedeni, röle sürme devresinde bir röleyi aktif yapmak için lojik sıfır darbesine ihtiyaç duyulmasıdır. İnverter DI giriş darbelerine(röle çıkış sinyalleri) gelince, şekil 2.2 den anlaşılacağı gibi, “motor stop” DI (digital Input) girişi NK (normalde kapalı) kontaklıdır. “Motor start” ve “Fault Acknowledgement” DI ise NA kontaklıdır. Bu nedenle röle kontakları da sırası ile NK, NA, NA olarak bağlanmıştır.



Şekil 2.9 Programlanabilir zamanlayıcıya ait (kontrolcünün) programın akış diyagramı.



Şekil 2.10 Kontrol (programlanabilir zamanlayıcı) devresinde Arduino dijital çıkış(DO) sinyalleri.



Şekil 2.11 İnverter DI (röle çıkış) sinyalleri. (Darbe süreleri ve aralıkları 500 ms dir).

### 3. Tartışma ve Sonuç:

Bu çalışmada yerleşim merkezinden oldukça uzakta bulunan ve dahili/harici bir zamanlayıcısı bulunmayan bir solar sulama sisteminin otonom çalışmasını sağlamak için Arduino tabanlı bir zamanlayıcı (kontrolör) gerçekleştirilmiştir. Zamanlayıcı solar sistem üzerinde de test edilmiş ve sorunsuz çalıştığı gözlenmiştir. Solar sistem üzerindeki motor sürücü Siemens Sinamics V20 dir kontrolör de bu sürücü için gerçekleştirilmiştir. Sürücülerin çalışması büyük benzerlikler göstermektedir. Bu nedenle burada sunulan kontrolörün programda yapılan küçük değişikliklerle başka sürücüler için de kullanılabilmesi düşünülmektedir. Sürücü herhangi bir nedenle hata verebilmektedir. Hata sinyali verildiği takdirde pompa motorunun tekrar çalıştırılabilmesi için bir dizi ardışıl darbenin üretilmesi gerekmektedir. İnverter kullanım kitapçığında bu durum açık bir şekilde belirtilmemiştir. Bu durum, inverter üzerinde sahada yapılan gözlemler sonucu belirlenebilmiştir. İnverterin hata sinyallerini de göz önüne alan böyle bir kontrol işlemi konvansiyonel zamanlayıcılarla gerçekleştirilememektedir. Bunun nedeni standart zamanlayıcıların genellikle tek çıkış rölesinin bulunmasıdır. Burada sunulan sonuçlar



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

teorik olmayıp sahadaki solar sistem üzerindeki çalışmalar sonucunda elde edilen gözlemlere dayanmaktadır. Saha çalışmaları sırasında karşılaşılan önemli bir problemi ifade etmek gereklidir: üzerinde çalışılan solar sistemde akü ve inverter bulunmamaktadır. Sulama kontrolünün sadece gündüzleri güneş ışınlarının dik geldiği 10-15 saatleri arasında (2 saat kadar) olması yeterlidir. Fakat akü/inverter bulunmaması harici çalışan böyle bir devre için sorun oluşturmaktadır. Arduino besleme geriliminin kararlı olması son derece önemlidir. Sahadaki çalışmada Arduino besleme gerilimi kritik değer altına düştüğünde (veya kaynağın yeterli miktar akım sağlayamaması durumunda) Arduino kararsız çalışmaya başlamıştır. Bu durumda DI/O çıkışlarının rastgele (Floating) değiştiği gözlenmiştir. Bu durum kontrol devresinin beklenmeyen çıkışlar üretmesine neden olduğu için çözülmesi gereken önemli bir problemdir. Bu problemin çözümü bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Fakat gene de söz konusu problem araştırılmış ve çözüm önerisi burada sunulmuştur. Bu şekilde kararsız çalışmayı önlemek için Arduino “BODLEVEL Fuse-Brown Out Detection” bitlerinin gerektiği gibi set edilmesi gerekmektedir. Böylece besleme gerilimi belirlenen değer altına düştüğünde Arduino RESET modunda tutulmaktadır. Bu da kararsız çalışmayı engellemektedir. Arduino bunun için 3 seçenek sunmaktadır: 1.8V;2.7V;4.3V. Arduino beslemesi için harici bir solar panel gereklidir. Yapılan ölçümlerde programlanabilir zamanlayıcının 200mA kadar akım çektiği ölçülmüştür. Güvenli çalışma açısından bu değer 500mA olarak alınabilir. Arduino besleme gerilimi 6-20V arasında olabilir. Bu durumda 12V çıkışı olan bir solar panel için 6W yeterli görünmektedir. Fakat bulutlanma gibi durumlar (ayrıca genelde üreticilerin solar panel için verdiği bilgilerle gerçek değerler arasında farklılıklar bulunmaktadır) düşünülerek 20W (12Vx1.5A) güç sağlayabilen bir solar panel bu iş için uygun olabilir.

ICOMNAS

## KAYNAKLAR:

Abdülkadir ÇAKIR, & ÇALIŞ, H. (2008). Uzaktan Kontrollü Otomatik Sulama Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.

Arduino Relay Tutorial – Control High Voltage Devices with Arduino. (2020). Retrieved from <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/control-high-voltage-devices-arduino-relay-tutorial/>

Ay, İ. (2020). Fotovoltaik Enerji sistemlerinin Temelleri: Nobel.

Chandana T C., Deepika N., & M., A. B. (2020). AUTOMATED SOLAR IRRIGATION SYSTEM. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 11(1).

Floyd, T. (2011). *Electronic Devices* (9 ed.): Pearson.

Köksal GÜNDOĞDU, Hüseyin Sercan KABADAYI, & ÖZTÜRK, A. (2016). Fotovoltaik Paneller İçin Güneş Takip Edebilen Basit Ve Ekonomik Bir Sistem Tasarımı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*.

Maximintegrated. (2020). DS1302 Trickle-Charge Timekeeping Chip. Retrieved from <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1302.pdf>

Mekonnen, Y., Burton, L., Sarwat, A., & Bhansali, S. (2018). IoT Sensor Network Approach for Smart Farming: An Application in Food, Energy and Water System. In (pp. 1). Piscataway: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE).

Okan BİNGÖL, & ALTINTAŞ, A. (2006). Microcontroller based solar-Tracking system and its implementation. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 243-248.

Okine, A. A., Appiah, M. O., Ahmad, I., Asante-Badu, B., & Uzoejinwa, B. B. (2020). Design of a Green Automated Wireless System for Optimal Irrigation. *International Journal of Computer Network and Information Security*, 10(3), 22. doi:<http://dx.doi.org/10.5815/ijcnis.2020.03.03>

ÖZÇELİK, M., & KARALI, I. (2019). Overview of Solar Energy Conversion in Turkey. *International Journal of Energy and Smart Grid*, 4(1), 2-11. doi:10.23884/IJESG.2019.4.1.01

Pump control with timer in SINAMICS G120P. (2020). Retrieved from [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/888/109759888/att\\_995633/v1/109759888\\_pump\\_with\\_SINAMICS\\_G120P\\_DOCU\\_v101\\_en.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/888/109759888/att_995633/v1/109759888_pump_with_SINAMICS_G120P_DOCU_v101_en.pdf)

S.S. Chandel, M. Nagaraju Naik, & Rahul Chandel. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115003536>

Siemens. (2020). SINAMICS V20 Inverter. Retrieved from [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/056/104426056/att\\_70877/v1/v20\\_operating\\_instructions\\_complete\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/056/104426056/att_70877/v1/v20_operating_instructions_complete_en-US_en-US.pdf)

Solar PV is on track with the IEA's Sustainable Development Scenario. (2020). Retrieved from <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/solar>

What is the history of solar energy and when were solar panels invented? (2020). Retrieved from <https://news.energysage.com/the-history-and-invention-of-solar-panel-technology/#:~:text=In%20theory%2C%20solar%20energy%20was,light%20torches%20for%20religious%20ceremonies>.

Wikipedia. (2020). Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_climate\\_change\\_science#First\\_calculations\\_of\\_greenhouse\\_effect,\\_1896](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_climate_change_science#First_calculations_of_greenhouse_effect,_1896)





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Zaher, A., Hamwi, H., & Almas, A. (2018). *Automated Smart Solar Irrigation System*. Paper presented at the IET Conference Proceedings; Stevenage Stevenage: The Institution of Engineering & Technology. .





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Yer Radarı İzine Parçacık Sürü Optimizasyonu Uygulanması ile Betonun Su İçeriğinin Belirlenmesi

*İsmail KAPLANVURAL<sup>1</sup>*

### Özet

Tahribatsız bir yöntem olan yer radarı yöntemi tahribatlı yöntemlere göre hem ekonomik hem de hızlı olarak gerçekleştirilebilmektedir. Yer radarı yöntemi betonun içindeki nitel ve nicel özellikler ile ilgili bilgilere ulaşmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada betonun su içeriğini belirlemek için yer radarı izinin Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) yöntemi ile ters çözümü yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yer radarı verisi bir beton blok üzerinde belirlenen bir hat üzerinde profil ölçüleri alınarak toplanmıştır. Beton blok içinde ölçüm yönüne dik bir şekilde yerleştirilmiş çelik donatının oluşturduğu yansımanın merkez izi seçilerek PSO ters çözümü için giriş verisi oluşturulmuştur. Ters çözüm sonucunda betonun üst tabakasının, çelik donatının ve betonun alt tabakasının dielektrik özellikleri olan göreceli dielektrik sabiti, manyetik geçirgenlik ve iletkenlik parametrelerinin değerleri hesaplanmıştır. Ters çözüm sonucu ilksel hesaplamalara göre %6.26 hata oranı ile elde edilmiştir. Göreceli dielektrik sabiti değerlerinin değişimi betonun su içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada betonun su içeriğinin hesaplanmasında üst beton tabakasının göreceli dielektrik sabiti değeri kullanılmıştır. Ters çözüm sonucunda ilk tabakanın göreceli dielektrik sabiti 5.52 olarak bulunmuştur. Betonun hazırlanması itibarı ile üçüncü günündeki su içeriği %6.97 olarak hesaplanmıştır. Bu sayede su girişi, nem vb. sebepler ile betonun ve betonarme yapıların dayanımını azaltacak etkilerin beton içindeki değerleri tespit edilebilir. Çalışmanın en büyük katkılarından biri de bu işlemin betonun parça bütünlüğünü bozmadan tahribatsız bir şekilde gerçekleştirilebileceğini göstermesidir.

**Anahtar Kelimeler:** PSO; Beton; Su İçeriği; Yer Radarı.

<sup>1</sup> Arş. Gör. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, kaplanvural@kocaeli.edu.tr, Orcid: 0000-0003-2898-4657

## GİRİŞ

Yer radarı yöntemi yeraltının sığ derinliklerinin veya bir malzemenin iç yapısının araştırmasında kullanılan bir yöntemdir. Tahribatsız bir şekilde araştırma olanağı sağlayan yer radarı yöntemi inşaat mühendisliği uygulamalarında betonun iç yapısındaki etmenlerin araştırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Donatı, beton kalınlığı, kırık ve çatlak gibi nicel özelliklerin yanı sıra betonun kendisindeki değişimlerin izlenmesi de yer radarı yöntemi ile sağlanabilmektedir. Bunlardan en önemlilerinden bir tanesi betonun hacimsel su içeriğindeki değişimdir.

Betonun hazırlanışı esnasında çimento ve agregası oranına uygun bir şekilde su oranı da belirlenmektedir. Yapım amacına uygun bir hizmet sunmak üzere hazırlanan beton zamana bağlı olarak kurumakta ve sertleşmektedir. Beton döküldükten hemen sonra genç betonun kuruması çevre ortamın sıcaklık değerine göre başlamaktadır. Tahribatlı yöntemlere göre hem ekonomik hem de hızlı olarak gerçekleştirilecek yer radarı yöntemi ile betonun iç yapısının EM dalga hızının değişimi betonun su içeriği ile ilgili önemli bilgiler taşımaktadır. Genç betonun kurumaya bağlı su içeriğinin değişiminin yanı sıra yaşlı bir betonun nem, yağmur vb. sebepler ile suya maruz kalması sonucu betonda ve içindeki unsurlarda meydana gelebilecek değişimlerin izlenmesi betonun parçası olduğu yapının sağlığı açısından oldukça önem arz etmektedir.

Yapılan çalışmalarda zeminin su içeriğinin EM dalga hızının değişiminin tespiti ile hesaplanabildiği daha önceli çalışmalarda belirtilmiştir (Topp vd., 1980: 580). Benzer şekilde yapılan uygulamalarda betonun su içeriğinin değişimi EM dalgalar yardımı ile izlenebileceği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Laurens vd., 2002: 192-203; Huisman vd., 2001: 48-58). Kaplanvural vd., (2018: 141-146) bir beton örneği üzerinde günlük yer radarı ölçümleri yaparak betonun su içeriğini izlemiştir. İki boyutlu (2B) yer radarı profil ölçümleri olarak beton içine yerleştirilen bir çelik donatının oluşturduğu yansıma hiperbollerinden betonun su içeriğine göre değişen EM dalga hızını hesaplayarak betonun dielektrik sabitini hesaplamışlardır. Betonun su içeriği hesaplanan dielektrik sabiti değerleri ile Leucci (2012: 411-422) tarafından belirlenen formülasyon ile hesap edilebilmektedir.

Betonun içerisinde bir donatı olması durumunda donatıdan oluşacak yansımanın ilk varışının seçilmesi ile EM dalganın hızı hesaplanabilmektedir. Beton içerisinde herhangi bir obje olmaması durumunda ise betonun arka sınırından gelen yansımanın ilk varış zamanı tespit edilerek EM dalga hızı hesaplanabilmektedir. EM dalga hızının belirlenmesi dielektrik sabitini ve su içeriği oranının hesaplanmasını doğrudan etkilediğinden tespitindeki hassaslık üst düzeyde olması gerekmektedir. Yansımanın ilk varışının tespiti insanoğlunun görme duyusuna bağlı olarak yapılan bir işlem olduğundan hatalar oluşabilmektedir. Bu çalışmada bu hataları en düşük seviyeye indirebilmek amacı ile ters çözüm tekniği uygulanması önerilmektedir.

Genellikle iki ana başlık altında toplanan ters çözüm yöntemlerinden biri türev tabanlı yöntemler (El-Araby, 2004: 211-224) diğeri ise global optimizasyon yöntemleridir (Fernández Alvarez vd., 2008: 375-408). Global optimizasyon yöntemleri ise parçacık sürü optimizasyonu (PSO), genetik algoritma (GA), benzetimli tavlama (SA), arı ve karınca kolonisi optimizasyonu vb. şeklinde sıralanabilir. Bu çalışmada ise betonun su içeriğinin izlenmesinde PSO yöntemi kullanılmaktadır.

## PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU

Doğanın bilim insanları üzerindeki etkisiyle birlikte bir optimizasyon türü olan PSO yöntemi son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir. PSO yönteminin temeli doğadaki kuş ve balık sürülerinin davranışlarına dayanmaktadır. Kennedy ve Eberhart (1995: 1942-1948) ilk PSO uygulamasını

hayvanların sosyal davranışlarını bilgisayar ortamında göstermek amacı ile uygulamıştır. Sürü ve sürünün içerisindeki bireyin davranışlarına dayanan bu algoritma, sürü halinde hareket eden hayvanların yiyecek bulma veya en güvenli yeri seçme gibi hareketlerinden esinlenir. Çoğu zaman anlamsız veya rastgele sergiledikleri davranışlar ile sürü içerisindeki bireylerin amaçlarına daha kolay ulaştıkları görülmüştür. Parçacık sürü içerisinde bulunan her bireye verilen ad, sürü ise parçacıklardan oluşan popülasyonu ifade eder. Sürü içerisinde ki her bir parçacık kendi konumunu bir önceki tecrübesinden faydalanarak en iyi konuma doğru ayarlar. PSO, temel olarak sürüde bulunan bireylerin pozisyonunun, sürünün en iyi pozisyona sahip olan bireyine yaklaştırılmasına dayanır. En iyi konuma yaklaşmak için rastgele hareket eden birey hedefe ulaşmaya kadar hareketine devam eder.

PSO algoritması iki ana adımdan oluşmakta olup, ilk adım Denklem (1)'de;

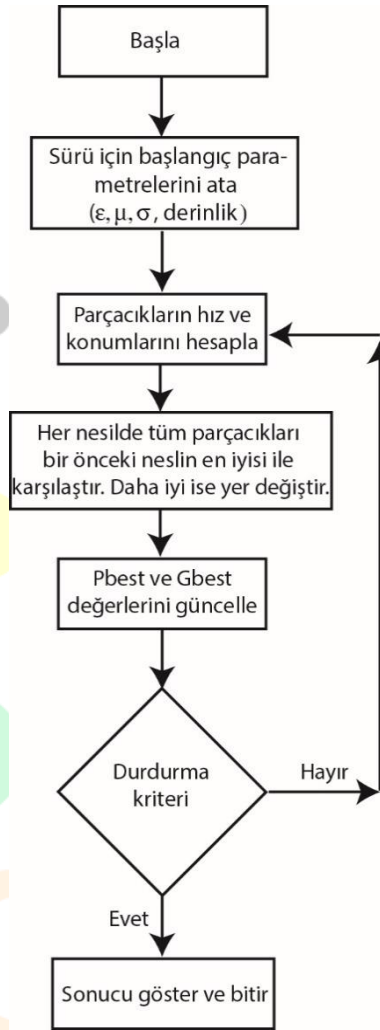
$$v_{ij}^{t+1} = wv_{ij}^t + c_1r_1(Pbest_{ij}^t - m_{ij}^t) + c_2r_2(Gbest^t - m_{ij}^t)v_{ij}^{t+1} \quad (1)$$

olarak tanımlanmıştır. Burada  $i$  sürüdeki birey sayısı,  $j$  parametre indisi,  $w$  durağanlık ağırlığı (inertia weight),  $c_1$  ve  $c_2$  ölçekleme katsayısıdır.  $Pbest$  yerel en iyi değer,  $Gbest$  ise global en iyi değeri ifade etmektedir.  $r_1$  ve  $r_2$  gelişigüzel sayılar olarak tanımlanmıştır (Shi ve Eberhart, 1998: 591-600). İkinci adımda ise, elde edilen hızlar parametrelere eklenerek kendi pozisyonundan yeni pozisyonuna hareket ederler. İkinci adım Denklem (2)'de;

$$m_{ij}^{t+1} = m_{ij}^t + v_{ij}^t \quad (2)$$

olarak tanımlanmıştır. Burada  $m$  model parametrelerini ifade etmektedir.

PSO ile ters çözüm işlemi gerçekleştirilerek yer altı parametrelerinin kestirilebilmesi için bir düz çözüm operatörünün algoritmaya eklenmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada Kara (2017) tarafından geliştirilen program kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. PSO algoritması Şekil 1.'de gösterilmektedir.

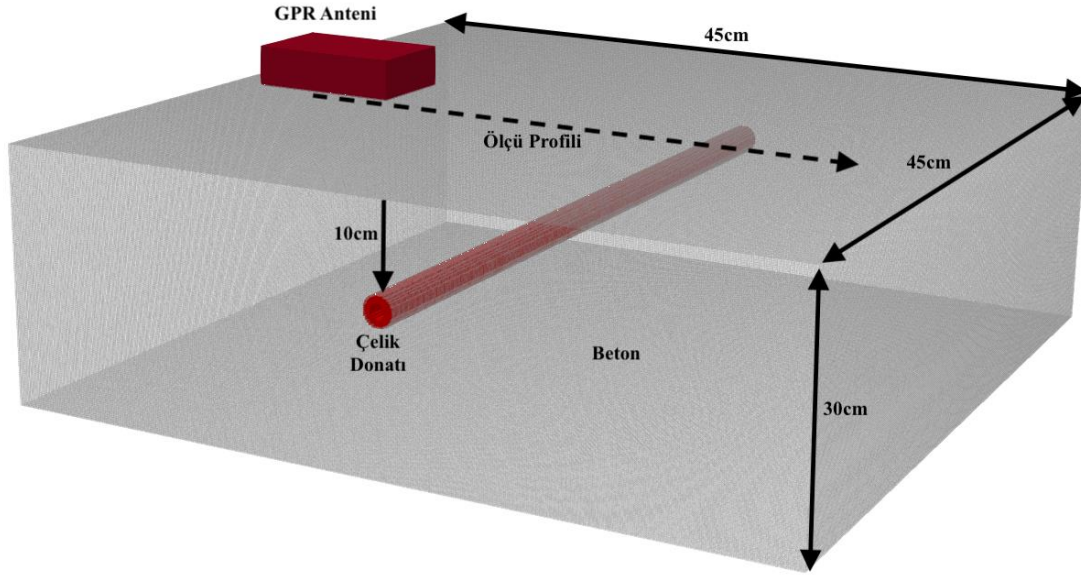


Şekil 1. PSO algoritmasının akış şeması.

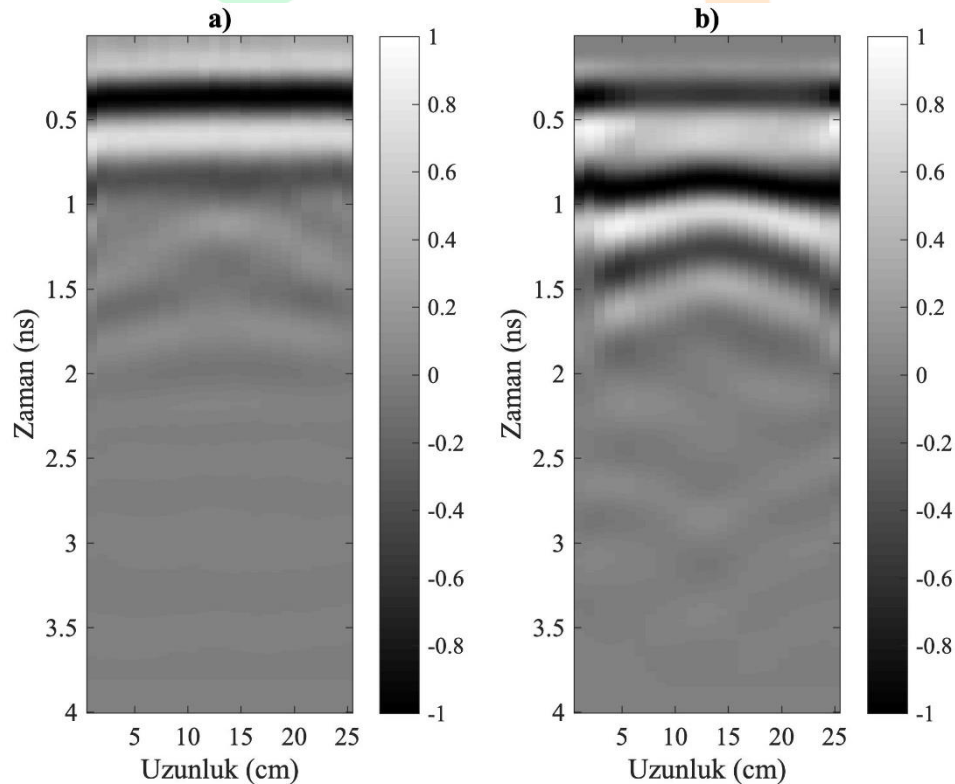
## BETON BLOK MODELİ

PSO yöntemi ile ters çözüm uygulanarak su içeriğinin kestirilebilmesi için bir beton blok hazırlanmıştır. GPR ölçüleri beton blok üzerinde bir ölçüm hattı boyunca sabit-ofset dizilimi ile gerçekleştirilmiştir. Beton blok 45x45x30 cm boyutlarındadır (Şekil 2). Profil doğrultusu yansıma hiperbolü elde edilmesi adına beton içerisinde gömülü olan çelik donatıya dik bir şekilde seçilmiştir. Her bir santimetre aralığa bir GPR izi olacak şekilde ölçüler alınmıştır. Her bir iz 512 kez örneklenmiş ve 512 kez yığma yapılarak en üst seviye duyarlılık elde edilmesi amaçlanmıştır. İlk ölçüm genç betonun donmasının gerçekleşmesi itibari ile 3. gün yapılmıştır. Başlangıçta her gün (ilk 3. ve 20. günler arasında), daha sonra 24, 30, 42, 60, 90 ve 150. günlerde ölçüm yapılmıştır. Bu şekilde toplamda 24 gün boyunca ölçümler gerçekleştirilmiştir. Betonun yaşı itibari ile ilk ölçüm günü olan 3. gün ve 150. güne ait radargramlar Şekil 3.'te gösterilmektedir. Betonun kuruması sebebiyle çelik donatının oluşturduğu yansıma hiperbolünün 3.günde daha geç, 150. günde ise daha erken varış zamanına sahip

olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum doğrudan su içeriği ile dielektrik sabiti arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



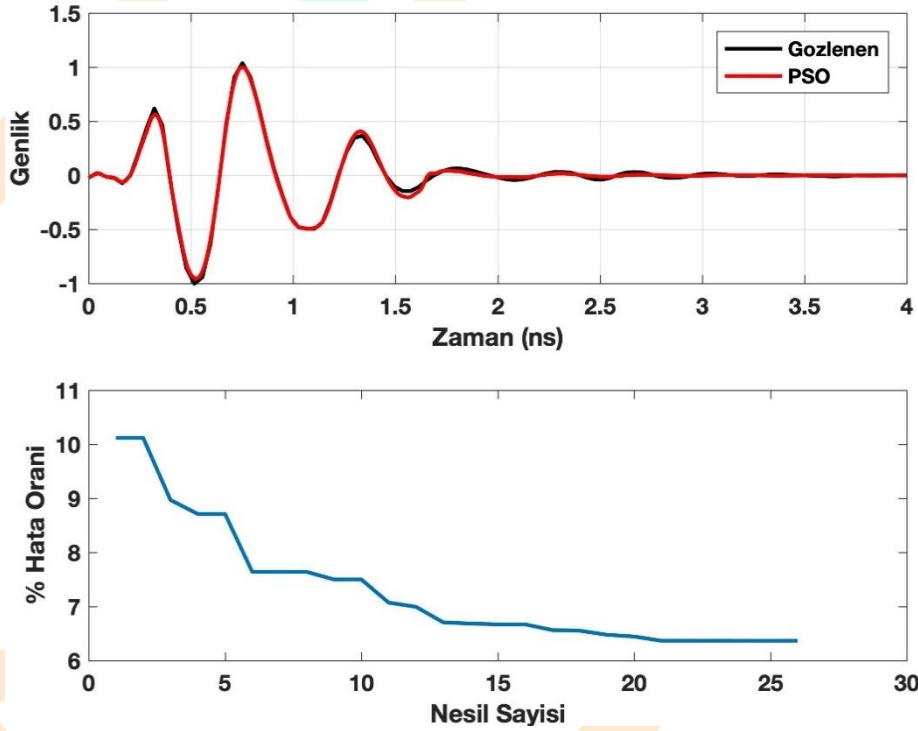
Şekil 2. Beton blok modeli.



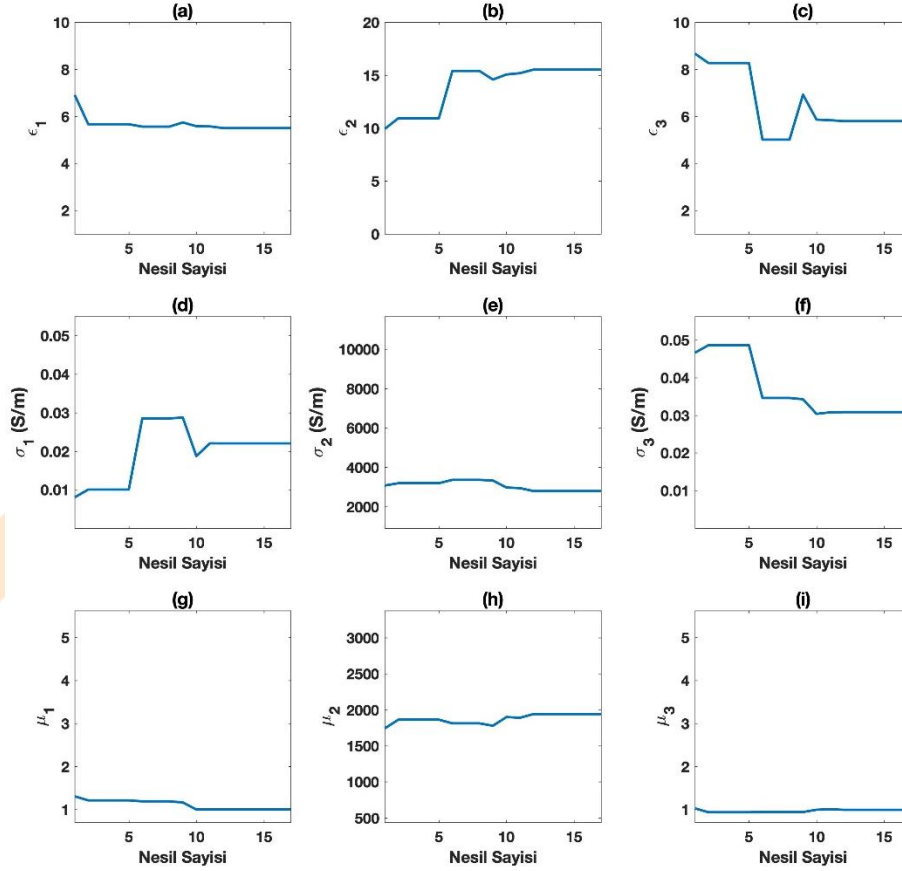
Şekil 3. Betonun yaşı itibari ile a) 3. gün ve b) 150. güne ait radargramlar.

## PSO UYGULAMASI VE SU İÇERİĞİNİN HESAPLANMASI

Beton blokun su içeriğini hesaplayabilmek için toplamda 24 günlük veri setini oluşturan radargramların merkez izleri seçilerek PSO yöntemi uygulanmıştır. İlk aşamada örnek olarak 3.gün verisine ait merkez izin PSO ile ters çözümü sonucu elde edilen bulgular gösterilecektir. Şekil 4a'da ilk ölçüm gününün merkez izinin PSO ters çözümü, Şekil 4b'de ise her bir nesle karşılık gelen gözlenen ve hesaplanan GPR izleri arasındaki göreceli hata oranı gösterilmektedir. Şekil 5'te ise her bir parametrenin nesil sayısına göre hesaplanan değerleri gösterilmektedir. İlk tabakanın göreceli dielektrik değeri ( $\epsilon_r$ )'nin değişimi Şekil 4a'da gösterilmektedir.



Şekil 4. a) ilk ölçüm gününün merkez izi ve PSO ters çözümü, b) %hata oranı.



**Şekil 5.** İlk tabaka olan beton, ikinci tabaka olan çelik donatı ve üçüncü tabaka olan betonun nesil sayısına göre hesaplanan  $\epsilon_r$ ,  $\sigma$ ,  $\mu_r$  parametrelerinin değerleri.

PSO ters çözümü sonucunda betonun göreceli dielektrik değeri 5.52 olarak hesap edilmiştir. Betonun su içeriğinin göreceli dielektrik değeri ile hesaplanabilmesi Leucci (2012: 411-422) tarafından;

$$w = 0.001\epsilon_r^3 + 0.123\epsilon_r^2 - 0.043\epsilon_r + 3.3035 \quad (3)$$

denklemleri ile yapılabileceği önerilmiştir.  $w$  su içeriğini ifade etmektedir. Bu denklem ile 3. gün verisi için betonun su içeriği %6.97 olarak hesaplanmıştır.

## SONUÇLAR

PSO yöntemi ile 2 boyutlu bir yer radarı ölçüsünden betonun dielektrik özellikleri kestirilebilmektedir. Su içeriği ile bire bir ilişkisi olan dielektrik sabiti vasıtasıyla betonun su içeriği hesaplanmıştır. Bu sayede su girişi, nem vb. sebepler ile betonun ve betonarme yapıların dayanımını azaltacak etkiler tespit edilebilir. Çalışmanın en büyük katkılarından biri de bu işlemin betonun parça bütünlüğünü bozmadan tahribatsız bir şekilde gerçekleştirilebileceğini göstermesidir. Ayrıca taze betonun kalıplanmasının ardından su içeriği ile ilgili bilgiler önerilen yöntem ile elde edilebilir ve betonun sertleşme sürecindeki ortam ve sıcaklık koşulları ile ilgili etkiler izlenebilir.



## KAYNAKÇA

El-Araby, H.M. (2004). A new method for complete quantitative interpretation of self-potential anomalies, *Journal of Applied Geophysics*, 55, 211–224. doi:10.1016/j.jappgeo.2003.11.002.

Fernández Alvarez, J.P.F., Fernández Martínez, J.L., Menéndez Pérez, C.O. (2008). Feasibility analysis of the use of binary genetic algorithms as importance samplers application to a 1-D DC resistivity inverse problem, *Mathematical Geosciences*, 40, 375–408. doi:10.1007/s11004-008-9151-y.

Huisman, J.A., Sperl, C., Bouten, W., Verstraten, J.M. (2001) Soil water content measurements at different scales: Accuracy of time domain reflectometry and ground-penetrating radar, *Journal of Hydrology*, 245, 48–58. doi:10.1016/S0022-1694(01)00336-5.

Kaplanvural, İ., Pekşen, E., Özkap, K. (2018). Volumetric water content estimation of C-30 concrete using GPR, *Construction and Building Materials*, 166, 141-146. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.01.132

Kara, K.B., Pekşen, E. (2017). 1D fullwaveform optimization using gpr data, *9th Congress Balkan Geophysical Society*, 1-5, doi:10.3997/2214-4609.201702521.

Kennedy, J., Eberhart, R., (1995). Particle swarm optimization, *Neural Networks Proceedings*, 4 1942–1948.

Laurens, S., Balayssac, J.-P., Rhazi, J., Arliguie G. (2002) Influence of concrete relative humidity on the amplitude of ground-penetrating radar (GPR) signal, *Materials and Structures*, 35, 198–203. doi:10.1007/BF02533080.

Leucci, G. (2012). Ground penetrating radar: an application to estimate volumetric water content and reinforced bar diameter in concrete structures, *Journal of Advanced Concrete Technology*, 10, 411–422. doi:10.3151/jact.10.411..

Shi, Y., Eberhart, R.C. (1998). Parameter selection in particle swarm optimization, *Evolutionary Programming VII*, 591–600. doi:10.1007/BFb0040810.

Topp, G.C., Davis, J.L., Annan, A.P. (1980). Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines, *Water Resources Research*, 16, 574–582. doi:10.1029/WR016i003p00574.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Determination of Triclosan Sorption Capacity Onto Powder Activated Carbon by Batch Adsorption Experiments

*Kadir ÖZDEMİR<sup>1</sup>*

### Abstract

As a result of industrialization and rapid population growth, there is a significant increase in micropollutant concentrations in aquatic environments. Pharmaceuticals, personal care products (PPC) and endocrine disrupting hormones (EDC) are often the most common contaminants in surface waters, wastewater discharges and sewage systems. In this paper, triclosan compound, which is an antibacterial product in cleaning products, was used as a micropollutant in experimental studies. In this study, the adsorption of triclosan compound, which is seen in surface and underground waters and wastewater discharges, on powdered activated carbon as a function of pH and ionic strength at laboratory scale was investigated. Experimental studies were carried out by adding certain doses of 1 g/L stock triclosan solution prepared in the laboratory. In order to determine the adsorbing capacity of triclosan, powder activated carbon was used as an adsorbent. As a result of batch adsorption experiments performed, the highest triclosan sorption capacity was observed at acidic pH values (pH =3; 6.75 mg.g<sup>-1</sup>). Furthermore, triklosan adsorption capacity increased when the ionic strength was increased from 0.5 to 1.0 M. Meanwhile, the experimental results showed that the Freundlich equation about correlation coefficient ( $R^2=0.99$ ) is the best isotherm model to describe the adsorption process as compared to Langmuir isotherm.

**Keywords:** Triclosan, pH, Ionic strength, Micropollutants.

<sup>1</sup>Assoc. Prof., Zonguldak Bülent Ecevit University, Department of Environmental Engineering, Orcid: 0000-0003-1464-7078



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

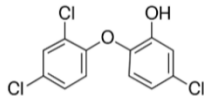
ISBN: 978-605-72864-2-0

## INTRODUCTION

Micropollutants can be a combination of various substances and can include different products such as endocrine disrupting chemicals, personal care products, pesticides, pharmaceuticals, and flame retardants (Barbosa et al., 2016; Boyd et al., 2003). Pharmaceuticals, personal care products (PPCPs) and endocrine disrupting chemicals (EDCs) are among the most common micropollutants in aquatic environments, especially in groundwater, surface waters, wastewater and drinking water treatment plants (Luo and Guo, 2014).

The intensive use of these pollutants in human life makes it difficult to control them in the aquatic environment. Micropollutants from domestic wastewater, hospital wastewater discharges, enters the aquatic environment from unregulated industries and wastewater treatment plants. More than 150 pharmaceutical substances have been detected in surface waters, groundwater and drinking water. The treatment of micro-pollutants from surface and ground waters is gaining more and more importance day by day. In various studies conducted in the USA and European countries, it has been reported that more than 300 micro-pollutants are found in surface and underground waters and even in treatment plant effluents (Yao and Rehman, 2018). Micropollutants cannot be removed from water by conventional treatment processes. In terms of human health, they cause toxicological effects such as antibiotic resistance and hormone disorders, both in the short and long term (Kim and Carlson, 2007; Huerta-Fontela et al., 2011). The main problem of micropollutants in terms of sustainability is the absence of a globally accepted regulation. However, some countries have standards for limited quantities of micropollutants, either regional or local. For example; there are environmental standards issued by the EU parliament in 2008/105/EC (EU, 2008) for very small amounts of micropollutants such as nonylphenol and bisphenol-A. In addition, there are standards for Nonylphenol and nonylphenol ethoxylates within the scope of toxic substances in Canada (Canadian Environmental Protection Act, 1999). In Turkey, in order to protect and improve the quality of water resources within the scope of the Surface Water Quality Regulation, "Environmental Quality Standard" values have been determined for micropollutants. Therefore, it is of great importance to carry out studies on the development of innovative, applicable and economical treatment processes and systems that will contribute to meeting these standards. The first important goal of this study is; In this study, triclosan, which is a type of micropollutant frequently encountered especially in surface waters and drinking water sources, and which is generally found in surface cleaners, shampoo, toothpaste and other personal care products, will be compared with the removal efficiencies to be achieved by using powdered activated carbon adsorption at laboratory scale. Triclosan has also been reported to be isolated in the milk of lactating women with its regular use, with possible effects on the development of the infant's microbiome (Xu et al., 2019; Dayan, 2007). Also in the literature, triclosan blocks the enzyme that carries the proteins of aquatic organisms, which causes bacterial resistance (Wu et al., 2019). The physicochemical properties of triclosan are given in the Table 1.

Table 1 – Physicochemical properties of triclosan.

Properties	
CAS Number	3380-34-5
Usage area	Cleaning agent
Molekuler formula	C <sub>12</sub> H <sub>7</sub> Cl <sub>3</sub> O <sub>2</sub>
Moleküler structure	
Moleküler weight	289.54 g/mol
Log Kow	4.76
pKa	7.8
Water solubility	1 x 10 <sup>-5</sup> g/mL (20°C)

## MATERIAL and METHODS

Laboratory scale batch adsorption experiments will be carried out in the environmental engineering laboratory of Zonguldak Bülent Ecevit University (ZBEÜ). The water samples used here will be taken from the Milli-Q water (Millipore ultra-pure water system; Millipore) pure water device. Triclosan compound with CAS number 3380-34-5 (>97%) will be purchased from Merck company and Triclosan stock solution will be prepared by dissolving 100 mg/l Triclosan in 100 ml methanol (HPLC grade) and it will be prepared by dissolving 100 mg/l Triclosan and it will be used in batch adsorption experiments against any microbial activity at + 4°C. It will be stored in the refrigerator. In the batch adsorption experiments to be carried out in the laboratory, 50 g of Filtrasorb 300 powdered activated carbon, produced by Calgon company and widely preferred in many laboratory-scale studies and pilot plants in water treatment, will be used. In order to determine the amount of adsorbent to be used according to the maximum concentration of triclosan to be adsorbed in laboratory-scale adsorption experiments, 50 ml of 1000 mg/l stock Triclosan solution contains 10 mg/l triclosan and 100 ml glass beakers containing 0.5 g, 1 g and 2 g active powder, respectively. carbon will be added and the top will be covered with aluminum foil in an airtight manner and injected and mixed at 200 rpm for 60 minutes. After waiting time of 30 min, 60 min, 120 min, and 240 min, water samples will be prepared for analysis by passing through a 0.45µm membrane filter to separate activated carbon particles from the liquid phase. The amount of substance adsorbed on the adsorbent (q<sub>e</sub>, mg /g) and the concentration of the substance remaining unadsorbed in the solution (C<sub>e</sub>, mg/l) will be found with the help of the following equilibrium equation (1); (At Equilibrium: The amount adsorbed on the adsorbent = the amount separated from the liquid)

$$q_e \cdot M = (C_o - C_e) \cdot V; q_e = (C_o - C_e) \cdot V / M \quad (1)$$

Here;  $q_e$ ; It is the milligram (mg) value of adsorbate adsorbed per gram (gr) adsorbent and its unit is mg/gr.  $C_e$ ; equilibrium concentration of adsorbate in solution;  $C_0$ ; initial const. and  $V$ ; is the solution volume.

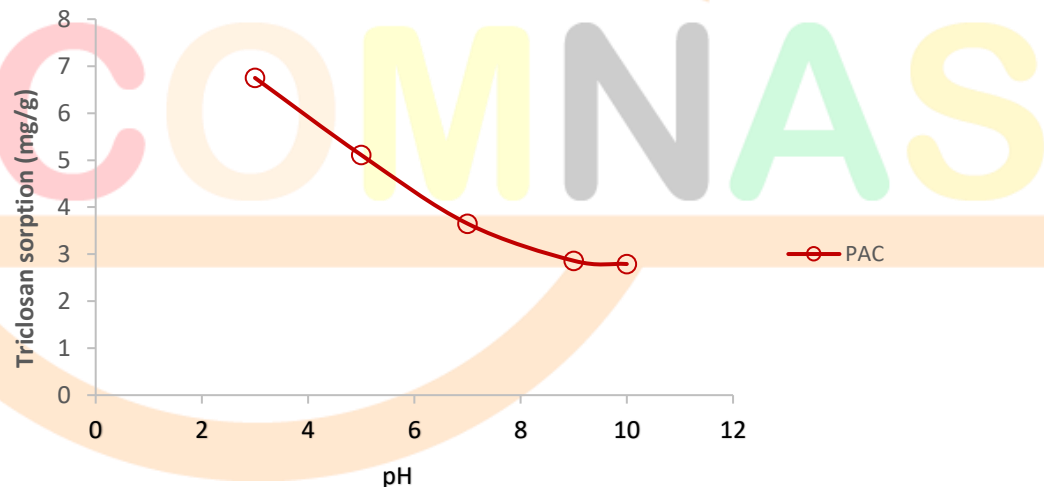
In batch adsorption experiments, the  $q_e$  and  $C_e$  amounts at equilibrium will be determined using the Langmuir and Freundlich isotherm models, respectively.

## Triclosan analyzes

Triclosan analyzes during the adsorption experiments were performed in the central laboratory of ZBEÜ, consisting of SPD-10Avp UV-VIS detector at 280 nm, SCL-10Avp system controller LC-10Atvp solvent dispersant module and HPLC-UV (Shimadzu, LC-10AT vp) device. The waiting time for triclosan is approximately 5.7 minutes, and the solvents used at a constant flow rate of 1.5 mL/min during the analysis will be acetonitrile (75%) and ultra-distilled water (25%). The sample injection volume is 20  $\mu$ L. Triclosan analyzes will be carried out with HPLC-UV device in ZBEÜ Central Laboratory.

## RESULTS and DISCUSSION

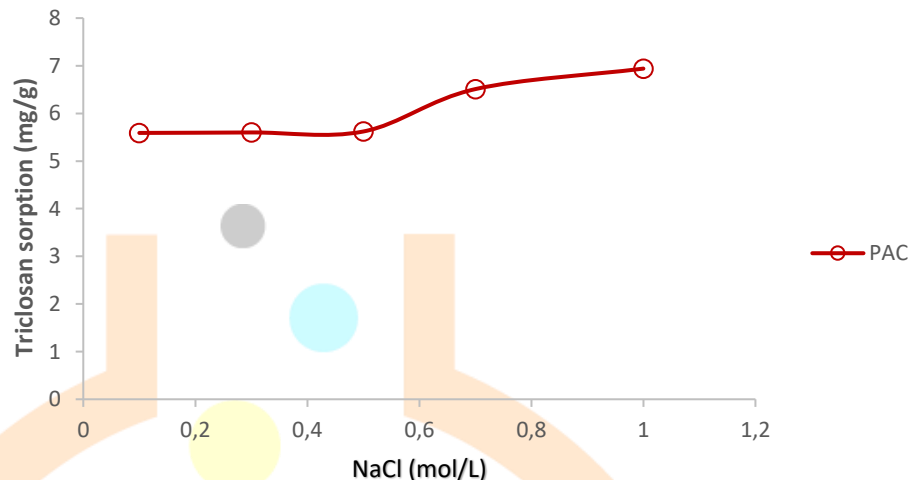
Figure 1 shows the adsorption capacity of Triclosan adsorbed on powdered activated carbon at different pH values. As seen in Figure 1, the highest adsorption capacity of triclosan ( $Q_e = 6.75 \text{ mg.g}^{-1}$ ) was recorded in the adsorption processes performed at pH 3. One of the important results obtained in this study is that the adsorption capacity of triclosan decreases significantly as the pH increases. As shown in Figure 1, the removal of triclosan decreases from 6.75 to 2.79  $\text{mg.g}^{-1}$  between pH 3 and pH 10. In other words, in terms of the removal efficiency is approximately 60% between pH 3 and pH 7 and decreased to 30% at pH 10.



**Figure 1.** Effect of pH on triclosan adsorption

These results are related to the partially or completely deprotonated surface functional groups of the increase in pH values. Besides, it shows that the sorption capacity is reduced due to the electrostatic repulsion between the deprotonated triclosan and the negatively charged activated carbon surface. The effect of ionic strength in the samples on triclosan adsorption is given in Figure 2. In this

study, the effect of ionic strength was investigated using NaCl, and five different concentrations of 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 1.0 M were studied to adjust the ionic strength.



**Figure 2.** Effect of ionic strength on triclosan adsorption.

According to Figure 2, no change was observed in the adsorption of triclosan on powder activated carbon up to 0.5 M of ionic strength.

In this study, the adsorption process was described using the langmuir and freundlich isotherm models. The Langmuir isotherm model (Equation 2) states that the adsorption takes place on a homogeneous surface and in a monolayer;

$$C_e/q_e = 1/(q_m \cdot K_L) + C_e/q_m \quad (2)$$

Here,  $C_e$  is the equilibrium concentration of water (mg/l),  $q_e$  is the adsorption capacity at equilibrium (mg/g),  $K_L$  is the Langmuir constant (L/mg), and  $q_m$  is the maximum adsorption capacity of the adsorbent (mg/g).

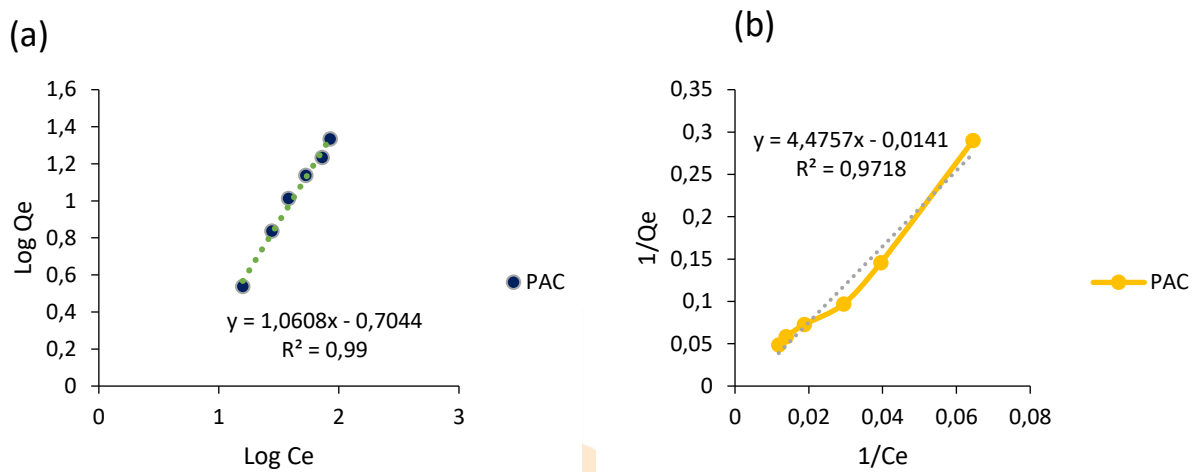
### Freundlich isotherm;

The Freundlich isotherm model (Equation 3) assumes that the adsorption is multilayered;

$$\ln q_e = \ln K_f + 1/n \cdot \ln C_e \quad (3)$$

Here,  $K_f$  ((mg/g) (L / mg)<sup>1/n</sup>) and  $n$  are Freundlich equation constants related to adsorption capacity and density, respectively.

As shown in Figures 3, the Freundlich isotherm is the best for the experimental data for the powder activated carbon according to the  $R^2$  value ( $R^2 = 0.99$ ), as compared to the Langmuir model ( $R^2=0.97$ ). Also, the Freundlich model is applied to adsorption in heterogeneous systems. Isothermal points showed an increase in adsorption capacity with triclosan concentration increasing.



**Figure 3.** Isotherms of triclosan sorption (a) Freundlich; (b) Langmuir.

## CONCLUSION

In this study, the sorption capacity of triclosan on activated carbon was investigated by adsorption experiments. According to the results obtained, it was found that the absorption capacity of activated carbon for triclosan removal was higher in acidic conditions. This result is explained that as the surface functional groups on to adsorbent are generally deprotonated, the capacity of sorption is increased. On the other hand, there was a significant increase in triclosan adsorption capacity as the ionic strength increased at concentrations greater than 0.5 M.

## ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to thank Zonguldak Bülent Ecevit University, Scientific Research Projects Commission (Project Number: 2021-77047330-03) for its financial support.

## REFERENCES

- Barbosa, M. O., Moreira, N. F., Ribeiro, A. R., Pereira, M. F., & Silva, A. M. (2016). Occurrence and removal of organic micropollutants: An overview of the watch list of EU Decision 2015/495. *Water research*, 94, 257-279.
- Boyd, G. R., Reemtsma, H., Grimm, D. A., & Mitra, S. (2003). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in surface and treated waters of Louisiana, USA and Ontario, Canada. *Science of the total Environment*, 311(1-3), 135-149.
- Canadian Environmental Protection Act, 1999. [cited 20 August 2016]. Available from: <http://www.hcsc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl2-lsp2/nonylphenol/index-eng.php>.
- Dayan, A. D. (2007). Risk assessment of triclosan [Irgasan®] in human breast milk. *Food and chemical toxicology*, 45(1), 125-129.
- EU, 2008. European Union. Water framework directive 2008/105/EC. European parliament and of the council.[cited 20 August 2016]. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0105>
- Huerta-Fontela, M., Galceran, M. T., & Ventura, F. (2011). Occurrence and removal of pharmaceuticals and hormones through drinking water treatment. *Water research*, 45(3), 1432-1442.
- Kim, S. C., & Carlson, K. (2007). Quantification of human and veterinary antibiotics in water and sediment using SPE/LC/MS/MS. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 387(4), 1301-1315.
- Luo, Y., Guo, W., Ngo, H. H., Nghiem, L. D., Hai, F. I., Zhang, J., ... & Wang, X. C. (2014). A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Science of the total environment*, 473, 619-641.
- Yao, W., Rehman, S. W. U., Wang, H., Yang, H., Yu, G., & Wang, Y. (2018). Pilot-scale evaluation of micropollutant abatements by conventional ozonation, UV/O<sub>3</sub>, and an electro-peroxone process. *Water Research*, 138, 106-117.
- Wu, J. L., Ji, F., Zhang, H., Hu, C., Wong, M. H., Hu, D., & Cai, Z. (2019). Formation of dioxins from triclosan with active chlorine: A potential risk assessment. *Journal of hazardous materials*, 367, 128-136.
- Xu, M., Huang, H., Li, N., Li, F., Wang, D., & Luo, Q. (2019). Occurrence and ecological risk of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) and pesticides in typical surface watersheds, China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 175, 289-298.



## Bölge Bazında Evrişimler Kullanarak Rölyef Görüntüsü Tamamlama

*Mehmet Kuvılcım KELEŞ<sup>1</sup>*

*Erdal GÜVENOĞLU<sup>2</sup>*

### Özet

Dünyanın pek çok yerde arkeolojik kazı çalışmaları yürütülmekte ve tarihi eserler gün yüzüne çıkarılmaktadır. Ülkemizde yapılan kazı çalışmalarında ortaya çıkan ve birçok müzede de karşılaşılan tarih eserlerden biride rölyeflerdir. Rölyefler, birçok coğrafya da olduğu gibi özellikle Anadolu'da yaygın olarak kullanılan bir sanat olmuştur. Günümüze ulaşan bu tarihi eserlerden bazıları sağlam ulaşırken bazıları ise deformasyona uğramış olabilmektedir. Tarihi eserlerdeki deformasyonlar insan, doğa ve süre gibi birçok farklı etmenlerden dolayı olabilmektedir. Gerçekleşen bu tahribatların boyutu ve şekli de farklılık gösterebilmektedir. Tarihi eserlerin tahribatsız orijinal görüntüsüne erişim ihtiyacı çeşitli nedenler ile olabilmektedir. Genel olarak eksik bir görüntünün tamamlanması problemi derin öğrenmenin de gelişmesi ile literatürde güncel çalışılan bir problemdir. Özellikle makine öğrenimi yöntemlerinin zaman içinde gelişimi ile bu konuyu da kapsayan çeşitli yöntem ve teknikler ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada bu problemi çözmeye yönelik üretken çekışmeli ağılar yöntemi kullanılmıştır. Türkiye de bulunan üç önemli arkeoloji müzesindeki tarihi eserler kullanılarak bir rölyef veri seti oluşturulmuştur. Bölge bazında görüntü tamamlama yöntemi ile rölyef veri seti kullanılarak bir yapay zeka modeli eğitilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda orijinal hasarsız rölyef görüntüsü ile hasara uğratılmış rölyef görüntüleri hasar düzeltme modeline girdi olarak verilmiş ve düzeltilen görüntüler çıktı olarak alınarak alınmıştır. Orijinal görüntü ile tahribatları düzeltilmiş görüntülerin yapısal benzerlik indisi ölçümü ile karşılaştırması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Rölyef, görüntü tamamlama, derin öğrenme, çekışmeli üretici ağılar, yapısal benzerlik indisi ölçümü.

<sup>1</sup> Anadolu Sigorta, İnovasyon, Orcid: 0000-0001-5358-8301

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Maltepe Üniversitesi, Bilgisayar Programcılığı, Orcid: 0000-0003-1333-5953

## GİRİŞ

Rölyef, herhangi bir yüzey üzerine yapılan yükseltme veya çökertme sonucu oluşan kabartmalara denir. Günümüze ulaşan tarihi eserlerden en sık karşılaşılan yapı örneklerinden biride rölyeflerdir. Tarih boyunca rölyefler mimari eserlerde taşlar ve mermerlerde, çeşitli madenlerden yapılmış eşyalarda ve çeşitli ahşap işlerinde sıklıkla kullanılmıştır. Rölyef sanatının ortaya çıkış döneminden itibaren zaman içinde bulunduğu dönem ve olaylardan etkilenmiş tarihsel ve sanatsal gelişim ve değişim geçirmiştir. Antik çağlardan günümüze ulaşan birçok rölyef tasvirlerinde çeşitli sahneler görülmektedir. Bazı rölyef eserlerinde, yiyecek ve içecek sahneleri, avlanma sahneleri ve yok edilemez bir beden betimlenerek (Panofsky, 2012) ölen kişinin ihtiyacı olabilecekleri karşılayan eserler de tasvir edilmiştir. Bu tasvirler zamana ve mekâna göre değişkenlik gösterse de Anadolu’da bulunan rölyeflerde savaş sahnelerini, av sahnelerini, hayvan tasvirleri ve hayvanların değişik duygu görünümünün tasviri, kraliyet gücünü gösterme amaçlı kılıçlı, mızraklı ve okçu askeri tasvirler sıklıkla karşımıza çıkmaktadır.

Anadolu da günümüze ulaşan rölyeflerde maddenin doğası gereği eskimesi, görünüşünde ve yapısı üzerindeki kaçınılmaz değişimlere “bozulmaya” neden olur, bu değişimler bozulma etkisinin şiddeti ve süresine göre değişmektedir (Eskici, 1997). Rölyefler yapıldıkları yüzyıllar öncesi orijinal görünümleri ile günümüze ulaşan görünümleri arasında farklar bulunabilmektedir. Günümüze ulaşan çoğu rölyefler de kısmen veya büyük oranda tahribata uğramış olabilmektedir. Depremlerden, yangınlardan, yağmurlardan, bitki kökleri ve aşınma yüzünden zamanla tahribata uğrayabilmekteler (Bassier, 1974). Bu tahribatların nedenlerini zaman içinde gerçekleşen doğa koşullarından, insanların olumsuz etkilerinden veya rölyefin yapısal özelliklerinden kaynaklanan bozulmalar olarak sıralanabilmektedir. Bu tahribatların genel sonucu olarak rölyeflerde eksiklikler ve bozulmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Rölyef görsellerindeki eksik parçaların tamamlanması, orijinal halinin nasıl görüldüğünü bilinmesi de önemli bir problemdir. Şekil 1’ de hasarlı bir rölyef örneği verilmektedir.



Şekil 1 – Hasarlı Rölyef Örneği

## YÖNTEM

Görüntü tamamlama problemi üzerine birçok çalışma yapılmış ve çalışılmakta olan güncel bir konudur. Görüntü tamamlama problemine geleneksel yöntemler ve derin öğrenme yöntemleri ile çözüm aranmaktadır.

Geleneksel yöntemlerde difüzyon tabanlı ve yama tabanlı yöntemler kullanılırken makine öğrenmesi yöntemlerinin de gelişmesi ile derin öğrenme tabanlı yöntemlerde kullanılmaktadır. Geleneksel yöntemlerden difüzyon tabanlı yöntemlerde, genel olarak diferansiyel operatörler kullanılmaktadır. Diferansiyel operatör ile modellenen ayrıntılar bir süreci izleyerek arka plan verileri ile eksik bölgeleri tamamlarlar (Ballester ve Ark.,2000)(Esedoglu ve Shen,2002). Yama tabanlı yöntemlerde ise yama benzerliğini üst düzeye çıkaran bir kaynak görüntü kümesinden yamalar ile eksik bölgeleri tamamlarlar (Kwatra ve Ark.,2005)(Barnes ve Ark.,2009). Geleneksel yöntemler, tekrarlanan yapılandırılmış görüntülerin tamamlanmasında başarılı olmakla birlikte sürekli tekrarlanmayan ve karmaşık görüntülerde başarıları düşmektedir.

Derin öğrenme tabanlı yöntemlerde en sık kullanılan yöntem çekişmeli üretici ağlardır. Çekişmeli üretici ağlar (Generative adversarial network-GAN) iki farklı ağ yapısının birbirleri ile çekişmeli şekilde çalışması ile oluşan bir makine öğrenmesi yaklaşımıdır. Bu ağlar; Üretici ve ayırıcı olarak ikiye ayrılır. Üretici ağ sürekli yeni veriler üretmeyi öğrenir ve her seferinde ayırt edici ağa daha gerçekçi veriler sunar. Ayırt edici ağ ise girdi olan veriler ile üretilen verileri ayırt etmeyi öğrenir.

### Bölge Bazında Görüntü Tamamlama

Görüntü tamamlama çözümleri, genellikle mevcut ve eksik bölgeler arasındaki farkı veya korelasyonu görmezden geldiğinden büyük eksik alanları uygun içerik ile dolduramazlar özellikle büyük bitişik eksik bölgelerle karşı karşıya kaldıklarında kötü performans gösterirler.

Görüntü içerisinde bulunan eksik bölgeler büyüdükçe bu bölgelerin tamamlanmasında bozuk yapılar ve bulanık dokular gibi tutarsızlık sorunuyla karşı karşıya kalınmaktadır. Bölge bazında görüntü tamamlama yaklaşımı hem bitişik hem de bitişik olmayan büyük eksik alanlara sahip görüntüleri aynı anda işlemek için bölge bazında üretici ağ ve bölge bazında ayırıcı ağdan oluşan bir görüntü tamamlama yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bölge bazında görüntü tamamlama yönteminde, anlamsal çıkarım ağları ve küresel algılama ağlarından oluşurlar. Semantik çıkarım ağları, bölge bazında evrişim ve yerel olmayan işlemi kullanarak farklı bölgeler arasındaki farklar ve korelasyonlarla ilgilenmeye odaklanır.

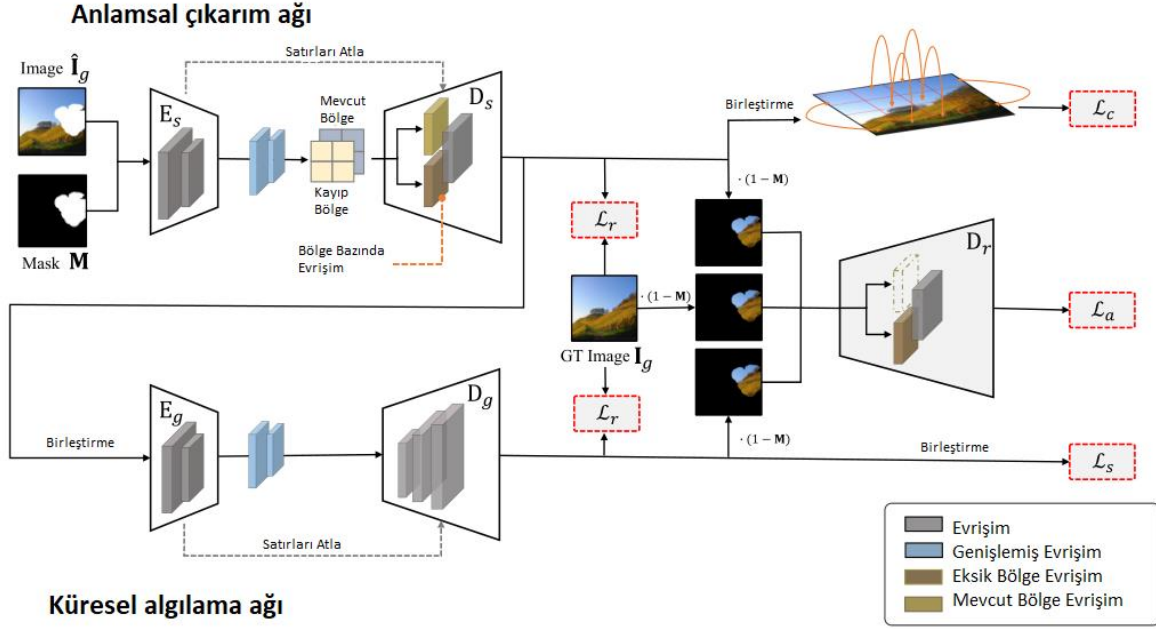
Bu yöntemde, tamamlanması gereken eksik bölgelerdeki içerikleri oluşturmak için her görüntüdeki farklı bölgeleri ele alan bölge bazında üretken bir çekişmeli ağ geliştirilmiştir.

Şekil 2, mimari detaylarında gösterildiği gibi hem bitişik hem de bitişik olmayan eksik bölgeler için tek bir genel çerçeve kullanarak ele alınmıştır. Bu yöntemde eksik semantik içerikler çıkarılır ve korelasyon kaybının rehberliğinde eksik bölgeler ile mevcut bölgeler arasındaki korelasyonlar çıkarılır.

Korelasyon kaybı temelde üretici ağın semantik içerikleri anlaması ve daha ayrıntılı bilgi üretmesi için rehberlik eder. Mevcut bölgeler ve eksik bölgeler arasındaki korelasyonu modeller. Bölge bazlı ayırıcı ağ ile görüntü tamamlama yapılır.

Anlamsal çıkarım ağları, sırasıyla bölge bazında evrişim ve yerel olmayan işlemi kullanarak farklı bölgeler arasındaki farklar ve korelasyonlarla ilgilenmeye odaklanır. Küresel algılama ağları, tüm görüntü üzerinde bir stil kaybı kullanarak iki farklı bölgeyi birlikte ele alır ve bu da görüntü kalitesini bölge bazında algısal olarak geliştirir. Eksik bölgeyi doldurmak ve görünüm bilgilerini takip etmek için tüm görüntü üzerinde iki farklı bölgeyi dikkate alır.

Bölge bazında görüntü tamamlama yönteminin çalışma prensibinde üretici ağ, tamamlanacak alanlardaki anlamsal içeriği düzeltir ve oluşturur. Anlamsal çıkarım ağı ve küresel algılama ağları oluşan görselde gerçekliğe yakınlığını takip eder.



**Şekil 2 – Bölge Bazında Görüntü Tamamlama Mimari (Yuqing ve Ark.,2019)**

İçerik kodlayıcı, görüntülerin dağılımından belirli bir mod seçerek, eksik bölgelerinin yakınındaki piksellerden “ipuçları” almaya çalışır(Pathak ve Ark.,2016). Kod çözücünde, kanal bazında tamamen bağlı bir katman aracılığıyla her birimin tüm görüntü içeriği hakkında akıl yürütmesine izin verir.

Görüntü tamamlama için kısıtlı bir görüntü oluşturma problemi olarak semantik boyama kullanılır(Yeh ve Ark.,2017). Bu yöntem de gerçek görüntüler kullanılarak çekişmeli üretici ağ eğitilir. Bozuk görüntüler gerçek görüntü manifoldu ile sınırlandırılır ve "en yakın" sağlam olana göre tamamlanır.

### Çıktıların Değerlendirmesi

Görüntü karşılaştırmada çeşitli metrikler kullanılmaktadır. Yapısal benzerlik indisi ölçümü(SSIM), görüntü kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Shahid ve Ark., 2011). Yapısal benzerlik indisi ölçümü, iki görüntü arasındaki yapısal benzerliği ölçer.

$x$  ve  $y$  birer görüntü olmak üzere,

$$SSIM(x, y) = [I(x, y)]^\alpha \cdot [c(x, y)]^\beta \cdot [s(x, y)]^\gamma \quad (1)$$

şeklinde gösterilir. Burada,

$$I(x, y) = x = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \quad (2)$$

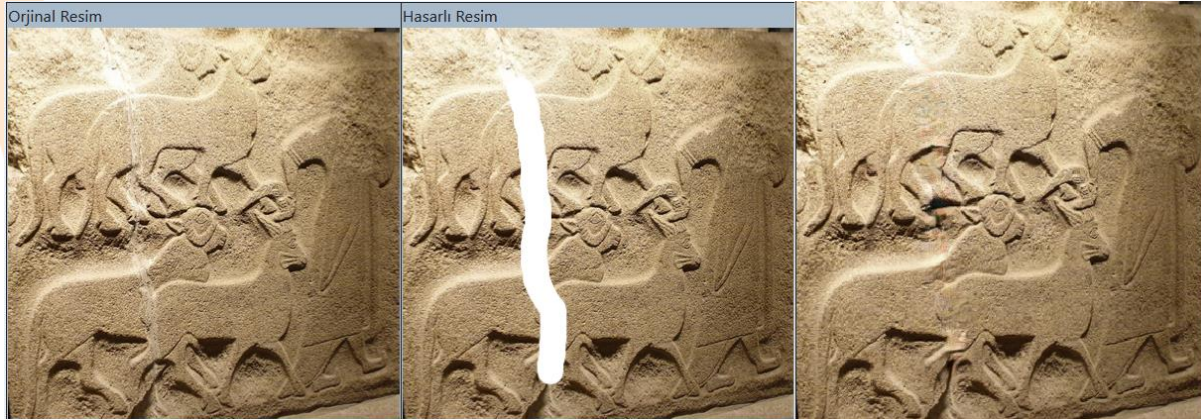
$$c(x, y) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \quad (3)$$

$$s(x, y) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x\sigma_y + C_3} \quad (4)$$

$\sigma_x$  ve  $\sigma_y$  kontrastı ölçer, SSIM endeksi [0, 1] aralığındadır. İki resim arasında az korelasyon var ise 0, çok korelasyon var ise 1'dir.

### Veri Seti ve Deneysel Sonuçlar

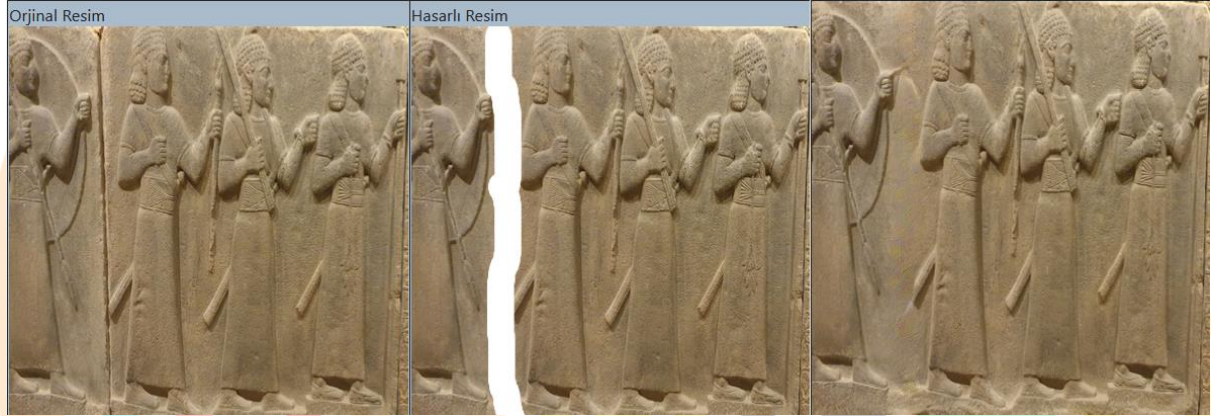
Ülkemizin çeşitli yerlerinde bulunan, birçok tarihi eserin günümüze kadar ulaştığı görülmektedir. Günümüze ulaşan bu eserlerden veri seti oluşturulurken Ankara, Gaziantep ve Hatay Arkeoloji müzesindeki eserler kullanılmıştır. Bu üç müze sergilenen rölyeflerin 2.747 adet farklı açılarda fotoğrafları çekilmiş ve bunlardan bir veri seti oluşturulmuştur. Rölyef görüntüleri ile veri çoğaltma teknikleri kullanılarak görüntüler çoğaltılmıştır. Model eğitiminde veri setinin eğitim için üçte ikisi kullanılırken, doğrulaması için üçte biri kullanılmıştır.



Şekil 3 – Deneysel Çalışma 1



Şekil 4 – Deneysel Çalışma 2



Şekil 5 – Deneysel Çalışma 3



Şekil 6 – Deneysel Çalışma 4

Model çıktıların değerlendirilmesi sürecinde hiçbir hasarı bulunmayan görüntüler ile eğitim yapılmış, hasarlı ve hasarsız veri setleri deneysel çalışmada kullanılmıştır. Bu veri setinde yapay hasar oluşturulmuş ve bölümde incelenen iki görüntünün karşılaştırılması yöntemleri ile orijinal resim ve üretici modelin ürettiği çıktı görüntüler karşılaştırılarak sonuç değerleri Tablo 1 de paylaşılmıştır. Şekil 3,4,5 ve 6 da deneysel çalışmada orijinal görüntü, hasarlı görüntü ve sonuç çıktıları gösterilmiştir.

**Tablo 1 – Deneysel Sonuç Çıktıları**

	<b>SSIM Sonuçları</b>
Deneysel Çalışma 1	0.9527350489208198
Deneysel Çalışma 2	0.9462679140486505
Deneysel Çalışma 3	0.9288197990398411
Deneysel Çalışma 4	0.9244639613252916

## SONUÇ

Derin öğrenmenin zaman içinde gelişmesi özellikle görüntü tamamlama alanında güncel çalışmaların yapılmasının önünü açmıştır. Görüntü tamamlama probleminde çekişmeli üretici ağların başarılı sonuçlar üretmesi bu problemin literatürde sık ve güncel çalışılan bir konu olmuştur. Çalışmamızda rölyef görüntülerinden oluşan veri seti üzerinde bölge bazında evrişimler yöntemi kullanılarak bir model eğitilmiş ve sonuçları gözlemlenmiştir. Rölyef görüntülerinden bulunan eksik bölgelerin tamamlanmasında bölge bazında evrişimler yönteminin aynı görüntü üzerinde yapısal benzerlik indisi ölçüm oranları incelenmiştir. Deneyler intel i7 8250u model işlemci, 16 GB bellek ve NVIDIA geforce 940mx model ve 2 GB ram içeren bir gpu'lu bilgisayarda yapılmıştır. Ortalama işlem zamanını bir resim için 4.9 saniye olarak tespit edilmiştir. Aynı görüntü üzerinde yapısal benzerlik indisinin 0.92 ile 0,95 arasında olduğu görülmüştür. Şekil 3,4,5 ve 6 daki örneklerde görüldüğü gibi rölyeflerdeki tahribatı karmaşık olmayan görüntülerde başarılı düzelttiği görülmüştür. Yeni çalışmalarda kabartmalar arası geçişlere sahip hasarlı görüntüler için modelin iyileştirme geliştirmesi hedeflenmektedir.

## KAYNAKÇA

Bassier, C.(1974) “Weiterentwicklung der Konservierungsmethoden für Mosaiken”, Arbeitsblaetter für Restauratoren, Mainz, s. 43-52.

Ballester, C., Bertalmio M., Caselles V., Sapiro G. and Verdera J. (2000). “Filling-in by joint interpolation of vector fields and gray levels”.

Barnes C., Shechtman E., Finkelstein A., and Goldman D. B.,(2009) “Patchmatch: A randomized correspondence algorithm for structural image editing,” ACM Transactions on Graphics (ToG), vol. 28, no. 3, p. 24.

Esedoglu S. and Shen J.,(2002) “Digital inpainting based on the mumford– shah–euler image model,” European Journal of Applied Mathematics, vol. 13, no. 4, pp. 353–370.

Eskici, B.(1997). “Taş Eserlerin Korunması Üzerine Notlar”, TAD, 1997/31, s. 383-391

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT press.

Kwatra V., Essa I., Bobick A., and Kwatra N.(2005) “Texture optimization for example-based synthesis,” in ACM Transactions on Graphics (ToG), vol. 24, no. 3. ACM, pp. 795–802.

Pathak D., Krahenbuhl P., Donahue J., Darrell T., and Efros A. A.(2016) “Context encoders: Feature learning by inpainting,” in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 2536–2544.

PANOFSKY, Erwin. (2012). İkonoloji Araştırmaları, İstanbul: Pinhan Yayınları, s. 283.

Shahid, M., Rossholm, A. and Lövström, B., (2011). A reduced complexity no-reference artificial neural network based video quality predictor, International Congress on Image and Signal Processing (CISP), 1, 517-521.

Yeh R. A., Chen C., Yian Lim T., Schwing A. G., Hasegawa-Johnson M., and Do M. N.(2017) “Semantic image inpainting with deep generative models,” in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 5485–5493.

Yuqing Ma, Xianglong Liu, Shihao Bai, Lei Wang, Aishan Liu, Dacheng Tao, Edwin Hancock.(2019) Region-wise Generative Adversarial Image Inpainting for Large Missing Areas.





# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Determination of Chemical Compositions of *Teucrium polium* L. and *Ocimum basilicum* Cultivated Under Eastern Mediterranean Ecological Conditions

Nadire Pelin BAHADIRLI<sup>1</sup>

### Abstract

Plants have been used for their nutritional, medicinal and cosmetic value for a long time. Cultivation of medicinal and aromatic plant species has been important for protecting natural populations, standardize the active ingredients. Eastern Mediterranean region of Türkiye with typical Mediterranean climate has an advantage for cultivation that both autumn and spring is suitable for many crops to grow. The genus *Ocimum* from Lamiaceae family comprises 65 species mainly distributed to Asia, Africa, and South America. The genus has annual or perennial, herbs and shrubs with high medicinal and aromatic properties. *Ocimum* species beyond used as flavoring agent, species also important for cosmetic and medicinal industries due to their active biological ingredients. The genus *Teucrium* is also from Lamiaceae family that the speciation center of the genus is Mediterranean with approximately 300 species. Latest studies presented that 47-taxon including 15 endemic species from flora of Türkiye. *Teucrium* species generally have been used for anti-diabetic and stomachache problems. The aim of the study was to determine essential oil composition of both *Ocimum basilicum* and *Teucrium polium* that cultivated in the Eastern Mediterranean ecological conditions. Main component of *Ocimum basilicum* found as follows: linalool 42.5%, methyl cinnamate 37.96% and 1.8 cineole 7.44%, while *Teucrium polium* main components were trans-caryophyllene 40.18%, caryophyllene oxide 12.83% and  $\delta$ -cadinene 10.73%. The results showed that both species has valuable composition for medicinal and cosmetic industries.

**Keywords:** Germander, Volatile, Basil, GC/MS

<sup>1</sup> Asst. Prof., Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Orcid: 0000-0001-7321-5377

## INTRODUCTION

Lamiaceae or Labiatae family are includes annual or perennial flowering plants with a cosmopolitan distribution that contains approximately 7200 species from 236 genera (Tamokou et al., 2017). Both *Teucrium* and *Ocimum* are the important medicinal species genera from the same family. *Ocimum* contains annual and perennial species that distributed Asia, Africa and Middle America. Despite of the species is not a native for Türkiye, cultivation for culinary and ornamental purposes have been going on for a long time. *Ocimum basilicum* and *O. minimum* are the two main species cultivated species in Türkiye (Telci et al., 2015). *Teucrium* genus is widespread distributed with annual, biennial and perennial species about 434 taxa (Govaerts et al., 2013). *Teucrium* naturally occurs with 34 species with 14 endemic species in Türkiye (Güner et al., 2012).

There are eugenol, linalool, methyl cinnamate, methyl chavicol and citral are some of the main compounds for *O. basilicum* (Özcan and Chalchat, 2002; Kulan, 2013; Telci et al., 2015). *T. polium* only have a usage from wild collecting.

Regarding of its chemical content *O. basilicum* have been used for various medicinal purposes to prevent cardiovascular disorders, diabetes, menstrual cramps, digestive problems and cancer (Purushothaman et al., 2018). Also, the species have been used as a spice, colorant and flavor for beverages. *T. polium* have been used for diabetes, antiseptic, antiinflammatory mainly from stomache and menstruation problems (Altundag and Ozturk, 2011).

The aim of the study is to show chemical composition of cultivation *Ocimum basilicum* and *Teucrium polium* species under Eastern Mediterranean conditions.

## METHODS

### Plant materials and Essential Oil Isolation

*Ocimum basilicum* seeds were obtained from Arapgir, Malatya and seedlings were planted to the field in late April 2020. *Teucrium polium* cuttings were obtained from Arsuz, Hatay, Türkiye in 2020 and rooted seedlings were planted to the field in late April 2020. The field experiment was conducted at Reyhanlı plain, Hatay, Türkiye. Both of the plants samples were harvested above the soil at full flowering period August, 2020. Samples were air dried at room temperature. Dried plant samples materials were cut small pieces and hydro distillation were applied for 3 hours with Clevenger type apparatus. *O. basilicum* 100 g and *T. polium* 50 g were placed in a glass flask (2 L) with 1 L distilled water. The application was replied three times. Essential oils were stored at +4 °C until the analysis.

### Essential oil analysis

Essential oil components were determined with Gas Chromatography Mass Spectrometry. The following method were used from Erdogan Eliuz and Bahadirli, 2022. Before analysis, 5 µL of oil was diluted in 2 mL cyclo-hexane. The essential oil composition was determined with GC-MS (Agilent 7890A-5975C) equipped with an Agilent 19091S-433 model column (30m X 250 µm film X 0.25 µm). Helium was a carrier gas. The detector transfer line temperature was 260 °C and the detector ionization temperature was 250 °C. The analysis program was as follows: starting with 60 °C increased to 150 °C with 5 °C min<sup>-1</sup>, from 150 to 200 °C with 1.5°C min<sup>-1</sup>, from 200 °C to 240°C with 4 °C min<sup>-1</sup>. The essential oil components were defined using Wiley and NIST database.

## RESULTS and DISCUSSION

Essential oil contents were obtained as 1.12% in *O. basilicum*. Essential oils were resulted with 18 components that represent 94.76% of the composition (Table 1). Major components were linalool 42.5%, methyl cinnamate 37.96% and 1.8 cineole 7.44%.

**Table 1.** *Ocimum basilicum* essential oil composition

#	RT	Component	<i>O. basilicum</i>
1	6.084	$\alpha$ -pinene	0.18
2	7.230	$\beta$ -phellandrene	0.11
3	7.313	$\beta$ -pinene	0.53
4	9.088	1.8 cineole	7.44
5	10.589	Trans-linalool	0.24
6	11.165	Linalool oxide	0.19
7	11.782	Linalool	42.50
8	15.053	Linalyl propionate	0.44
9	21.071	Eugenol	0.56
10	21.427	$\alpha$ -ylangene	0.07
11	21.985	Methyl cinnamate	37.96
12	23.534	$\alpha$ -guaiene	0.44
13	24.068	$\alpha$ -humulene	0.52
14	24.976	Germacrene-D	0.91
15	25.760	Azulene	0.46
16	26.039	$\gamma$ -cadinene	0.61
17	28.134	Spathulenol	0.18
18	30.021	t-Cadinol	1.42
<b>Total</b>			<b>94.76</b>

Similar to our result essential oil content of different originated *O. basilicum* were found 0.25-1.06% (Karaca et al., 2017). Telci et al. (2015) showed chemical variation of *O. basilicum* varieties from different origins. In the study, Malatya originated genotypes showed very high linalool content between 64.54-79.89% depending on locations. Methyl cinnamate was not found in that genotype, however in the present study Malatya originated *O. basilicum* plant samples major components were

found as linalool and methyl-cinnamate. This result could be because of the Mediterranean climate. Genotype and ecological factors are the main variation source for medicinal plant.

*T. polium* essential oil content was found 0.95 % and essential oil analysis were resulted with 23 components that represent 96.92% of the composition (Table 2). Major components of the *T. polium* essential oil were found as trans-caryophyllene 40.18%, caryophyllene oxide 12.83% and  $\delta$ -cadinene 10.73%.

**Table 2.** *Teucrium polium* essential oil composition

#	RT	Component	<i>T. polium</i>
1	6.084	$\alpha$ -pinene	3.90
2	7.342	$\beta$ -pinene	8.14
3	7.811	$\beta$ -myrcene	0.84
4	9.040	dl-limonene	2.17
5	20.560	$\alpha$ -terpinolene	0.55
6	21.071	isosativene	0.23
7	21.433	$\alpha$ -copaene	0.89
8	21.747	$\beta$ -bourbonene	0.61
9	23.006	trans-caryophyllene	40.18
10	23.243	valencene	0.19
11	24.068	$\beta$ -selinene	4.19
12	24.531	4,5-dihydrotoluene	1.35
13	24.976	Germacrene-D	3.13
14	25.469	Bicyclo-germacrene	0.34
15	25.582	$\gamma$ -cadinene	0.35
16	26.318	$\delta$ -cadinene	10.73

17	27.611	Nerolidol	2.89
18	28.270	Caryophyllene oxide	12.83
19	28.888	Valencene	0.30
20	29.701	italicene	1.72
21	30.051	$\alpha$ -ylangen	0.48
22	30.223	junipene	0.59
23	34.953	Veridiflorol	0.32
<b>Total</b>			<b>96.92</b>

*T. polium* essential oil composition from flora were found as trans-caryophyllene (33.72%), germacrene-D (27.12%) and  $\beta$ -pinene (15.87 (Türkmen et al., 2017). The variation from the previous results could be the effect of cultivation and genotype. Furthermore, Kurtoğlu and Tin (2017), found *T. polium* essential oil main components as germacrene D (8.10%), carvacrol (5.41%),  $\beta$ -pinene (4.63%),  $\alpha$ -copaene (3.40%) and spathulenol (3.32%).

### Conclusion

In the present study, cultivated *O. basilicum* and *T. polium* plant samples essential oil composition were investigated. The results showed for *O. basilicum* that linalool and methyl cinnamate are the main components while, *T. polium* trans caryophyllene and caryophyllene oxide are the major component. Further studies should be continuing for determine effects of different cultivation approaches.

## References

Altundag, E., Ozturk, M., 2011. Ethnomedicinal studies on the plant resources of east Anatolia, Turkey. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 19(2011): 756-777.

Erdoğan Eliuz, E.A., Bahadırli, N.P. (2022). Anticandidal activity and anticandidal mechanism of essential oil of *Cuminum cyminum* L. and *Myrtus communis* L. mixture. *KSU Tarım ve Doğa Derg.*, 25 (Ek Sayı 2): 391-401. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1075012>

Govaerts, R.A., Paton, A., Harvey, Y., Navarro, T., Del Rosario Garcia Pena, M. (2013) World checklist of Lamiaceae. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens.

Güner, A., 2012. *Türkiye bitkileri listesi, Damarlı bitkiler*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları Flora Dizisi 1.

Karaca, M., Kara, Ş.M. & Özcan, M.M. (2017). Bazı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) popülasyonlarının herba verimi ve uçucu yağ oranının belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (2): 160-169. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ordubtd/issue/33029/367149>

Kulan, E.G. (2013). Eskişehir koşullarında yetiştirilen Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin bazı bitkisel özelliklerin ve diurnal varyabilitesinin belirlenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Kurtoğlu, C. & Tin, B. (2017). Essential oil composition of *Teucrium polium* L. Grown in Aydın/Turkey. *Turkish Journal of Life Sciences*, 2 (1): 142-144.

Özcan, M., Chalchat J.C. (2002): Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum minimum* L. in Turkey. *Czech J. Food Sci.*, 20: 223–228.

Purushothaman, B., PrasannaSrinivasan, R., Suganthi, P., Ranganathan, B., Gimbutun, J., Shanmugam, K. (2018). A comprehensive review on *Ocimum basilicum*. *J Nat Remedies*, 18(3): 71-85. doi:10.18311/jnr/2018/21324

Tamokou, J.D.D, Mbaveng, A.T., Kuete, V. (2017). Antimicrobial activities of African medicinal spices and vegetables. In: Kuete V (ed) *Medicinal spices and vegetables from Africa: therapeutic potential against metabolic, inflammatory, infectious and systemic diseases*. Academic, Waltham, 207–237.

Telci, İ., Aytaç, Z., Kacar, O., Elmastaş, M., Yılmaz, E., Demirtaş, İ., Genç, N., Kayır, Ö., Ulutaş, M., Özgen, Y., Mısırlı, D. (2015). Türkiye'de kültürü yapılan reyhanlarda (*Ocimum basilicum* L.) flavonoid ve fenolik asit kompozisyonlarının araştırılarak farklı kemotiplerinin belirlenmesi, önemli bileşiklerin ekolojilere göre değişimi ve antioksidan potansiyellerinin karşılaştırılması. TÜBİTAK-TOVAG, Proje No: 111O677.

Türkmen, M., Bahadırli, N.P., Ayanoglu, F., 2017. Essential oil contents and components of *Teucrium polium* L. İç Anadolu Bölgesi 3. Tarım ve Gıda Kongresi, Sivas, Türkiye.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Türkiye'nin Coğrafi İşaretli Yoğurtları

*Nazlı KANCA<sup>1</sup>  
Canan ALTINAY<sup>2</sup>*

### Özet

Avrupa Birliği tarafından oluşturulan “coğrafi işaret” sistemi, belirli özelliklere sahip ürünlerin isimlerinin yanlış ve haksız yere kullanımının önlenmesi ve ürün özelliklerinin tüketicilere doğru tanıtılması amacını taşımaktadır. Bir başka ifade ile, sadece belirli bölgelerde üretilen geleneksel ürünler, yasal düzenlemelerle koruma altına alınmaktadır. Türkiye’de coğrafi işaretin önemi giderek daha iyi kavranmakta ve her geçen gün coğrafi işaretli ürün sayısı artmaktadır. Türkiye’de coğrafi işaretli ürün sayısı 2018 yılında toplam 306 iken, yalnızca 5 yıl içerisinde bu sayı 1247’ye çıkmıştır. Coğrafi işaretli süt ürünleri sayısı ise aynı süre içerisinde 13’ten 55’e çıkmıştır. Süt ürünleri içerisinde belki de en çok tüketilen ürün olmasına rağmen, 2020 yılına kadar coğrafi işaretle tescillenmiş herhangi bir yoğurt bulunmazken, günümüzde Türkiye’nin farklı bölgelerine ait 9 adet coğrafi işaretli yoğurt çeşidi bulunmaktadır. Bu ürünler; Afyon Manda Yoğurdu / Afyonkarahisar Manda Yoğurdu, Antakya Tuzlu Yoğurdu, Emirdağ Koyun Yoğurdu, Ereğli Koyun Yoğurdu, Eşmekaya Yoğurdu, Mamak Ravak Yoğurdu, Silifke Yoğurdu, Silivri Yoğurdu ve Çaycuma Manda Yoğurdu’dur. Bu çalışmada, Türkiye’nin coğrafi işaretli yoğurt çeşitlerinin üretim yöntemleri ve kendine özgü özellikleri derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Süt ürünleri, coğrafi işaret, coğrafi işaretli ürün, geleneksel ürün, yoğurt

<sup>1</sup>Asst. Prof., Ankara University, Department of Dairy Technology, nazli.turkmen@ankara.edu.tr, Orcid:0000-0002-4219-89

<sup>2</sup>Res. Asst., Ankara University, Department of Dairy Technology, cauysal@ankara.edu.tr, Orcid: 0000-0001-6369-7448

## GİRİŞ

Tüketicilerin her geçen gün daha doğal ürünlere yönelmesinden dolayı, geleneksel ürünlere olan ilgi giderek artmaktadır. Bu durum, kimi zaman ürün isimlerinin yanlış ve haksız yere kullanımını beraberinde getirmektedir.

“Coğrafi işaret” uygulaması, yerel bir ürünün belirli yasalar çerçevesinde koruma altına alınması amacıyla Avrupa Birliği tarafından oluşturulan ve 1995 yılından itibaren Türkiye’de de uygulanmaya başlayan bir sistemdir (Kan ve Gülçubuk, 2008: 29; Şahin, 2013: 20). Coğrafi işaretin önemi, gün geçtikçe daha iyi anlaşılmakta ve bütün dünyada olduğu gibi Türkiye’de de coğrafi işaretli ürün sayısı giderek artmaktadır.

Türkiye’de 2018 yılında yalnızca 306 adet coğrafi işaretli ürün bulunuyorken, günümüzde bu sayı yaklaşık 4 kat artarak 1247’ye çıkmıştır. Birçoğu günlük tüketilen ürün grubunda yer alan süt ürünleri içerisinde ise, coğrafi işaretli olanların sayısı 5 yılda 13’ten 55’e çıkmıştır. Türkiye’de belki de en çok tüketilen ürünlerden biri olmasına rağmen, 2020 yılına kadar coğrafi işaretle tescillenmiş herhangi bir yoğurt bulunmazken, günümüzde Türkiye’nin farklı bölgelerine ait 9 adet coğrafi işaretli yoğurt çeşidi bulunmaktadır (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022a).

Bu çalışmada; Türkiye’nin coğrafi işaretli yoğurtları olan Afyon Manda Yoğurdu / Afyonkarahisar Manda Yoğurdu, Antakya Tuzlu Yoğurdu, Emirdağ Koyun Yoğurdu, Ereğli Koyun Yoğurdu, Eşmekaya Yoğurdu, Mamak Ravak Yoğurdu, Silifke Yoğurdu, Silivri Yoğurdu ve Çaycuma Manda Yoğurdu’nun kendine has üretim yöntemleri ve karakteristik özellikleri derlenmiştir.

## Türkiye’nin Coğrafi İşaretli Yoğurtları

### 1. Afyon Manda Yoğurdu / Afyonkarahisar Manda Yoğurdu

Afyonkarahisar ilinde yetiştirilen Anadolu mandalarından sağılan sütler, büyük oranda manda kaymağı üretiminde kullanılmaktadır. Üretim sırasında elde edilen ve “kaymakaltı sütü” diye tabir edilen, sütün kaymak tabakasının altında kalan daha az yağlı kısımdan ise Afyon Manda Yoğurdu üretimi gerçekleştirilmektedir.

Afyon Manda Yoğurdu’nun endüstriyel üretimi yapılmakla birlikte, ticari olarak genellikle küçük ölçekli gıda işletmelerinde daha yaygın olarak üretilmektedir. Geleneksel manda yoğurdu üretiminde öncelikle kaymak üretimi yapılır ve kaymakaltı süt ayrılır. Ayrılan süte sırasıyla ısıtma işlemi (kaynatma), soğutma, inokülasyon (daha önce üretilmiş yoğurt ile %1-2 oranında), inkübasyon (40-45°C’de, 3-5 saat aralığında), ön soğutma ve soğutma işlemleri uygulanarak Afyon Manda Yoğurdu elde edilmiş olur. Ürünün, buzdolabı sıcaklığında 20 gün boyunca özelliklerini kaybetmeden tüketilebileceği belirtilmektedir.

Afyon Manda Yoğurdu, manda sütünden elde edildiği için inek sütünden üretilen yoğurtlara kıyasla daha beyaz renkte, sert/sıkı, kıvamlı yapıda ve yapışkan özellik gösteren bir üründür (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022b).

### 2. Antakya Tuzlu Yoğurdu

Antakya Tuzlu Yoğurdu, Hatay ili ve ilçelerinde üretilen, geçmişi 80-100 yıl kadar eskiye dayanan ve üretiminde inek veya keçi sütleri kullanılan bir üründür. Temelde, sütün ısıtma işlemiyle koyulaştırılması ve elde edilen yoğurdun, tuzun koruyucu etkisiyle dayanıklı hale getirilmesine dayanarak üretilir (Şahan ve Say, 2003: 545).



Antakya Tuzlu Yoğurdu üretimi için öncelikle kaynatılan sütler, soğutulduktan hemen sonra, bir gün öncesinin yoğurdu ile %1-3 oranında inoküle edilir. İnokülasyonu takiben bezler ile sarılan kaplar yaklaşık 35-45°C'lik bir ortamda bekletilir. Fermantasyonu sonlanan yoğurtlar temiz bir bez yardımıyla süzülür ve bahsedilen yöntemle elde edilen süzme yoğurtlar yaklaşık bir hafta boyunca biriktirilir. Biriktirilen süzme yoğurtlar, geniş kaplarda 45 dakika ile 1,5 saat arasında tahta bir kürek yardımıyla sürekli karıştırılarak kaynatılır. Bu aşamada süzme yoğurtların bir miktar su ile tekrar sulandırılması da mümkündür. Kaynama sırasında suyunun bir kısmının buharlaşmasıyla yoğurdun kıvamı artar ve yüzeyde iri köpük oluşmaya başlar. Köpük oluşumunu takiben ürüne %2 ile %5 oranında tuz ilave edilerek bir süre daha karıştırılan tuzlu yoğurt daha sonra soğuması için bekletilir. Bahsedilen yöntemle elde edilen ürün, tercihe göre cam veya plastik ambalajlara konularak hava ile temasının kesilebilmesi amacıyla genellikle üzeri zeytinyağı ile kaplanır. Böylece ürünün 4°C'lik sıcaklıkta en az 6 ay dayandığı belirtilmektedir (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022c).

Ürün, ekşi ve tuzlu tadının yanı sıra, geleneksel üretim metoduna göre odun ateşinde pişirilenler dumandan dolayı hafif tütsülenmiş tat ve kokuya sahiptir. Tuzlu yoğurt tek başına tüketilebildiği gibi, aynı zamanda pek çok yöresel yemekte de kullanılmaktadır (Ejder, 2021: 49).

### 3. Emirdağ Koyun Yoğurdu

Emirdağ Koyun Yoğurdu, Afyonkarahisar ilinin Emirdağ ilçesine özgü coğrafi işaretli bir diğer süt ürünüdür. Ürün, küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin sık yapıldığı bölgede, uzun yıllardır koyun sütünden üretilen geleneksel bir yoğurt çeşididir.

Üretimde, söz konusu coğrafi bölgede üretilen sütler kullanılır. Süzme işleminin ardından tencerele aktarılan süte yaklaşık 8-10 dakika boyunca kaynatma işlemi uygulanır. Daha sonra soğutulan sütler, %2 oranında önceki günün yoğurdu ile inoküle edilir ve kış aylarında 50-55°C yaz aylarında ise 40-45°C'de inkübasyona bırakılır. İnkübasyon tamamlandıktan sonra buzdolabında yaklaşık 2 gün boyunca dinlendirilerek yoğurt tüketime hazır hale gelmektedir. Tecihen bakraç kaplarda ambalajlanan ürünün raf ömrü 16 gündür.

Emirdağ Koyun Yoğurdu; koyun sütünden üretilen, yağ oranı yüksek, beyazımsı/kremsi renkte ve oldukça yoğun kıvama sahip bir yoğurttur ve üzerinde sarımsak bir kaymak tabakası bulunmaktadır (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022d).

### 4. Ereğli Koyun Yoğurdu

Zonguldak ilinin Ereğli ilçesine özgü Ereğli Koyun Yoğurdu'nun geçmişi yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Geleneksel olarak koyun sütünden üretilmektedir.

Ürünün üretimi için öncelikle kazanlar yüksek sıcaklıkta ısıtılır ve süt bu kazanlara aktarılarak yanması sağlanmış olur. Odun ateşinde ısıtılan sütlere 90°C'de 20-30 dakika boyunca ısı işlem uygulanarak, ürüne yanık tat kazandırılır. Isıl işlemin ardından süt farklı bir kaba aktarılarak yaklaşık 2-3 saat boyunca dinlendirilir. Süt el yakmayacak sıcaklığa ulaştığında, önceden üretilmiş olan yoğurt ile %2 oranında inokülasyon yapılır. Biz bez ile etrafı sarılan yoğurtlar yaklaşık 2-3 saat boyunca fermantasyona bırakılır ve daha sonra soğutulmuş olarak tüketime hazır hale getirilir.

Ereğli Koyun Yoğurdu, yağ oranı yüksek, yanık tat ve aromaya sahip coğrafi işaretli bir yoğurt çeşididir (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022e).

## 5. Eşmekaya Yoğurdu

Eşmekaya Yoğurdu, Aksaray ili Eski ilçesi Eşmekaya Kasabası sınırları içerisinde, koyun sütü kullanılarak üretilen coğrafi işaretli bir üründür. En önemli özelliğinin, hayvanların yöredeki zengin bitki örtüsü ile beslenmesinden dolayı sütüne ve dolayısıyla yoğurda aromatik bir lezzet kazandırması olduğu belirtilmektedir (Kevenk, 2021: paragraf 2). Yılın her zamanı üretilmekle birlikte, genellikle Nisan-Haziran aylarında üretimi yaygındır.

Coğrafi sınırdaki yetişen bitkilerle beslenen koyunlardan sağılan sütler, iki defa bez süzüklerden süzülüp, bakır veya alüminyum kazanlarda odun ateşinde karıştırılarak kaynatılır. Kaynatma sonrası süt, ateşin üzerinden indirilerek soğuması amacıyla temiz kazanlara aktarılır ve yaklaşık 36 - 38°C'ye kadar soğutulur. Yaklaşık %2-2.5 oranında yoğurt ile inoküle edilir ve süt, yoğurt yapılacak toprak, metal veya plastik kaplara boşaltılır. Kapların üzeri temiz bir örtü ile kapatılıp 2,5-3 saat oda sıcaklığında bekletilir. İnkübasyon sonunda yoğurtların üzeri açılarak 6-8 saat boyunca soğumaya bırakılır. Soğutulduktan sonra buzdolabında 6 saat muhafaza edilerek tüketime hazır hale getirilir.

Ürün, akışkan olmayan çok koyu kıvamlı, yüksek yağ içerikli ve coğrafi sınırlarda yetişen endemik bitkilerden kaynaklanan kendine has lezzete sahip bir yoğurt çeşididir (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022f).

## 6. Mamak Ravak Yoğurdu

Mamak Ravak Yoğurdu, Ankara ili Mamak ilçesinde kendine özgü yöntemlerle işlenen inek sütünün, bölgede “ravak mayası” olarak bilinen yoğurt mayası ile inokülasyonu sonucu üretilmektedir (Işık, 2022: 39).

Ravak mayasının üretimi için, tercihen belirtilen coğrafi sınırdan temin edilen inek sütünün yağı seperatör yardımıyla ayrılır. Elde edilen krema kaynatıldıktan hemen sonra soğutulur ve gıda mevzuatına uygun starter kültür ile inoküle edilir. Böylece bölgede ravak mayası olarak bilinen yoğurt mayası elde edilir.

Mamak Ravak Yoğurdu'nun üretimi için, seperatör ile ayrılan yağsız süt kaynatıldıktan hemen sonra soğutulur ve yaklaşık %2 oranında ravak mayası ile inoküle edilir. Ortalama 45°C'de, 4-5 saat boyunca inkübasyona bırakılır ve ardından 4-6°C'ye soğutulur. Ürünün, buzdolabında 3 gün dinlendirildikten sonra tüketilmesi tavsiye edilmektedir.

Mamak Ravak Yoğurdu, porselen beyazı renge, sert / sıkı ve kıvamlı yapıya sahiptir (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022g).

## 7. Silifke Yoğurdu

Geçmiş çok eskilere dayanan Silifke Yoğurdu; esas olarak Torosların dağ ve ovalarındaki otlaklarda doğal yollarla beslenen keçilerin sütünden elde edilen bir üründür (Eryılmaz vd., 2019: 191). Yeterince keçi sütü üretilmediği dönemlerde, keçi sütüne %80 oranında inek sütü ilave edilerek de üretilen ürün, Mersin ili Silifke ilçesine özgü coğrafi işaretli bir üründür.

Geleneksel üretimde, yöresel olarak “karakeçi” diye isimlendirilen kıl keçisinin sütü kullanılmaktadır. Üretim için süt, öncelikle yaklaşık 30 dakika boyunca odun ateşi üzerinde sürekli karıştırma işlemi uygulanarak kaynatılır. Kendi halinde soğutulan süt, el yakmayacak sıcaklığa, yani 45-48°C'ye ulaştığında, toprak kaplara aktarılır. Daha önce üretilmiş olan Silifke Yoğurdu ile inoküle edilir (%0.5-1 oranında) ve üzeri bezler ile sarılarak inkübasyona bırakılır. Yoğurtların inkübasyonu kontrolsüz koşullarda yapıldığı için fermantasyona yaklaşık 12 saat sonra son verilir ve ürün serin bir yerde muhafaza edilir.

Silifke Yoğurdu'nun endüstriyel üretimi de gerçekleştirilmektedir. Endüstriyel üretimin geleneksel üretimden farkı, ısıtma işleminin çift cidarlı tanklarda gerçekleştirilmesi ve kontrollü koşullar sağlanabildiği için inkübasyonun 3-4 saatte tamamlanmasıdır.

Silifke Yoğurdu, yüksek kurumadde ve yağ içeriğine sahip olduğu için kıvamlı bir üründür ve ağızda kremamsı bir his bırakır. Keçi sütü yağ globüllerinin fiziksel yapısından dolayı inek sütünden üretilenlere kıyasla daha beyaz bir renge sahiptir. Ayrıca geleneksel yöntemle üretilenler, sütün odun ateşinde kaynatılması nedeniyle tutsü koku ve aromasına sahiptir (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022h).

## 8. Silivri Yoğurdu

Geçmiş 1870'li yıllara dayanan Silivri Yoğurdu; İstanbul'un Silivri ilçesine özgü, yarı yarıya inek/koyun veya yarı yarıya inek/manda sütü karışımı kullanılarak bir üründür. Hem geleneksel yöntemlerle hem de endüstriyel üretimi yapılmaktadır.

Geleneksel üretimde Silivri ilçesinde yetişen hayvanlardan sağılan sütler kullanılmaktadır. Bir tülbenkten süzülen süt, kazanlar içerisinde 84-90°C sıcaklıkta 150 dakika boyunca ısıtma tabi tutulur ve böylece sütün suyunun önemli kısmının buharlaşması sağlanır. Süt daha sonra, cam veya toprak kaplara yüksekte dökülerek köpük oluşumu sağlanır. Daha sonra bu kaplar, içerisinde su bulunan bakır veya paslanmaz çelik teknelere aktarılır. Silivri Yoğurdu'na özgü olan ve "kaymak pişirme" olarak adlandırılan ikinci ısıtma işlemi için teknelerin altındaki ateş yakılarak 70°C'de 30-60 dakika boyunca ısıtma uygulanır. Bu süre içerisinde yoğurtların yüzeyinde biriken yağ globülleri, kalın bir kaymak tabakası oluşturur. Isıtma işlemi sonlandırıldıktan sonra süt, inokülasyon sıcaklığına düşmesi için oda sıcaklığında soğumaya bırakılır. Önceden hazırlanmış starter kültür, bir enjektör ile kaymak tabakasının bozulmaması için kabın kenarından %1,5-3 oranında ilave edilir. Kapların bulunduğu teknenin üzeri bez çuvallarla örtülür ve 3-4 saat fermentasyona bırakılır. Bu sürenin sonunda bezler açılarak yoğurtların kendiliğinden soğuması için en az 6 saat beklenir ve kapakları kapatılarak 4°C'de muhafaza edilir.

Ürünün raf ömrü 15 gün olarak belirtilmiştir.

Silivri Yoğurdu, ayırt edici nitelikte pürüzlü ve kalın bir kaymak tabakasına sahip, sarımtırak renkte ve koyu kıvamlı bir yoğurttur (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022i).

## 9. Çaycuma Manda Yoğurdu

Türkiye'nin bir başka coğrafi işaretli ürünü olan Çaycuma Manda Yoğurdu, Zonguldak ili Çaycuma ilçesinde yetiştirilen Anadolu mandalarından elde edilen süttten üretilmektedir.

Çaycuma Manda Yoğurdu'nun üretiminde, Çaycuma meralarında yıl boyunca yayılan Anadolu manda ırkının sütleri kullanılır. Süt, yaklaşık olarak toplam miktarının ¼'i buharlaşmaya kadar 15-20 dk boyunca kaynatılır. Ardından soğumaya bırakılır ve yaklaşık 4 saat içerisinde istenen sıcaklık olan 39-40°C'ye erişir. Yaklaşık 1 litre süt için 1 tatlı kaşığı Çaycuma Manda Yoğurdu başka bir kapta ılık süt ile karıştırıldıktan sonra inokülasyon için kullanılır. Kullanılan inokulumun, kaynatma ve soğutma sonrasında oluşmuş olan kaymağın bozulmaması için kabın kenarından ilave edilmesine dikkat edilir. Isı kaybının önlenmesi için battaniye gibi kalın malzemelerle kabın etrafı sarılır ve yaklaşık 4 saat boyunca fermentasyona bırakılır. Elde edilen yoğurt, 1 gün buzdolabında bekletildikten sonra tüketime sunulur.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Çaycuma Manda Yoğurdu, üretiminde kullanılan manda sütünden dolayı yüksek yağ ve kurumadde içeriğine sahiptir. Ayrıca inek sütünden üretilen yoğurtlara kıyasla daha beyaz renktedir ve kendine özgü bir kaymak tabakasına sahiptir (Türk Patent ve Marka Kurumu, 2022j).



## KAYNAKÇA

Ejder, M. H. (2021). *Türkiye gastronomi kültürü içerisinde Hatay mutfağı ve tuzlu yoğurdun yemeklerde kullanımı* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Eryılmaz, G., Demir, E., Pektaş, K. (2019). Silifke yöresel mutfak kültürü unsuru olan “Silifke Yoğurdu” nun gastronomi turizmi açısından değerlendirilmesi. *4. Uluslararası Gastronomi Turizmi Araştırmaları Kongresi*, 189-197.

Işık, N. (2022). *Gastronomik kimlik oluşturmada coğrafi işaretli ürünlerin etkisi: Ankara ili örneği* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Kevenk, T. O. (2021). *Eşmekaya koyun sütü ve yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, 2 <https://e-sehir.aksaray.edu.tr/2021/03/24/esmekaya-koyun-sutu-ve-yogurdu/>

Mustafa, K. A. N., Gülçubuk, B. (2008). Kırsal ekonominin canlanmasında ve yerel sahiplenmede coğrafi işaretler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 57-66.

Şahan, N., Dilek, S. A. Y. (2003). Tuzlu yoğurt üretimi üzerine bir araştırma. *Gıda*, 28(5). 545-551.

Şahin, G. (2013). Coğrafi işaretlerin önemi ve Vize (Kırklareli)’nin coğrafi işaretleri. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15, 23-37.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022a). *Peynirler ve tereyağı dışında kalan süt ürünleri*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/liste?il=&tur=&urunGrubu=56&adi=>.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022b). *Afyon Manda Yoğurdu / Afyonkarabhisar Manda Yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/a2db0687-2dd2-48ba-ae1a-8c913135fd66.pdf>.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022c). *Antakya Tuzlu Yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/4278923c-f7ce-4326-bfc5-332af2eb1ee2.pdf>.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022d). *Emirdağ Koyun Yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/ba6395f3-e7ab-42aa-b2b0-80ccb037189.pdf>.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022e). *Ereğli Koyun Yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/d3c4c300-119c-4954-8d57-8df97fca32d9.pdf>.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022f). *Eşmekaya Yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/251e422b-e8ed-48a2-ab44-4d94ead8b9a5.pdf>.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022g). *Mamak Ravak Yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/745e262e-3f89-415a-a126-696623e853a7.pdf>.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022h). *Silifke Yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/28b822fc-577d-46af-a163-891d373a115a.pdf>.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022i). *Silivri Yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/4f389c9a-f5c3-4f18-b199-850f67beb231.pdf>.

Türk Patent ve Marka Kurumu (2022j). *Çaycuma Manda Yoğurdu*. Erişim tarihi: 29.11.2022, <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/8c4c5848-e9ae-40f4-ac1d-3349ba15acbb.pdf>.

## Farklı Çilek Çeşitlerinde Organik, Kimyasal Gübre ve Kombinasyonunun Kök Besin Elementi Üzerine Etkisi

*Neslihan KILIÇ<sup>1</sup>*

*Hayriye Yıldız DAŞGAN<sup>2</sup>*

### Özet

Çilek üretimi ve tüketimi her yıl artmaktadır. Bu nedenle çilek bitkisinin farklı iklim ve toprak koşullarında ihtiyaç duyduğu besin elementinin belirlenmesi verim için önemlidir. Bu çalışmada farklı çilek çeşitlerinde organik, kimyasal gübre ve kombinasyonunun kök mineral kompozisyonuna etkileri incelenmiştir. Deneme 2018-2019 yılında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi uygulama arazisinde yürütülmüştür. Denemede bitkisel materyal olarak Albion, San Andreas ve Monterey çilek çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada organik gübre, kimyasal gübre ve organik+kimyasal gübre uygulamaları yapılmıştır. Organik gübre olarak bitkisel menşeli sıvı organik gübre kullanılmıştır. Kimyasal gübre olarak %21 Amonyum sülfat, Mono amonyum fosfat, Potasyum sülfat, Magnezyum sülfat'tan yararlanılmıştır. %50 organik + %50 kimyasal gübre uygulamasında, kimyasal gübre ve organik gübre uygulamasındaki gübre dozlarının yarısı verilmiştir.

Çalışmada kökte azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, demir çinko, mangan ve bakır elementi analizi yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda kökte makro besin elementlerinden azot (%1.17), fosfor(%0.15), kalsiyum(%2.39) içeriği en yüksek kimyasal uygulamada, potasyum içeriği en yüksek ise organik uygulamada saptanmıştır. Kökte mikro elementlerden demir içeriği en yüksek organik uygulamada, çinko içeriği en yüksek organik ve organik+kimyasal uygulamada, bakır içeriği en yüksek organik ve kimyasal uygulamada tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çilek, organik gübre, kimyasal gübre, organik+kimyasal gübre, kök besin elementi

<sup>1</sup> Dr Öğr. Üyesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Orcid:0000-0001-8665-3093 .Sorumlu yazar e-mail:

<sup>2</sup> Prof.Dr. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü 0000-0002-0403-1627



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## GİRİŞ

Çilek (*Fragaria × ananassa* Duch.) farklı ekolojik koşullarda yetiştiriciliği yapılabilen tüketimi yüksek üzüksü meyvelerden birisidir. Çilek, karotenoidler, fenolikler, vitaminler, mineraller, antosiyaninler ve flavonoidler gibi mükemmel bir doğal antioksidan kaynağıdır. Çilek iyi bir vitamin C kaynağıdır (Morais vd., 2019: 5341; Almlı vd., 2019:2).

FAO verilerine göre dünyada çilek üretimi 2020 yılında 8.861.381 tondur. 2020 yılı itibariyle en fazla çilek üreten ülkeler sırasıyla Çin ardından Amerika gelmektedir. Türkiye 546.525 ton çilek üretimi ile dünyada beşinci sıradadır (FAO, 2022). Yetiştirilen ürünlerin verimini artırmak için yoğun kullanılan kimyasal gübre ve ilaç zamanla toprak yapısını, ekolojik yapının bozulmasının yanı sıra sağlık sorunlarını beraberinde getirmiştir. Her geçen yıl tüketicilerin sağlıklı ürüne talep artmaktadır. Bundan dolayı organik yöntemlerle yetiştirilen çileğin üretim miktarını, kalitesini artırmak için bitkinin besin elementi ihtiyacı ile ilgili araştırmaların artırılması gerekmektedir.

Çilek yetiştiriciliğinde en önemli şartlardan bazıları, uygun çeşit, iklim, toprak ve bitkinin yeterli besin elementi almasıdır. Çilek bitkisinin yeterli besin elementi alması, gelişimini dolayısıyla verimi olumlu yönde etkilemektedir. Bitkide azot, fosfor, potasyum, kalsiyum bitki gelişiminde önemli rol oynayan besin elementleridir. Azot (N) bitki büyümesi, meyve tomurcuğu oluşumu için, fosfor, meyve kalite parametreleri, savunma mekanizmaları ve verimi etkileyen önemli elementlerdir. Çilek bitkileri potasyum ile iyi bir şekilde beslendiğinde, daha fazla şeker sentezleyebilirler, böylece meyveler daha tatlı olur. Bundan dolayı potasyum meyve kalitesinde önemli etkiye sahiptir. Kalsiyum, meyve sertliği için çok önemli bir besindir (Trejo-Téllez and Gómez-Merino, 2014:243-246-248-251). Demir, mangan ve çinko çilek yetiştiriciliğinde en fazla gereksinim duyulan mikroelementlerdir. Demir, klorofil sentezi ve bazı proteinler için gerekli ve hücre metabolizmasında önemli rol oynamaktadır. Çinko, klorofil ve karbonhidrat üretiminde görev yapar. Manganın ise bitkideki esas rolü katalizör olması ile birlikte klorofil sentezinde de etkilidir (May ve Pritts, 1990:10; Ersoy ve Demirsoy 2006:82).

Bitki köklerinin yeterli besin alımı genetik yapı, uygulanan gübre ve kültürel uygulamalar gibi birçok faktöre bağlıdır. Meyve kalitesi ve yüksek verim için farklı çevresel koşullar altında yetiştirilen çeşitlerin ihtiyaç duyduğu besin element miktarı farklı olabilmektedir (Demirsoy vd., 2012:125). Bu çalışmada Albion, San Andreas ve Monterey çilek çeşitlerinde organik, kimyasal gübre ve kombinasyonunun kök besin elementine etkileri incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

Deneme 2018-2019 yılında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi uygulama arazisinde yürütülmüştür. Denemede bitkisel materyal olarak Albion, San Andreas ve Monterey çilek çeşitlerinin frigo fideleri kullanılmıştır. Albion, nötr gün bir çeşittir. Albion çeşidi Diamante ve Aromas'ın iyi özelliklerinden oluşan bir karışımdır. Antroknosa, *Verticillium*'a ve fitoftora'ya dayanıklıdır. San Andreas orta derecede nötr gün bir çeşittir. San Andreas çeşidinin meyveleri iri ve yola dayanımı iyidir. Çeşidin hastalıklara direnci iyidir. Monterey orta derece nötr gün bir çeşittir. Albion'la kıyaslanacak olunursa

daha fazla çiçeklenir, dik ve büyük bir bitki yapısına sahiptir. Mildiyö'ye karşı hassastır. Erkenci olması yanı sıra bitki yapısı çok güçlüdür (Türemiş ve Ağaoglu, 2013:81-82).

Deneme öncesi toprak analizi yapılmıştır. Yapılan toprak analizinde deneme alanı toprağının killi-tınlı olduğu saptanmıştır(Çizelge1). Çalışmada organik gübre, kimyasal gübre ve organik+kimyasal gübre uygulamaları yapılmıştır. Organik gübre olarak bitkisel menşeli sıvı organik gübre(Botanica) kullanılmıştır. İçeriğinde %50 organik madde,%21.3 organik karbon, %3 azot ve %2.5 potasyum bulunmaktadır(<https://www.camli.com.tr/urunler>, erişim 14 Kasım 2022).

**Çizelge 1.** Deneme alanına ait toprak özellikleri

Soil Properties	derinlik(0 – 20 cm)	derinlik(20-40 cm)
Texture	Killi-tınlı	Killi-tınlı
pH	7.50	7.50
Tuzluluk (%)	0.001	0.001
Kireç (%)	38.68	36.75
Organik madde (%)	1.36	1.23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)	2.17	2.06
K <sub>2</sub> O (kg/da)	39.33	32.14
Ca (%)	0.09	0.08
Mg (%)	0.04	0.03
Na (%)	0.33	0.29
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	0.8	0.44
Cu(mg kg <sup>-1</sup> )	0.62	0.59
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	1.64	1.91
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	0.24	0.24

Kimyasal gübre uygulaması toprak analizine sonucuna göre yapılmıştır. Sedde üzerine damlama sulama boruları yerleştirildikten sonra siyah malçla kaplanmıştır. Fideler, sedde üzerine 30x30 aralıklarda üçgen dikim yöntemiyle 9 Kasım 2018 tarihinde dikilmiştir. Fide dikim sonrası organik gübre uygulanacak seddelere 500 ml organik sıvı gübre damlamadan verilmiştir

Dikim aşamasından üç hafta sonra haftalık organik, kimyasal ve %50 organik + %50 kimyasal gübre uygulamasına başlanmıştır. Kimyasal gübre olarak deneme boyunca toplam 12.12 kg da<sup>-1</sup> N, 11.35 kg da<sup>-1</sup>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20.25 kg da<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O ve 120 gr da<sup>-1</sup> Mg verilmiştir. Gübre kaynağı olarak %21 Amonyum sülfat, Mono amonyum fosfat, Potasyum sülfat, Magnezyum sülfat'tan yararlanılmıştır. Yarı organik + kimyasal gübre uygulamasında, kimyasal gübre ve organik gübre uygulamasındaki gübre dozlarının yarısı verilmiştir. Organik uygulama yapılan seddelerde ise organik sıvı gübre haftalık 500 ml damlamadan verilmiştir. Fideler kışın soğuktan korumak amacıyla alçak tünel içerisine alınmıştır.

Köklerde azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, demir, çinko, mangan ve bakır analizi yapılmıştır. Deneme sonunda uygulamaların her tekerrüründen tesadüfi seçilen üç bitkinin kökleri çeşme suyunda yıkanıp 2 kez saf sudan geçirilmiştir. Kökler etüvde 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan örnekler porselen havanda öğütüldükten sonra 550 °C'de 6 saat süreyle yakılmış ve oluşan kül 0.1 M HCl (hidroklorik asit) içinde çözülerek atomik absorpsiyon

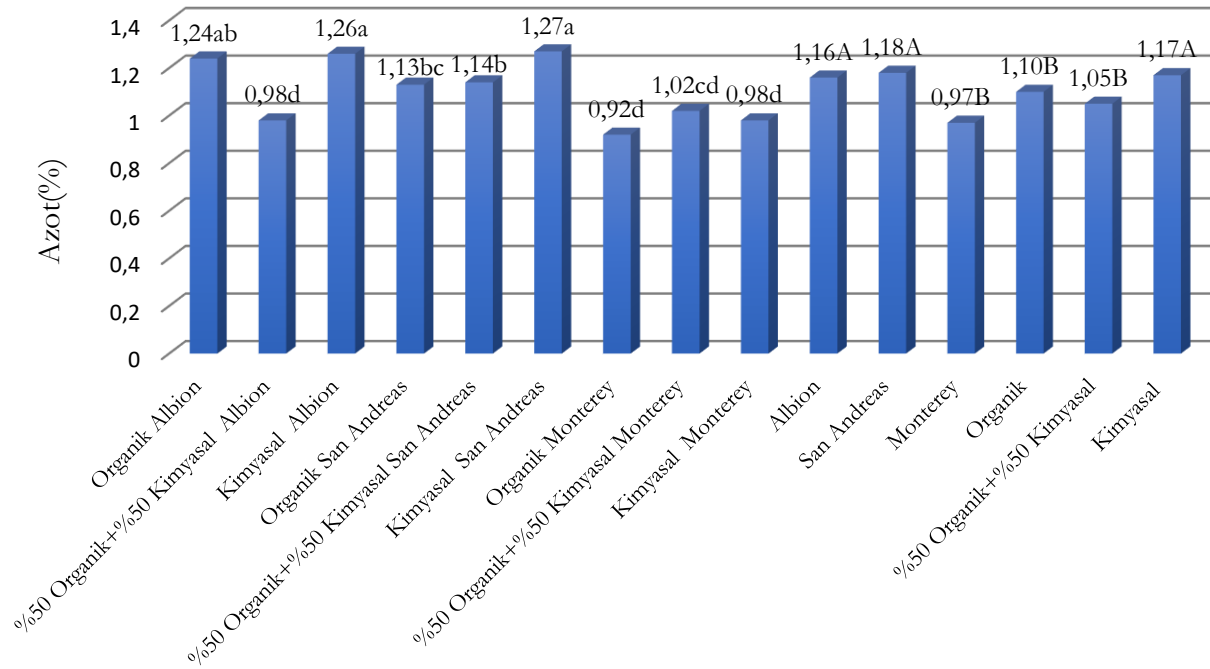


spektrometrede K, Ca ve Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu okumaları yapılmıştır. Azot, Kjeldahl yöntemine göre fosfor ise Barton yöntemine göre analiz yapılmıştır (Jones, 2001).

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 30 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistik analizinde MSTAT\_C paket programı kullanılmış ve ortalamalar arası farklılık LSD'e göre belirlenmiştir.

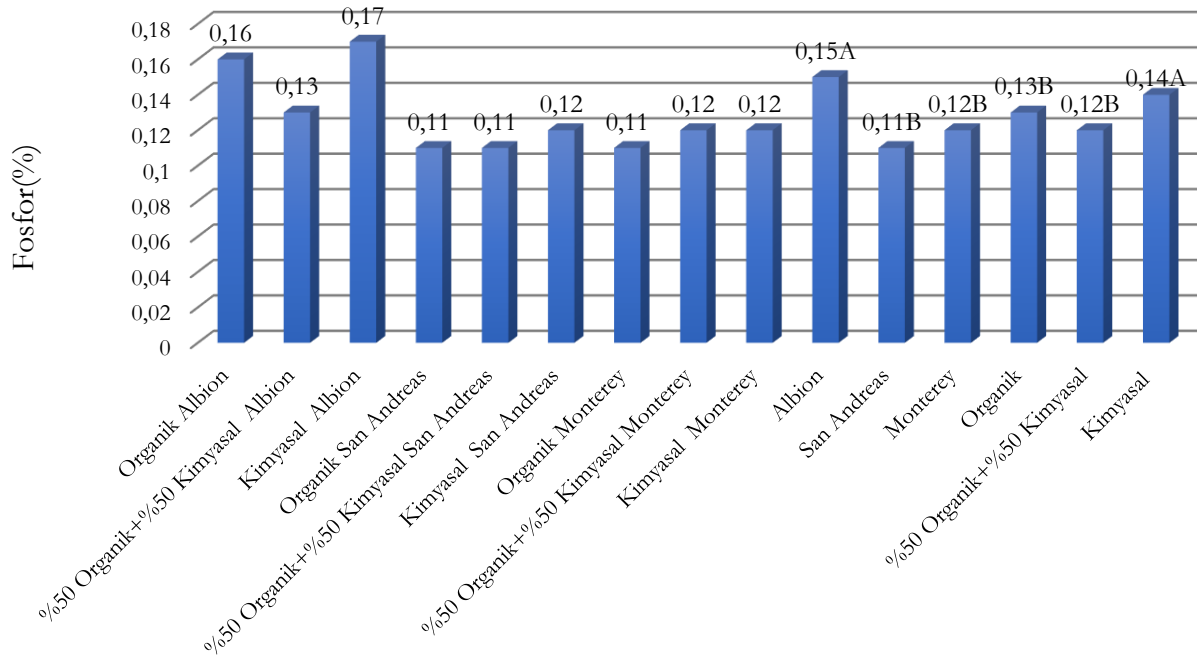
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Kökte toplam azot, potasyum, kalsiyum miktarında uygulamalar, çeşit ve çeşitxuygulama interaksyonu istatistiki açıdan önemli çıkmıştır. Uygulamalar arasında en yüksek azot miktarı %1.17 ile kimyasal uygulamada belirlenmiştir. Çeşitler arasında ise en yüksek azot miktarı San Andreas (%1.18) ve Albion çeşidinde (%1.16) tespit edilmiştir. Çeşitx uygulama interaksyonunda en yüksek azot değeri San Andreas (%1.27) ve Albion (%1.26) çeşidinin kimyasal uygulamasında saptanmıştır(Şekil 1). Demirsoy vd. (2010:30) Sweet Charlie çilek çeşidinde sera, sürekli gölge ve açık alanda bitki besin element içerikleri üzerine yaptıkları çalışmada kök azot içeriğinin deneme boyunca % 1.03-1.83 aralığında değiştiğini, Demirsoy vd. (2012:126) Camarosa ve Sweet Charlie çilek çeşidinin organik ve konvensiyonel yetiştiriciliği ve iki farklı malçın etkisini araştırdıkları çalışmada kök azot içeriği %0.62-1.01 aralığında değiştiğini, Soppelsa vd. (2019:12) Elsanta çilek çeşidinde besin sınırlaması altında yapraktan uygulanan biyostimülanların etkisi üzerine yapılan çalışmada kök azot içeriği %1.26- 1.65 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.



**Şekil 1.** Uygulamaların çilek köklerinde azot üzerine etkisi(%)  
LSD testine göre %5düzeyinde önemli farklılık gösteren ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

Kök fosfor içeriği bakımından uygulamalar, çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek fosfor miktarı %0.14 ile kimyasal uygulamada çeşitler arasında ise en yüksek değer %0.15 ile Albion çeşidinde saptanmıştır (Şekil 2). Kök fosfor miktarının düşük olması fosforun yaprak ve meyveye taşınmasından olabilir. Kök fosfor içeriği Demirsoy vd. (2010:30) Sweet Charlie çilek çeşidinde %0.22 ile %0.52 arasında olduğunu Demirsoy vd. (2012:126) yaptıkları çalışmada kökte fosfor içeriğinin %0.19-0.29 aralığında değiştiğini Adak vd. (2018) yaptıkları çalışmada kökte fosfor içeriğinin %0.17-0.23 aralığında değiştiğini, Soppelsa vd. (2019:12) yaptıkları çalışmada kökte fosfor içeriğinin %0.13-0.18 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

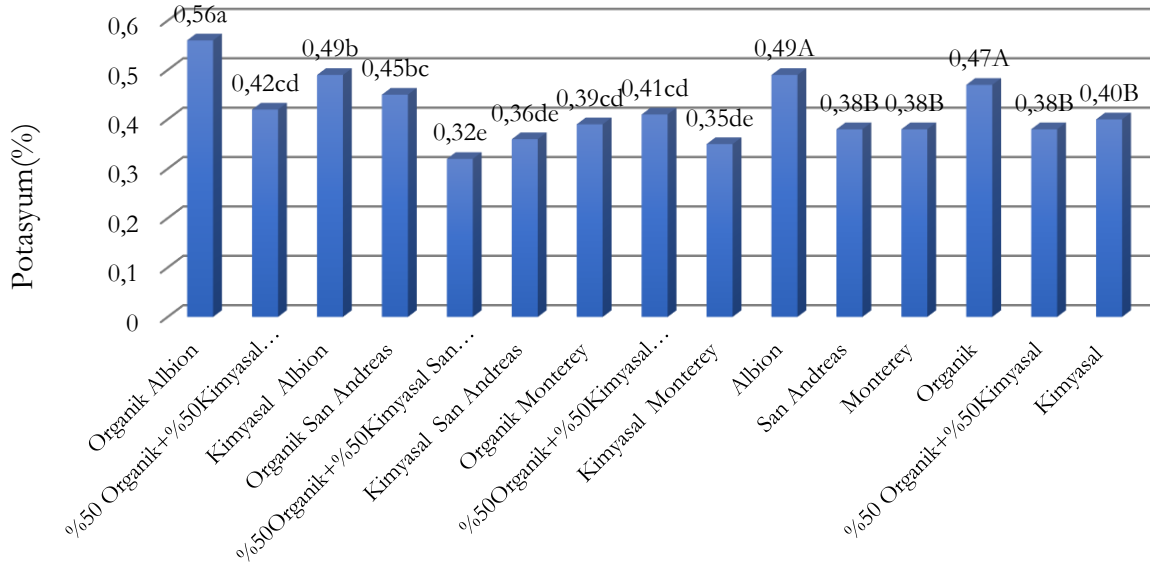


**Şekil 2.** Uygulamaların çilek köklerinde fosfor içerikleri üzerine etkisi (%)

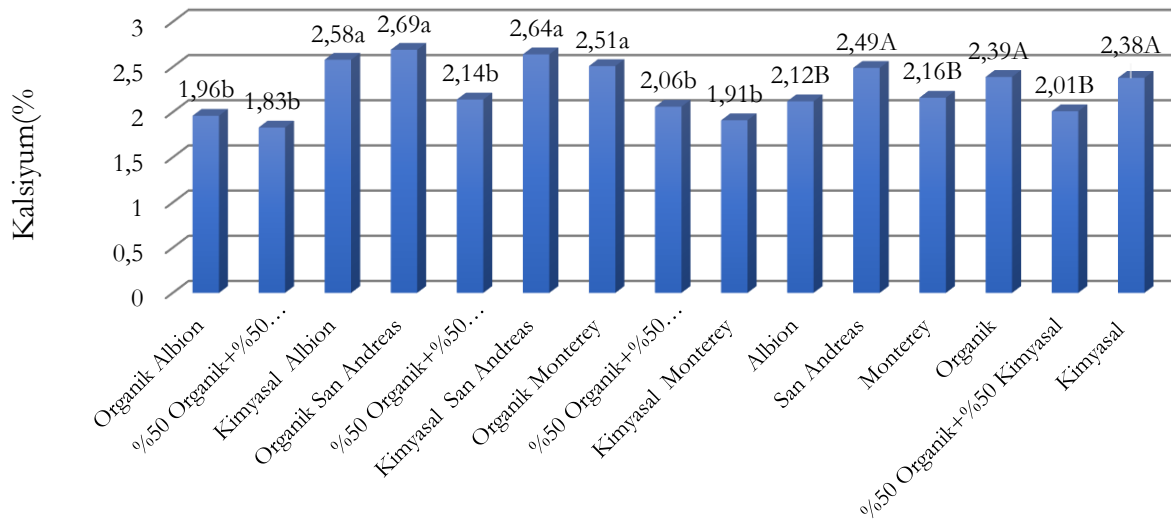
LSD testine göre %5 düzeyinde önemli farklılık gösteren ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

Uygulamaların kök potasyum değeri %0.40-0.47 arasında değişmekte olup organik uygulamaların potasyum değeri (%0.47) diğer uygulamalardan daha yüksek çıkmıştır. Çeşitler arasında en yüksek potasyum değeri %0.49 ile Albion çeşidinde belirlenmiştir. Çeşitxuygulama interaksyonunda en yüksek değer %0.56 ile Albion çeşidinin organik uygulamasında saptanmıştır (Şekil 3). Demirsoy vd. (2010:30) yaptıkları çalışmada Sweet Charlie çilek çeşidinde kök potasyum içeriği %0.62 ile %1.03 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Demirsoy vd. (2012:127) yaptıkları çalışmada kök potasyum değeri en yüksek Sweet Charlie çeşidinin organik ve siyah malç uygulamasında (3.04), en düşük Sweet Charlie çeşidinin kimyasal ve siyah malç uygulamasında (1.59) olduğunu, Adak vd. (2018:345) yaptıkları çalışmada kökte potasyum içeriğinin %0.32-0.34 aralığında değiştiğini, Soppelsa

vd. (2019:12) yaptıkları çalışmada kök potasyum değerinin %0.39-0.59 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Uygulamaların en yüksek kalsiyum değeri organik uygulama (%2.39) ile kimyasal uygulamada (%2.38) belirlenmiştir. Çeşitler arasında en yüksek kalsiyum değeri %2.49 ile San Andreas çeşidinde saptanmıştır (Şekil 4). Adak vd. (2018:345) yaptıkları çalışmada kökte kalsiyum içeriğinin %0.71-1.00 aralığında değiştiğini, Soppelsa vd. (2019:12) yaptıkları çalışmada kök kalsiyum değerinin %1.97-1.60 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.



**Şekil 3.** Uygulamaların çilek köklerinde potasyum içerikleri üzerine etkisi  
LSD testine göre %5 düzeyinde önemli farklılık gösteren ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.



**Şekil 4.** Uygulamaların çilek köklerinde kalsiyum içerikleri üzerine etkisi (%)  
LSD testine göre %5 düzeyinde önemli farklılık gösteren ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi kökte toplam demir, çinko ve bakır miktarı istatistiki açıdan önemli çıkmıştır. Kökte toplam demir miktarı 385.33 ppm - 423.24 ppm arasında değişmekte olup en yüksek demir miktarı 423.24 ppm ile organik uygulamada tespit edilmiştir. May vd. (1994:1156) yaptıkları çalışmada çilekte kök demir içeriğini 900–2700 ppm arasında, Ersoy ve Demirsoy (2006:85) değişik gölgeleme uygulamalarının Camarosa çilek çeşidinde bazı elementlerin mevsimsel değişimine etkileri üzerine yaptıkları çalışmada kök demir içeriği 987.1–2643.3 ppm arasında değiştiğini, Demirsoy vd. (2012:127-128) yaptıkları çalışmada kökte demir miktarı 400.6- 540.3 ppm arasında değiştiğini ve en yüksek demir miktarı Sweet Charlie çeşidinin organik+siyah malç uygulamasında (540.3 ppm) tespit edildiğini bildirmişlerdir

Uygulamaların kök çinko değeri ise %33.66-36.75 ppm arasında değişmiştir. En yüksek çinko değeri %50 organik+%50 kimyasal (36.75 ppm) ve organik (36.64 ppm) uygulamada saptanmıştır. Çeşitler arasında en yüksek çinko değeri Albion ve Monterey çeşidinde belirlenmiştir. Çeşitxuygulama interaksyonunda en yüksek değer 42.24 ppm ile Albion çeşidinin organik uygulamasında belirlenmiştir(Çizelge2). Ersoy ve Demirsoy (2006:87) bu çalışmada yaptıkları çalışmada kök Zn içeriği 45.9–160.2 ppm arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kökte toplam mangan miktarı istatistiki açıdan önemli çıkmasa da uygulamalar arasında en yüksek mangan miktarı 31.20 ppm ile kimyasal uygulama ardından 30.74 ppm ile organik uygulamada belirlenmiştir(Çizelge2). May vd. (1994:1156) çilek bitkisinde kök Mn içeriğini yaklaşık 50-120 ppm, Ersoy ve Demirsoy (2006:86) yaptıkları çalışmada kök mangan içeriğinin 45.7 ppm -215.2 ppm arasında değiştiğini Demirsoy vd. (2012:127-128) yaptıkları çalışmada kök mangan içeriğinin 74.3-194.8 ppm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada araştırmacıların buldukları değerden düşük çıkmasının nedeni kullanılan gübre ve toprakta mangan miktarından kaynaklanmış olabilir.

Çalışmada kökte toplam bakır miktarı, uygulamalarda 13.80 ppm-15.20 ppm aralığında ve en yüksek bakır miktarı organik uygulama (15.20 ppm) ile kimyasal uygulamada (14.81 ppm) tespit edilmiştir(Çizelge2). Adak vd. (2018:345) yaptıkları çalışmada kökte bakır içeriğinin 33.57–35.05 ppm aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

**Çizelge 2.** Uygulamaların çilek köklerinde demir, çinko, mangan ve bakır içerikleri üzerine etkileri (mg/L).

Uygulamalar	DEMİR	ÇİNKO	MANGAN	BAKIR
Organik Albion	415.24	42.24 a	29.88	15.76
%50 Organik+%50 Kimyasal Albion	393.35	38.05 ab	29.38	14.63
Kimyasal Albion	413.77	31.67 c	31.86	15.36
Organik San Andreas	405.38	36.13 bc	30.79	14.78
%50 Organik+%50 Kimyasal San Andreas	393.69	35.90 bc	30.08	13.33
Kimyasal San Andreas	391.15	33.66 bc	31.24	14.82
Organik Monterey	449.1	31.56 c	31.54	15.06
%50 Organik+%50 Kimyasal Monterey	368.95	36.30 bc	29.28	13.44
Kimyasal Monterey	402.17	35.64 bc	30.49	14.25
LSD <sub>0.05</sub>	Ö.D.	4.84	Ö.D.	Ö.D.
Albion	407.45	37.32 A	30.37	15.25
San Andreas	396.74	35.23 AB	30.70	14.31
Monterey	406.74	34.50 A	30.44	14.25
LSD <sub>0.05</sub>	Ö.D.	2.19	Ö.D.	Ö.D.
Organik	423.24 A	36.64 A	30.74	15.20 A
%50 Organik+%50 Kimyasal	385.33 B	36.75 A	29.58	13.80 B
Kimyasal	402.36 B	33.66 B	31.20	14.81 A
LSD <sub>0.05</sub>	19.32	2.79	Ö.D.	0.56

LSD testine göre %5 düzeyinde önemli farklılık gösteren ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir. Ö.D.Önemli değil

## SONUÇ

İnsan sağlığı bakımından oldukça önemli olan çilek yüksek talep görmektedir. Gerek organik gerekse konvensiyonel üretimde verim ve kalite için uygun çeşit, iklim toprak koşullarının yanı sıra bitki için gerekli olan besin elementleri de önemlidir. Bu çalışmada Albion, San Andreas ve Monterey çilek çeşitlerinde organik, kimyasal gübre ve kombinasyonunun kök besin elementine etkileri incelenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda kökte en yüksek azot (%1.17), fosfor(%0.15), kalsiyum (%2.39) miktarı kimyasal uygulamada tespit edilmiştir. Meyve kalitesi için önemli bir element olan potasyum içeriği en yüksek organik uygulamada belirlenmiştir. Kökte mikro elementlerden demir içeriği en yüksek organik uygulamada, çinko içeriği en yüksek organik ve %50 organik + %50 kimyasal uygulamada, bakır içeriği en yüksek organik ve kimyasal uygulamada saptanmıştır.

## KAYNAKLAR

Adak, N., Tozlu, I., & Gubbuk, H. (2018). Influence of different soilless substrates to morpho-physiological characteristics and yield relations in strawberries. *Erwerbs-Obstbau*, 60(4), 341-348. <https://doi.org/10.1007/s10341-018-0382-x>

Almli, L.V., Asioli, D and Rocha, C. (2019). Organic consumer Choices for nutrient labels on dried strawberries among different health attitude segments in Norway, Romania and Turkey. *Nutrients*, 11,2951; doi:10.3390/nu11122951

Demirsoy, L., Demirsoy, H., Ersoy, B., Balci, G., & Kizilkaya, R. (2010). Seasonal variation of N, P, K and Ca content of leaf, crown and root of 'Sweet Charlie'strawberry under different irradiation. *Zemdirbyste Agriculture*, 97(1), 23-32. UDK 634.75:581.144.2.035/36:631.893

Demirsoy, L., Demirsoy, H., & Balci, G. (2012). Different growing conditions affect nutrient content, fruit yield and growth in strawberry. *Pak. J. Bot*, 44(1), 125-129.

Ersoy, B., & Demirsoy, H. (2006). Değişik gölgeleme uygulamalarının camarosa çilek çeşidinde bazı elementlerin mevsimsel değişimine etkileri üzerine bir araştırma. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(1), 82-88.

FAO, 2022. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> , erişim 14 Kasım 2022.

Jones, J.B. (2001) Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press, pp 384.

May, G.M. and M.P. Pritts. (1990). Strawberry nutrition. *Adv. Strawberry Prod.*, 9:10-23

May, G. M., Pritts, M. P., & Kelly, M. J. (1994). Seasonal patterns of growth and tissue nutrient content in strawberries. *Journal of plant nutrition*, 17(7), 1149-1162. doi: 10.1080/01904169409364795.

Morais, C.M., Mucha, A., Ferreira, H., Gonçalves, B., Bacelar, E., Marques, G.(2019). Comparative study of plant growth-promoting bacteria on the physiology,growth and fruit quality of strawberry. *J Sci Food Agric* 2019; 99: 5341–5349.doi 10.1002/jsfa.9773

Soppelsa, S., Kelderer, M., Casera, C., Bassi, M., Robatscher, P., Matteazzi, A., & Andreotti, C. (2019). Foliar applications of biostimulants promote growth, yield and fruit quality of strawberry plants grown under nutrient limitation. *Agronomy*, 9(9), 483. doi:10.3390/agronomy9090483

Trejo-Téllez, L. I., & Gómez-Merino, F. C. (2014). Nutrient management in strawberry: Effects on yield, quality and plant health. *Strawberries: Cultivation, Antioxidant Properties and Health Benefits. Nova Science Publishers, Nathan Malone (Ed.)*, 239-67.

Türemiş, N., Ağaoğlu, Y. S. (2013): Üzümsü Meyveler, II. Bölüm. Ağaoğlu, S., Gerçekcioğlu, R. (eds.) Tomurcuk Bağ Ltd. Şti. Education Publications 1: 55-100.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Spectral Decompositions of the Generalized Difference Operator $\Delta^m$ over the Sequence Space $c$

*Nub DURNA<sup>1</sup>*

### Abstract

In this study, we discuss the generalized difference operator  $\Delta^m$ , represented by a  $(m+1)$  banded matrix, which generalizes the difference operators of the form  $\Delta$ ,  $\Delta^2$ ,  $B(r,s)$  and  $B(r,s,t)$  and we will give some spectral separations of the generalized difference operator  $\Delta^m$  over the sequence space  $c$ .

**Keywords:** approximate point spectrum, defect spectrum, compression spectrum, generalized difference operator, band matrix.

ICOMNAS

---

<sup>1</sup> Assoc. Prof. Dr., Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Science, Department of Mathematics, Orcid: 0000-0001-5469-7745

## 1.INTRODUCTION

Spectra of bounded operators on Banach spaces have many applications. For this reason, the spectra of bounded linear operators have been studied by many people in recent years. This study aims to bring together some studies on the spectra of difference operators in the literature over the  $\mathcal{C}$  sequence space and to provide a basis for related problems. So far, the problem has been solved up to a maximum of 2 orders on the sequence space  $\mathcal{C}$ . However, Baliarsingh et al. in 2021 (Baliarsingh et al. 2021) calculated the fine spectra of the difference operator  $\Delta^m$ ,  $m \in \mathbb{N}$  on  $\mathcal{C}$ . There is a large literature on spectral decompositions of linear operators represented by certain limitation matrices on various sequence spaces. In the present study, subdivisions of the spectrum, which are approximate point spectrum, defect spectrum and compression spectrum, are given for the difference matrix  $\Delta^m$ ,  $m \in \mathbb{N}$  over  $\mathcal{C}$  sequence space. Thus, the results obtained for, the difference operator  $\Delta$  studied in (Altay and Başar 2004) and (Başar et al. 2012) and the generalized difference operator  $B(1, -1)$  in (Altay and Başar 2005) and (Başar et al. 2011a) in the case of  $m = 1$ , and the generalized difference operator  $B(1, -2, 1)$  studied in (Furkan et al. 2007) and (Başar et al. 2011b) in the case of  $m = 2$ , will be included and generalized in this study.

The generalized difference operator  $\Delta^m$  ( $m \in \mathbb{N}$ ) on the  $\mathcal{C}$  sequence space is defined by

$$\begin{aligned} (\Delta x)_k &= x_k - x_{k-1} \\ (\Delta^2 x)_k &= \Delta(\Delta x)_k = \Delta(x_k - x_{k-1}) = x_k - 2x_{k-1} + x_{k-2} \\ (\Delta^3 x)_k &= x_k - 3x_{k-1} + 3x_{k-2} - x_{k-3} \\ &\vdots \\ (\Delta^m x)_k &= x_k - \binom{m}{1}x_{k-1} + \binom{m}{2}x_{k-2} + \cdots + (-1)^m x_{k-m} \\ &= \sum_{v=0}^m (-1)^v \binom{m}{v} x_{k-v} \end{aligned}$$

where  $k \in \mathbb{N}_0$ ,  $\mathbb{N}_0 = \{0, 1, 2, \dots\}$  and  $x_k = 0$  for  $k < 0$  (Baliarsingh et al. 2021).

It can easily be shown that the  $\Delta^m$  operator can be represented by an  $(a_{nk})$  matrix with  $m + 1$  bands. Here is

$$a_{nk} = \begin{cases} (-1)^{n-k} \binom{m}{k} & , \max\{0, n - m\} \leq k \leq n \\ 0 & , 0 \leq k < \max\{0, n - m\} \text{ or } k > n \end{cases}$$

for every  $n, k \in \mathbb{N}_0$ . An equivalent can be written as



$$\Delta^m = (a_{nk}) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ -m & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \frac{m(m-1)}{2} & -m & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots \\ (-1)^m & (-1)^{m-1}m & \dots & -m & 1 & 0 & \dots \\ 0 & (-1)^m & (-1)^{m-1}m & \dots & -m & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \quad (1.1)$$

In this study, the spectral decompositions of the  $\Delta^m$  operator on the  $\mathcal{C}$  sequence space will be calculated.

In fact, the  $\Delta^m$  operator is represented by a  $(m + 1)$ -th band matrix that generalizes the difference operators of the form  $\Delta$ ,  $\Delta^2$ ,  $B(r, s)$  and  $B(r, s, t)$  under different conditions. First, some basic information will be given about the spectra of the difference operator  $\Delta^m$ .

## 2.Spectrum and Fine Spectrum

Now Baliarsingh et al. let's give the spectrum of the operator  $\Delta^m$  on the  $\mathcal{C}$  Banach space in which (Baliarsingh et al. 2021) works, and its spectral decomposition such as point spectrum, continuous spectrum, residual spectrum and fine spectrum.

**Theorem 1.** The difference operator  $\Delta^m: \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{C}$  is bounded, moreover

$$\|\Delta^m\|_{(\mathcal{C}:\mathcal{C})} = 2^m$$

(Baliarsingh et al. 2021, Theorem 1).

**Theorem 2.** The point spectrum of  $\Delta^m$  on  $\mathcal{C}$  is  $\sigma_p(\Delta^m, \mathcal{C}) = \emptyset$  (Baliarsingh et al. 2021, Theorem 2).

**Corollary 1.**  $I_3\sigma(\Delta^m, \mathcal{C}) = II_3\sigma(\Delta^m, \mathcal{C}) = III_3\sigma(\Delta^m, \mathcal{C}) = \emptyset$ .

**Proof.** Since  $\sigma_p(\Delta^m, \mathcal{C}) = I_3\sigma(\Delta^m, \mathcal{C}) \cup II_3\sigma(\Delta^m, \mathcal{C}) \cup III_3\sigma(\Delta^m, \mathcal{C})$  from (Appell et al. 2004, Proposition 1.3), the desired result is obtained from Theorem 2.

In (Baliarsingh et al. 2021), it has been obtained that the matrix representation of the  $(\Delta^m)^*$  adjoint operator on  $\mathcal{C}^* \cong \ell_1$  is in the form

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & -\binom{m}{1} & \binom{m}{2} & \dots & (-1)^m & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & -\binom{m}{1} & \binom{m}{2} & \dots & (-1)^m & 0 & \dots \\ 0 & \vdots & \vdots & \vdots & -\binom{m}{1} & \binom{m}{2} & \dots & (-1)^m & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

The following Lemmas are required for the following sections.

**Lemma 1.** Necessary and sufficient condition for the linear operator  $A$  to have a dense range is that the  $A^*$  adjoint operator is one-to-one (Goldberg 1966, Theorem II 3.7).

**Lemma 1.** Necessary and sufficient condition for the linear operator  $A$  to have a bounden invers is that the  $A^*$  adjoint operator is surjective (Goldberg 1966, Theorem II 3.7).

**Theorem 3.** The point spectrum of the  $(\Delta^m)^*$  adjoint operator on  $c^* \cong \ell_1$  is the set

$$\sigma_p((\Delta^m)^*, \ell_1) = \{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| < 2^m - 1\} \cup \{0\}$$

(Baliarsingh et al. 2021, Theorem 3).

**Theorem 4.** The residual spectrum of the  $\Delta^m$  operator on  $c$  is the set

$$\sigma_r(\Delta^m, c) = \{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| < 2^m - 1\} \cup \{0\}$$

(Baliarsingh et al. 2021, Theorem 4).

**Theorem 5.** The spectrum of the  $\Delta^m$  operator on  $c$  is the set

$$\sigma(\Delta^m, c) = \{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| \leq 2^m - 1\}$$

(Baliarsingh et al. 2021, Theorem 5).

**Theorem 6.** The continuous spectrum of the  $\Delta^m$  operator on  $c$  is the set

$$\sigma_c(\Delta^m, c) = \{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| = 2^m - 1\} \setminus \{0\}$$

(Baliarsingh et al. 2021, Theorem 6).

**Theorem 7.** If  $\alpha \in (\{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| \leq 2^m - 1\} \cup \{0\}) \setminus \{1\}$ , then  $\alpha \in III_2\sigma(\Delta^m, c)$  (Baliarsingh et al. 2021, Theorem 7).

**Corollary 2.**  $III_1\sigma(\Delta^m, c) = \{1\}$ .

**Proof.** Since  $\sigma_r(\Delta^m, c) = III_1\sigma(\Delta^m, c) \cup III_2\sigma(\Delta^m, c)$  and  $III_1\sigma(\Delta^m, c) \cap III_2\sigma(\Delta^m, c) = \emptyset$ . We take desired result from Theorems 4 and 7.

**Theorem 8.** If  $\alpha \in (\{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| > 2^m - 1\} \setminus \{1\})$ , then  $\alpha \in I_1\sigma(\Delta^m, c)$  (Baliarsingh et al. 2021, Theorem 8).

## 1. 3.Spectral Decomposition

**Theorem 9.** For the spectral decomposition of operator  $\Delta^m$  on  $c$ , the following conditions are satisfied:

$$\text{a) } \sigma_{ap}(\Delta^m, c) = \{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| \leq 2^m - 1\} \setminus \{1\},$$

$$\text{b) } \sigma_{\delta}(\Delta^m, c) = \{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| \leq 2^m - 1\},$$

$$\text{c) } \sigma_{co}(\Delta^m, c) = \{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| < 2^m - 1\} \cup \{0\}.$$

**Proof a)** From (Başar et al. 2011a, Table 1.2), we have  $\sigma_{ap}(\Delta^m, c) = \sigma(\Delta^m, c) \setminus III_1\sigma(\Delta^m, c)$ . We take the desired result from Theorem 5 and Corollary 2.

**b)** From (Başar et al. 2011a, Table 1.2), we have  $\sigma_{\delta}(\Delta^m, c) = \sigma(\Delta^m, c) \setminus I_3\sigma(\Delta^m, c)$ . We take the desired result from Theorem 5 and Corollary 1.

**c)** From (Başar et al. 2011a, Table 1.2), we have

$$\begin{aligned} \sigma_{co}(\Delta^m, c) &= III_1\sigma(\Delta^m, c) \cup III_2\sigma(\Delta^m, c) \cup III_3\sigma(\Delta^m, c) \\ &= \sigma_r(\Delta^m, c) \cup III_3\sigma(\Delta^m, c). \end{aligned}$$

We take the desired result from Theorem 4 and Corollary 1.

**Corollary 3.**  $\sigma_{ap}((\Delta^m)^*, \ell_1) = \{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| \leq 2^m - 1\}$  and  $\sigma_{\delta}((\Delta^m)^*, \ell_1) = \{\alpha \in \mathbb{C}: |1 - \alpha| \leq 2^m - 1\} \setminus \{1\}$ .

**Proof** We obtain the desired result from (Appell et al. 2004, Proposition 1.3) and Theorem 9.

#### 4. Conclusion

It has been noticed that, under different favorable conditions of  $m$ , the operator  $\Delta^m$  generalizes several difference operators. For example;  $\Delta$  operator for  $m = 1$ ,  $B(1, -1)$  operator for  $m = 1$ ,  $B(1, -2, 1)$  operator for  $m = 2$ ,  $a_k = 1$  and  $b_k = -1$  for each  $k$  for  $m = 1$   $\Delta_{ab}$  operator is obtained. In addition, the spectral separation of the  $\Delta$  operator studied by Başar et al. , the spectral separation of the  $B(r, s)$  operator studied by Başar et al. , the spectral separation of the  $\Delta_{ab}$  operator studied by Durna , the spectral separation of the operator  $B(r, s, t)$  studied on the sequence space  $c$  by Başar et al. are included and generalized in this study. In previous studies, the spectra of difference operators were examined only up to the second order, but in this study, the results are generalized for each  $m \in \mathbb{N}$ .



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## REFERENCES

- Altay, B., Başar, F. (2004) On the fine spectrum of the difference operator on  $c_0$  and  $c$ . Inf. Sci. 168, 217–224.
- Altay, B., Başar, F. (2005) On the fine spectrum of the generalized difference operator  $B(r, s)$  over the sequence spaces  $c_0$  and  $c$ . Int. J. Math. Math. Sci. 18, 3005–3013.
- Appell, J., Pascale, E.D., Vignoli, A. (2004). Nonlinear Spectral Theory. Walter de Gruyter Berlin New York.
- Baliarsingh, P., Mursalen, M., Rakocevi'c, V. (2021) A survey on the spectra of the difference operators over the Banach space  $c$ . RACSAM. 115:57. 84(4), 1–17.
- Başar, F., Durna, N., Yildirim, M. (2011). Subdivisions of the spectra for genarilized difference operator over certain sequence spaces. Thai Journal of Mathematics, 9 (2), 285–295.
- Başar, F., Durna, N., Yildirim, M. (2011). Subdivisions of the spectra for tribble band matrix over certain sequence spaces. Gen. Math. Notes, 4 (1), 35–48.
- Başar, F., Durna, N., Yildirim, M. (2012). Subdivision of the spectra for difference operator over certain sequence spaces. Malaysian Journal of Mathematical Sciences, 6 (S), 151–165.
- Durna, N. (2016). Subdivision of the Spectra for the generalized upper triangular double-band Matrices  $\Delta^{uv}$  over the sequence spaces  $c_0$  and  $c$ . Adiyaman university journal of science, 6 (1), 31-43.
- Furkan, H., Bilgiç, H., Altay, B. (2007) On the fine spectrum of the operator  $B(r, s, t)$  over  $c_0$  and  $c$ . Comput. Math. Appl. 53(6), 989–998.
- Goldberg, S.(1966). Unbounded Linear Operators. McGraw Hill, New York.
- Wilansky, A. (1984) Summability Through Functional Analysis. North-Holland Mathematics Studies, Amsterdam.

ICOMNAS



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Deniz Ekosistemlerinde Zooplankton Yağ Asitlerinin Önemi

*Nurgül ŞEN ÖZDEMİR<sup>1</sup>*

### Özet

Zooplankton, sucul besin ağlarında en alt tabakalardaki organizmalar ve en üst tabakalardaki organizmalar arasında geçiş görevi görür. Bu sayede de alt trofik seviyelerden en üst trofik seviyelere enerji aktarımında anahtar bir rol oynar. Besin ağlarında bitki (fitoplankton) – hayvan (balık) arayüzü boyunca enerji taşınımında rol alan en önemli moleküllerden biri de enerji kaynağı olarak taşınımı sağlanan lipitler, lipitlerden de yağ asitleridir (YA). Özellikle de tüm ekosistemlerde asıl kaynağı bitkisel organizmalar olan esansiyel yağ asitlerinin (EYA) en önemli kaynağını sucul ekosistemlerdeki fitoplankton gibi bitkisel organizmalar oluşturur. Zooplankton da bunlar üzerinden beslenmek vasıtasıyla aldığı esansiyel besin maddelerini daha üst trofik seviyelerdeki balıklar gibi canlılar yoluyla insana kadar ulaşmasını sağlar. Yağ asitleri üreme, büyüme, sağlık gibi önemli fizyolojik fonksiyonlarının yanında hem trofik belirteçler olarak diyet/besin hakkında bilgi edinilmesini sağlarlar hem de özellikle son yıllarda doğal ve kimyasal stres faktörlerinin varlığının iyi bir biyogöstergesi olarak sucul ekosistemler de kirlilik gibi olumsuz durumların tespitinde erken uyarı sinyalleri olarak kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada da birincil tüketiciler olan zooplanktonik organizmaların yağ asitlerinin başta deniz ekosistemleri olmak üzere sucul ekosistemlerdeki önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Özellikle 20:5ω3, 20:6ω3, 20:4ω6, 18:3ω3 gibi esansiyel öneme sahip ve 18:1ω9, 16:1ω7, EPA/DHA oranı gibi trofik açıdan önemli olan belirteç yağ asitlerinin besin zincirinde zooplankton aracılığıyla taşınımı ve ortam herhangi bir kirlenmeye maruz kaldığında yağ asitlerinin biyoindikatör olarak tepkileri derlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak da görülmüştür ki, zooplankton yağ asitleri deniz ekosistemleri ve bunlarla bağlantılı sucul ekosistemlerde trofik belirteç, besin maddesi taşınımı ve biyoindikatörler olarak ekosistem işleyişinin ve ekolojik sürdürülebilirliğinin belirlenmesinde vazgeçilmez biyokimyasal moleküllerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Zooplankton, Yağ asitleri, Trofik belirteç, Biyolojik indikatör

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üy., Bingöl Üniversitesi, ORCID:0000-0001-6656-822X

## 1. GİRİŞ

Zooplankton, sucul ekosistemlerde birincil üreticiler ve daha yüksek trofik seviyeler arasındaki arayüzde bulunur ve çok önemli bir rol oynar. Zooplanktonik organizmalar deniz karı ve detritusun (Park vd., 2011:201-205) ve diğer zooplanktonik organizmaların (Auel, 1999: 319) yanında fotosentetik, miksotrofik ve heterotrofik protistlerle beslenerek besin ağının tabanında karbonu yeniden depolayan deniz ekosistemlerinin vazgeçilmez üyeleridir (Ohman ve Runge 1994:21-36; Liu vd., 2005: 647-662). Tükettikleri organik maddenin büyük bir bölümünü çözünmüş inorganik karbon ve besin havuzlarına dönüştürdükleri için deniz biyojeokimyasal döngülerinde kilit organizmalardır. Ayrıca, fekal peletlerin ve ölü organizmaların batması yoluyla (Henschke vd., 2016: 720–733; Steinberg ve Landry, 2017: 413-444) ve günlük ve mevsimsel dikey göç yoluyla okyanusun iç kısımlarına organik madde taşınmasını sağlarlar (Packard ve Gomez, 2013: 59-68; Aumont vd., 2018: 1622-1643). Aynı zamanda, zooplankton balıkların (Bollens vd., 2010: 393–407; Hertz vd., 2015: 247-263), balinaların (Dunham ve Duffus, 2001: 299-310; Miller vd., 2019: 1-13), deniz kuşlarının (Bertram vd., 2009:199-210) ve kafadanbacaklılar gibi daha üst trofik seviyelerdeki organizmalara (Cephalopoda) (Uchikawa, 2004: 733-739) fitoplankton gibi birincil üreticilerden besin maddelerininin taşınımını sağlayarak, enerji transferinin büyük bir kısmını üstlenirler (Beaugrand vd., 2010: 10120-10124; Mitra vd., 2014: 176-199). Bu bakımdan, deniz besin ağlarında, birden fazla trofik yol/basamakta yer alan zooplanktonun, çeşitli oşinografik koşullardaki diyetlerinin içeriğinin de bilinmesi önemlidir.

Sucul ekosistemlerdeki besin ağlarında bitki-hayvan arayüzü boyunca enerji taşınımında rol alan en önemli moleküllerden biri yağ asitleridir (YA). Omega3 yüksek doymamış yağ asitleri ( $\omega$ 3-YDA) gibi belirli yağ asiti sınıfları, herbivor zooplanktonun somatik büyümesini sınırlayıcı önemli bileşimlerdir (Ravet vd., 2003: 1938-1947). Bu moleküller aynı zamanda yavru balıkların büyümesi, hastalıklara karşı direnci ve genel sağlığı için de kritik öneme sahiptirler (Sargent vd., 1999a: 191-199). Bu nedenle, besinsel açıdan önemli olan YA'nın birincil tüketiciler olan zooplankton aracılığıyla insana kadar uzanan besin zincirinde ne kadar iletiildiğini bilmek, anlamak önemli çıkarımlar yapılmasını sağlar.

Çok önemli bir literatür, bu moleküllerin insan sağlığı üzerinde de çok çeşitli olumlu etkileri olduğunu göstermektedir (Simopoulos, 1999:560s-569s; Arts vd., 2001: 122-137). Bu nedenle, zooplanktonun YA bileşiminin ne kadarının taksonomik ilişki tarafından belirlendiğini, ortamın biyolojik, kimyasal ve fizyolojik koşullarının, diyet içeriğinin zooplanktonun YA değişiminde ve kalitesindeki etkisini anlamak oldukça önemlidir. Zooplanktonun bazı yağ asitlerini diğer yağ asiti moleküllerine biyolojik olarak dönüştürüp dönüştürmediğini bilmek de önemlidir. Ayrıca, zooplanktondaki yağ asitlerinden hangilerinin hangi organizmaların biyobelirteçleri olduğu bilinirse, hem besin zincirinin daha alt basamağındaki organizmalar hakkında hem de örnekleme alanının kirliliği hakkında da bilgi edinilir (Li ve Chen, 2020: 106167). Bu açıdan bu derleme, deniz zooplanktonunun yağ asiti bileşiminin nasıl düzenlediğini ve neden önemli olduğuna dair bilgileri özetleyecektir.

## 2. DİYET YAĞ ASİTLERİ

Esansiyel yağ asitleri (EYA) bakımından zengin diyetler, özellikle yavru yaşam evrelerinde birçok balığın beslenme fizyolojisi için kritik öneme sahiptir. EYA sucul besin ağlarında sınırlayıcı olabilir. Çünkü bunlar yalnızca algler tarafından sentezlenir ve besin zincirinde üst basamaklara aktarılmaları için zooplankton ve bentik omurgasızlar tarafından diyetlerle alınmaları gerekir (Hiltunen vd., 2019: 1-34). EYA balık gibi birçok oragnizmanın erken gelişimi, büyümesi ve hayatta kalmasında kritik bir rol oynar (Rainuzzo vd.,1997: 103-115; Sargent vd., 1999a: 191-199, Sargent vd., 1999b: 217-

229). Özellikle omega3 ( $\omega_3$ ) ve omega6 ( $\omega_6$ ) EYA; eikosapentaenoik asit (EPA; 20:5 $\omega_3$ ), dokosaheksaenoik asit (DHA, 22:6 $\omega_3$ ) ve araşidonik asit (ARA, 20:4 $\omega_6$ ), juvenil salmonidlerin gelişimi için en önemli diyet bileşenleridir (Sargent vd., 1999b: 217-229; Ruyter vd., 2000: 119-127, Tocher, 2003:107-184; Glencross, 2009: 71-124). EYA eksiklikleri görme bozukluğu ve yiyecek arama başarısının azalması gibi ciddi sorunlara neden olur (Tocher, 2003: 107-184). EYA sadece fitoplankton tarafından de novo yoluyla sentezlendiğinden (Brett ve MüllerNavarra, 1997: 483-499), besin zincirinde zooplankton gibi birincil tüketiciler tarafından biriktirilerek üst basamaklara aktarılırlar (Ravet vd., 2010: 180-190; Strandberg vd., 2015: 858-865). Bu nedenle, yavru balıklar için zooplankton diyetlerinin yağ asiti bileşimi, refahlarını, büyümelerini ve hayatta kalmalarını belirleyen kritik bir faktördür (Hiltunen vd., 2019: 1-34).

Birincil üretimin neredeyse %50'sinden %80'ine kadarı mikrozooplankton tarafından tüketilir ve dolayısıyla fitoplankton üzerinde yukarıdan aşağıya büyük bir kontrol uygulamaktadır (Schmoker vd., 2013: 691-706). Mesozooplanktonun küresel birincil üretim üzerinden tüketiminin ise yaklaşık %10 ile %30'u olduğu tahmin edilmektedir. Mesozooplanktonun diyetlerini hem fitoplankton hem de mikrozooplankton oluşturur (Hernández-León ve Ikeda 2005: 153-158). Bundan dolayı, zooplanktonun kendi besinsel özelliklerindeki (örneğin lipid kütlesi) değişim, varlıklarının ve enerji içeriklerinin daha yüksek trofik seviyeleri nasıl etkilediğini anlamak için oldukça önemlidir (Stevens vd., 2022: 43-64).

Yapılan çalışmalarda, EPA ve DHA eksikliği olan *Dunaliella tertiolecta* ve *Phaeocystis globosa* ile beslenen kalanoid kopepodlarda üreme yetersizliği ve yüksek ölüm oranı görülmüştür (Koski vd., 1998: 169-187; Tang vd., 2001: 1860-1870). Aksine, uzun zincirli çoklu doymamış omega3 yağ asitleri ( $\omega_3$  UZ-ÇDYA) açısından zengin olan kriptofit *Rhodomonas salina* ile beslenen kopepodlarda, yüksek yumurta üretim verimliliği ve naupliilerinde yüksek büyüme oranı tespit edilmiştir (Tang vd., 2001: 1860-1870). Kopepodların beslenmesinde sadece fitoplanktonlar değil, heterotrofik protistler de önemli bir besin kaynağıdır (Atkinson, 1994: 551-560; Levinsen vd., 2000: 65-77). Heterotrofik protistlerin besin kalitesi, algal besinlerinden farklı olabilir ve besin olarak, zooplankterlerde de daha yüksek büyümeyi destekleyebilirler. Örneğin, Klein Breteler vd. (1999: 191-198), doymamış yağ asitleri bakımından eksikliği olan *Dunaliella sp.* alginin heterotrofik dinoflagellat *Oxyrrhis marina* üzerinde iyi bir şekilde büyüdüğünü ve önemli miktarda uzun zincirli yağ asitlerinden EPA ve DHA ürettiğini bildirmişlerdir. Yetersiz besin içeriğine sahip bir Chlorophycean diyetinin, protozoa tarafından biyokimyasal olarak yüksek kaliteli kopepod yiyeceğine yükseltildiği görülmüştür. Çünkü, bu diyet *Temora longicornis* ve *Pseudocalanus elongatus* kopepodlarının naupli evrelerinden yetişkinliğe kadar hızlı bir şekilde büyümelerini desteklemiştir. Bu sonuçlar, protozoanlar tarafından üretilen yüksek doymamış yağ asitlerinin temel bileşikler olduğunu göstermektedir. Orta büyüklüklerinden dolayı, protozoalar tarafından trofik iyileştirme mekanizması, mikrobiyal döngü ile daha yüksek trofik seviyeler arasındaki temel besin maddelerinin boşluğunu doldurabileceğini öne sürülmüştür (Klein Breteler vd., 1999: 191-198). Nasıl ki, protozoalar, organik maddenin küçük boyutlu planktonik parçacıklardan mesozooplanktona transferinde aracı trofik rolleriyle biliniyorsa (Klein Breteler vd., 1999: 191-198), birincil tüketiciler olarak zooplankton da daha üst trofik basamaklardaki hayvansal organizmalar tarafından sentezlemeyen esansiyel öneme sahip yağ asitlerinin taşınımındaki önemi ile bilinmektedir.

Tang vd. (2001: 1860-1870), yetersiz besleme kalitesine sahip algler ve kopepodlar arasında trofik bir bağlantı olarak heterotrofik protistlerin daha yüksek yumurta üretimi ve yumurtadan çıkma başarısını artırdıklarını vurgulamışlardır. Daha yüksek trofik organizmalar tarafından müteakip kullanım için zayıf alg kalitesindeki bu iyileştirme, "trofik yükseltme" olarak adlandırılmaktadır (Klein

Breteler vd., 1999: 191-198) ve altta yatan mekanizmalar büyük ölçüde bilinmemektedir. Heterotrofik protistlerin esansiyel yağ asitlerini sentezleyebileceği veya biriktirebileceği (Kleppel vd, 1998: 1000-1007) veya öncü yağ asitlerini EPA ve DHA'ya dönüştürebilecekleri öne sürülmüştür (Park vd., 2003: 201-205).

Veloza (2005) *Acartia tonsa* kopepod türünde yaptığı bir çalışmada, besin olarak farklı alglerin *Rhodomonas salina*, *Oxyrrhis marina* ve *Thalassiosira weissflogii* ve bunların karışımının *Acartia tonsa* deniz zooplanktonunun yağ asitleri değişimindeki etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, 12:0 ve 16:0 gibi yağ asitleri en bol bulunan doymuş yağ asitleri iken, tekli doymamış yağ asitlerinden 16:1ω7 en bol ve çoklu doymamış yağ asitlerinden 18:3ω3, EPA ve DHA de daha düşük miktarlarda bulunmuştur. Kalonoid kopepodlar için 14:0, 16:0 ve 18:0 tipik doymuş yağ asitleridir. Bu yağ asitleri, *A. tonsa*'nın sadece *Rhodomonas salina* ile beslendiğindeki durumu, sadece *Oxyrrhis marina* ve *Dunaliella tertiolecta* ve bunların karışımlarıyla beslendikleri durumuna göre oldukça yüksek bulunmuştur. 18:3ω3 ise sadece *Dunaliella tertiolecta* ile beslendiğinde, diğerlerine göre daha yüksek tespit edilmiştir. DHA *O. marina* ve *D. tertiolecta* karışımıyla beslenenlerde, EPA ise sadece *R. salina* ile beslenenlerde diğerlerine göre daha yüksekti. Bu çalışma, farklı diyetlerin zooplanktonun yağ asitleri ve toplam lipit düzeyi üzerinde nasıl etkili olduğunu göstermiştir.

Zooplankton arasında kopepodlar, pelajik besin ağlarında merkezi bir konuma sahiptir: deniz balıklarının çoğu larvaları, eksojen beslenmenin başlamasından sonraki ilk birkaç hafta boyunca kopepod yumurtaları ve kopepod naupliileri ile beslenirler (Nanton ve Castell, 1999: 167-181). Ayrıca kopepodlar üzerinde çeşitli deniz balıklarının larvaları için ilk beslenme aracı olarak da laboratuvarda yetiştiriciliği yapılan çalışmalar bulunmaktadır. *Calanus euxinus* kopepod türü Karadeniz'de çaça ve hamsi gibi ticari olarak önemli çeşitli balık türlerinin ana besin kaynağıdır (Avşar, 1993). Aynı zamanda fitoplankton ve özellikle ticari açıdan önemli olanlar da dahil olmak üzere birçok balık türü arasında besin zincirinde bağlantı görevi görürler (Kovalev vd., 1998: 209-220). Dolayısıyla da yağ asitleri gibi sahip oldukları birçok besin maddesinin onlar üzerinden beslenen üst trofik seviyelerdeki organizmalara aktarımını sağlarlar.

Harpaktikoid kopepod *Tisbe*, oldukça farklı yağ asiti bileşimlerine sahip olan *Rhodomonas*, *Isochrysis* ve *Dunaliella* (Nanton ve Castell, 1999: 167-181) gibi kolayca bulunabilen mikroalglerle beslenerek başarılı bir şekilde yetiştirilmiştir. Ayrıca, kalonoid kopepod *Pseudocalanus* da heterotrofik dinoflagellat *Oxyrrhis* üzerinden beslenerek başarılı bir şekilde yetiştirilmiştir (Klein Breteler vd., 1999: 191-198). Dolayısıyla beslenme/diyet yoluyla kopepodların bu alglerden aldıkları yağ asitleri onlar üzerinden beslenen daha üst trofik seviyelerdeki balık ve balık larvalarına taşınmış olur. Parrish vd. (2012: 356-375) tarafından YA transferinin ve modifikasyonunun boyutunu belirlemek için kopepodların bulunduğu çeşitli besin zincirleri araştırılmıştır. Dört ototrofik alg, ya tek tek ya da kombinasyonlar halinde, iki heterotrofik protist suşuyla beslenmiştir. Ayrıca dört kopepod türü çeşitli protist besin kaynaklarıyla beslenmiş ve lipit sınıfına ve YA moleküler ve izotopik bileşime bakarak, mevcut bilinen gereksinimlere dayalı olarak hangi besin zincirinin en iyi besin kaynağını sağladığını araştırmışlardır. Bu çalışmada görülmüştür ki, *Oxyrrhis marina*, *Tisbe furcata* ve *Nitokra lacustris*, diyetlerindeki daha fazla miktarda EPA ve DHA, daha düşük oranda C18 oranına sahiptirler. Bunun da dönüşüm veya tercihli tutma anlamına geldiğini ve diyetlerine göre daha düşük C18 ÇDYA oranları, C18 ÇDYA'nin EPA ve DHA ya desaturasyonunu ve elongasyonunu gösterdiğini vurgulamışlardır.

Denizel ortamlarda alg/fitoplankton bloomlarının olduğu dönemlerde de zooplankton yağ asitlerinde, besin bolluğuna bağlı olarak artışlar ve değişimler gözlenebilmektedir. Bu da zooplankton



türüne göre farklılık göstermektedir. Örneğin, Atlantik Okyanusunun Newfoundland Kıyıları'nda yapılan bir çalışmada, ilkbahar bloomları ve diğer dönemler arasında, *Chaetognath Parasagitta elegans*, çok benzer toplam lipid ve C16 ÇDYA oranlarına sahip olduğu ve bloomlara çok az tepki verdiği bulunmuştur. Ancak, *Pseudocalanus* spp. diatom bloomlarından sonra elde edilen lipidlerin göstergesi olarak diatom biyobelirteci olan C16 ÇDYA oranı bakımından en yüksek ortalama değeri göstermişti (Parrish vd., 2009: 33-51).

### 3. TROFİK BELİRTEÇ YAĞ ASİTLERİ

Yağ asitleri, elli yılı aşkın bir süredir deniz ortamlarında av-avcı ilişkilerini izlemek veya doğrulamak için kalitatif belirteçler olarak kullanılmaktadırlar. Hatta ekosistem dinamiklerini etkileyen temel süreçleri belirlemek için de kullanılmaktadırlar. Yağ asiti trofik belirteci (YATB) konsepti, deniz birincil üreticilerinin (fitoplankton), birincil tüketicilere (zooplankton) konservatif olarak aktarılabilen ve dolayısıyla onlarda tanımlanabilen belirli yağ asiti kalıplarını ortaya koydukları gözlemine dayanmaktadır (Dalsgaard vd., 2003: 225-340).

Yetersiz veri ve metodolojik zorluklar nedeniyle zooplankton yoluyla trofik akışların değerlendirilmesi zordur (Buitenhuis vd., 2006: 1-18; Everett vd., 2017: 77). Deniz zooplanktonunun diyet ve enerji içeriğini tahmin etmenin bir yöntemi, sahadaki türlerden numune almak ve bunların lipidlerini laboratuvarında çıkarmaktır. Yağ asiti belirteçleri, avın taksonomik bileşimine göre değişiklik gösterdiğinden ve nispeten değişmeden tüketici dokularına dahil edildiğinden, zooplanktonik organizmalar av/diyet öğelerini tanımlayan işaretler olarak kullanılabilirler (Dalsgaard vd. 2003: 225-340). Zooplankton ve balığın yağ asiti bileşimi, günler ve haftalar boyuncaki beslenme geçmişlerini gösterir (Brett vd., 2009a: 115-146). Bu nedenle, beslenme geçmişi hakkında yerinde bilgi sağlarken, beslenme geçmişini ayırt etmek için bağırsak içeriği analizlerinin kullanılmasıyla ilişkili bazı metodolojik sorunları da ortadan kaldırır (Nielsen vd., 2018: 278-291). Bu yaklaşım, uzun zaman gerektiren ve yumuşak avların bağırsak da korunmadığı bu tür yöntemlerle organizmanın diyetini belirleme çalışmalarına alternatif daha kolay ve uygunabilir bir çözüm sunmuştur (Stoecker ve Pierson, 2019: 367-373).

Yağ asitleri, Kuzey Kutbu'ndaki pelajik ortamlar da dahil olmak üzere çeşitli deniz sistemlerindeki zooplanktonun diyet tercihlerini belirlemek için de vekiller olarak başarıyla kullanılmışlardır (Stevens vd., 2004b: 905-915, Grigor vd., 2015: 87-98), Antarktika (Graeve vd., 1994: 915-924; Kruse vd., 2010: 2289-2302), tropikler (Metillo ve Aspiras-Eya 2014: 105; de Moura vd., 2016: 284-294), ılıman okyanus (Kattner ve Krause 1989: 261-275, Wilson vd., 2010: 1278-1294; Yamada vd., 2016: 57-65) ve Karadeniz (Şen Özdemir vd., 2021: 211-218). Çünkü yağ asitleri üst trofik seviyelere, üretimi en güçlü şekilde destekleyen birincil üreticiler hakkında da önemli bilgiler sağlarlar (Ravet vd., 2010: 180-190, Galloway vd., 2015: e0129723; Strandberg vd., 2018: 533-541).

Tüketicilerin yağ asiti bileşimi genellikle taksona özgü güçlü özelliklere sahip olsa da (Budge vd., 2002: 886-898, Richoux, 2011: 491-505; Hiltunen vd., 2015: 303-317), besin ağının tabanında beslendikleri fitoplanktonların (örneğin, diatomlar ve kriptofitler), mevcudiyetine bağlı olarak ya da gerektiğinde herbivordan omnivora veya karnivora geçiş gibi beslenme düzenlerinin değiştirilmesiyle de bunların yağ asiti içerikleri değişir (Vargas vd., 2006: 2992-2999). Çoğunlukla, DHA, EPA, 18:1ω9 ve uzun zincirli tekli doymamış yağ asitleri (UZ-TDYA) besin kaynağına işaret eden belirleyici yağ asitleridir (Falk-Petersen vd., 2000: 178-191; Dalsgaard vd., 2003: 225-340). Örneğin, tüketici organizmalardaki 18:1ω9/18:1ω7, DHA/EPA ve C16 /C18 oranı bunların diyetlerindeki farklı fitoplankton ya da hayvansal organizmaların varlığına işaret eder (Dalsgaard vd., 2003: 225-340).

$\omega_3/\omega_6$  oranı tüketici organizma için herbivor indeksi (Sargent ve Falk- Petersen, 1981), 18:1 $\omega_9$ /18:1 $\omega_7$  ve DHA/EPA oranları karnivor indeksini temsil ederler (Cripps ve Atkinson, 2000; Dalsgaard vd., 2003: 225-340). Güneydoğu Karadeniz’de Şen Özdemir vd. (2020: 335-342) tarafından yapılan bir çalışmada *Sagitta setosa* (Chaetognatha) zooplankton türünün 18:1 $\omega_9$  oranı tüm örnekleme boyunca yüksek bulunmuştur ve bu da bu türün ağırlıklı olarak karnivor olduğuna işaret etmiştir. Ancak en yüksek  $\omega_3/\omega_6$  oranı da, fitoplankton bloomlarının yüksek olduğu ilkbahar ve sonbahar dönemine denk gelmiştir. Aslında karnivor bir tür olan *S. setosa*’nın herbivor indeksi yağ asitlerini kopepodlar üzerinden beslenerek elde ettiği düşünülmüştür. Çünkü o dönemlerde ortamda kopepodların da bolca bulunduğu belirtilmiştir.

Zooplankton lipitlerinin çoğunu, lipitlerinde yüksek oranlarda bulunan 16:1 $\omega_7$  ve 16:4 $\omega_1$ , 16:2 $\omega_4$  ve 16:3 $\omega_4$  gibi belirli 16 karbon zincirli (C16) ÇDYA ve EPA gibi diatomla beslenme sonucunda elde edilen diatom belirteci yağ asitleri oluşturur (Stevens vd., 2004a: 1637-1658, 2004b: 905-915; Jonasdottir, 2019: 151). Buna karşılık, zooplankton diyetinin önemli bir kısmı, protozoandan oluşuyorsa, onun yağ asitleri büyük bir oranda 18:1 $\omega_9$  ve 18:1 $\omega_7$  TDYA yönünden güçlü bir sinyale sahiptir (Dalsgaard vd., 2003: 225-340). Yüksek 18:1 $\omega_9$ /18:1 $\omega_7$  oranı da deniz kabuklularında karnivor belirteci yağ asitleridir (Falk-Petersen vd., 2000: 178-191). Zooplanktondaki DHA/EPA oranı, deniz besin ağlarının tabanındaki diatomlara karşı dinoflagellatların nispi önemini ortaya çıkarmak için kullanılır (Dalsgaard et al. 2003: 225-340). Zooplankton tarafından karasal kaynaklı karbon tüketimi, karasal bitkilerin çok daha düşük  $\omega_3/\omega_6$  oranları ve yapraklarda bulunan kütiküler mumların bir parçası olan çok karakteristik uzun zincirli doymuş yağ asitleri (UZ-SFA) tarafından açıkça izlenebilir (Brett vd., 2009b: 21197-21201; Taipale vd., 2015: 96-610). Bakteriler, genellikle fitoplanktonda bulunmayan izo ve anteiso dallı yağ asitleri ve tek zincirli DYA içerir (Dalsgaard vd., 2003: 225-340). Dinoflagellatlar, kriptofitler (örn., 18:4 $\omega_3$ , DHA), yeşil algler (örn., 18:2 $\omega_6$ , 18:3 $\omega_3$ ) ve diğer fitoplankton gruplarını da karakterize etmek için, çeşitli ek biyolojik belirteçlerin kullanımı da yararlıdır (Brett vd., 2009b: 21197-21201; Jonasdottir, 2019: 151).

#### 4. BİYOLOJİK İNDİKATÖR YAĞ ASİTLERİ

Son yıllarda, organik kirleticilerin deniz ve tatlı su gibi su kütlelerine deşarji potansiyel ekolojik ve sağlık tehlikeleri nedeniyle bilimsel araştırmaların ana konularından biri olmuştur (Huang vd., 2019: 7522-7531). Sucul ortamlarda organik kirleticilerin artmasına neden olan temel sebep, endüstriyel, beşeri ve tarımsal faaliyetlerin gelişmesidir. İnsan faaliyetleri nedeniyle düzenli olarak çevreye yayılan birçok organik ve inorganik kirletici, sucul ekosistemlerde son bulur (Huang vd., 2020: 114096). Bu ekosistemlerdeki organizmalar da potansiyel olarak oksidatif strese neden olan kirletici maddeleri birikeceği göz önüne alındığında, biyolojik ve ekolojik açıdan önemli olduğu görülmektedir (Kelly, 2003: 612-616). Stres faktörlerine maruz kalma genellikle bir organizmanın enerjisinin yeniden normal olarak dağılımında değişikliklere neden olur. Stresiz koşullarda çoğu organizma, enerji depolarını ve kaynaklarını bazal metabolizma, büyüme ve üreme mekanizmaları için kullanır. Örneğin; bir toksik maddeye maruz kalmanın neden olduğu stres koşullarında, organizmaların enerji tahsisi, indüklenen stresle başa çıkmak için değiştirilebilir (Jeon vd., 2013: 28-35). Enerji rezervlerinde bir azalma meydana gelir ve organizmalar, bireysel veya türlerin hayatta kalmasını garanti altına almak için enerji çıkışlarını tek bir mekanizma için kullanmak zorunda kalabilirler (Sancho vd., 2009: 1171-1178).

Lipit moleküllerinin temelinde bulunan yağ asitleri hücre zarlarının ana bileşenlerinden biri olarak tüm canlı organizmalarda çok önemli rollere sahiptirler. Yağ asitleri, enerji rezervleri olarak

biriktirilir ve farklı nihai amaçlar için taşınır ve metabolize edilirler. Örneğin; ÇDYA, hücrel membran özelliklerini korumak, hormon öncülleri olmak ve nörolojik hastalıklar (örneğin şizofreni, alzheimer) ve romatoid artrit kaynaklanan ağrı, egzama ve sedef hastalığı semptomlarını giderme de hayati öneme sahip yağ asitleridir (Connor, 2000: 171S-175S; Simopoulos, 2009: 1-16).

Son yıllarda yağ asitlerin biyoindükatör olarak, kirleticilere maruz kalan sucul türleri tespit etmek ve değerlendirmek için kullanımı yeni ve güçlü bir yöntem olarak araştırmacıların dikkatini çekmiştir (Wang vd., 2019: 95-103; Dörner vd., 2014: 1). Sinir sisteminde bol miktarda bulunan ve hücre zarlarının temel bileşenlerinden birini oluşturan yağ asitleri sucul besin zincirinde hayvansal ve bitkisel organizmalar arasında taşınan temel moleküllerdendir (Fadhlaoui vd., 2020: 1566-1577). EPA ve DHA, organizmalarda büyüme, üreme ve nörogelişime atfedilen iki yağ asitidir. Bazı YA yalnızca belirli türler tarafından üretilebilirken, bazıları diyet/besin yoluyla alınmalıdır. Sonuç olarak, yağ asitlerinin bileşimi, ekosistem sağlığı ve kirlilik düzeylerinin önemli bir göstergesidir (Olivares-Rubio ve Vega-Lopez, 2016: 297-312; Sprague vd., 2012: 61-71; Neves vd., 2015: 220-230). Mahboob vd. (2019: 231), bir nehir ekosisteminin balık, mikroalg ve zoobentosunda ağır metallerin YA transferi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Perifiton, zoobenthos ve balık örneklerinde ağır metallerin, toplam YA ile önemli negatif ilişkiler gösterdiğini belirlemişlerdir. Tersine, Le Croizier vd. (2016: 83-95), deniz balıklarında belirli YA ve metalik elementler arasında önemli bir pozitif korelasyon olduğunu vurgulamışlardır. Bu durum, YA bileşiminin, kararlı izotopla karşılaştırıldığında balıklarda metal biyobirikiminin bir biyogöstergesi olarak yorumlanmaktadır. Brown vd. (2015), Labrador halkalı salmastralardaki 14:0'ın PKB (poliklorlu bifeniller) konsantrasyonu ile önemli ölçüde pozitif bir şekilde ilişki içinde olduğunu bulmuşlardır.

Kimyasallara (pestisitler, poliklorlu bifeniller-PKB) maruz kalma, lipid peroksidasyonunu güçlendirerek, lipid metabolizmasına müdahale etmekte ve organizmaların yağ asiti bileşimini etkileyebilmektedir. Son yıllarda, organizmaların yağ asiti içeriğinin araştırılmasına olan ilgi artmıştır ve özellikle de pestisit gibi kimyasallara maruziyetden kaynaklanan yağ asiti bileşimindeki önemli değişiklikler literatürde belgelenmiştir (Galhano vd., 2011: 2152-2162; Gonçaves vd., 2021:107299). Toplam YA içeriğindeki veya belirli bir YA sınıfının yüzdesindeki farklılıklar ya onları üreten organizmalardaki (esas olarak ototrofik organizmalar) YA üretim mekanizmalarındaki bir değişiklikten ya da diyetlerle alınan yağ asitlerinin anormal bir şekilde işlenmesi (tüketici trofik seviyeleri durumunda) sonucunda bir pestisitün organizmaların normal metabolizmasını etkilediğinin göstergesi olabilir (Gonçaves vd., 2021: 107299).

Zooplankton türlerinin pestisit maruziyetine tepkisini değerlendirmek için yağ asitlerini biyobelirteç olarak kullanan çalışmalar azdır (Gonçaves vd., 2021:107299). Zooplankton türleri, çoğu hayvan türünde olduğu gibi, “ne yersek oyuz” sloganına göre, genellikle besin/diyet kaynakları yağ asiti profillerine yansır (Chen vd., 1995). Bu nedenle, zooplankton türlerinde yağ asitlerinin biyobelirteç olarak kullanılması, yalnızca türün uygunluk, çevresel koşullara tepkisi değil aynı zamanda besin kaynağı hakkında da çıkarımlarda bulunulmasına yardımcı olur (Gonçaves vd., 2021: 107299).

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), yanlışlıkla oluşan veya sonunda bir yan ürün olarak endüstriyel veya yakma süreçleri gibi çeşitli faaliyetlerden salınan kalıcı organik kirleticiler (KOK) grubuna aittir (<http://www.eugris.info>). PAH'lar akut toksik etkilere sahiptir ve besin ağı yoluyla biyolojik olarak büyüyebilir, büyüme inhibisyonunu, hücrel toksisiteyi bozabilir, hücre geçirgenliğini değiştirebilir, hücrel lipitlere, zarlara ve/veya hücrel bütünlüğe zarar verebilirler (Nilsen vd., 2015: 961-970). Bunlar diatomlarda yağ asiti metabolizmasına ve silis kabuğu oluşumuna (Bopp ve Lettieri, 2007: 293-302), çift kabuklu yumuşakçalarda lipid ve yağ asiti metabolizmasına müdahale ederler (Signa

vd., 2015). Bu tehlikeli kirleticilerin nehir ağzı mikrobiyal biyokütlesi üzerindeki etkilerini belirleyen bir çalışmada, YA ve PAH'nın önemli ölçüde negatif korelasyon gösterdiği rapor edilmiştir (Nilson vd., 2015: 961-970). Wang ve Tam (2012: 95-103), mikrobiyal toplulukların PAH'a tepkisinin DYA'den 19:0, TDYA' den 18:1ω9'de bir artış, ancak TDYA' den 16:1ω9 ve 18:1ω9'da bir düşüş olarak yansıdığını bildirmişlerdir.

Jeppesen vd. (2011: 279-297) göre, ekolojik koşulların bir göstergesi olarak zooplanktonun değeri, yukarıdan aşağıya düzenleyiciler (balıklar) ve aşağıdan yukarıya faktörler (fitoplankton) tarafından kontrol edilen besin zincirindeki konumundan kaynaklanır. Böylece hem ana düzenleyici süreçlerin göreceli önemi, hem de zooplanktonun su kalitesi üzerindeki etkisi hakkında bilgi sağlanır. Bu araştırmacılar, öncelikle ekosistem yapısına odaklanmanın zooplanktonun sucul ekosistemlerde özellikle de geçiş sularının işlevini anlamada kilit bir unsur olduğunun gösterilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Sucul ortamların çevresel karakterizasyonu için zooplankton kullanımı, besin zincirindeki kilit konumu ve geniş coğrafi dağılımları nedeniyle potansiyel olarak avantajlıdır (Shurin vd., 2000: 3062-3073; Gonçaves vd., 2012: 70-80). Bu organizmalar, akut ve kronik stres faktörlerine hızlı bir şekilde yanıt vererek, kimyasal ve çevresel stres faktörlerine karşı yüksek bir hassasiyet göstererek, onları ekosistem kalitesinin göstergeleri olarak uygun adaylar haline getirmektedir (Cairns vd., 1993: 1-44; Lomartire vd., 2021: 107299). Besin konsantrasyonu, suda yaşayan organizmaların kimyasal bileşimini etkileyen çeşitli su sistemleri arasında değişir. Bazı organizmalar iyi biyo-göstergeler olarak kabul edilirler ve su kalitesi çalışmalarında kullanılabilirler. Çünkü bunların oluşumu numune alma yerinin kirlilik derecesine bağlıdır (Lomartire vd., 2021: 107299; Li ve Chen. 2020: 106-167). Bu nedenle, zooplanktonik organizmalarının biyokimyasal bileşimindeki varyasyonlarını gözlemlemek, sistemin ötrofikasyon durumu ile ilişkilendirilebilir ve ekosistemin kalitesi hakkında çıkarımlarda bulunulabilir. Gerçekten de, lipitler çevresel ve kimyasal stres faktörlerine karşı çok hassastırlar (Gonçaves vd., 2012: 70-80; Filimonova vd., 2016: 657-672).

Serpe vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, zooplankton topluluğunun çevresel koşullara duyarlılığı vurgulanmıştır ve ekolojik çalışmalarda kullanmak için iyi biyoindikatörler olarak yağ asitlerinin rolünün altı çizilmiştir. Çalışmanın sonuçları, trofik durum indeksinin numunelerde, oligotrofik ile hiperötrofik arasında geniş bir çeşitlilik gösterdiğini göstermiştir. En bol bulunan yağ asiti, biyolojik fonksiyonlarda çok önemli bir rol oynayan, sağlık yararları olan esansiyel bir yağ asiti olan DHA'ydı. Çalışmada, zooplankton lipitleri (yağ asitleri dahil) gibi biyokimyasal analizlerin, su kütlesi yönetimi, su kalitesi analizi ve zooplankton topluluğunda sistemlerin trofik durumuyla ilgili moleküler değişikliklerin çevrede algılanmadan önce tespit etmek için önemli bir araç olduğu gösterilmiştir.

## 5. SONUÇ

Zooplankton, sucul besin ağlarında en alt tabakalardaki organizmalardan en üst tabakalardaki organizmalara enerji aktarımında önemli bir role sahiptir. Bu enerji aktarımında da rol alan en önemli moleküllerden biri yağ asitleridir. Denizler gibi çeşitli sucul ekosistemlerde zooplankton grupları, belirgin şekilde farklı yağ asiti bileşimlerine sahiptirler. Genel olarak, neredeyse tüm zooplanktonlar, mevcut diyetlerine göre daha az DYA ve daha yüksek oranda ω3 ÇDYA ve özellikle de ω3 ve ω6 YDYA biriktirirler. Zooplankton diyetinin, zooplanktonun YA bileşimi üzerinde çok güçlü bir etkisi vardır. Zooplankton da üzerinden beslendiği fitoplankton, protozoan gibi organizmalar vasıtasıyla aldığı esansiyel besin maddelerini daha üst trofik seviyelerdeki balıklar gibi organizmalara taşınımını



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

sağlar. Ayrıca zooplankton yağ asitleri, üzerinden beslendiği organizmalar ve besin tercihi hakkında da bize bilgi sağlayan önemli ipuçları verir. Mesela, yüksek  $\omega 3/\omega 6$  oranı herbivor,  $18:1\omega 9/18:1\omega 7$  ve DHA/EPA oranı karnivor indeksi olarak kullanılır. Bunun yanında,  $16:1\omega 7$  ve EPA da diatom belirteci yağ asitleri olarak trofik işaretler olarak kullanılmaktadırlar. Bunun yanında, özellikle son yıllarda zooplanktonun sucul ortamların çevresel karakterizasyonunu belirlemedeki rolünden ve besin zincirindeki kilit konumundan dolayı, bunların yağ asitleri biyolojik indikatör olarak da önem kazanmaktadır. Ancak bu konuda zooplankton ile yapılan çalışmalar oldukça sınırlı düzeydedir. Değişik ortamlarda farklı kirleticilere bunların yağ asitlerinin verdiği tepkiler de farklı olabilmektedir. Bundan dolayı, çevrede bazı değişiklikler algılanmadan önce zooplankton lipitlerindeki yağ asitlerindeki değişimin belirlenip, bir üst trofik seviyeye çıkmadan tedbir alınması önemlidir. Bu derlemede ana hatlarıyla belirtildiği gibi, zooplankton YA bileşimi ekolojik olarak birçok konuda bilime katkı sağlayacak bir potansiye sahiptir. Sonuç olarak da görülmüştür ki, zooplankton yağ asitleri deniz ekosistemleri gibi sucul ekosistemlerde trofik belirteç, besin maddesi taşınımı ve biyoindikatörler olarak ekosistem işleyişinin ve ekolojik sürdürülebilirliğinin belirlenmesinde vazgeçilmez biyokimyasal moleküllerdir.

ICOMNAS

## KAYNAKÇA

Arts, M. T., Ackman, R. G., & Holub, B. J. (2001). "Essential fatty acids" in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(1), 122-137. <https://doi.org/10.1139/f00-224>.

Auel, H. (1999). The ecology of Arctic deep-sea copepods (Euchaetidae and Aetideidae): aspects of their distribution, trophodynamics and effect on the carbon flux. *Berichte zur Polarforschung (Reports on Polar Research)*, 319.

Atkinson, A. (1994). Diets and feeding selectivity among the epipelagic copepod community near South Georgia in summer. *Polar Biology*, 14(8), 551-560.

Avşar, D. (1993). The Biology and population dynamical parameters of the Sprat (*Sprattus sprattus phalericus* RISSO) on the Southern Coast of the Black Sea. Ph.D. Thesis Cukurova University, Adana, Turkey.

Aumont, O., Maury, O., Lefort, S., & Bopp, L. (2018). Evaluating the potential impacts of the diurnal vertical migration by marine organisms on marine biogeochemistry. *Global Biogeochemical Cycles*, 32(11), 1622-1643. <https://doi.org/10.1029/2018GB005886>.

Beaugrand, G., Edwards, M., & Legendre, L. (2010). Marine biodiversity, ecosystem functioning, and carbon cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(22), 10120-10124. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913855107>.

Bertram, D. F., Harfenist, A., & Hedd, A. (2009). Seabird nestling diets reflect latitudinal temperature-dependent variation in availability of key zooplankton prey populations. *Marine Ecology Progress Series*, 393, 199-210. <https://doi.org/10.3354/meps08223>.

Bollens, S. M., Butler, M., Cordell, J. R., & Frost, B. W. (2010). Feeding ecology of juvenile Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in a northeast Pacific fjord: diet, availability of zooplankton, selectivity for prey, and potential competition for prey resources. *Fishery Bulletin*, 108: 393-407.

Bopp, S. K., & Lettieri, T. (2007). Gene regulation in the marine diatom *Thalassiosira pseudonana* upon exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Gene*, 396(2), 293-302. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2007.03.013>.

Brett, M., & Müller-Navarra, D. (1997). The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb processes. *Freshwater Biology*, 38(3), 483-499. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00220.x>.

Brett, M. T., Müller-Navarra, D. C., & Persson, J. (2009a). Crustacean zooplankton fatty acid composition. In *Lipids in aquatic ecosystems* (pp. 115-146). Springer, New York, NY.

Brett, M. T., Kainz, M. J., Taipale, S. J., & Seshan, H. (2009b). Phytoplankton, not allochthonous carbon, sustains herbivorous zooplankton production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(50), 21197-21201. <https://doi.org/10.1073/pnas.0904129106>.

Brown, T. (2014). PCB-related exposure and effects in ringed seals (*Pusa hispida*) frequenting a locally-contaminated marine environment in Labrador (Doctoral dissertation).

Budge, S. M., Iverson, S. J., Bowen, W. D., & Ackman, R. G. (2002). Among- and within-species variability in fatty acid signatures of marine fish and invertebrates on the Scotian Shelf, Georges Bank, and southern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59(5), 886-898. <https://doi.org/10.1139/f02-062>.



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Buitenhuis, E., Le Quéré, C., Aumont, O., Beaugrand, G., Bunker, A., Hirst, A., ... & Straile, D. (2006). Biogeochemical fluxes through mesozooplankton. *Global Biogeochemical Cycles*, 20(2), 1-18. <https://doi.org/10.1029/2005GB002511>.

Cass, C. J., Daly, K. L., & Wakeham, S. G. (2014). Assessment of storage lipid accumulation patterns in eucalanoid copepods from the eastern tropical Pacific Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 93, 117-130.

Cairns, J., McCormick, P. V., & Niederlehner, B. R. (1993). A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrobiologia*, 263(1), 1-44. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.035>.

Connor, W. E. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1), 171S-175S.

Cripps, G. C., & Atkinson, A. (2000). Fatty acid composition as an indicator of carnivory in Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(S3), 31-37. <https://doi.org/10.1139/f00-167>.

de Moura, G. C., de Lucena Barbosa, J. E., Patrício, J., Nery, J. F., & Gonçalves, A. M. M. (2016). Seasonal and spatial shifts in copepod diets within tropical estuaries measured by fatty acid profiles. *Ecological Indicators*, 69, 284-294. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.04.037>.

Dalsgaard, J., John, M. S., Kattner, G., Müller-Navarra, D., & Hagen, W. (2003). Fatty acid trophic markers in the pelagic marine environment. *Advances in Marine Biology*, 46, 225-340. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(03\)46005-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(03)46005-7).

Dörner, J., Carbonell, P., Pino, S., & Fariás, A. (2014). Variation of fatty acids in *Isochrysis galbana* (T-Iso) and *Tetraselmis suecica*, cultured under different nitrate availabilities. *Fisberies and Aquaculture Journal*, 5(3), 1. <https://doi.org/10.4172/2150-3508.1000106>.

Dunham, J. S., & Duffus, D. A. (2001). Foraging patterns of gray whales in central Clayoquot Sound, British Columbia, Canada. *Marine Ecology Progress Series*, 223, 299-310. doi:10.3354/meps223299.

Everett, J. D., Baird, M. E., Buchanan, P., Bulman, C., Davies, C., Downie, R., ... & Richardson, A. J. (2017). Modeling what we sample and sampling what we model: challenges for zooplankton model assessment. *Frontiers in Marine Science*, 4, 77. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00077>.

Falk-Petersen, S., Sargent, J. R., Hopkins, C. C. E., & Vaja, B. (1982). Ecological investigations on the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: lipids in the euphausiids *Thysanoessa raschi* and *T. inermis* during spring. *Marine Biology*, 68(1), 97-102.

Falk-Petersen, S., Hagen, W., Kattner, G., Clarke, A., & Sargent, J. (2000). Lipids, trophic relationships, and biodiversity in Arctic and Antarctic krill. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(S3), 178-191. <https://doi.org/10.1139/f00-194>.

Fadhlaoui, M., Laderriere, V., Lavoie, I., & Fortin, C. (2020). Influence of temperature and nickel on algal biofilm fatty acid composition. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(8), 1566-1577. <https://doi.org/10.1002/etc.4741>.

Filimonova, V., Goncalves, F., Marques, J. C., De Troch, M., & Goncalves, A. M. (2016). Fatty acid profiling as bioindicator of chemical stress in marine organisms: a review. *Ecological Indicators*, 67, 657-672. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.044>.

- Galhano, V., Santos, H., Oliveira, M. M., Gomes-Laranjo, J., & Peixoto, F. (2011). Changes in fatty acid profile and antioxidant systems in a *Nostoc muscorum* strain exposed to the herbicide bentazon. *Process Biochemistry*, 46(11), 2152-2162. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2011.08.015>.
- Galloway, A. W., Brett, M. T., Holtgrieve, G. W., Ward, E. J., Ballantyne, A. P., Burns, C. W., ... & Alhgren, G. (2014). A fatty acid based Bayesian approach for inferring diet in aquatic consumers. *PLoS one*, 10(6), e0129723. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129723>.
- Gonçalves, A. M. M., Azeiteiro, U. M., Pardal, M. A., & De Troch, M. (2012). Fatty acid profiling reveals seasonal and spatial shifts in zooplankton diet in a temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 109, 70-80. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.05.020>.
- Gonçalves, A. M., Rocha, C. P., Marques, J. C., & Gonçalves, F. J. (2021). Fatty acids as suitable biomarkers to assess pesticide impacts in freshwater biological scales—A review. *Ecological Indicators*, 122, 107299. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107299>.
- Graeve, M., Hagen, W., & Kattner, G. (1994). Herbivorous or omnivorous? On the significance of lipid compositions as trophic markers in Antarctic copepods. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 41(5-6), 915-924. [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(94\)90083-3](https://doi.org/10.1016/0967-0637(94)90083-3).
- Grigor, J. J., Marais, A. E., Falk-Petersen, S., & Varpe, Ø. (2015). Polar night ecology of a pelagic predator, the chaetognath *Parasagitta elegans*. *Polar Biology*, 38(1), 87-98. <https://doi.org/10.1111/10.1007/s00300-014-1577-8>.
- Glencross, B. D. (2009). Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, 1(2), 71-124. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2009.01006.x>.
- Henschke, N., Everett, J. D., Richardson, A. J., & Suthers, I. M. (2016). Rethinking the role of salps in the ocean. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(9), 720-733. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.06.007>.
- Hernández-León, S., & Ikeda, T. (2005). A global assessment of mesozooplankton respiration in the ocean. *Journal of Plankton Research*, 27(2), 153-158. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbh166>.
- Hertz, E., Trudel, M., Brodeur, R. D., Daly, E. A., Eisner, L., Farley Jr, E. V., ... & Mazumder, A. (2015). Continental-scale variability in the feeding ecology of juvenile Chinook salmon along the coastal Northeast Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 537, 247-263. <https://doi.org/10.3354/meps11440>.
- Hiltunen, M., Strandberg, U., Taipale, S. J., & Kankaala, P. (2015). Taxonomic identity and phytoplankton diet affect fatty acid composition of zooplankton in large lakes with differing dissolved organic carbon concentration. *Limnology and Oceanography*, 60(1), 303-317. <https://doi.org/10.1002/lno.10028>.
- Hiltunen, M., Strandberg, U., Keister, J., Beauchamp, D., & Brett, M.T. (2019). Fatty acid composition of zooplankton prey for juvenile salmonids in Puget Sound. *Technical Report*, 1-34.
- Huang, W., Hammel, K. E., Hao, J., Thompson, A., Timokhin, V. I., & Hall, S. J. (2019). Enrichment of lignin-derived carbon in mineral-associated soil organic matter. *Environmental Science & Technology*, 53(13), 7522-7531. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01834>.
- Huang, Y., Liu, Q., Jia, W., Yan, C., & Wang, J. (2020). Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. *Environmental Pollution*, 260, 114096. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114096>.



Jeon, J., Kretschmann, A., Escher, B. I., & Hollender, J. (2013). Characterization of acetylcholinesterase inhibition and energy allocation in *Daphnia magna* exposed to carbaryl. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 98, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.09.033>.

Jeppesen, E., Noges, P., Davidson, T. A., Haberman, J., Noges, T., Blank, K., ... & Amsinck, S. L. (2011). Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia*, 676(1), 279-297. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0831-0>.

Jónasdóttir, S. H. (2019). Fatty acid profiles and production in marine phytoplankton. *Marine Drugs*, 17(3), 151. <https://doi.org/10.3390/md17030151>.

Kattner, G., & Krause, M. (1989). Seasonal variations of lipids (wax esters, fatty acids and alcohols) in calanoid copepods from the North Sea. *Marine Chemistry*, 26(3), 261-275. [https://doi.org/10.1016/0304-4203\(89\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0304-4203(89)90007-8).

Kelly, F. J. (2003). Oxidative stress: its role in air pollution and adverse health effects. *Occupational and Environmental Medicine*, 60(8), 612-616. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.60.8.612>.

Klein Breteler, W. C. M., Schogt, N., Baas, M., Schouten, S., & Kraay, G. W. (1999). Trophic upgrading of food quality by protozoans enhancing copepod growth: role of essential lipids. *Marine Biology*, 135(1), 191-198.

Kleppel, G. S., Burkart, C. A., & Houchin, L. (1998). Nutrition and the regulation of egg production in the calanoid copepod *Acartia tonsa*. *Limnology and Oceanography*, 43(5), 1000-1007. <https://doi.org/10.4319/lo.1998.43.5.1000>.

Koski, M., Breteler, W. K., & Schogt, N. (1998). Effect of food quality on rate of growth and development of the pelagic copepod *Pseudocalanus elongatus* (Copepoda, Calanoida). *Marine Ecology Progress Series*, 170, 169-187. <https://doi.org/10.3354/meps170169>.

Kovalev, A. V., Gubanova, A. D., Kideys, A. E., Melnikov, V. V., Niermann, U., Ovstrovskaya, N. A., ... & Zagorodnyaya, J. (1998). Long-term changes in the biomass and composition of fodder zooplankton in coastal regions of the Black Sea during the period 1957-1996. In *Ecosystem modeling as a management tool for the Black Sea*, p. 209-220.

Kruse, S., Hagen, W., & Bathmann, U. (2010). Feeding ecology and energetics of the Antarctic chaetognaths *Eukrobia hamata*, *E. bathypelagica* and *E. bathyantartica*. *Marine Biology*, 157(10), 2289-2302. <https://doi.org/10.1007/s00227-010-1496-3>.

Le Croizier, G., Schaal, G., Gallon, R., Fall, M., Le Grand, F., Munaron, J. M., ... & De Morais, L. T. (2016). Trophic ecology influence on metal bioaccumulation in marine fish: Inference from stable isotope and fatty acid analyses. *Science of the Total Environment*, 573, 83-95. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.035>.

Levinsen, H., Turner, J. T., Nielsen, T. G., & Hansen, B. W. (2000). On the trophic coupling between protists and copepods in arctic marine ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 204, 65-77. <https://doi.org/10.3354/meps204065>.

Li, Y., & Chen, F. (2020). Are zooplankton useful indicators of water quality in subtropical lakes with high human impacts?. *Ecological Indicators*, 113, 106167. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106167>

Liu, H., Dagg, M. J., & Strom, S. (2005). Grazing by the calanoid copepod *Neocalanus cristatus* on the microbial food web in the coastal Gulf of Alaska. *Journal of Plankton Research*, 27(7), 647-662. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi039>.

Lomartire, S., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. (2021). Biomarkers based tools to assess environmental and chemical stressors in aquatic systems. *Ecological Indicators*, 122, 107207. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107207>.

Metillo, E. B., & Aspiras-Eya, A. A. (2014). Fatty acids in six small pelagic fish species and their crustacean prey from the Mindanao Sea, Southern Philippines. *Tropical Life Sciences Research*, 25(1), 105.

Miller, E. J., Potts, J. M., Cox, M. J., Miller, B. S., Calderan, S., Leaper, R., ... & Double, M. C. (2019). The characteristics of krill swarms in relation to aggregating Antarctic blue whales. *Scientific Reports*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52792-4>.

Mitra, A., Castellani, C., Gentleman, W. C., Jónasdóttir, S. H., Flynn, K. J., Bode, A., ... & John, M. S. (2014). Bridging the gap between marine biogeochemical and fisheries sciences; configuring the zooplankton link. *Progress in Oceanography*, 129, 176-199. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2014.04.025>.

Nanton, D. A., & Castell, J. D. (1999). The effects of temperature and dietary fatty acids on the fatty acid composition of harpacticoid copepods, for use as a live food for marine fish larvae. *Aquaculture*, 175(1-2), 167-181. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00031-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00031-9).

Nielsen, J. M., Clare, E. L., Hayden, B., Brett, M. T., & Kratina, P. (2018). Diet tracing in ecology: Method comparison and selection. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(2), 278-291. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12869>.

Nilsen, E. B., Rosenbauer, R. J., Fuller, C. C., & Jaffe, B. J. (2015). Sedimentary organic biomarkers suggest detrimental effects of PAHs on estuarine microbial biomass during the 20th century in San Francisco Bay, CA, USA. *Chemosphere*, 119, 961-970. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.08.053>.

Ohman, M. D., & Runge, J. A. (1994). Sustained fecundity when phytoplankton resources are in short supply: omnivory by *Calanus finmarchicus* in the Gulf of St. Lawrence. *Limnology and Oceanography*, 39(1), 21-36. <https://doi.org/10.4319/lo.1994.39.1.0021>.

Olivares-Rubio, H. F., & Vega-López, A. (2016). Fatty acid metabolism in fish species as a biomarker for environmental monitoring. *Environmental Pollution*, 218, 297-312. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.005>.

Park, S., Brett, M. T., Müller-Navarra, D. C., Shin, S. C., Liston, A. M., & Goldman, C. R. (2003). Heterotrophic nanoflagellates and increased essential fatty acids during *Microcystis* decay. *Aquatic Microbial Ecology*, 33(2), 201-205. <https://doi.org/10.3354/ame033201>.

Park, J. I., Kang, C. K., & Suh, H. L. (2011). Ontogenetic diet shift in the euphausiid *Euphausia pacifica* quantified using stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 429, 103-109. <https://doi.org/10.3354/meps09091>.

Packard, T. T., & Gómez, M. (2013). Modeling vertical carbon flux from zooplankton respiration. *Progress in Oceanography*, 110, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2013.01.003>.

Parrish, C. C., Deibel, D., & Thompson, R. J. (2009). Effect of sinking spring phytoplankton blooms on lipid content and composition in suprabenthic and benthic invertebrates in a cold ocean coastal environment. *Marine Ecology Progress Series*, 391, 33-51. <https://doi.org/10.3354/meps08148>.

Parrish, C. C., French, V. M., & Whitticar, M. J. (2012). Lipid class and fatty acid composition of copepods (*Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *Pseudocalanus* sp., *Tisbe furcata* and *Nitokra lacustris*) fed various combinations of autotrophic and heterotrophic protists. *Journal of Plankton Research*, 34(5), 356-375. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbs003>.



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Rainuzzo, J. R., Reitan, K. I., & Olsen, Y. (1997). The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture*, 155(1-4), 103-115. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00121-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00121-X).

Ravet, J. L., Brett, M. T., & Müller-Navarra, D. C. (2003). A test of the role of polyunsaturated fatty acids in phytoplankton food quality for *Daphnia* using liposome supplementation. *Limnology and Oceanography*, 48(5), 1938-1947. <https://doi.org/10.4319/lo.2003.48.5.1938>.

Ravet, J. L., Brett, M. T., & Arhonditsis, G. B. (2010). The effects of seston lipids on zooplankton fatty acid composition in Lake Washington, Washington, USA. *Ecology*, 91(1), 180-190. <https://doi.org/10.1890/08-2037.1>.

Richoux, N. B. (2011). Trophic ecology of zooplankton at a frontal transition zone: fatty acid signatures at the subtropical convergence, *Southern Ocean. Journal of Plankton Research*, 33(3), 491-505. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbq132>.

Ruyter, B., Røsjø, C., Einen, O., & Thomassen, M. S. (2000). Essential fatty acids in Atlantic salmon: effects of increasing dietary doses of n-6 and n-3 fatty acids on growth, survival and fatty acid composition of liver, blood and carcass. *Aquaculture Nutrition*, 6(2), 119-127.

Kruse, S., Hagen, W., & Bathmann, U. (2010). Feeding ecology and energetics of the Antarctic chaetognaths *Eukrohnia hamata*, *E. bathypelagica* and *E. bathyantartica*. *Marine Biology*, 157(10), 2289-2302.

Mahboob, S., Al-Ghanim, K. A., Al-Misned, F., Shahid, T., Sultana, S., Sultan, T., ... & Ahmed, Z. (2019). Impact of water pollution on trophic transfer of fatty acids in fish, microalgae, and zoobenthos in the food web of a freshwater ecosystem. *Biomolecules*, 9(6), 231. <https://doi.org/10.3390/biom9060231>.

Nilsen, E. B., Rosenbauer, R. J., Fuller, C. C., & Jaffe, B. J. (2015). Sedimentary organic biomarkers suggest detrimental effects of PAHs on estuarine microbial biomass during the 20th century in San Francisco Bay, CA, USA. *Chemosphere*, 119, 961-970. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.08.053>.

Neves, M. F. J. V., Castro, B. B., Vidal, T., Vieira, R. H. S. D. F., Marques, J. C., Coutinho, J. A. P., ... & Gonçalves, A. M. M. (2015). Biochemical and populational responses of an aquatic bioindicator species, *Daphnia longispina*, to a commercial formulation of a herbicide (Primextra® Gold TZ) and its active ingredient (S-metolachlor). *Ecological Indicators*, 53, 220-230. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.031>.

Sancho, E., Villarroel, M. J., Andreu, E., & Ferrando, M. D. (2009). Disturbances in energy metabolism of *Daphnia magna* after exposure to tebuconazole. *Chemosphere*, 74(9), 1171-1178. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.076>.

Shurin, J. B., Havel, J. E., Leibold, M. A., & Pinel-Alloul, B. (2000). Local and regional zooplankton species richness: a scale-independent test for saturation. *Ecology*, 81(11), 3062-3073. <https://doi.org/10.1890/0012-9658>.

Serpe, F. R., de Azevedo, J. C. R., Gonçalves, F. J., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. (2022). Changes in the Fatty Acids Profile of the Zooplankton Community Reveals the Quality of Four Reservoirs in the Hydroelectric Power Plants Located in the Iguaçu River, Paraná, Brazil. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102711>.

Sargent, J., Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D., & Estevez, A. (1999a). Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*, 177(1-4), 191-199. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00083-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00083-6).

Sargent, J., McEvoy, L., Estevez, A., Bell, G., Bell, M., Henderson, J., & Tocher, D. (1999b). Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture*, 179(1-4), 217-229. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00191-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00191-X).

Schmoker, C., Hernández-León, S., & Calbet, A. (2013). Microzooplankton grazing in the oceans: impacts, data variability, knowledge gaps and future directions. *Journal of Plankton Research*, 35(4), 691-706. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbt023>.

Simopoulos, A. P. (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(3), 560s-569s. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.3.560s>.

Simopoulos, A. P. (2009). Omega-6/omega-3 essential fatty acids: biological effects. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 99(1), 1-16.

Sprague, M., Dick, J. R., Medina, A., Tocher, D. R., Bell, J. G., & Mourente, G. (2012). Lipid and fatty acid composition, and persistent organic pollutant levels in tissues of migrating Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, L.) broodstock. *Environmental Pollution*, 171, 61-71. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.021>.

Steinberg, D. K., & Landry, M. R. (2017). Zooplankton and the ocean carbon cycle. *Annual review of marine science*, 9(1), 413-444. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015924>.

Strandberg, U., Hiltunen, M., Jelkänen, E., Taipale, S. J., Kainz, M. J., Brett, M. T., & Kankaala, P. (2015). Selective transfer of polyunsaturated fatty acids from phytoplankton to planktivorous fish in large boreal lakes. *Science of the Total Environment*, 536, 858-865. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.010>.

Strandberg, U., Hiltunen, M., Taipale, S. J., Yeung, S., & Kankaala, P. (2018). Planktivorous vendace (*Coregonus albula*) utilise algae-derived fatty acids for biomass increase and lipid deposition. *Ecology of Freshwater Fish*, 27(2), 533-541. <https://doi.org/10.1111/eff.12367>.

Stevens, C. J., Deibel, D., & Parrish, C. C. (2004a). Copepod omnivory in the North Water Polynya (Baffin Bay) during autumn: spatial patterns in lipid composition. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 51(11), 1637-1658. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2004.07.011>.

Stevens, C. J., Deibel, D., & Parrish, C. C. (2004b). Species-specific differences in lipid composition and omnivory indices in Arctic copepods collected in deep water during autumn (North Water Polynya). *Marine Biology*, 144(5), 905-915. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1259-5>.

Stevens, C. J., Sahota, R., Galbraith, M. D., Venello, T. A., Bazinet, A. C., Hennekes, M., ... & Juniper, S. K. (2022). Total lipid and fatty acid composition of mesozooplankton functional group members in the NE Pacific over a range of productivity regimes. *Marine Ecology Progress Series*, 687, 43-64. <https://doi.org/10.3354/meps14004>.

Stoecker, D., & Pierson, J. (2019). Predation on protozoa: its importance to zooplankton revisited. *Journal of Plankton Research*, 41(4), 367-373. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbz027>.

Şen Özdemir, N., Feyzioğlu, A. M., Caf, F., & Yıldız, I. (2020). Can the early stage copepoda (Copepodites and Nauplii) abundance play important role on the fatty acid composition of *Sagitta setosa* (Chaetognatha) in the Southeastern Black Sea? *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(4), 335-342. <https://doi.org/10.12714/egejfas.37.4.03>.

Şen Özdemir, N., Feyzioğlu, A. M., & Caf, F. (2021). The evaluation of seasonal fatty acid composition and food sources of *Pileurobrachia pileus* (Ctenophora) in terms of trophic marker fatty acids in the Southeastern Black Sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(2), 211-218. <https://doi.org/10.12714/egejfas.38.2.10>.



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Taipale, S. J., Kainz, M. J., & Brett, M. T. (2015). A low  $\omega$ -3:  $\omega$ -6 ratio in *Daphnia* indicates terrestrial resource utilization and poor nutritional condition. *Journal of Plankton Research*, 37(3), 596-610. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbv015>.

Tang, K. W., Jakobsen, H. H., & Visser, A. W. (2001). *Phaeocystis globosa* (Prymnesiophyceae) and the planktonic food web: feeding, growth, and trophic interactions among grazers. *Limnology and Oceanography*, 46(8), 1860-1870. <https://doi.org/10.4319/lo.2001.46.8.1860>.

Tocher, D. R. (2003). Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11(2), 107-184. <https://doi.org/10.1080/713610925>.

Uchikawa, K., Bower, J. R., Sato, Y., & Sakurai, Y. (2004). Diet of the minimal armhook squid (*Beryteuthis anonychus*) (Cephalopoda: Gonatidae) in the northeast Pacific during spring. *Fishery Bulletin*, 102, 733-739.

Vargas, C. A., Escribano, R., & Poulet, S. (2006). Phytoplankton food quality determines time windows for successful zooplankton reproductive pulses. *Ecology*, 87(12), 2992-2999. <https://doi.org/10.1890/0012-9658>.

Veloza, A. J. (2005). Transfer of essential fatty acids by marine plankton.

Wang, Y. F., & Tam, N. F. Y. (2012). Natural attenuation of contaminated marine sediments from an old floating dock part II: changes of sediment microbial community structure and its relationship with environmental variables. *Science of the total environment*, 423, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.01.066>.

Wilson, S. E., Steinberg, D. K., Chu, F. L., & Bishop, J. K. B. (2010). Feeding ecology of mesopelagic zooplankton of the subtropical and subarctic North Pacific Ocean determined with fatty acid biomarkers. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 57(10), 1278-1294. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2010.07.005>.

Yamada, Y., Nishida, S., Graeve, M., & Kattner, G. (2016). Lipid and fatty acid/alcohol compositions of the subarctic copepods *Neocalanus cristatus* and *Eucalanus bungii* from various depths in the Oyashio region, western North Pacific. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 198, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2016.04.003>.



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Alginate Added TEMPO Oxidized Nanofibril Cellulose Based Aerogels: Investigation of Basic Properties

Orçun Çağlar KURTULUŞ<sup>1</sup>

Sedat ONDARAL<sup>2</sup>

Nuray EMİN<sup>3</sup>

Emir ERİŞİR<sup>4</sup>

### Abstract

Nano scaled cellulosic precursors (Nano crystal cellulose-NCC, Nanofibrillated cellulose-NFC, Bacterial cellulose-BC) are promising and attractive materials for different specific useful areas due to its owned properties from the point of both academical and industrial researches. One class of this material called NFC is provided by mechanical disintegration of wooden cell wall by different techniques just after pretreatment of cellulosic fibers by and/or chemical, enzyme, mechanical attractions. Such as cellulose, alginate (Alg) is another biopolymer which widely being used in medical wound dressing applications in different forms basically due to capability of ion exchange with wound area. This study basically presents determination basic specific properties of NFC-Alg based foams such as liquid absorption, water vapour permeability (WVP), degradation in PBS (phosphate buffered saline) solution addition to antibacterial efficiency and biocompatibility for investigate of related material as suitable or not in medical process especially wound dressing. For this purpose, NFC was prepared by homogenization even after chemical treatment of TEMPO (2,2,6,6, tetra methyl piperidine N oxyl) oxidation mechanism. After addition of different amount of Alg into NFC matrix, gelous phase was mixed, cooled and lyophilized to obtain aerogels. According to results, high level of both water and PBS absorption values were determined as range of 706%-1029% and 1203%-1579%, respectively. WVP results also showed high efficiency of vapour transfer by means of highly porous structure which was calculated between 2888%-3868%. Addition to these, all aerogels had high biocompatible structure, however low rate or no bacterial resistance versus gram positive bacteria strain *S. aureus* which provide proper specification of related materials for using especially in biomedical applications.

**Keywords:** Nanofibril cellulose, Alginate, Oxidation, Aerogel, Biomedical

<sup>1</sup> Dr., Kastamonu University, Material and Materials Processing Technology, Orcid: 0000-0002-3233-7279

<sup>2</sup> Prof. Dr., Karadeniz Technical University, Forest Products Engineering, Orcid: 0000-0002-8388-1944

<sup>3</sup> Assist. Prof., Kastamonu University, Biomedical Engineering, Orcid: 0000-0002-0859-2536

<sup>4</sup> Assist. Prof., Sakarya University of Applied Sciences, Materials and Materials Processing Technology, Orcid: 0000-0001-5677-234X

## 1. INTRODUCTION

Being as synthesis product of nature, cellulose is the most common biopolymeric precursor presents in plant cell walls with combination of hemicellulose and lignin. NFC is main product of nano scaled cellulose fraction which basically produced by mechanical decomposition of cell wall with different techniques. However, due to high energy consumption rate during defibrillation, pretreatments such as TEMPO oxidation, carboxymethylation, acetylation, sylanization, enzyme treatment etc. are being widely used. After chemical and/or enzyme treatment of cellulose, process of defibrillation processed by high pressure homogenization, microfluidizator, grinder, high intensity ultrasonicator and some similar devices, approximately 4-50 nm width and a few micron length nano fibers are obtained. High level of aspect ratio, stability, high specific surface area values and mechanical strength addition to biobased, biocompatible and biodegradable characteristic, this material has opened new gates for academical and industrial researchers by focusing on electro-optical films, catalysis, reinforcement in composites, papermaking, packaging, fire retardent, water filtration, super capacitors, food-paint industry etc. (Paakko et. al., 2007; Henriksson et. al., 2008; Belbekhouche et. al., 2011; Isogai et. al., 2011; Sehaqui et. al., 2012; Abdul Khalil et. al., 2014; Hsu and Zhong, 2019; Lasrado et. al., 2020; Sharma et. al., 2020; Ahankari et. al., 2021; Liu et. al., 2022; LakshmiBalasubramaniam et. al., 2022; Saeed et. al., 2022).

Alginate also tradely called as “Algin” is one of natural exopolysaccharide type which basically composed of D-mannuronic and L-glucuronic acids linked to each other by  $\beta$ -1,4-glycoside bonds. According to source of raw material, these uronic acids are arranged in different structure which effects of Alg behaviour, provides anionic charge and also complex presursors' specifications including this biopolymer. The main raw source is basically brown algae, but also almost low amount of fraction can be produced from Pseudomonas-Azotobacter bacteria though is not progressive production among tradely. This biopolymer also shows similar properties of cellulose such as biocompatible, biodegradable and non toxic effect which provide using it in different application areas ranged from textile to chemical industry. Nevertheless, the most important and widely application area of this precursor is biomedical devices, especially wound dressing materials due to highly crosslinking effect of dri or tri valent cations which provides ion exchange with healing zone (Mikkonen et. al., 2013; Rehm and Moradali, 2018).

Aerogels, having specifically low weight-density, high porosity and related to wider specific surface area are termed as new class of material science. After invention in early year of 1930s by Kistler, different composited three dimensional aerogels have been produced from both synthetic and biobased polymers, therefore used in different industries such as water treatment (Yang et. al., 2021; Ihsanullah et. al., 2022; Peng et. al., 2022; Xiong et. al., 2022; Zhong et. al., 2022; Zhu et. al., 2022), liquid absorber (Mulyadi et. al., 2016; Jiang et. al., 2017; Tang et. al., 2019; Bian et. al., 2022; Iskandar et. al., 2022), dust collector (Li et. al., 2020), wound dressers (Mathew et. al., 2012; Lu et. al., 2014; Nordli et. al., 2016). Aerogels have been classified in different ways. According to structure it is subcategorized as monolith, powder and film however, mesoporous, microporous, and mixed porous comprise classification based on pore structure in skeleton. Most recently, classification of this material is categorized according to main component of composition called organic, inorganic or hybrid based aerogels (Stergar and Maver, 2016).

In this study, different mixing rated (75%-25%, 50%-50%, 25%-75%) NFC-Alg based aerogels were produced by simple lyophilization technique after obtaining modified oxidized NFC by TEMPO oxidation. Liquid absorption performances with both water and PBS solution, water vapour

permability, degradation rate in PBS, antibacterial efficiency and essentially biocompatibility properties of aerogels were investigated for evaluating this composites in biomedical industry.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Materials

MBP (Mg-bisulphite pulp) was used as a raw material for producing NFC and kindly provided by Biocel Paskov a.s. company (Czechia). TEMPO oxidation reactives (TEMPO (2,2,6,6, tetra methyl piperidine N oxyl), NaOCl, NaBr) were purchased from Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Taufkirchen/Germany). All other chemicals (NaClO, HCl, NaOH, NH<sub>2</sub>OH.HCl, CaCl<sub>2</sub>) obtained from Merck KGaA (Darmstadt/Germany). Low molecular weight of Na-alginate was kindly ensured by Setaş Chemical Inc. (Çerkezköy/Turkey). Deionized water used during all experiments.

### 2.2. Methods

#### 2.2.1. Producing NFC and Aerogel Process

TEMPO catalysed oxidation was performed as pretreatment before NFC production according to Saito et. al., (2006). 0.1 mol TEMPO and 1 mol NaBr was dissolved in 50 ml water and added into 1 g MBP slurry. Suspension's pH was adjusted to 10 and after addition of 8 mmol NaClO having pH 10, all ingredients were mixed at 500 rpm with mechanical stirrer until pH stability obtained at 10. Reaction was finished by adding 50 ml ethanol. Oxidized cellulose washed by high amount of water until obtaining conductivity value less than 5 µS/cm. After preparing concentration at 1%, cellulose passed through high pressure homogenizator (APV 1000, Hemisan-Turkey) at 50-250 bar and 150-550 bar, respectively for two stages and obtained NFC was stored at +4 °C. Alg was dialysed against deionized water due to removing of impurities before producing aerogels. Aerogels were produced by means of lyophilization technique even after freezing samples. After preparing 1% concentration of both polymers (NFC and Alg) at pH 5.5, Alg added into NFC suspension with proportion of 75%-25% (75% NFC-25% Alg), 50%-50%, 25%-75% and mixtures were mixed at 500 rpm for 24 hours by magnetic stirrer. Suspensions were poured into glass petri dishes, freezed (VWR) at -86 °C for 24 hours and lyophilized (Christ Alpha 1-2 LD) at -55 °C, -50 mbar vacuum for 48 hours. Obtained aerogels were soaked into 1% concentrated CaCl<sub>2</sub> solution for 12 hours and washed with excess of water due to removing non reacted fractions of CaCl<sub>2</sub>. Aerogels relyophilized by using same conditions above mentioned and end products were obtained.

#### 2.2.2. Water and PBS Absorption

The water and PBS absorption tests were performed by standing of 5 mg sample in water (50 ml) and PBS (10 ml) which were incubated in an oven at 37 °C for 24 hours. End of time, excess of liquid was removed from sample and absorption values were calculated according to formula:

$$\text{Water-PBS Absorption Value (\%)} = [(M_t - M_0) / M_0] \times 100$$

Where; M<sub>t</sub>: Sample weight after test (g)

M<sub>0</sub>: Sample weight before test (g).



### 2.2.3. Degradation Rate

Degradation rate of aerogels were performed according to weight loss of samples in PBS solution. 0,005 g sample was put into 10 ml PBS solution which was stated in incubator at 37 °C. Samples were pulled off from solution time intervals of 1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72nd hours and dried untill obtaining fully dried weight. Degradation rates were calculated according to formula below.

$$\text{Degradation Rate (\%)} = [(M_0 - M_t) / M_0] \times 100$$

Where;  $M_t$ : Fully dried sample weight (g)

$M_0$ : Sample weight (g).

### 2.2.4. Water Vapour Permeability

Water vapour permeability of aerogels were determined by using modified ASTM standart E96-90 Procedure D. Measurement of 8.5 cm heigh, 1.2 cm wide and 0.6 cm end diameter glass bottles were used as a vapour mold and aerogels were sticked onto this molds . After determining weight of mold with samples, all motion were kept stable in desiccator which was stated in autoclave at 37 °C for 24 hours in which moisture of medium (40%) was provided by highly concentrated  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ . Water vapour permeability results of aerogels were determined according to formula below after 24 hours.

$$\text{Water Vapour Permeability (g/m}^2 \text{ day)} = (\Delta_w / \Delta_t) / A$$

Where;  $\Delta_w / \Delta_t$ : Moisture change after 24 hours (g/day)

A: Specific area for moisture transfer (0,00002826 m<sup>2</sup>)

### 2.2.5. Antibacterial Efficiency

Effect of bacterial resistance of aerogels were performed against gram positive bacteria strain *Staphylococcus aureus* by means of method proposed by Zhou et. al., (2006). Bacteria strain was cultured in broth medium at 37 °C for 24 hours and densities were adjusted approximately 0.7 McFarland by physiological saline. Before test, all samples were sterilized under UV light for 30 min. Samples were stated in culture plates including 1 ml medium and cultured for 24 hours at 37 °C. At the end, colony of bacteria was counted by using Miles and Misra (1938) method.

### 2.2.6. Biocompatibility

One of essential property of materials being used in medical processes is biocompatibility which is determined as non toxic and hazardous effect of related materials with human body. Biocompatibility of aerogels were carried out at Kastamonu University, Central Research Laboratory, Tissue Engineering, Biomaterial and Stem Cell Lab. Unit by MTT [3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5 diphenyltetrazolium bromide] (Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Taufkirchen/Germany) test based upon cell viability and mitochondrial dehydrogenase activity according to international ethical principles by means of ISO EN 10993-5. Rat bone marrow mesenchymal stem cells were used for this purpose. Samples were put into 24-well plate, wetted with culture medium before cell seeding process. MSCs were seeded on the well concentration of  $1 \times 10^5$  cells/well. The culture medium was consisted

of  $\alpha$ -MEM containing 10% FBS, 100 U/ml penicilin and 100  $\mu$ g/ml streptomycin. Aerogels constructed with cells were incubated at medium comprising 37°C, 5% CO<sub>2</sub> and 95% humidity. Mitochondrial activity and viability of proliferated cells' were performed by means of MTT at the end of 1<sup>st</sup> and 7<sup>th</sup> days. Cell-aerogel constructs were put into 96-well plate, fresh medium without FBS (270  $\mu$ l) was put wells and 30  $\mu$ l MTT (5 mg/mL) kit added to obtain 10% total concentration and cultures were incubated at 37°C, 90% humidity and 5% CO<sub>2</sub> medium for 4 h. Formation of formazan crystals was investigated by using inverted phase-contrast microscope (Leica DMIL LED, Germany) even after incubation. Dark blue formazan crsytals were dissolved by MTT (10% HCl in 2-propanol) and colour intensity was measured at 570 nm using microplate reader (Biotek Synergy-HTX, USA). Tests were triplicated for each cultures and average of measurements was evaluated statistically.

### 2.2.7.SEM Images

Micro morphological structure of aerogels that show the highest performance of biocompatibility were investigated by SEM photographs with FEI Quanta FEG 250 (USA). Samples were prepared from both surface and cross section of aerogels and after coating with gold-palladium (40 mA current, 50 mbar pressure) by using Cressington Spray Coater (Ted Pella Inc., USA) images were taken in different magnitudes.

## 3.Results and Discussion

### 3.1.Liquid Absorption Performance

In Figure 1, as a being of essential property of liquid absorption for porous material that could be use in wound dressing materials are given. Water absorption values can be seen in scale ranged between 706%-1029% in line of pure NFC and respective of mixing rates. However, pure Alg aerogel showed decomposited structure and no values could be determined. As can be seen in figure obviously, increasing amount of Alg in composition caused decreasing water absorption values of aerogels. This situation can be explained by crosslinking of Alg with NFC by means of CaCl<sub>2</sub> in which porous structure of composition stricted and densely packed, resulted presenting of small and low amount of gaps in composition. In this situation, Ca<sup>2+</sup> ions probably blocked anionic sites of both NFC and Alg backbone that effect negatively pore sizes. Liquid absorption character of porous materials are basically correlated to main matrix' s porosity and pore sizes. According to our former result (Kurtuluş et. al., 2022), porosity values of related materials decreased with addition of Alg into NFC composition which is also promotive explanation of water absorption behaviour.

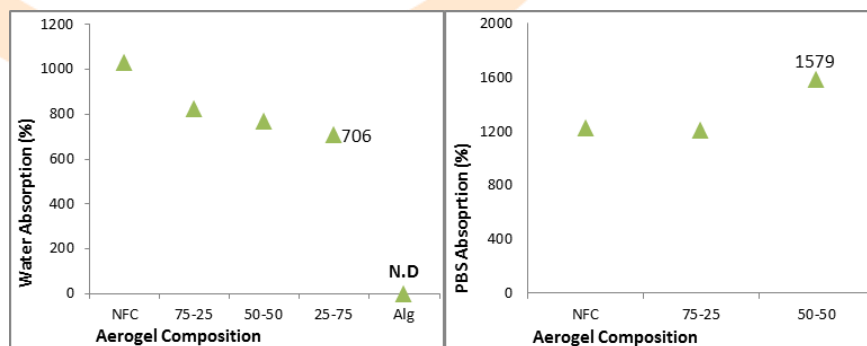


Figure 1. Water and PBS absorption results of aerogels

PBS absorption values can also be seen in Figure 1 which shows almost adverse character when compared to water absorption results. Addition of Alg into composition clearly enhanced uptake of PBS into matrix and additionally higher level Alg included samples (25%-75% and pure Alg) decomposed in PBS solution and no datas could be observed. PBS absorption values were determined clearly higher grade than water absorption values range between 1226%-1579%. Although decreasing of porous structure in high amount Alg included aerogels, increasing of absorption can be correlated with interaction of carboxyl groups of both Alg and NFC with  $\text{Na}^{+1}$  and  $\text{K}^{+1}$  ions of PBS salt. Main matrix of aerogels probably protected by interaction of these ions with cell wall components composed of carboxyl fractions presented in NFC and Alg. In a short sum, related aerogels have almost high level of absorption which is essential spesification of wound dressing materials that provides absorb of wound exudates.

### 3.2.Degradation in PBS

Degradation of wound dressing materials are basically challenging issue because of according to related wound low degree of degradation or completely degradation is desired with accumulation onto wound area. For this purpose, degradation behavior of NFC-Alg aerogels determined and provided results are shown in Figure 2. Due to highly decomposition, 25%-75% mixing rated and pure Alg aerogels' s performances could not be determined similar to above mentioned results. It is clearly seen from figure that, all aerogels degraded in PBS solution in different time zones. Adition of Alg into composition caused increasing of decomposition and the maximum degradation rate was determined for maximum Alg composition of 50%-50% as 29.8%. One of suprising result in degradation performance is non degradation behaviour and resulted absorption of aerogels especially early time zone of test. This situation is probably caused by higher carboxyl fraction of NFC (1.06 mmol/g) and Alg which could be easily react with PBS solution' s cationic ions. However, aldehide fraction of NFC (0.87 mmol/g) is responsible of strict structure of pure NFC and samples having higher amount NFC. Aldehyde groups are known as capable forming acetal and hemi acetal bonds between fibers with temperature. Generally, decomposition of samples started after two hours and after 24 hours degradation rates are obtained in similar rates. This situation can be result of high hydrophilic nature of Alg and after absorption of high level liquid main matrix started to decompose and degradation occurs.

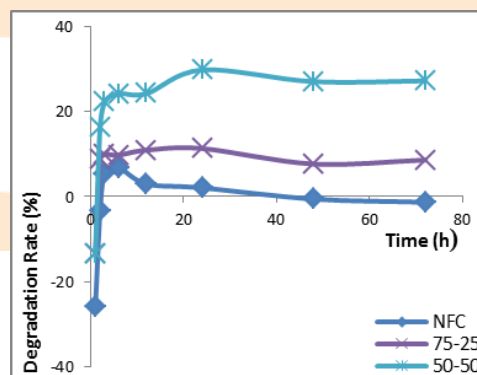


Figure 2. Degradation in PBS solution results of aerogels

### 3.3. Water Vapour Permeability (WVP)

WVP is one of essential specification for materials being used in especially food packaging and biomedical devices. Figure 3 shows permeability results of NFC-Alg based aerogels with pure polymer samples. The maximum permeability result was observed by 50%-50% composition of aerogels as 3868 g/m<sup>2</sup> day, however the lowest performance was belong to both pure Alg and 25%-75% aerogels as scale of 2888 g/m<sup>2</sup> day. Except of 50%-50% based sample, addition of Alg into NFC matrix caused decreasing WVP which can be explained by clogging of NFC pores by higher level of Alg. Similar result was presented by Huq et. al., (2012). According to results, addition of NCC into Alg matrix resulted with decreasing of water vapour permeability and it was assumed that this situation caused by NCC's corrugated and reticular structure in film matrix which was responsible for diminishing diffusion process. Similar result with our study was also presented by Wang et. al., (2017). After preparing NCC-Alg based films, they were investigated WVP and addition of NCC into Alg matrix caused lower degree of permeability result compared to neat cellulosic fiber added composites. This result was explained by high hydrophilic character of cellulosic fibers than NCC which basically composed of crystal structure. In wound healing process, first degree burn wounds' WVP is 279 g/m<sup>2</sup> day and this value is 5138 g/m<sup>2</sup> day for granulation tissues, however non degraded normal skin's rate is 204 g/m<sup>2</sup> day. According to present study, both pure polymeric and NFC-Alg aerogels have almost high level of WVP results and when analyzed for this respect, these materials are usable candidates in wound healing progress (Lin et. al., 2013; Lv. et. al., 2014).

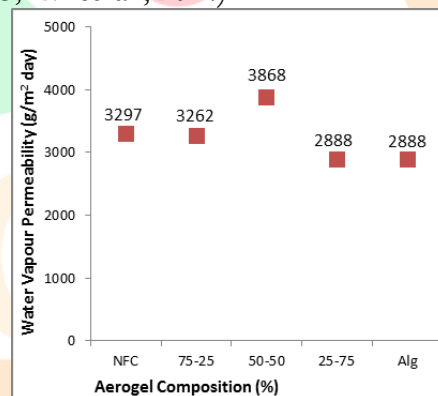


Figure 3. Water vapour permeability results of aerogels

### 3.4. Antibacterial Efficiency and Biocompatibility

Bacterial resistant of NFC-Alg and pure polymeric aerogels were investigated versus gram positive *S. aureus*. Table 1 shows bacterial colony amount after 24 hours incubation performance. It is clearly seen from table that pure NFC based aerogels have high degree resistance versus related bacteria, however except 50%-50% mixing rated samples Alg added compositions show low degree performance. Pure Alg sample's performance could not be determined due to decomposition of material in PBS solution. 75%-25% based sample have no resistance and bacterial colony increased from  $2 \times 10^9$  to  $5 \times 10^9$ . In general, Alg is known as a antibacterial polymer and investigated in literature by different researchers. Hegge et. al., (2011) prepared curcumin added Alg foams and used these materials for healing of infectious wounds. Results showed that curcumin addition increased hydration time and *E. coli* bacteria strain effected lower rate from curcumin added Alg samples compared to

other bacteria strain *E. faecalis*. In addition, Straccia et. al., (2015) produced chitosan coated sodium-Alg based hydrogels for performing in wound dressing applications and assumed resistance of related materials versus *E. coli*. Another study about antibacterial resistance of sodium Alg-chitosan-ZnO based hydrogels were investigated by Zhang et. al., (2021) to investigate of realted materials for healing wound faster. Obtained results showed that produced materials had antibacterial resistance against different bacteria strains *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, and *Bacillus subtilis*. He et. al., (2021) prepared Alg-carboxymethyl chitosan-Kangfuxin based sponges for healing of full thickness wounds and these composites had also showed higher resistance towards bacteria strains of *E. coli* and *S. aureus*. One of lately study about Alg based composite' s antibacterial efficiency was performed by Abtahi et. al., (2022). Cerium crosslinked Alg-carboxymethyl cellulose based films were prepared to investigate their bacterial resistance addition to biocompatibility. Presented results showed high antibacterial effect versus *S. aureus* and *E. coli* bacteria strains with also biocompatible structure. According to our study, it can be concluded that except 75%-25% based aerogels, other all samples have almost low degree antibacterial resistance versus *S. aureus*. This situation is clearly thought as a result of dialysis process of Alg before aerogel production and probably low molecular weighted chemical groups of polymer were removed during this treatment and caused decreasing bacterial resistance.

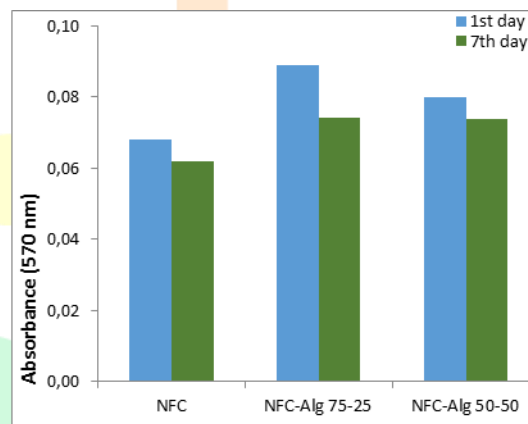
**Table 1.** Bacterial resistance results of aerogels versus *S.aureus*

Sample	10 <sup>5</sup>	10 <sup>9</sup>
NFC	84	
NFC-Alg 75-25		5
NFC-Alg 50-50		1
NFC-Alg 25-75		x*
Alg	N.D.	

\* No change in bacterial colony amount

In Figure 4, biocompatibility results of aerogels are illustrated according to obtained proliferated cell amount after MTT assay. Biomedical devices in which are direct contact with human body must have biocompatible property that is explained by no hazardous and toxic effect between related material with body. For this reason, biocompatibility of produced aerogels were tested by using Rat bone marrow mesenchymal stem cells. Except pure Alg and 25%-75% based samples in which related results could not be determined due to dissolving of samples in PBS solution, all aerogels showed high biocompatible property both after 1st and 7th day. However, increasing of cell amount on aerogels surfaces with addition of higher Alg amount clearly shows Alg' s biocompatible structure. This spesification was proposed by a study He et. al., (2021) like mentioned above section. High biocompatible structure by cell viability was observed for Alg-carboxymethyl chitosan-Kangfuxin based sponges. Another study was performed by Claudio-Rizo et. al., (2022) in which Alg-collagen-polyurethane based hydrogels were produced to investigate of efficiency for chronic wounds. It was assumed that obtained composites had antibacterial effect and did not show cytotoxic effect versus fibroblast and monocytes. In general result, it seen that proliferated cell amount decreased in low rate

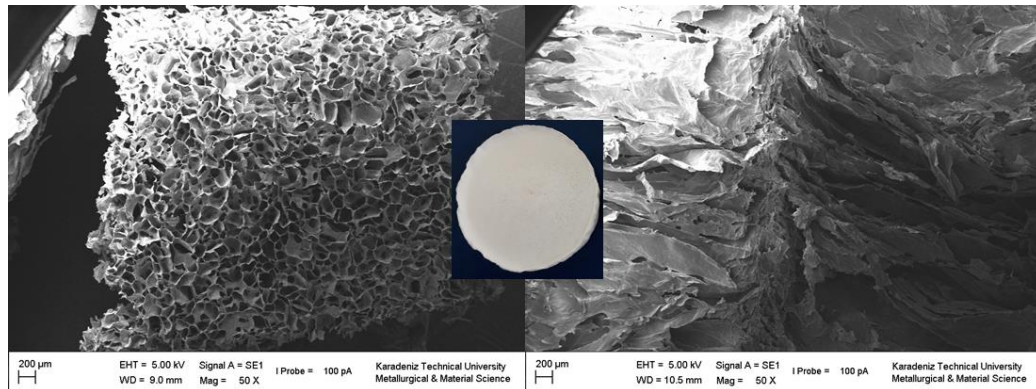
in 7th day compared to 1st day. This situation is probably caused by degradation of cell wall structure of aerogels in MTT solution with longer time zone which caused low moving capability of cells in matrix. Structural stability of samples provide faster cell moving easily compared to decomposed matrix that resulted high proliferated cell amount. One of interesting result in Figure 4 is biocompatible structure of pure NFC based sample. Although low rate of proliferated cell amount was observed compared to NFC-Alg samples, this specification of neat NFC sample will open new gates for applying pure NFC in different type of biomedical devices. According to obtained results, it can be concluded that produced aerogels are promising candidate for wound dressing materials and after in vivo tests, they can be used in practice applications addition to teoric studies for this purpose.



**Figure 4.** Cell based proliferated cell amount on aerogels for 1st and 7th days

### 3.5.SEM Images

Micro morphological views of 75%-25% composition rated aerogels are shown in Figure 5 with macro morphological surface structure. Like as stated above, this composition showed the highest biocompatibility result meaning the highest cell proliferation among other samples. Macro morphological view of composition can be seen as obviously homogenous structure with white colour. Surface SEM image of aerogel (left column) clearly shows interconnected thin walls of NFC-Alg with honeycomb views and this morphological view is generally attributed to Alg. In Figure, it can also be closed pores which is directly correlated to presence of high amount of NFC. During preparing NFC-Alg gel before aerogel production, higher viscous gelous structure of NFC generally tends to aggregate and one of explanation of this dense and closed structure of surface can be result of this behaviour. However, cross section view is seen as densely structured and presented by oriented fibers towards drying line during lyophilization.



**Figure 5.** Surface and cross section SEM images of NFC-Alg 75%-25% aerogel

#### 4. Conclusion

In present study, NFC was prepared TEMPO catalysed oxidation process to introduce carboxyl moieties on fiber surface so as to easier of defibrillation mechanism. NFC-Alg based aerogels were produced by simple casting-lyophilization process with crosslinker of  $\text{CaCl}_2$  to investigate of related materials' suitability for wound dressing applications by determining basic properties such as liquid absorption, water vapour permeability, degradation in PBS solution, antibacterial efficiency and biocompatibility. These specifications are essential properties of medical dressing materials for providing different specific aims such as removing wound exudate, preventing wound area from bacterial contamination etc. Obtained results basically shows that these materials are one of sturdy materials for wound dressing applications with high level of liquid absorption, water vapour permeability, antibacterial effect and also highly biocompatible structure. However, it should be noted that, NFC-Alg 75%-25% mixing ratio based sample did not have bacterial resistance and 25%-75%, pure Alg samples can be prepared by using high concentrated  $\text{CaCl}_2$  to provide structural stability. In addition, it has to be noted that, due to high level of decomposition, related materials' crosslinking efficiency can be enhanced by using different type of crosslinkers especially for high level Alg comprising matrixes.

## References

Abdul Khalil, H.P.S., Davoudpour, Y., Nazrul Islam, Md., Mustapha, A., Sudesh, K., Dungani, R. and Jawaid, M. (2014). Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: A review. *Carbohydrate Polymers*, 99, 649-665. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.069>

Abtahi, S. G., Orhan, B., Vatanserver, C., & Kaygusuz, H. (2022). A potential antibacterial wound dressing based on cerium crosslinked alginate and carboxymethyl cellulose. [10.26434/chemrxiv-2022-b3cs0](https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2022-b3cs0)

Ahankari, S., Paliwal, P., Subhedar, A. and Kargarzadeh, H. (2021). Recent developments in nanocellulose-based aerogels in thermal applications: A review, *ACS nano*, 15(3): 3849-3874. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c09678>

ASTM E96-90 Procedure D, Standard Test Methods for Water Vapour Transmission of Materials, 2013.

Belbekhouche, S., Bras, J., Siqueira, G., Chappey, C., lebrun, L., Bertine, K., Marais, S. and Dufresne, A. (2011). Water sorption behavior and gas barrier properties of cellulose whiskers and microfibrils films, *Carbohydrate Polymers*, 83(4), 1740-1748. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.10.036>

Bian, H., Duan, S., Wu, J., Fu, Y., Yang, W., Yao, S., ... & Hu, C. (2022). Lignocellulosic nanofibril aerogel via gas phase coagulation and diisocyanate modification for solvent absorption. *Carbohydrate Polymers*, 278: 119011. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.119011> Get rights and content

Claudio-Rizo, J. A., Carrillo-Cortés, S. L., Becerra-Rodríguez, J. J., Caldera-Villalobos, M., Cabrera-Munguía, D. A., & Burciaga-Montemayor, N. G. (2022). Composite hydrogels comprised from interpenetrating networks of alginate-collagen-polyurethane for biomedicine. *Journal of Materials Research*, 37(2), 636-649. <https://doi.org/10.1557/s43578-021-00476-z>

He, Y., Zhao, W., Dong, Z., Ji, Y., Li, M., Hao, Y., ... & Zhou, Q. (2021). A biodegradable antibacterial alginate/carboxymethyl chitosan/Kangfuxin sponges for promoting blood coagulation and full-thickness wound healing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 167, 182-192. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.168>

Henriksson, M., Berglund, L.A., Isaksson, P., Lindstrom, T. and Nishino, T. (2008). Cellulose nanopaper structures of high toughness, *Biomacromolecules*, 9(6), 1579-1585. <https://doi.org/10.1021/bm800038n>

Hsu, H. H. and Zhong, W. (2019). Nanocellulose-based conductive membranes for free-standing supercapacitors: a review, *Membranes*, 9(6): 74. <https://doi.org/10.3390/membranes9060074>

Ihsanullah, I., Sajid, M., Khan, S., & Bilal, M. (2022). Aerogel-based adsorbents as emerging materials for the removal of heavy metals from water: Progress, challenges, and prospects, *Separation and Purification Technology*, 291, 120923. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.120923>

Iskandar, M. A., Yahya, E. B., Abdul Khalil, H. P. S., Rahman, A. A., & Ismail, M. A. (2022). Recent progress in modification strategies of nanocellulose-based aerogels for oil absorption application, *Polymers*, 14(5): 849. <https://doi.org/10.3390/polym14050849>

Isogai, A., Saito, T. and Fukuzumi, H. (2011). TEMPO-Oxidized cellulose nanofibers, *Nanoscale*, 3, 71-85. DOI: 10.1039/C0NR00583E



- Jiang, F., Dinh, D. M., & Hsieh, Y. L. (2017). Adsorption and desorption of cationic malachite green dye on cellulose nanofibril aerogels, *Carbohydrate Polymers*, 173: 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.05.097>
- Kistler, S.S. (1932). Coherent expanded-aerogels, *The Journal of Physical Chemistry*, 36(1): 52-64. <https://doi.org/10.1021/j150331a003>
- Kistler, S.S. (1937). United States Patent No: 2,093,454, Method of Producing Aerogels.
- Kurtuluş, O. Ç., Emin, N., Ondaral, S., Aşıkuzun, E., Durmaz, S. (2022). Optimization of production parameters and material characterization of nanofibril cellulose-alginate based bioaerogels. *2nd International Technology Sciences and Design Symposium*, Proceeding Book, pp.431-443, June 2-5 2022, Giresun, Turkey.
- LakshmiBalasubramaniam, S., Howell, C., Tajvidi, M., & Skonberg, D. (2022). Characterization of novel cellulose nanofibril and phenolic acid-based active and hydrophobic packaging films. *Food Chemistry*, 374, 131773. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131773>
- Lasrado, D., Ahankari, S. and Kar, K. (2020). Nanocellulose-based polymer composites for energy applications-A review. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(27): 48959. <https://doi.org/10.1002/app.48959>
- Li, Y., Jia, P., Xu, J., Wu, Y., Jiang, H. and Li, Z. (2020). The aminosilane functionalization of cellulose nanofibrils and the mechanical and CO<sub>2</sub> adsorption characteristics of their aerogel. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59(7): 2874-2882. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b04253>
- Lin, W.C., Lien, C.C., Yeh, H.J., Yu, C.M. and Hsu, S.H. (2013). Bacterial cellulose and bacterial cellulose-chitosan membranes for wound dressing applications. *Carbohydrate Polymers*, 94(1), 603-611. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.01.076>
- Liu, K., Liu, W., Li, W., Duan, Y., Zhou, K., Zhang, S., ... & Si, C. (2022). Strong and highly conductive cellulose nanofibril/silver nanowires nanopaper for high performance electromagnetic interference shielding. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 5, 1078-1089. <https://doi.org/10.1007/s42114-022-00425-2>
- Lu, T., Li, Q., Chen, W. and Yu, H. (2014). Composite aerogels based on dialdehyde Nanocellulose and collagen for potential applications as wound dressing and tissue engineering scaffold. *Composite Science and Technology*, 94: 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2014.01.020>
- Lv, F., Wang, C., Zhu, P. and Zhang, C. (2014). Characterization of chitosan microparticles reinforced cellulose biocomposite sponges regenerated from ionic liquid. *Cellulose*, 21, 4405-4418. <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0440-y>
- Mathew, A.P., Oksman, K., Pierron, D. and Harnad, M. F. (2012). Crosslinked fibrous composites based on cellulose nanofibers and collagen with in situ pH induced fibrillation. *Cellulose*, 19, 139-150. <https://doi.org/10.1007/s10570-011-9624-x>
- Mikkonen, K. S., Parikka, K., Ghafar, A., & Tenkanen, M. (2013). Prospects of polysaccharide aerogels as modern advanced food materials. *Trends in food science & technology*, 34(2): 124-136. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.10.003>
- Miles, A.A. and Misra, S.S. (1938). The estimation of the bactericidal power of blood. *Epidemiology & Infection*, 38(6), 732-749. doi:10.1017/S002217240001158X
- Mulyadi, A., Zhang, Z. and Deng, Y. (2016). Fluorine-free oil absorbents made from cellulose nanofibril aerogels. *ACS applied materials & interfaces*, 8(4): 2732-2740. <https://doi.org/10.1021/acsami.5b10985>

- Nordli, H. R., Chinga-Carrasco, G., Rokstad, A. M. and Pukstad, B. (2016). Producing ultrapure wood cellulose nanofibrils and evaluating the cytotoxicity using human skin cells. *Carbohydrate Polymers*, 150: 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.094>
- Paakko, M., Ankerfors, M., Kosonen, H., Nykanen, A., Ahola, S., Österberg, M., Ruokolainen, J., Laine, J., Larsson, P.T., Ikkala, O. and Lindström, T. (2007). Enzymatic hydrolysis combined with mechanical shearing and high pressure homogenization for nanoscale cellulose fibrils and strong gels. *Biomacromolecules*, 8(6), 1934-1941.
- Peng, H., Xiong, W., Yang, Z., Xu, Z., Cao, J., Jia, M., & Xiang, Y. (2022). Advanced MOFs aerogel composites: Construction and application towards environmental remediation. *Journal of Hazardous Materials*, 128684. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128684>
- Rehm, B.H.A. and Moradali, M.F. (2018). *Alginates and their biomedical applications*. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Saeed, U., Taimoor, A. A., Rather, S., Al-Zaitone, B., & Al-Turaif, H. (2022). Characterization of cellulose nanofibril reinforced polybutylene succinate biocomposite. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 08927057211063396. <https://doi.org/10.1177/08927057211063396>
- Saito, T., Nishiyama, Y., Putaux, J.L., Vignon, M. and Isogai, A. (2006). Homogenous suspensions of individualized microfibrils from TEMPO-Catalyzed oxidation of native cellulose. *Biomacromolecules*, 7(6): 1687-1691. <https://doi.org/10.1021/bm060154s>
- Sehaqui, H., Mushi, N.E., Morimune, S., Salajkova, M., Takashi Nishino, T. and Berglund, L.A. (2012). Cellulose nanofiber orientation in nanopaper and nanocomposites by cold drawing. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 4(2), 1043-1049. <https://doi.org/10.1021/am2016766>
- Sharma, P. R., Sharma, S. K., Lindström, T. and Hsiao, B. S. (2020). Nanocellulose-enabled membranes for water purification: Perspectives. *Advanced Sustainable Systems*, 4(5): 1900114. <https://doi.org/10.1002/adsu.201900114>
- Stegar, J. and Maver, U. (2016). Review of aerogel-based materials in biomedical applications. *Journal of Sol-Gel Technology*, 77(3): 738-752. <https://doi.org/10.1007/s10971-016-3968-5>
- Tang, J., Song, Y., Zhao, F., Spinney, S., da Silva Bernardes, J., & Tam, K. C. (2019). Compressible cellulose nanofibril (CNF) based aerogels produced via a bio-inspired strategy for heavy metal ion and dye removal. *Carbohydrate Polymers*, 208: 404-412. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.12.079>
- Xiong, T., Li, Q., Liao, J., Zhang, Y., & Zhu, W. (2022). Highly enhanced adsorption performance to uranium (VI) by facile synthesized hydroxyapatite aerogel. *Journal of Hazardous Materials*, 423: 127184. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127184>
- Yang, L., Zhan, Y., Gong, Y., Ren, E., Lan, J., Guo, R., ... & Lin, S. (2021). Development of eco-friendly CO<sub>2</sub>-responsive cellulose nanofibril aerogels as “green” adsorbents for anionic dyes removal. *Journal of Hazardous Materials*, 405: 124194. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124194>
- Zhang, M., Qiao, X., Han, W., Jiang, T., Liu, F., & Zhao, X. (2021). Alginate-chitosan oligosaccharide-ZnO composite hydrogel for accelerating wound healing. *Carbohydrate Polymers*, 266, 118100. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118100>
- Zhong, Y., An, Y., Wang, K., Zhang, W., Hu, Z., Chen, Z., ... & Wang, X. (2022). Evaluation of aerogel spheres derived from *Salix psammophila* in removal of heavy metal ions in aqueous solution. *Forests*, 13(1): 61. <https://doi.org/10.3390/f13010061>



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Zhou, J., Liu, S., Qi, J. and Zhang, L. (2006). Structure and properties of composite films prepared from cellulose and nanocrystalline titanium dioxide particles. *Journal of Applied Polymer Science*, 101(6), 3600-3608. <https://doi.org/10.1002/app.22650>

Zhu, Y. H., Zhang, Q., Sun, G. T., Chen, C. Z., Zhu, M. Q., & Huang, X. H. (2022). The synthesis of tannin-based graphene aerogel by hydrothermal treatment for removal of heavy metal ions. *Industrial Crops and Products*, 176: 114304. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114304>



## Ahşap Esaslı Panellerden Bilgisayarlı Nümerik Kontrol (Cnc) Makineleriyle Üretilmiş Bağlantı Elemansız Sandalyelerin Mekanik Performansı

*Taycan Çağdaş SAPMAZI<sup>1</sup>*  
*Erkan CEYLAN<sup>2</sup>*  
*Tolga KUŞKUN<sup>3</sup>*  
*Harun DİLER<sup>4</sup>*  
*Ali KASAL<sup>5</sup>*

### Abstract

Furniture engineering design and strength analyzes are relatively new concepts and not systematically applied in many countries, including Turkey. For the production of strong, durable and quality furniture frames; it is possible to assemble the furniture members to each other with fasteners as well as joints without fasteners. Since the strength, durability and cost problems of fasteners are still experienced, it is necessary to investigate the strength of furniture frames such as chairs without fasteners.

In this study, the mechanical performance of chairs constructed of wood based panels without fastener were investigated. The aim of this study was to evaluate the strength of different types of chairs without fastener which produced with CNC machines by using engineering design approach and product engineering methods including performance tests. In the production of chairs, 18 mm thick oriented strand board (OSB), medium density fiberboard (MDF) and Oriental beech (*Fagus orientalis* L.) plywood (KKP) were utilized as wood based panels. Within the scope of the study, 4 different chair types without fasteners were designed and produced and performance tests were carried out in 3 different loading directions (front to back, back to front and side-thrust) with cyclic stepped increasing loading method according to the principles of American Library Association (ALA) specification. Totally, 108 chairs without fastener were prepared and tested.

As a result of the study, it was concluded that the chairs produced from KKP gave the best performances, while the chairs produced from MDF gave performance values close to KKP, except for the side-thrust test data. The mechanical performance values of the chairs constructed of OSB

<sup>1</sup> Öğr. Gör., Akdeniz Üniversitesi, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, 0000-0002-7495-8129

<sup>2</sup> Öğr. Gör., Bingöl Üniversitesi, Tasarım Bölüm, 0000-0002-0497-7789

<sup>3</sup> Arş. Gör. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ağaçşileri Endüstri Mühendisliği Bölümü, 0000-0001-6657-139X

<sup>4</sup> Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, 0000-0002-9991-9847

<sup>5</sup> Prof. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ağaçşileri Endüstri Mühendisliği Bölümü, 0000-0002-4632-0072

were very low. In conclusion, it could be said that the chairs constructed of KKP and MDF without fastener have been found to have sufficient mechanical performance.

**Keywords:** Engineering Design, Cyclic Stepped Increasing Loading Method, Chair Performance Tests, Computer Numerical Control

## Giriş

Türkiye’de mobilya üretimi, iç pazar talebini neredeyse tamamıyla karşılayabilmektedir. Ayrıca; başta Avrupa ülkeleri olmak üzere Türkiye, tüm ülkelere ürünlerini pazarlayabilecek durumdadır. Ancak, ihracatın istenen seviyelere gelmesi için, üretilen ürünlerde sürekli bir kalite düzeyinin yerleştirilmesi gerekmektedir. Amaçlanan kalite düzeyinin yerleştirilebilmesi ise bilimsel ve teknik yaklaşımlarla mümkün olabilir. Kalitenin temel göstergelerinden bir tanesi de uluslararası kabul görmüş standartlara uyum olarak ifade edilebilir. Dayanımı ve kalitesi yüksek mobilya üretimi için, mobilya mühendislik tasarımı ilkeleri sistematik bir şekilde uygulanmalıdır. Böylelikle ürün son kullanıcıya ulaşmadan karşılaşılabilecek sorunlar ortadan kaldırılabilir için kullanıcı memnuniyeti ile birlikte kalite de sunulmuş olacaktır (Kasal, 2004; Ceylan, 2018).

Mobilya tasarımının vazgeçilmez bir aşaması olan mühendislik tasarımı ülkemizde ve dünyada henüz sistematik olarak uygulanmamaktadır. Bunun sonucu olarak da birçok mobilya tasarımı yeterli sağlamlıkta üretilmemekte, mobilyalar kullanım sırasında görevlerini yerine getirememekte ve kısa sürelerde kullanılamaz hale gelmektedir. Bazı tasarımlar ise kullanım süreleri boyunca karşılaşılabileceği yüklerden çok daha fazlasını taşıyacak sağlamlıkta üretilmekte ve bu durum hem ekonomik hem de estetik sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu sorunla, özellikle sandalye ve koltuk gibi ürünlerde çok fazla karşılaşılmaktadır. Tasarlanan ve imalatı yapılan sandalyelerde, dayanıklılık, sağlamlık, ekonomik olmama gibi teknik sorunlar, bunun yanında da gereğinden büyük kesitler ve gereksiz destekleyici/güçlendirici elemanlarına bağlı estetik açıdan sorunlar yaşanmaktadır. Bağlantı elemanlarındaki sağlamlık, maliyet ve dayanıklılık sorunu halen yaşanmakta olduğundan bağlantı elemanlı birleştirme yöntemlerinin dayanımını araştırmak gerekmektedir.

Doğal kaynaklarının azalması, masif ağaç malzemenin fiyatlarının her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Genel itibarıyla masiften üretilen sandalye parçalarının daha maliyetli olduğu bilinmektedir. Masif ağaç yerine daha uygun fiyatta olan ahşap esaslı levhaların kullanımı, maliyetleri oldukça düşürecek ve bu sayede doğal kaynakların verimli kullanımı sağlanacaktır.

Üretim süreçlerinde bilgisayarların; parça tasarımının ortaya çıkarılması, revize edilmesi, analiz ve tasarımın optimizasyonu gibi işlerde kullanılması CAD (Computer Aided Design / Bilgisayar Destekli Tasarım) olarak adlandırılır. CAM (Computer Aided Manufacturing) ise, bilgisayar sistemlerinin planlama, yönetme ve bir imalat işleminin kontrolünün doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılmasıdır. CAD/CAM sistemleri, zor tasarımların bile kolayca üretilmesine, kontrolün doğru ve sağlıklı bir şekilde yapılabilmesine ve parçanın üretime hazır hale getirilmesine olanak sağlar. İnsan hayatındaki tüketim artışından dolayı zaman ve iş gücü tasarrufu ile CNC tezgâhlar günümüzde daha çok kullanılmaya başlamıştır. İmalat endüstrisinin iş hacminin yükselmesi daha hassas, daha çok ve daha kaliteli ürünlere olan ihtiyacı artırdığından günümüzde birçok ürün CNC tezgâhları kullanılarak üretilmektedir.

Mobilya mühendisliği alanında literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, çerçeve ya da kutu konstrüksiyonlu mobilyaların mukavemet analizleri, yapısal analizleri ve performans testleri değerlendirilmesi, gibi konularda pek çok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Özellikle tutkallı ya da

demonte mobilyaların; birleştirme tasarımı ve performansına ilişkin çalışmaların gerçekleştirildiği birçok çalışma dikkat çekmektedir. Son zamanlarda, bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ve mobilya sektöründe de kullanılmaya başlanması, mobilya mühendislik tasarımında sonlu elemanlar metodu ile yapısal analiz çalışmalarını da yaygınlaştırmıştır.

Eckelman (1968), mobilya mukavemet tasarımında, mobilyaların kullanım sırasında maruz kalacakları etkili yüklerin belirlenmesi, bu yüklerin mobilya üzerinde neden olacakları gerilmelerin analizi ile mobilya elemanlarına ve birleştirme noktalarına gelen gerilmelerin analizinin önemini vurgulamıştır. Eckelman (1988a,b), performans testleri temelindeki ana etmenleri analiz ederek masa, sandalye, koltuk ve kutu mobilyalardaki performans deneyi yöntemlerini anlatmıştır. Eckelman (2003), çalışmasında mobilya mühendislik aşamalarını anlatmıştır. Buna bağlı olarak mobilya mühendislik tasarımının mobilya üretimindeki önemini belirtmiştir. Gustafsson (1996), huş odunundan hazırlanmış olduğu sandalyenin kullanım esnasında karşılaşılabilecek çeşitli yüklere karşı mukavemetini ölçmüş, daha sonrasında ise aynı sandalye örneğini modelleyerek sonlu elemanlar metodu ile aynı yüklere karşı bazı noktalarındaki gerilmelerini ölçmüştür. Analiz verileri ile deney verileri arasında anlamlı bir benzerlik olduğunu bildirmiştir. Eckelman ve Zhang (1995), döşemeli mobilyaların mühendislik tasarımında kullanılan GSA (General Services Administration Performance Test Method for Upholstered Furniture) test yöntemini, kabul edilebilir performans testleri yöntemi için gerekli faktörleri ve kavramları tartışmışlardır. Gustafsson (1997), sandalye çerçevelerinde oluşan gerilmeleri analiz etmenin oldukça zor olduğunu fakat bu sorunun sonlu elemanlar metodu kullanılarak çözebilmenin mümkün olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında dişbudak odunundan üretilen sandalye çerçeveleri hazırlayarak sonlu elemanlar metodu ile nasıl analiz edileceğini ve tasarlanacağını göstermiş ayrıca elde ettiği sonuçları test sonuçları ile karşılaştırmıştır. Sandalye çerçevelerinin bilgisayar destekli yapısal analiz yöntemleri kullanarak analiz edilebileceği belirtilmiştir. Eckelman (1999), devirli basamaklı yük yöntemini (cyclic stepped increasing load method) tanıtır, bu yöntemi kullanarak geliştirilmekte olan bir kısım sandalye performans testlerini ve kabul edilebilir yük değerlerini vermiştir. Eckelman ve Erdil (2001), döşemeli koltuk ve kanepeler için geliştirilmiş olan performans deney yönetiminin (FNAE 80-214) içeriğini ve bu yöntemin kullanılabilmesi için oluşturulacak laboratuvarında kullanılacak donanımsal gereksinimleri tanıtmışlardır. Ayrıca, uygulama durumunu göstermesi amacıyla; hafif (ev içi), orta ve ağır kullanımları gösteren kabul edilebilir yük değerlerini belirtmişlerdir. Haviarova ve diğerleri (2001), gelişmekte olan bazı ülkelerde okul sandalye ve sıralarının pahalı ve mühendislik tasarımı kriterlerine uygun olmayarak tasarlandığını belirterek, lamine ahşap malzemedeki ve kontrplaktan öğrenci sandalyesi tasarlamışlardır. Bu tasarımların, okullarda kullanılanlara göre mukavemetinin daha sağlam olduğunu ve maliyetlerinin daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada ayrıca, lamine ahşap malzemelerden yeterli sağlamlıkta okul mobilyası üretebildiklerini kanıtlamışlardır. Kasal (2006) tutkallı olarak birleştirilmiş ahşap ve kompozit malzemelerden üç farklı yan çerçeve tipi oluşturularak üretilen koltuk iskeletlerinin deneysel ve sonlu elemanlar analizini yapmıştır. Deney sonuçlarına göre, üç farklı yan çerçeve tipi ile oluşturulmuş koltuk iskeletleri farklı mekanik özellikler göstermişlerdir ve sonlu eleman analizinin anlamlı değerler verdiğini tespit etmiştir. Sonuç olarak mobilyalarda kritik noktaların birleştirmeler olduğunu, eğilme direnci yüksek malzemelerle daha mukavemetli birleştirmeler yapılabileceğini belirtmiştir. Koç ve diğerleri (2010), sonlu elemanlar yönteminin ağaç malzemede uygulanmasının zorluklarını inceleyerek, performans testlerini sonlu elemanlar programıyla yaptıkları testlerle karşılaştırmışlardır.

Yapılan literatür incelemesi sonucunda, bu çalışmada vurgulanmaya çalışılan, CNC makineleriyle panel malzemelerden üretilmiş “bağlantı elemansız ve demonte” mobilya üretimi ve

performanslarının değerlendirilmesi konusunda herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. İncelenen çalışmalar genellikle, tutkallı ya da mekanik bağlantı elemanlı demonte mobilyaların ve/veya birleştirmelerin yapısal özelliklerinin ve çeşitli yüklemeler karşısındaki performanslarının değerlendirilmesine yöneliktir. Bu bağlamda, bağlantı elemansız mobilya kavramı hem ulusal hem de uluslararası anlamda özgün bir kavram olarak görünmekte olup, bu yaklaşıma uygun mobilyaların tasarlanması, üretilmesi ve mukavemet açısından gösterdikleri performansların belirlenmesi, bu kavramın mobilya sektörüne tanıtılması, kazandırılması ve yaygınlaştırılması adına son derece önemlidir. Bağlantı elemansız mobilya yaklaşımı, sektörde tasarımcı ve üreticilere hem teknik hem de ekonomik anlamda birçok avantajlar sağlayacaktır. Bu nedenle, bu çalışma bağlantı elemansız mobilya yaklaşımına yönelik çalışmaların birincisi olması adına önemli bir çalışma olup, bu çalışmanın başarısı, gelecekte bu konuda yapılacak çalışmalar için teşvik edici ve tetikleyici olma özelliği taşımaktadır. Bu çalışmanın kapsamı, sadece bağlantı elemansız sandalye tasarımı, üretimi ve performans değerlendirmeleri ile sınırlanmış olup, gelecekte özellikle bu yaklaşımın döşemeli oturma mobilyalarının iskeletlerinin üretimine uyarlanabilmesine ilişkin yapılabilecek çok geniş kapsamlı ve yaygın etkisi çok yüksek olabilecek çalışmalar yapılabilmesi adına bir ön çalışma niteliği taşımaktadır.

Çalışmanın amacı, CNC makinelerinde MDF, OSB ve kayın kontrplak malzemelerinden seri olarak üretilmiş farklı tiplerdeki bağlantı elemansız demonte sandalyelerin, ALA performans testleri yüklerine göre de ürün mühendisliği yöntemleri kullanılarak performanslarının değerlendirilmesidir. Bu amaca ulaşmak için belirlenen hedefler:

- Bağlantı elemansız 4 farklı sandalye modeli tasarımının yapılması,
- Bağlantı elemansız toplam 108 sandalyenin CNC makinelerinde üretilmesi,
- Sandalyelerin mukavemetlerinin Standart bir test metoduna (American Library Association: ALA) göre kabul edilebilir değerlerin test edilmesi,
- Sandalyelerin, performans testlerindeki deformasyon karakteristiklerine göre zayıf ve güçlü noktalarının belirlenmesi,
- Belirlenen zayıf noktalar dikkate alınarak, geliştirici optimizasyon önerilerinin yapılmasıdır.

Çalışma kapsamında, bağlantı elemansız 4 farklı sandalye tipi tasarlanmış, üretilmiş ve 3 farklı yönde (önden arkaya, arkadan öne ve yanal) devirli yüklemeler ile test edilmiştir. Sandalyelerin üretiminde 18 mm kalınlığında yönlendirilmiş yonga levha (OSB), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve kayın kontrplak (KKP) olmak üzere 3 farklı ahşap esaslı panel kullanılmıştır. Sonuç olarak, 4 sandalye tipi, 3 farklı ahşap esaslı levha, 3 farklı yönde test ve her bir gruptan 3 yinleme olacak şekilde toplam 108 sandalye üretilmiş ve test edilmiştir.

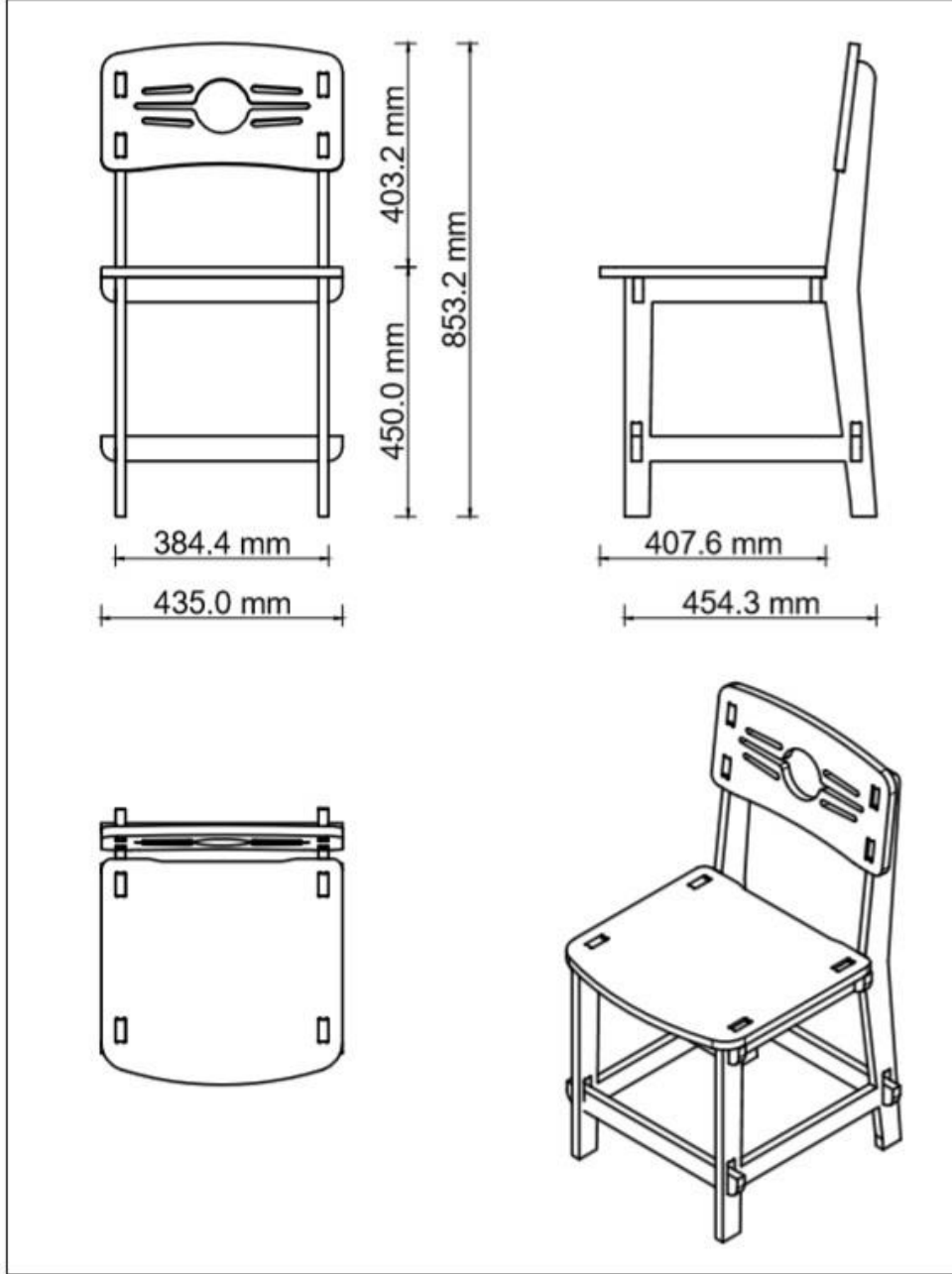
## YÖNTEM

### Sandalyelerin Üretiminde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhaların Gerekli Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, deneylerde kullanılan ahşap esaslı malzemelerin yoğunluk (TS EN 323), rutubet (TS EN 322) gibi fiziksel; yüzeye dik ve yüzeye paralel eğilme direnci ve elastikiyet modülü gibi mekanik özellikleri (TS EN 310) ilgili standartlarda belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir.

## Tasarlanan Bağlantı Elemansız Demonte Sandalyeler

Çalışma kapsamında, 2 yan çerçeve tipi ve 2 arkalık bağlantısı olmak üzere 4 farklı tipte bağlantı elemansız sandalye tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan 4 farklı tipteki her bir sandalye 2 yan çerçeve, 1 oturak, 1 sırt, 4 kayıt olmak üzere toplamda 8 parçadan oluşmaktadır. Şekil 1 ile Şekil 4 arasındaki görsellerde sandalye modellerinin ölçüleri ve net resmi, Tablo 1 ile Tablo 4 elemanların ölçüleri verilmiştir.

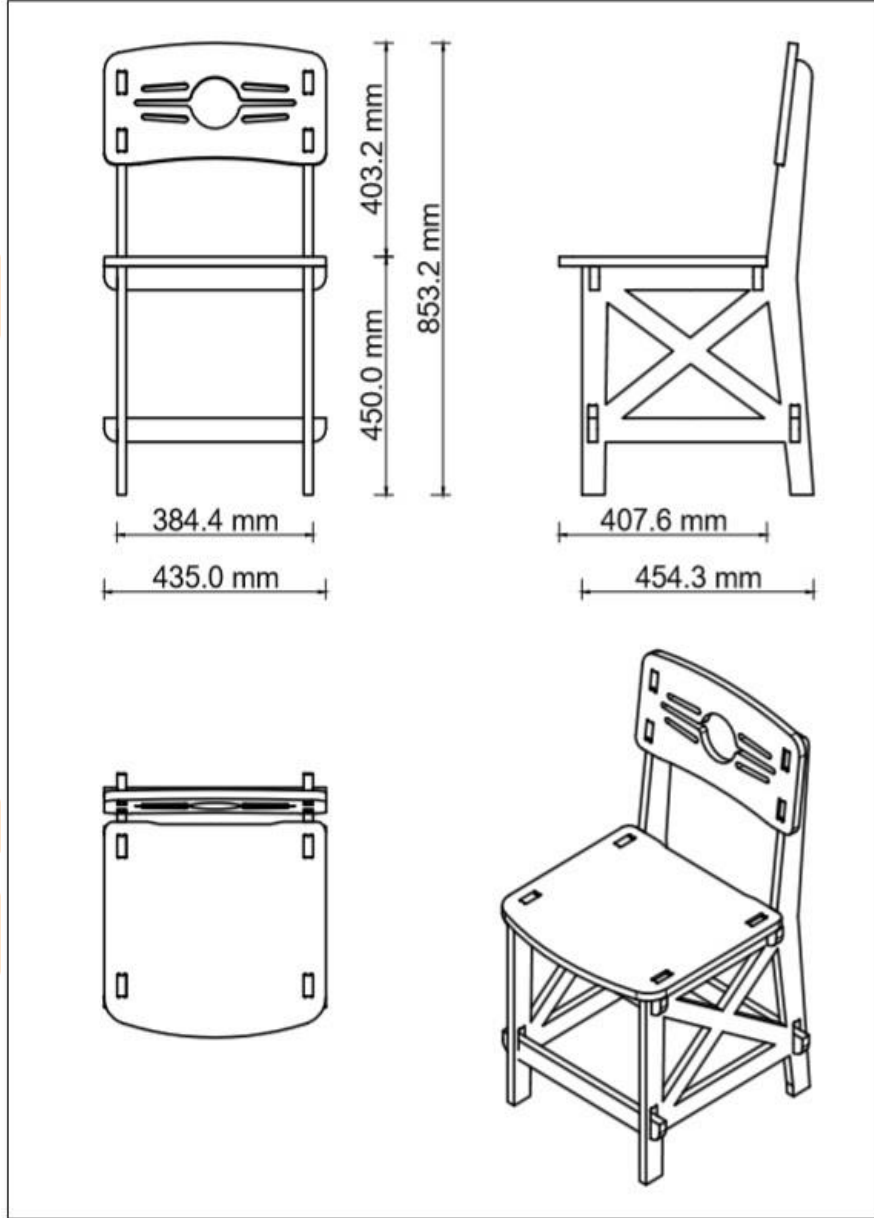


Şekil 1. Model 1 sandalyenin montaj net resmi ve ölçüleri



**Tablo 1 - Model 1 sandalyenin elemanlarına ilişkin ölçüler**

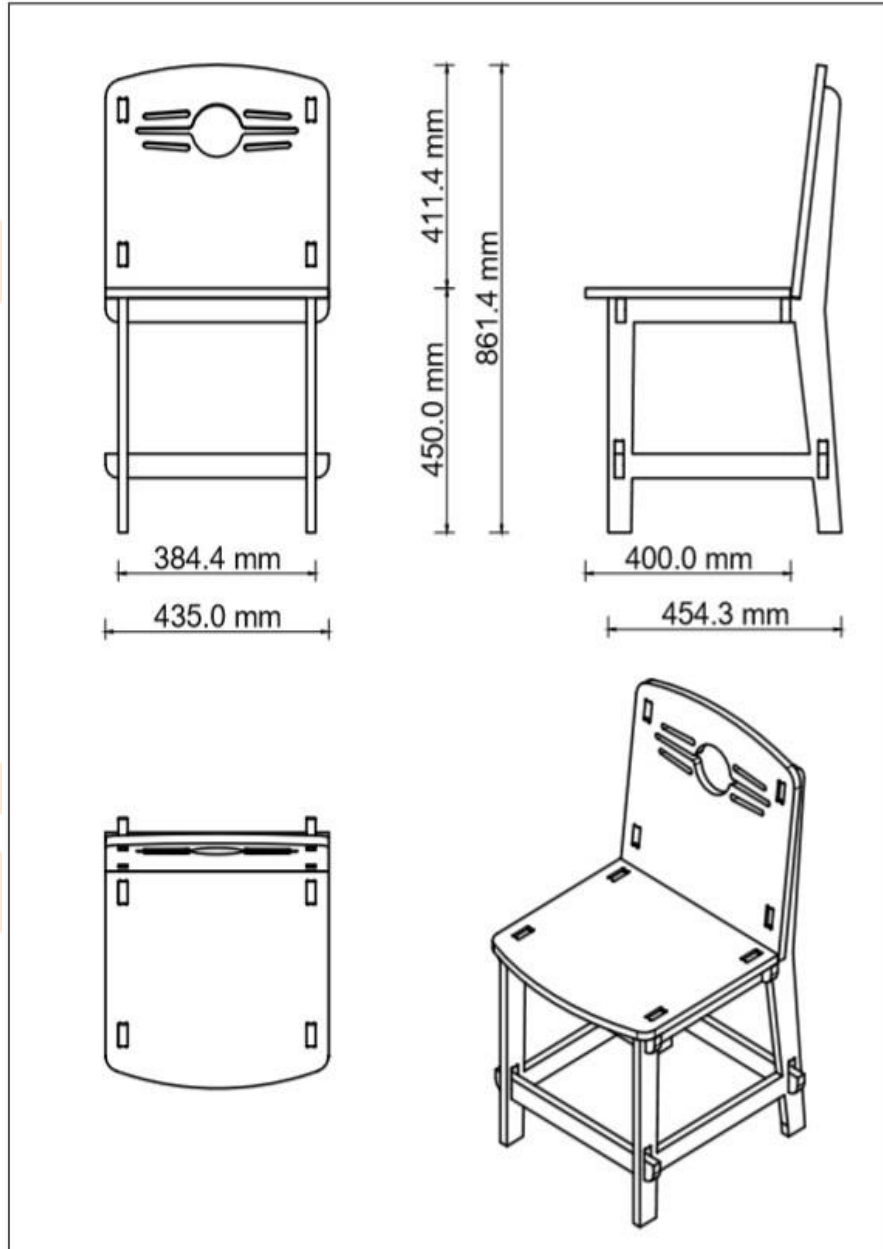
Eleman Adı	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kullanılan Adet
Yan Çerçeve	821,3	454,3	18	2
Ara Kayıt	435	45	18	4
Sırt	435	230,1	18	1
Oturak	435	407,6	18	1



**Şekil 2.** Model 2 sandalye montaj net resmi ve ölçüleri

**Tablo 2 - Model 2 sandalyenin parçalarına ilişkin ölçüler**

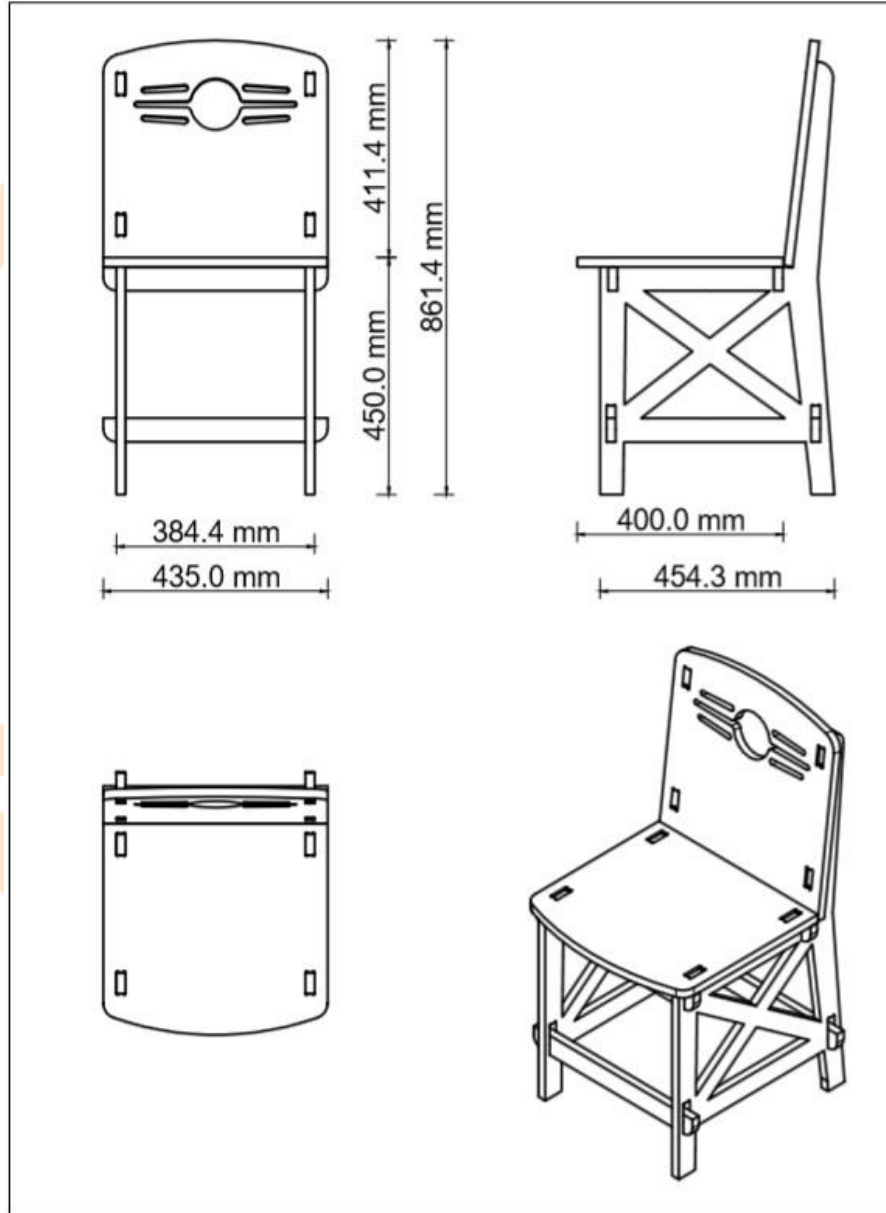
Eleman Adı	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kullanılan Adet
Yan Çerçeve	821,3	454,3	18	2
Ara Kayıt	435	45	18	4
Sırt	435	230,1	18	1
Oturak	435	407,6	18	1



Şekil 3. Model 3 sandalye montaj net resmi ve ölçüleri

Tablo 3 - Model 3 sandalyenin elemanlarına ilişkin ölçüler

Eleman Adı	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kullanılan Adet
Yan Çerçeve	821.3	454.3	18	2
Ara Kayıt	435	45	18	4
Sırt	435	430	18	1
Oturak	435	400	18	1

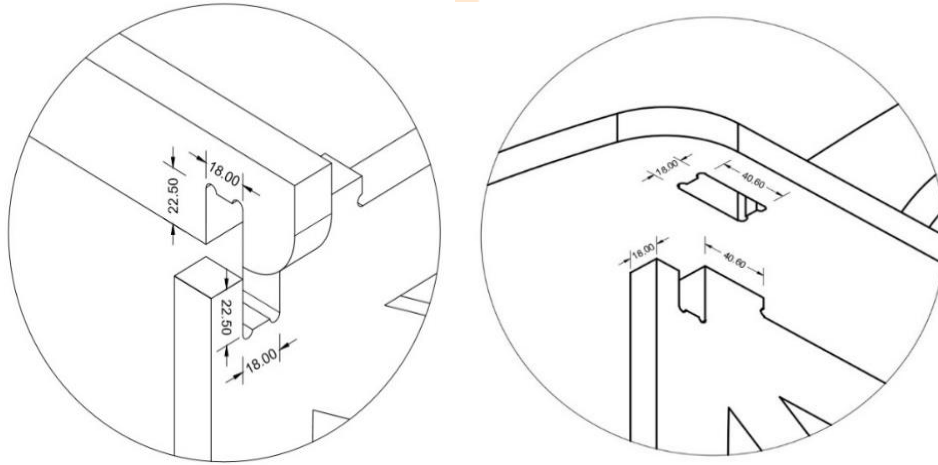


Şekil 4. Model 4 sandalye montaj resmi ve ölçüleri

**Tablo 4 - Model 4 sandalyenin parçalarına ilişkin ölçüler**

Eleman Adı	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Kullanılan Adet
Yan Çerçeve	821,3	454,3	18	2
Ara Kayıt	435	45	18	4
Sırt	435	430	18	1
Oturak	435	400	18	1

Tasarımı yapılmış 4 farklı modeldeki sandalyelerin ara kayıtları ile yan panel bağlantısı arasında uygulanan birleştirme Şekil 5 (a) 'da, oturak ve yan çerçeve bağlantı detayı Şekil 5 (b)'de verilmiştir.



a.

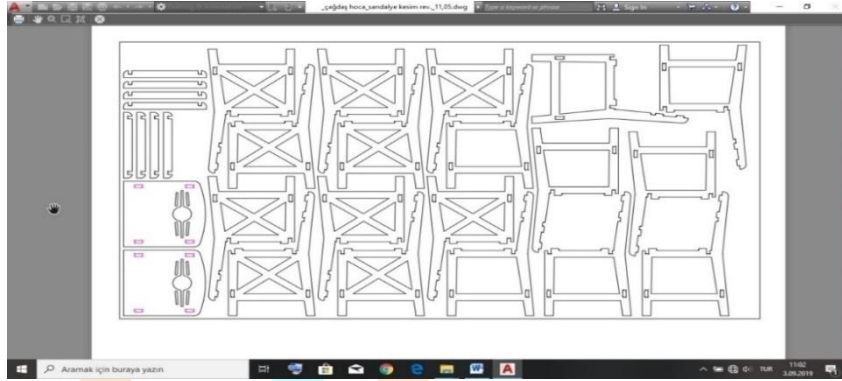
b.

**Şekil 5.** Sandalyelerin yan çerçeve-kayıt birleştirme (a) ve oturak-çerçeve birleştirme (b) detayı

### **Tasarlanan Bağlantı Elemansız Sandalyelerin CNC Makinelerde Üretilmesi ve Montajı**

Tasarlanan bağlantı elemansız sandalyelere ilişkin prototipler, mukavemetlerinin değerlendirilebilmesi adına, performans testleri için 1/1 ölçülerinde üretilmiştir. Üretimde, 18 mm kalınlığında yönlendirilmiş yonga levha (OSB), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve Doğu kayını kontrplak (KKP) kullanılmıştır.

Sandalyelerin üretim aşamasında ilk olarak, tüm modellere ilişkin parçaların teknik çizimleri yapılmış ve ardından parça resimleri tabaka malzemeler üzerine en az fire verecek şekilde çizim programı üzerinde yerleştirilmiştir (Şekil 6).



**Şekil 6.** CAD programında azami fire verecek şekilde sandalye parçalarının kesim için panel malzeme üzerine yerleştirilmesi

Tabaka üzerine yerleştirilmiş olan çizim CAM programı yardımıyla kodlaması yapılarak 3 eksenli CNC makinesinde kesimi yapılmıştır (Şekil 7).



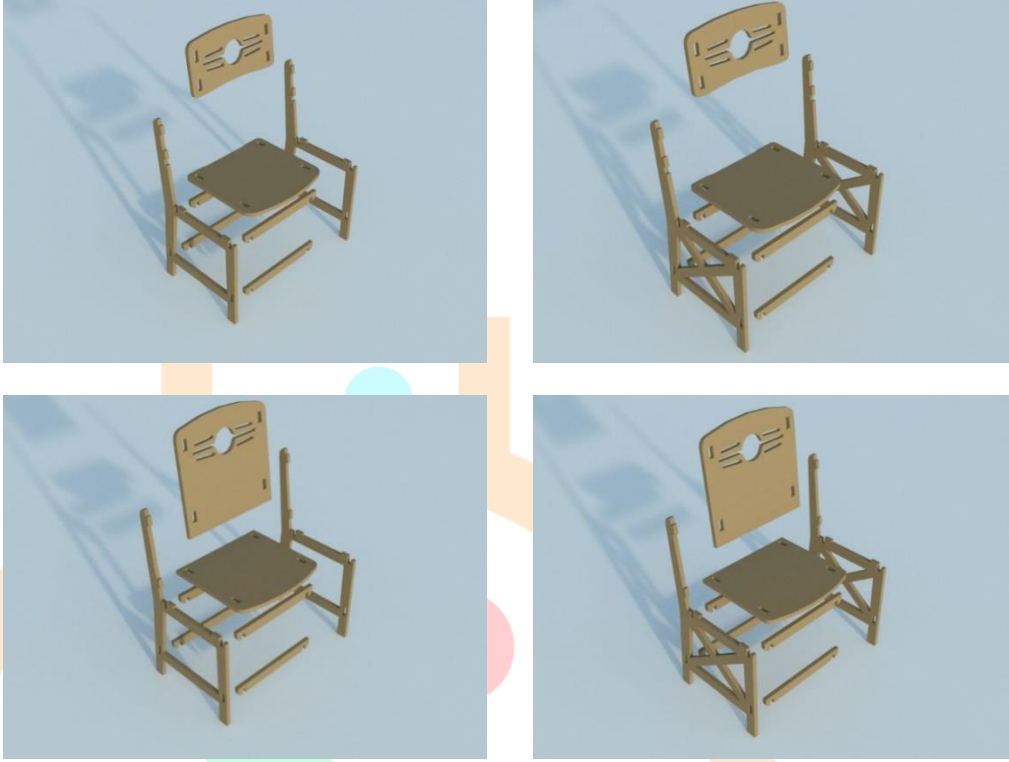
a.



b.

**Şekil 7.** Üç eksenli CNC freze kesim işlemi (a), işlem aşamasında kontrol paneli (b)

Montaj aşamasında öncelikli olarak aynı modele ait 2 yan çerçeve dikey konumda tutulmuş ve ardından her sandalye için kesilmiş 4 ara kayıt yan çerçeveler üzerinde kilit kanallarına hizalanarak plastik yüzeyli çekiç yardımıyla kanala yerleştirilmiştir. Ardından hazırlanmış olan sırt parçası alınarak yan çerçeve üzerindeki konumuna hizalanarak yine plastik yüzeyli çekiç yardımıyla yerleştirilmiştir. Son olarak, oturak parçası yan çerçeve üzerinde yer alan kanallara gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu işlemler esnasında hiçbir bağlantı elemanı veya tutkal türevi kullanılmadan birleştirmeler gerçekleştirilmiştir. Şekil 8' de ahşap esaslı panel malzemelerden üretilmiş sandalye modellerinin patlatılmış montaj resimleri yer almaktadır.

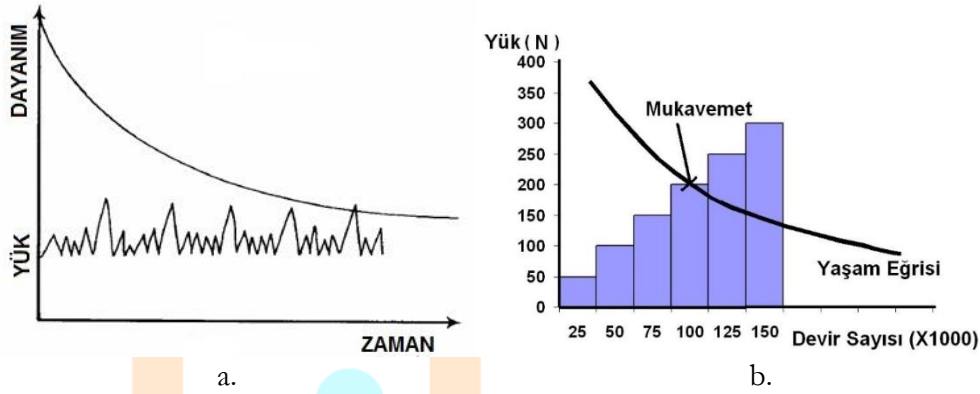


Şekil 8. Sandalye modelleri patlatılmış görüntüleri

### Sandalyelere Uygulanan Performans Testleri

Bağlantı elementsiz sandalyeler, devirli basamaklı artan yükleme metodu (cyclic stepped increasing method) ile “American Library Association” ALA raporunda belirtilen esaslara göre performans testlerine alınmıştır. Daha sonra deney sonuçları, sandalyeler için geliştirilmiş olan bu deney yöntemine göre değerlendirilmiş ve her grubun bu deney yönteminde önceden belirlenmiş olan hafif, orta ve ağır olmak üzere kabul edilebilir yük değerleri ile karşılaştırması yapılmıştır (ALA, 1982). Bu deney yönteminde, hafif kullanımlar ev içi ve özel mekânlardaki kullanımları, orta kullanımlar çok yoğun olmayan büro vb. mekânlardaki kullanımları, ağır kullanımlar ise yoğun kullanımı olan hastane, okul, kütüphane, hava alanı, vb. mekânlardaki kullanımları temsil etmektedir.

Bu test yönteminde, kullanıcıların yük uygulama eylemlerini, bir başka ifadeyle koltukların gerçek kullanım şartlarını en rasyonel şekilde temsil eden “devirli basamaklı artan yükleme” metodu kullanılmaktadır. Gerçek kullanımlarda ürünler sistematik, standart veya belirli bir yükleme geçmişi içerisinde olmayıp yorulma sonucunda dayanımın aşıldığı noktada deformasyona uğramaktadır (Şekil 9a). Devirli basamaklı artan yükleme metodu ise, yaşam eğrisi ile zorlayıcı kuvvetlerin etkilerinin ilk kesişim noktası belirlenerek herhangi bir ürünün, gerçek yaşam süresi boyunca karşılaşacağı muhtemel zorlanmalara karşı gösterebileceği performansı en iyi şekilde simüle etmek üzere tasarlanmıştır (Şekil 9b). Sonuçta bu yöntemle, sistematik olmayan yormaya dayalı yükleme geçmişi, sistematik bir şekilde devirli basamaklı artan yükleme şeklinde temsil edilmektedir. Bu standart metotta her bir performans testi için kullanılan belirlenmiş kritik parametreler; başlangıç yükü (N), yük artış değeri (N), her kademedeki devir sayısı (devir), devir oranı (dev/dak) ve toplam devir sayısı (devir) dir



**Şekil 9.** Gerçek kullanım koşullarında (a) ve devirli basamaklı yükleme metodunda (b) yaşam eğrisi ile ilk kesişim noktası (Eckelman, 1988a,b; ALA, 1982; Erdil, 2002)

Devirli basamaklı artan yükleme metodunda, her bir performans testi önceden belirlenmiş olan bir yük değeri için her aşamada 25000 devir yük uygulanmakta ve devir oranı yaklaşık olarak 20 dev/dak alınmakta ve bu aşama tamamlandığında, yük değeri yine önceden belirlenmiş bir oranda arttırılarak birinci aşamadaki işlemler tekrarlanmaktadır. Test edilen bir mobilyanın performansı, 25000 devri başarıyla tamamlayan en büyük yük değeri olarak kabul edilir. Bu işlemler, kabul edilebilir tasarım yük değerlerine ulaşıncaya veya mobilyada herhangi bir açılma, kırılma vb. gibi deformasyonlar meydana gelinceye kadar devam ettirilmektedir (ALA 1982).

Bağlantı elemansız sandalyelere, ALA standardında belirtilen test yöntemlerinden, önden-arkaya (Şekil 10), arkadan-öne (Şekil 11) ve yanal (Şekil 12) olmak üzere 3 farklı yönde yükleme yapılmıştır. Buna göre, çalışmada toplam 108 adet sandalye 1/1 ölçülerde sandalye test edilmiştir.

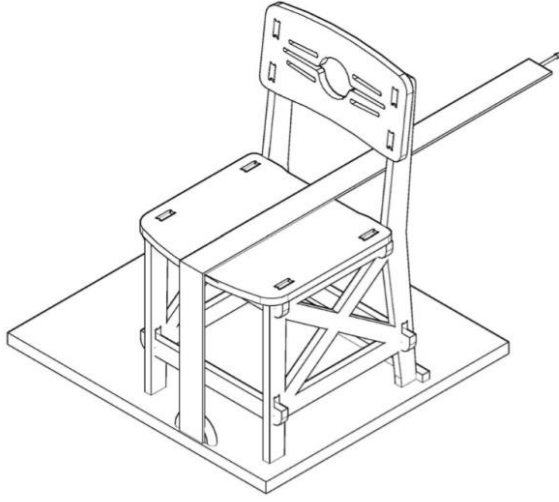
ALA deney yönteminde, sandalye performans deneyleri için belirlenmiş olan kabul edilebilir yük değerleri Tablo 5'te, başlangıç yükleri ve yük artış değerleri ise Tablo 6'da verilmiştir. Bu deney yönteminde, hafif kullanımlar ev içi ve özel mekanlardaki kullanımları, orta kullanımlar çok yoğun olmayan büro vb. mekanlardaki kullanımları, ağır kullanımlar ise yoğun kullanımı olan hastane, okul, kütüphane, hava alanı, vb. mekanlardaki kullanımları temsil etmektedir.

**Tablo 5 -** Sandalye deneylerinde çeşitli kullanım düzeyleri için kabul edilir yük değerleri

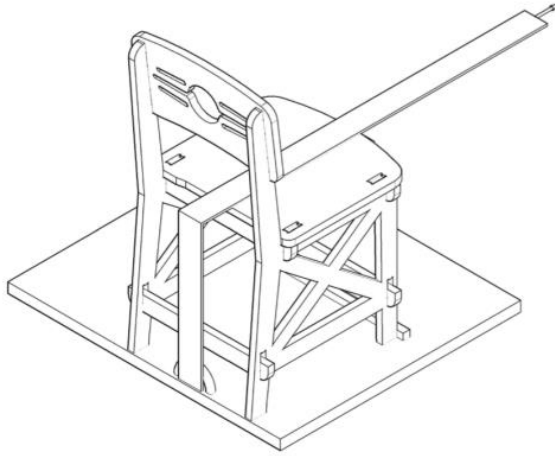
Deney Türü	Hafif (Ev içi)	Orta Kullanım	Ağır Kullanım
	Kullanım (N)		
Önden Arkaya Yükleme	1334	1557	2002
Arkadan Öne Yükleme	1001	1446	1890
Yanal Yükleme	890	1112	1334

**Tablo 6 -** Sandalye performans deneylerinde başlangıç yükleri ile yük artış değerleri

Deney Türü	1.Aşama		2.Aşama	
	Başlangıç Yüğü	Yük Artışı	Devam eden yükleme	Yük Artışı
Önden Arkaya Yükleme	445	111	1112	222
Arkadan Öne Yükleme	445	111	1001	222
Yanal Yükleme	222	111	1112	222

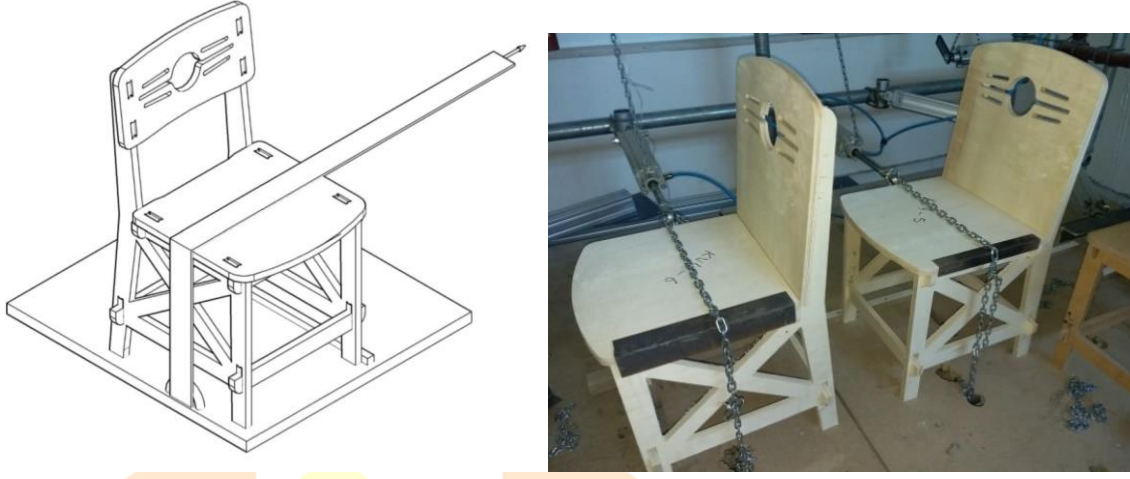


Şekil 10. Önden arkaya yükleme performans testi



Şekil 11. Arkadan öne yükleme performans testi





Şekil 12. Yanal yönde yükleme performans testi

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Deney Sandalyelerinin Üretiminde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhaların Deneylerle Belirlenen Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Deney sandalyelerinin üretilmiş oldukları ahşap esaslı levhaların rutubet ve yoğunluklarına ilişkin istatistik değerler Tablo 7’de, mekanik özellikleri ise Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7 - Deneylerde kullanılan ahşap esaslı panel malzemelerin bazı fiziksel özellikleri

Malzeme	Test Rutubeti		Test Rutubeti Yoğunluğu		Tam Kuru Yoğunluk	
	X (%)	v (%)	X (g/cm <sup>3</sup> )	v (%)	X (g/cm <sup>3</sup> )	v (%)
OSB	8,3	11,9	0,56	3,17	0,53	3,77
MDF	7,2	12,9	0,70	1,04	0,69	1,49
KKP	11,2	13,5	0,54	2,65	0,47	5,03

X: Aritmetik ortalama, v: Varyasyon katsayısı

Tablo 8 - Deneylerde kullanılan ahşap esaslı panel malzemelerin bazı mekanik özellikleri

Malzeme	Test Yönü	Eğilme Direnci		Elastikyet Modülü	
		X (N/mm <sup>2</sup> )	v (%)	X (N/mm <sup>2</sup> )	v (%)
OSB	Yüze Dik	10,40	18,26	1516	12,96
	Yüze Paralel	7,65	9,73	1119	12,92
MDF	Yüze Dik	12,57	4,21	3583	2,10
	Yüze Paralel	28,79	1,21	2604	2,50
KKP	Yüze Dik	23,40	4,64	6601	8,07
	Yüze Paralel	28,79	1,21	5615	3,90

## Bağlantı Elemansız Sandalyelerin Performanslarının Karşılaştırılması

Ahşap esaslı panel türünün ve tasarım modelinin, deney sandalyelerinin önden arkaya, yanal ve arkadan öne yönlerdeki devirli yük taşıma performansları üzerindeki etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi (MANOVA) sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

**Tablo 9 - Deney verilerine göre çoklu varyans analizi**

Yükleme Yönü	Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali (p<0,05)
ÖNDEN ARKAYA	Ahşap Esaslı Panel Türü	2	13156828	6578414	336,00	0,000
	Tasarım Modeli	3	2794589	931530	47,58	0,000
	AEP × TM	6	989235	164873	8,42	0,000
	Hata	24	469887	19579		
	Toplam	35	17410540			
YANAL	Ahşap Esaslı Panel Türü	2	6789314	3394657	282,37	0,000
	Tasarım Modeli	3	127433	42478	3,53	0,030
	AEP × TM	6	275475	45912	3,82	0,008
	Hata	24	288527	12022		
	Toplam	35	7480748			
ARKADAN ÖNE	Ahşap Esaslı Panel Türü	2	15259640	7629820	2468,11	0,000
	Tasarım Modeli	3	847376	282459	91,37	0,000
	AEP × TM	6	169681	28280	9,15	0,000
	Hata	24	74193	3091		
	Toplam	35	16350890			

AEP : Ahşap esaslı panel türü    TM : Tasarım modeli

Varyans analizi sonuçlarına göre, ahşap esaslı panel türü ve tasarım modeli ana faktörlerinin ve ikili etkileşimlerinin, önden arkaya, yanal ve arkadan öne yönlerdeki devirli yük taşıma performansına etkileri 0,05 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Tablo 9'da, hesaplanan F değerleri incelendiğinde, ahşap esaslı panel sandalyelerin devirli yük taşıma performansı üzerindeki etkisinin daha fazla, tasarım modelinin ise nispeten daha az etkili olduğu söylenebilir. Ana faktörlerin ve ikili etkileşimlerin belirgin etkilerinin görülmesi açısından ana faktörlere ve eş zamanlı etkilere ilişkin karşılaştırma testleri yapılmıştır.

Ana faktörlerden ahşap esaslı panel türünün, sandalyelerin önden arkaya, yanal ve arkadan öne devirli yük taşıma performansı üzerindeki etkilerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 10'da verilmiştir.

**Tablo 10 - Ahşap esaslı panel türüne göre devirli yük performansı ortalamalarının karşılaştırılması**

Ahşap Esaslı Panel Türü	Önden Arkaya Yüklemesi Performansı		Yanal Yüklemesi Performansı		Arkadan Öne Yüklemesi Performansı	
	X	HG	X	HG	X	HG
OSB	890	C	417	C	732	B
MDF	1890	B	778	B	2131	A
KKP	2335	A	1464	A	2094	A

Ahşap esaslı panel türüne göre yapılan karşılaştırmalar sonucunda, önden arkaya, yanıl ve arkadan öne testlerde en yüksek dayanımı KKP deney sandalyeleri vermiştir. OSB'den üretilen sandalyeler en düşük performans göstermişken, MDF'den üretilen sandalyeler KKP'den üretilen sandalyelere yakın performans değerleri vermişlerdir.

Tablo 10'a göre, KKP'den üretilen sandalyeler OSB'den üretilen sandalyelere göre; önden arkaya testlerde % 162, yanıl testlerde % 251, arkadan öne testlerde ise % 186 oranında daha iyi performans göstermişlerdir. MDF'den üretilen sandalyeler OSB'den üretilen sandalyelere göre; önden arkaya testlerde % 112, yanıl testlerde % 87, arkadan öne testlerde ise % 191 daha iyi performans göstermişlerdir. KKP'den üretilen sandalyeler MDF'den üretilen sandalyelere göre; önden arkaya testlerde % 24, yanıl testlerde % 88 oranda daha dayanıklı çıkmasına rağmen arkadan öne testlerde % 2 daha zayıf olarak bulunmuştur.

Ana faktörlerden tasarım modelinin, sandalyelerin önden arkaya, yanıl ve arkadan öne devirli yük taşıma performansı üzerindeki etkilerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 11'de verilmiştir.

**Tablo 11** - Sandalye modeline göre devirli yük performansı ortalamalarının karşılaştırılması

Tasarım Modeli	Önden Arkaya Yükleme Performansı		Yanıl Yükleme Performansı		Arkadan Öne Yükleme Performansı	
	X	HG	X	HG	X	HG
1	1446	B	791	B	1582	C
2	2002	A	914	A	1730	B
3	1409	B	890	A-B	1446	D
4	1965	A	951	A	1853	A

Tasarım modeline göre yapılan karşılaştırmalar sonucunda, 4 ve 2 numaralı modellerin her bir yükleme yönünde de, 1 ve 3 numaralı modellere göre daha yüksek performans gösterdiği görülmektedir. Önden arkaya ve yanıl yükleme yönünde, 4 numaralı model ile 2 numaralı model arasındaki performans değerleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. 1 numaralı model 2 numaralı modele göre; önden arkaya yüklemelerde % 45, yanıl yüklemelerde % 16 ve arkadan öne yüklemelerde ise % 9 oranında daha düşük performans göstermiştir. 1 numaralı model 3 numaralı modele göre; önden arkaya yüklemelerde % 3 ve arkadan öne yüklemelerde daha düşük performans, yanıl testlerde % 13 daha iyi performans göstermektedir. 1 numaralı model 4 numaralı modele göre; önden arkaya yüklemelerde % 36, yanıl yönde % 20, arkadan öne test yönteminde ise %17 daha düşük performans vermiştir.

Ahşap esaslı panel türü x tasarım modeli ikili etkileşiminin, sandalyelerin önden arkaya, yanıl ve arkadan öne devirli yük taşıma performansı üzerindeki etkilerine ait ortalamaların karşılaştırılması Tablo 12'de verilmiştir.

**Tablo 12 - Ahşap esaslı panel türü x tasarım modeli ikili etkileşimine göre devirli yük performansı ortalamalarının karşılaştırılması**

Ahşap Esaslı Panel Türü	Tasarım Modeli	Önden Arkaya Yükleme Performansı		Yanal Yükleme Performansı		Arkadan Öne Yükleme Performansı	
		X	HG	X	HG	X	HG
OSB	1	704,27	D	370,67	F	667,20	F
	2	1260,27	B	444,80	E-F	815,47	E
	3	593,07	D	444,80	E-F	556,00	G
	4	1000,80	C	407,73	F	889,60	E
MDF	1	1408,53	B	593,07	D-E	1964,53	C-D
	2	2298,13	A	963,73	C	2335,20	A
	3	1408,53	B	667,20	D	1890,40	D
	4	2446,40	A	889,60	C	2335,20	A
KKP	1	2224,00	A	1408,53	A-B	2112,80	B
	2	2446,40	A	1334,40	B	2038,67	B-C
	3	2224,00	A	1556,80	A	1890,40	D
	4	2446,40	A	1556,80	A	2335,20	A

Tablo 12'ye göre, KKP'den üretilmiş deney sandalyelerinin en iyi performansları verdiği, MDF'den üretilen sandalyelerin yanal yöndeki test verileri dışında KKP deney sandalyelerine yakın performans değerleri verdiği görülmektedir. OSB'den üretilen sandalyelerin performans değerlerinin düşük çıkmasının, ahşap esaslı panel OSB malzemesinin mekanik dirençlerinin zayıf olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci değerlerinin düşük olması, bu levha türü ile fonksiyonunu güvenilir olarak yerine getirebilen bir taşıyıcı sistem oluşturulamayacağını göstermektedir.

Sonuç olarak, KKP'den üretilen 2 ve 4 numaralı tasarım modelleri ile MDF'den üretilen 4 numaralı tasarım modeli önden arkaya yöndeki yüklemelerde en iyi performansı vermiştir. Yanal yüklemelerde, KKP'den üretilen 3 ve 4 numaralı tasarım modelleri, arkadan öne yüklemelerde MDF'den üretilen 2 ve 4 numaralı tasarım modelleri ile KKP'den üretilen 4 numaralı tasarım modeli en yüksek performansı göstermiştir.

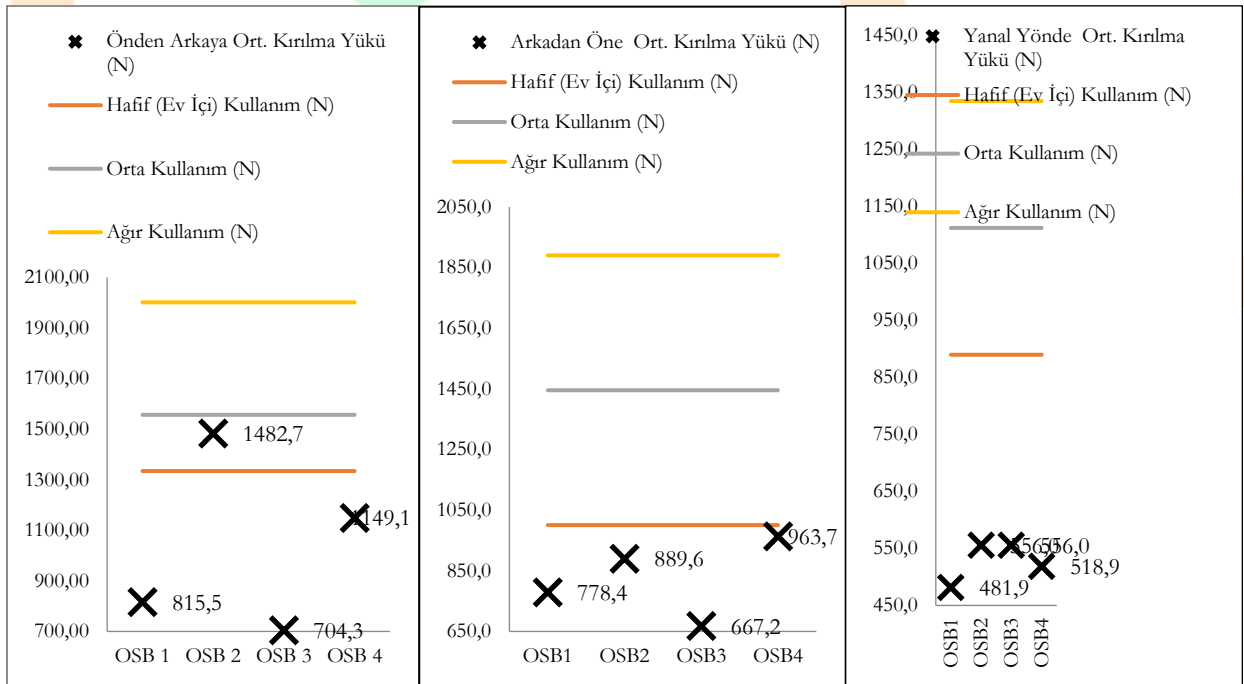
### OSB Deney Sandalyelerinin Performanslarının Değerlendirilmesi

OSB'den üretilen 4 farklı model sandalyenin, önden arkaya, arkadan öne ve yanal yönde yüklemelerinin ALA' daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Tablo 13'te verilmiştir.

**Tablo 13** - OSB deney sandalyelerinin ALA'ya göre genel test verileri

Test Yöntemi	Model	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
Önden Arkaya	OSB 1		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB2	1334	<b>Başarılı</b>	1557	Başarısız	2002	Başarısız
	OSB3		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB4		Başarısız		Başarısız		Başarısız
Yanal	OSB1	890	Başarısız	1112	Başarısız	1334	Başarısız
	OSB2		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB3		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB4		Başarısız		Başarısız		Başarısız
Arkadan Öne	OSB1		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB2	1001	Başarısız	1446	Başarısız	1890	Başarısız
	OSB3		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	OSB4		Başarısız		Başarısız		Başarısız

Tablo 13'deki verilere bakılacak olunursa 4 farklı modeldeki sandalyenin hiçbirisi ALA tarafından ev içi kullanıma dahi uygun görülmemektedir. Bunun nedeninin OSB'den üretilmiş deney sandalyelerinin malzemeden kaynaklı olarak dayanımının düşük olmasıdır. OSB malzemelerden üretilen deney sandalyeleri kullanıma uygun değildir. 4 farklı model sandalyenin, önden arkaya, arkadan öne ve yanal yüklemeye performanslarını gösteren grafikler Şekil 13'te sunulmuştur.



**Şekil 13.** ALA'ya göre OSB'den üretilen sandalyelerin performansı

## MDF Deneysel Sandalyelerin Performanslarının Değerlendirilmesi

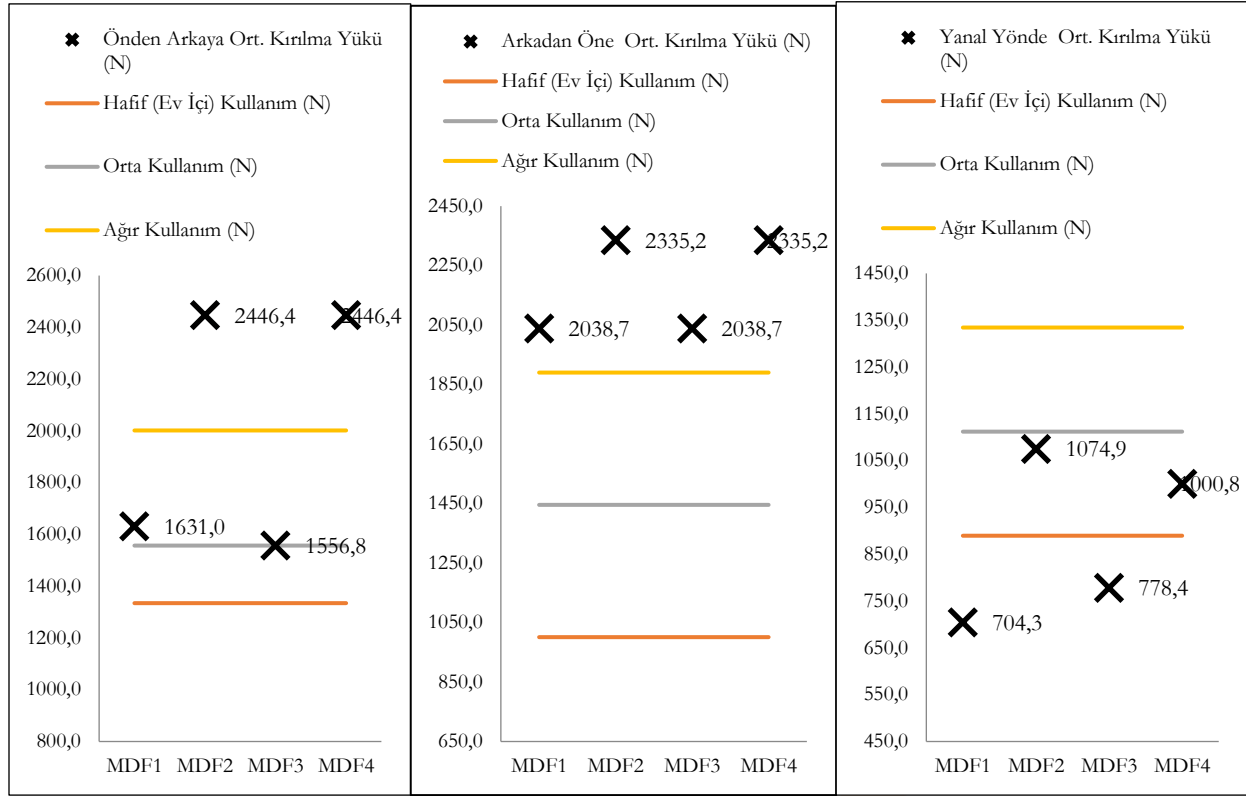
MDF' den üretilen 4 farklı model sandalyenin, önden arkaya, arkadan öne ve yanal yönde yüklenme performanslarının ALA' daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Tablo 14.'de verilmiştir.

**Tablo 14 - MDF deney sandalyelerinin ALA'ya göre genel test verileri**

Test Yöntemi	Model	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
Önden Arkaya	MDF1	1334	<b>Başarılı</b>	1557	<b>Başarılı</b>	2002	Başarısız
	MDF2		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>
	MDF3		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>		Başarısız
	MDF4		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>
Yanal	MDF1	890	Başarısız	1112	Başarısız	1334	Başarısız
	MDF2		<b>Başarılı</b>		Başarısız		Başarısız
	MDF3		Başarısız		Başarısız		Başarısız
	MDF4		<b>Başarılı</b>		Başarısız		Başarısız
Arkadan Öne	MDF1	1001	<b>Başarılı</b>	1446	<b>Başarılı</b>	1890	<b>Başarılı</b>
	MDF2		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>
	MDF3		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>
	MDF4		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>		<b>Başarılı</b>

Tablo 14 incelendiği zaman ahşap esaslı MDF sandalyelerin yanal testler dışında nispeten ağır yükleri dahi karşıladığı gözlemlenmiştir. ALA'ya göre önden arkaya testlerdeki Model 2 ve model 4 (yan çerçevesi dolu olan sandalye modelleri) dışında ağır yükleri karşılayamamıştır. Bu veriler göz önüne alındığı zaman yan çerçeve içerisindeki çapraz sabit kayıttın önden arkaya ve arkadan öne testlerde dayanımı arttırdığı söylenebilir.

MDF'den yapılan sandalyelerin test verilerine göre yanal yöndeki dayanımları Model 2 ve Model 4 ün ev içi kullanımları karşılaması dışında başarılı görülmemiştir. Bu yüzden, MDF'den üretilen sandalyelerin tasarımlarında yanal yöndeki kuvvetlere karşı dayanımı artırıcı önemli revizyonlar yapılması gerekmektedir. 4 farklı model sandalyenin, önden arkaya, arkadan öne ve yanal yüklenme performanslarını gösteren grafikler Şekil 14'te sunulmuştur.



Şekil 14. ALA'ya göre MDF'den üretilen sandalyelerin performansı

## KKP Deney Sandalyelerinin Performanslarının Değerlendirilmesi

KKP'den üretilen 4 farklı model sandalyenin, önden arkaya, arkadan öne ve yanıl yönde yükleme performanslarının ALA' daki kabul edilebilir tasarım yükleri ile karşılaştırılması Tablo 15'te verilmiştir.

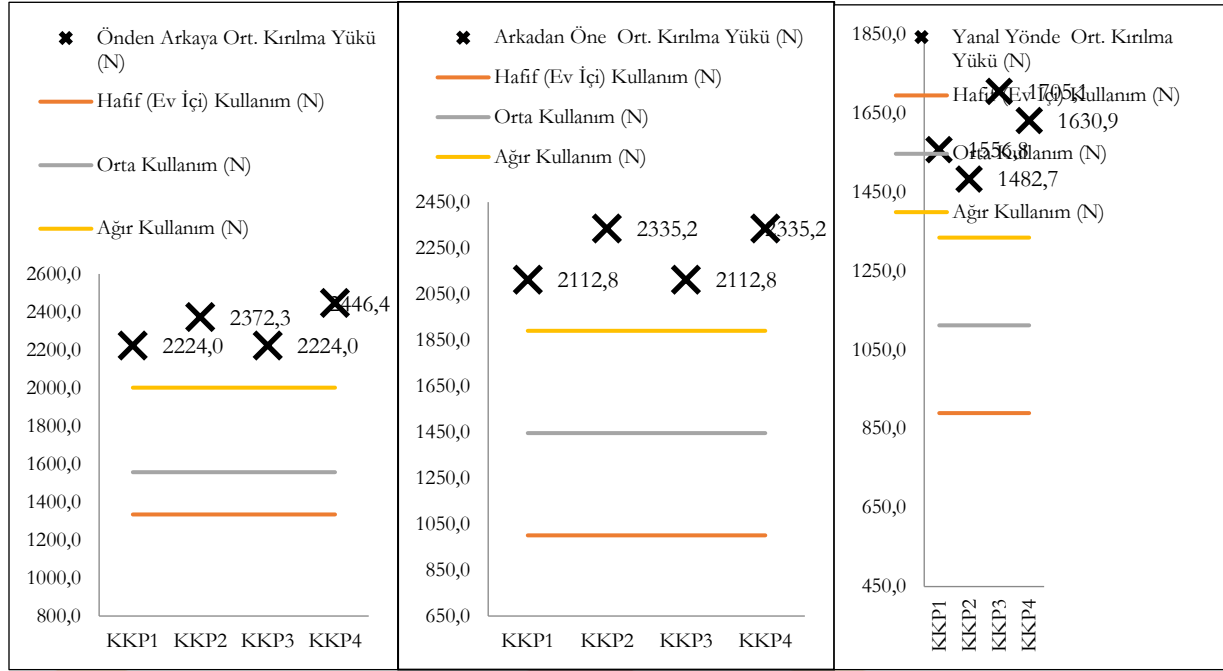
**Tablo 15 - KKP deney sandalyelerin ALA'ya göre genel test verileri**

Test Yöntemi	Model	Hafif (Ev İçi) Kullanım (N)	Sonuç	Orta Kullanım (N)	Sonuç	Ağır Kullanım (N)	Sonuç
Önden Arkaya	KKP1		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP2	1334	<i>Başarılı</i>	1557	<i>Başarılı</i>	2002	<i>Başarılı</i>
	KKP3		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP4		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
Yanal	KKP1		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP2	890	<i>Başarılı</i>	1112	<i>Başarılı</i>	1334	<i>Başarılı</i>
	KKP3		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP4		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
Arkadan Öne	KKP1		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP2	1001	<i>Başarılı</i>	1446	<i>Başarılı</i>	1890	<i>Başarılı</i>
	KKP3		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>
	KKP4		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>		<i>Başarılı</i>

Tablo 15'te görüldüğü üzere ahşap esaslı KKP (kayın kontrplak) malzemeden üretilen sandalyeler ALA'ya göre ağır yüklerin üstünde yüklere kadar dayanmıştır. Yalnız KKP'den üretilen sandalyelerin 9 kg ağırlığa kadar ulaşması hem kullanım açısından bir sorun olmaktadır hem de nakliye edileceği durumda sorun yaratmaktadır. Bu yüzden KKP'den üretilen tasarımların ağırlıkları ile ilgili bir revizyon yapılabilir. 4 farklı model sandalyenin, önden arkaya, arkadan öne ve yanal yükleme performanslarını gösteren grafikler Şekil 15'te sunulmuştur.

# ICOMNAS





Şekil 14. ALA'ya göre KKP'den üretilen sandalyelerin performansı

## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, CNC makinelerinde MDF, OSB ve kayın kontrplak (KKP) malzemelerinden seri olarak üretilmiş farklı tiplerdeki bağlantı elemansız sandalyelerin, mühendislik tasarımı yaklaşımıyla ve performans testlerini de kapsayan ürün mühendisliği yöntemleri kullanılarak performanslarının incelenerek, ALA'ya göre yeterlilikleri karşılaştırıp, bağlantı elemansız da yeterli dayanımların sağlanabilmesi amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda üretilen 3 farklı ahşap esaslı panel malzemeden üretilen 4 farklı modeldeki sandalyenin performanslarına göre veriler incelendiğinde eğilme direncinin düşük olduğu malzemelerden yapılan sandalyelerin dayanımının yetersiz geldiği görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında, performans testlerini de kapsayan ürün mühendisliği metodolojisi uygulanarak bağlantı elemansız demonte sandalyelerin mekanik performansları değerlendirilmiştir. Bu sayede tasarımı yapılmış sandalyelerin zayıf yönleri ve güçlü yönleri sayısal verilerle belirlenmiş, bu verilere göre bu sandalyelerin yeterli mukavemete getirilmesi için öneriler yapılmıştır.

Sonuçta kullanıcıların yaşam kalitesine ve bu alandaki bilimsel birikime katkı sağlanmış, ayrıca ülke ekonomisine ve doğal kaynakların etkin ve verimli kullanılmasına da yarar sağlayacak çıktılar elde edilmiştir.

Bilgisayar destekli üretim teknolojisinin hızla geliştiği ve kullanımının yaygınlaştığı günümüzde, bağlantı elemansız tasarlanan bir mobilyanın üretimine geçilmeden önce mukavemeti hakkında ön bilgiler elde edilebilmesi ve bu bilgilere göre gerekli değişikliklerin yapılarak optimizasyonun sağlanması, tasarımcıların ve üreticilerin işini kolaylaştıracaktır. Sonuç olarak, mobilyada kalite göstergesi estetik ve dayanım olduğundan, geliştirilen yöntemler, bilgisayar destekli üretimler ve performans deneyleriyle, ülkemiz mobilya endüstrisi Avrupa Standartları kalitesinde hatta daha kaliteli mobilyalar üreterek ülkemiz ekonomisine katkıda bulunacağı söylenebilir.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Çalışmanın sonuçları, üreticiler ve tasarımcılar açısından hem teknik hem de ekonomik anlamda yararlar sağlanacaktır. Çalışmanın sonuçlarına göre; kapalı döşemeli koltuk iskeletlerinde de bağlantı elemansız demonte üretim biçiminin uygulanmasına yönelik bilimsel çalışmalar yapılmasının gerekliliği de ortaya çıkmıştır.

## Teşekkür

Bu bildiri, birinci yazarın Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamladığı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir (Sapmaz, 2019). Bu çalışmayı destekleyen Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Projeleri Koordinatörlüğü'ne (Proje No: 17/110) teşekkür ederiz.



## Kaynaklar

- American Library Associations (ALA). (1982). The Use of Performance Tests and Quality Assurance Programs in the Selection of Library Chairs. *Library Technology Reports*, 18, 5: 483–571.
- Ceylan, E., (2018). *Ahşap Sandalyelerde Eleman Kesit Ölçülerine Göre Ağrlık-Mukavemet Optimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye.
- Eckelman, C. A. (1968). *Furniture Frame Analysis and Design*. Ph.D. Thesis. Purdue University. West Lafayette. Indiana, 10-16.
- Eckelman, C., A. (1988a). Performance Testing of Furniture. Part I. Underlying Concepts. *Forest Product Journal*, 38 (3) : 44–48.
- Eckelman, C., A. (1988b). Performance Testing of Furniture. Part II. A Multipurpose Universal Structural Performance Test Method. *Forest Product Journal*, 38 (4): 13–18.
- Eckelman, C., A. (1999). Performance Testing of Side Chair. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 57 : 227–234.
- Eckelman, C., A. (2003). Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture. Text Book. Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 5459.
- Eckelman, C., A., Erdil, Y., Z. (2001). General Services Administration Upholstered Furniture Test Method – FNAE 80 – 214 : A Description of the Method with Drawings, Purdue University, Department of Forestry and Natural Resources, Extension Publication Fnr – 176, 1159 Forestry Bldg., West Lafayette, 47907, Indiana, USA.
- Eckelman, C., A., Zhang, J., L. (1995). Uses of the General Services Administration Performance Test Method for Upholstered Furniture in the Engineering of Upholstered Furniture Frames. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 53 (4) : 261–267.
- Gustafsson, S. I. (1996). Finite Element Modelling Versus Reality for Birch Chairs. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 54 (5) : 355-359.
- Gustafsson, S. I., (1997). Optimising Ash Wood Chairs. *Wood Science and Technology*, 31 (4) : 291-301.
- Haviarova, E., Eckelman, C.A., and Erdil, Y.Z. (2001). Design and Testing of Environmentally Friendly Wood School Chairs for Developing Countries. *Forest Product Journal*, 51 (3) : 58–64.
- Kasal, A. (2004). *Masif ve kompozit ağaç malzemelerden üretilmiş çerçeve konstrüksiyonlu koltukların Performansı*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 7-15.
- Kasal, A. (2006). Determination of the strength of various sofa frames with finite element analysis. *Gazi Üniversitesi, Journal of Science*, 19 (4): 191-203.
- Koç, K. H., Kizilkaya, K., Erdinler, E. S., Korkut, D. S. (2011). The Use of Finite Element Method In The Furniture Industry. *African Journal of Business Management*, Vol. 5(3), pp. 855-865, 4 February.
- Sapmaz, T. Ç. (2019). *Bilgisayarlı nümerik kontrol (CNC) makineleriyle panel malzemelerden üretilmiş demonte sandalyelerin mekanik performanslarının değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye.
- TS EN 310 (1999). *Ahşap Esaslı Levhalar–Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülünün Tayini*, T.S.E., Ankara.
- TS EN 322 (1999). *Ahşap Esaslı Levhalar – Rütubet Miktarının Tayini*. T.S.E., Ankara.
- TS EN 323 (1999). *Ahşap Esaslı Levhalar – Birim Hacim Ağrlığının Tayini*. T.S.E., Ankara.

## SiC Takviyeli AA 6061 Matrisli Kompozit Malzemelerin Vakum Infiltrasyon Yöntemi ile Üretilmesinde Titreşimin Etkisinin İncelenmesi

*Murat ARI*

*Recep ÇALIN*

### Özet

Seramik takviyeli Al matrisli kompozitler Al alaşımlarının mekanik değerlerini arttırdığı bilinmektedir. Özellikle havacılık, askeri uygulama alanları, otomotiv ve denizcilik endüstrisinde hafif ve dayanıklı malzemelere duyulan ihtiyaç, bu araştırmalar için önemli bir güç oluşturmaktadır. Yüksek sıcaklık dayanımı ve boyutsal kararlılığa olan gereksinim, kompozit malzemelerin geliştirilmesinde önemli birer etken olmaktadır. Al alaşımlarına bu talebin en büyük nedeni çelikten daha hafif olması ve aynı özellikleri gösterebilmesidir. Seramik matrisli Al matrisli kompozitler karıştırmalı döküm, toz metalurjisi ve infiltrasyon gibi bir çok yöntemle üretilmektedir. Genelde kompozit malzemeler bir veya daha fazla süreksiz fazın, sürekli faz içinde dağıtılması yoluyla üretilmektedir. Bu çalışmada kullandığımız vakum infiltrasyon yönteminde; sıvı matris, negatif bir basınç uygulanarak, gözenekli takviye içerisine infiltre olmaktadır. Yöntem basit ve oldukça ekonomiktir. Bu çalışmada % 5SiC takviyeli Al-6061 matrisli kompozitlerin titreşimle vakum infiltrasyonunda titreşim şiddetinin kompozit numunelerin gözenek, mikroyapı ve sertlik oranları incelenmiştir. Vakum infiltrasyon işleminde içerisinde %5 oranında SiC bulunan tüplere sıvı AA-6061 metali titreşimsiz, 500, 1000 ve 1500 Hz titreşimlerde vakumla infiltre edilmiştir. Mikroyapı analizlerine bakıldığında 500 Hz numunede takviye elemanı dağılımının homojenliğinin en yüksek olduğu görülmüş. En yüksek sertlik değeri de 500 Hz titreşimde infiltre edilen numunenin matrisinden alınmıştır. Gözeneklilik oranlarına bakıldığında artan titreşim oranıyla düşmüştür. En düşük gözenek oranı 1500 Hz titreşimde görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum , Sic , Infiltrasyon , Vakum Infiltrasyon , Gözeneklilik

## Giriş

Endüstride meydana gelen gelişmelere bağlı olarak, geleneksel malzemeler tek başlarına gelişen teknolojinin ihtiyaçlarını karşılayamaz hale gelmiştir. Buna bağlı olarak, 1900'lü yılların ikinci yarısından günümüze kompozit malzemelerin üretimi ve elde edilen malzemelerin özellikleri üzerinde araştırma ve geliştirme faaliyetleri artarak devam etmektedir. Özellikle havacılık, askeri uygulama alanları, otomotiv ve denizcilik endüstrisinde hafif ve dayanıklı malzemelere duyulan ihtiyaç, bu araştırmalar için önemli bir itici güç oluşturmaktadır. Yüksek sıcaklık dayanımı ve boyutsal kararlılığa olan gereksinim, kompozit malzemelerin geliştirilmesinde önemli birer etken olmaktadır.

Kompozit malzemeler, tek bir malzeme özelliği gösteren ancak kimyasal olarak birbirinden farklı, iki veya daha fazla bileşenden oluşan malzemelerdir. Kompozit malzemelerin üretilmesiyle, kompozit malzemeyi oluşturan malzemelerin her biri tek başına kullanıldığında elde edilemeyen bazı özellikleri elde etmek mümkün olmaktadır. Böylece hedeflenen uygulama alanı için gerekli olan özelliklere sahip yeni bir malzemenin tasarlanması ve üretimi mümkün olmaktadır.

Kompozit malzemeler yüksek mukavemet, esneklik modülü ve kırılma tokluğu, iyi aşınma ve yorulma dayanımı gibi üstün mekanik özellikleri, yüksek mukavemet-ağırlık ve esneklik modülü-ağırlık oranları, korozyon dayanımı, mükemmel ısı ve akustik yalıtım/iletim özellikleri, tasarıma yakınlıkları gibi çeşitli nedenlerle giderek artan oranda endüstriyel kullanım alanları bulmaktadır.

Kompozit malzemeler farklı şekillerde sınıflandırılabilir. MMK'lar sermet, metalik köpük, partikül veya fiber takviyeli metaller gibi geniş bir malzeme grubunu oluşturmaktadır. MMK'lar yerlerine kullanıldıkları metal ve diğer yekpare malzemelere oranla önemli avantajlara sahiptir; düşük yoğunluk, tekrar üretilebilir iç yapı ve özellikler, yüksek mukavemet ve esneklik modülü, yüksek tokluk ve darbe dayanımı v.b.

Genel olarak bakıldığında metal matrisli kompozitlerin, metallere göre üstün olan temel özellikleri şöyle sıralanmaktadır ; daha yüksek aşınma direnci, daha iyi yorulma direnci, düşük ısı genleşme katsayısı, yüksek sıcaklıklarda mukavemetini koruyabilme.

MMK'lerin üretiminde en yaygın olarak kullanılmakta olan matris malzemesi olarak karşımıza Al ve Al alaşımları çıkmaktadır. Al doğada çok bulunan, işleme kolaylığına sahip, hafif, korozyon direnci ve takviye edilebilirlik gibi önemli özelliklere sahip bir malzemedir. Al alaşımları ise hafif, birçok üretim yöntemi ile ekonomik olarak üretilebilirliği yanı sıra, yüksek dayanım ve korozyon direncine sahip olduğu için tercih edilmektedir. Al ve alaşımlarının mevcut özelliklerini, takviye elemanı kullanarak geliştirmek; çekme mukavemeti, ergime sıcaklığı, ısı kararlılık ve üretilebilirlik özelliklerini iyileştirmek mümkündür.

İnfiltrasyon, doğada ve mühendislikte pek çok farklı yolla kendini göstermektedir. Örneğin; yağmur yağdığı sırada süngerin yağmur suyuyla dolması veya petrolün topraktan çıkarılması gibi olaylar infiltrasyonun birer sonucudur. Sıvı metal infiltrasyon teknikleri, metal matrisli kompozit malzemeler için en uygun üretim yöntemlerinden biridir.

Vakum infiltrasyon yönteminde; sıvı matris, negatif bir basınç uygulanarak, gözenekli takviye içerisine infiltre olmaktadır. Yöntem basit ve oldukça ekonomiktir. Vakum infiltrasyon işleminin atmosfere açık ortamda yapılması, Al alaşımlı sıvı matrisin yüzeyinde oksit tabakası oluşturmada, bu durum takviye malzemesinin ıslatılmasını zorlaştırmaktadır. Bu durumda, sıvı matris içerisine takviye malzemesinin ıslatılmasını arttıracak elementler ilave edilebilir veya takviye malzemesi kaplanarak infiltrasyon işlemi gerçekleştirilebilmektedir.

İnfiltrasyon yöntemi devamlı veya kısa fiber, whisker ya da partiküllerden üretilmiş gözenekli kompakt yapının içerisinde sıvı metalin infiltre edilmesi olarak tanımlanabilir. İnfiltrasyon yönteminde etkin olan parametreler; takviye elemanının başlangıçtaki bileşimi, morfolojisi, hacim oranı ve sıcaklığı, infiltre edilen metalin başlangıçtaki bileşimi ve sıcaklığı ile dışarıdan uygulanan kuvvetin büyüklüğüdür. Kullanılan infiltrasyon yöntemine göre, metal matrisli kompozit malzemelerde kullanılan takviye elemanının hacim oranı % 10-70 oranında değişmektedir.

Çalın, R., ve Çıtak, R., (2006) yapmış oldukları çalışmada basınçlı, basınçsız veya vakumlu infiltrasyon yöntemlerinden birisini kullanarak önşekillendirilmiş takviye elemanı içerisinde sıvı metal infiltre etmek suretiyle MMK üretmişlerdir. Bu çalışmalarında öncekilerden farklı olarak, bir titreşim aparatı kullanarak parçacık haldeki takviye elemanını sıkıştırmış böylece basınç veya vakum ile infiltrasyonu gerçekleştirmiştir.

Bu aparat ile faklı boyuttaki MgO tozlarının sıkıştırılabilirliğini araştırmışlardır. Sıkıştırma aparatı ile aynı zamanda ve aynı oranda üniform olarak numunenin sıkıştırılabileceğini belirlemişlerdir. MgO tozları için 3 dakikalık sıkıştırma süresinin yeterli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca daha küçük parçacıkların sıkışma oranını daha yüksek olduğunu ve her şekildeki boru içerisinde başarılı olarak sıkıştırma yapılabileceğini belirtmişlerdir.

## Yöntem

Kompozit malzeme üretiminde; matris malzemesi olarak AA 6061 , takviye elemanı SiC partikülleri seçilmiş ve vakum infiltrasyon yöntemi ile kompozit malzemeler üretilmiştir. AA 6061 , takviyeli kompozit malzemelerin üretimi için matris malzemesi olarak kullanılmıştır. AA 6061 alüminyum pota içerisinde ergitilerek ve ayrıca toz olarak, SiC tozlarıyla karıştırılarak kullanılmıştır

Çalışmada, infiltrasyon yöntemlerinden vakum infiltrasyon yöntemi seçilerek takviyeli kompozit malzemeler üretilmiştir. Vakum infiltrasyon düzeneği silindirik cam kalıp, vakum hattı, toz karışımı, filtre ve ağırlıktan oluşmaktadır.

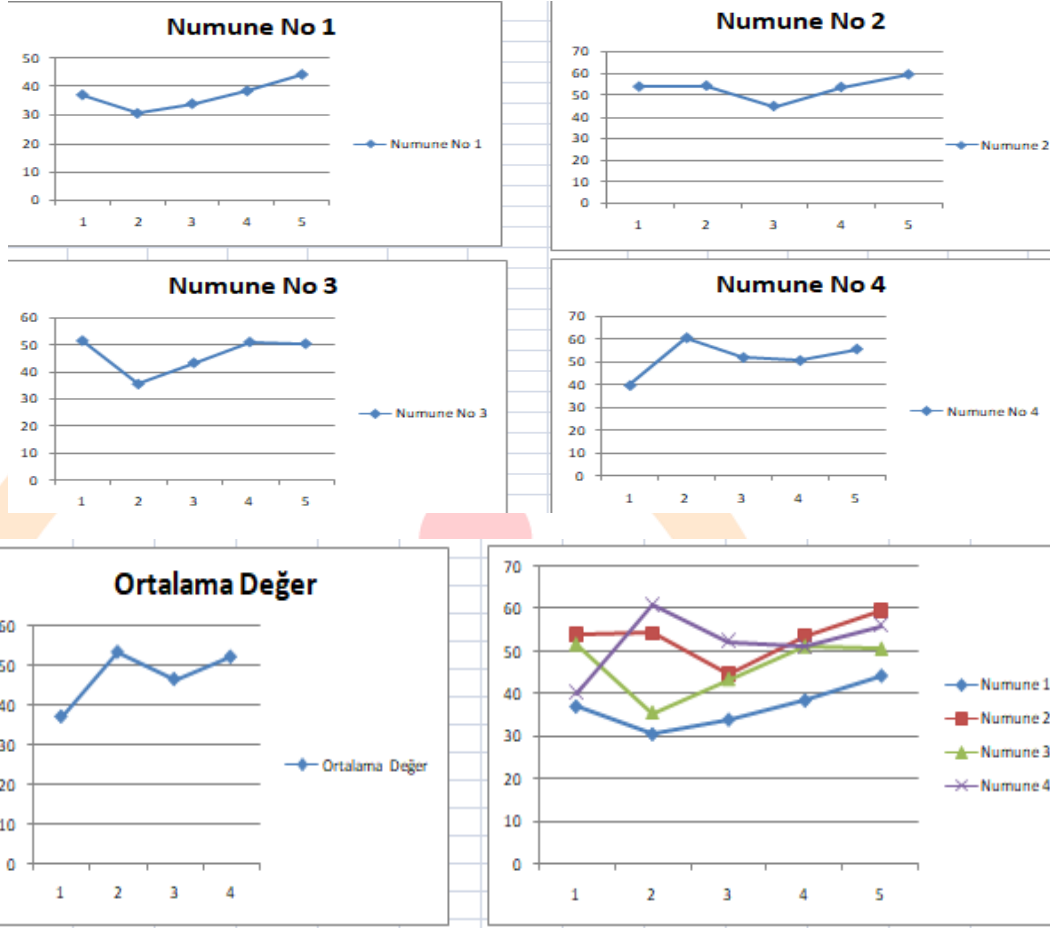
Numunelerin üretimi Kırıkkale Üniversitesi Döküm Laboratuvarında yapılmıştır. Üretim için cam tüp içerisine, AA 6061 hacimce oranı %95 ve geri kalan %5'i takviye elemanları oluşturacak biçimde karışımlar hazırlanmış, karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla da %5 SiC takviyeli karışımları ayrı ayrı hazırlanmıştır. Hazırlanan bu karışımları, 10 dakika boyunca üç eksenle karıştırılarak, AA 6061 ve SiC homojen biçimde harmanlanması sağlanmıştır. Daha sonra, karışımları cam kalıba yerleştirilerek vakum hattına bağlanmış ve infiltrasyon işlemine hazır hale getirilmiştir. Vakum infiltrasyon işleminde içerisinde %5 oranında SiC bulunan tüplere AA-6061 metali titreşimsiz, 500, 1000 ve 1500 Hz titreşimlerde vakumla infiltre edilmiştir.

Vakum infiltrasyon yöntemi ile üretilen numuneler soğumaya bırakılmıştır. Soğumaya bırakılan silindirik cam kalıplar kırılarak malzemeler kalıp dışına çıkarılmıştır. Üretilen kompozit malzemeler Gazi Üniversitesi 53 Teknoloji Fakültesi Metalografi Laboratuvarı'nda, ATM Brillant 250 model kesme cihazıyla kesilerek hazır hale getirilmiştir.

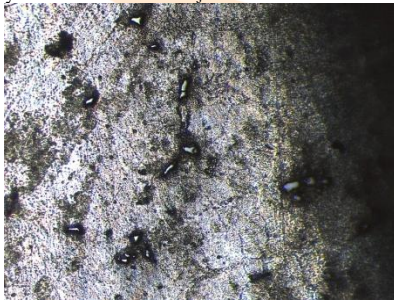
## Deneysel Sonuçlar

SiC takviyeli kompozit malzemelerin yüzeyine yükün 10 saniye süresince uygulanması suretiyle Brinell yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Her numune için farklı noktalardan en az 5 ölçüm yapılmış ve

bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Sertlik sonuçları Kırıkkale Üniversitesi Metalografi Laboratuvarında yapılmıştır.



Kompozit malzemeler, vakumlu infiltrasyon yöntemiyle üretildikten sonra numuneler mikroyapı incelemeleri için hazır hale getirilmişlerdir. Mikroyapı incelemeleri, optik ve taramalı elektron mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Optik mikroskop görüntüleri, üretim aşamasından sonra zımparalama ve parlatma işlemler yapıldıktan sonra numuneler üzerinden x10 ve x20 büyütmede alınmıştır.



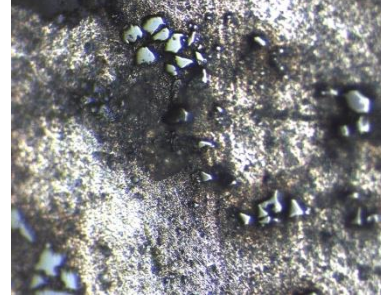
Numune 1 – 10X



Numune 1 – 20X



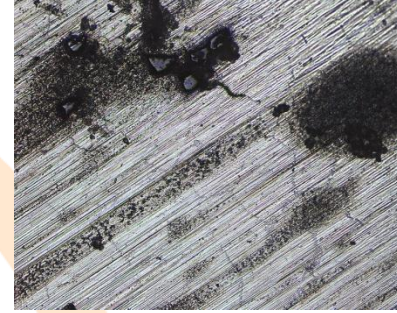
Numune 2 -10X



Numune 2 – 20X



Numune 3 -10X



Numune 3 – 20X



Numune 4 – 10X



Numune 4 – 20X

Vakum infiltrasyon işleminde içerisinde %5 oranında SiC bulunan tüplere AA-6061 metali titreşimsiz, 500, 1000 ve 1500 Hz titreşimlerde vakumla infiltre edilmiştir. Mikroyapı analizlerine bakıldığında 500 Hz numunede takviye elemanı dağılımının homojenliğinin en yüksek olduğu görülmüş. En yüksek sertlik değeri de 500 Hz titreşimde infiltre edilen numunenin matrisinden alınmıştır. Gözeneklilik oranlarına bakıldığında artan titreşim oranıyla düşmüştür. En düşük gözenek oranı 1500 Hz titreşimde görülmüştür.





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Kaynakça

- 1-Yöntemleri, M. Ü. (n.d.). Retrieved from <https://web.itu.edu.tr/~arana/IML212-N9.pdf>
- 2-Kalemtaş, 2.-Y. D. (n.d.). Metal Matrisli Kompozitlere Genel Bir Bakış – MAKALE -.
- 3- MALZEMELER, 3. M. (n.d.). Retrieved from <https://uslularhadde.com/metal-matrisli-kompozit-malzemeler>
- 4- Kompozitler, 4. M. (n.d.). Retrieved from <https://cdn.bartın.edu.tr/metalurji/d7ee7cd9-f063-4669-8e1c-393503ed6ffb/kompozitmalzemelerini6metalmatrislikompozitler.pdf>
- 5-Çalın, R. Çalın, R., Çitak, R., "Designing of a powder compressing device with vibration and investigation of compressibility of MgO powders with this device", *Materials & Design*, 28: 2654-2657 (2007).
- 6-Kainer, K. Kainer, K.U., (2006). *Metal Matrix Composites: Custom-Made Materials For Automotive and Aerospace Engineering*, John Wiley & Sons.
- 7-A. Sanmarchi, C. v. Mortensen, A. Sanmarchi, C. ve Degischer, H., (2002). "Glossary of Terms Specific to Metal Matrix Composites", MMC-Assess Thematic Network.
- 8-Miracle, D. Miracle, D., (2005). "Metal Matrix Composites – From Science To Technological Significance", *Composites Science and Technology*, 65: 2526-2540.
- 9-Sutton, W. Sutton, W., (1966). "Whisker Composite Materials- A Prospectus for The Aerospace Designer (Whisker Composite Materials, Discussing Potential of Whiskers, Utilization of Whisker Strength, Whisker Growth, Handling Whiskers and Composite Properties)", *Ast.*

ICOMNAS

## Sezgisel Bulanık Kümelerin Göğüs Hastalıkları Teşhisinde Uygulanması

*Nimet KARABACAK<sup>1</sup>*

### Özet

Bulanık sistemlerde, bir özelliğin belirli bir kümeye ait olması için bazı kriterler sağlanmalıdır. Özelliğin, tanımlanan kümeye üye olma derecesinin hesaplanması gerekir. Sezgisel Bulanık Kümeler, bir özelliğin kümeye ait olma derecesi ile ilgili belirsizliklerin ortadan kaldırılması konusunda klasik bulanık mantık yaklaşımından daha iyi bir performans sergilemektedir. Sezgisel Bulanık Kümelerdeki, herhangi bir özelliğin bir kümeye üye olma, üye olmama ve kümeye üye olma durumu ile ilgili tereddüt derecesini belirlemek için mesafe ölçümü gibi birtakım yöntemler kullanılmaktadır. Mesafe ölçümleri, iletilen bilgiler arasındaki farkın derecesini göstermektedir. Bu çalışmada, Akciğer Kanseri, KOAH (Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı) ve Akut Bronşit gibi bazı göğüs hastalıklarının tanısında, hastaların semptom ve şikayetlerine göre sezgisel durumlar tanımlanmıştır. Minkowski mesafe ölçümü ve Manhattan mesafe ölçümü toplamı yöntemleri kullanılarak, Sezgisel Bulanık Kümeler Yöntemi ile analiz edilmiştir. Sonuçlara göre, hastaların hangi hastalık kümesine ait olduğu saptanmıştır. Bilgi belirsizliğini ortadan kaldıran Sezgisel Bulanık Kümeler Yöntemi, hastalıkların teşhisini kolaylaştırmaktadır. Literatürdeki bir örüntü tarama uygulaması ile hastaların Sezgisel Bulanık Kümeler Yöntemiyle yapılan teşhislerine ilişkin sonuçların güvenilirliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, benzer konularda yapılan çalışmaları desteklemektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, hastaların şikayetleri ile test sonuçlarının birlikte değerlendirildiği farklı mesafe ölçümleri dikkate alınarak sağlık sektöründe hastalıkların teşhisinde kullanılabilir. Diğer sektörlerde, Sezgisel Bulanık Kümeler Yönteminin gruplandırma işlemlerinde uygulanması ve elde edilen sonuçların doğrulanması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sezgisel Bulanık kümeler, Hastalık Teşhisi, Minkowski Mesafe Ölçümü, Manhattan Mesafe Ölçümü.

<sup>1</sup> Doktora Öğrencisi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, 0000-0003-3361-1265.

## 1.Giriş

Bulanık kümeler teorisi, Zadeh (1965: 338–353) tarafından önerilmiştir. Sezgisel bulanık kümeler arasındaki uzaklık ölçüleri sezgisel bulanık kümeler tarafından taşınan bilgiler arasındaki fark derecesini belirtmek için kullanılmaktadır. Atanassov, bilgi belirsizliğini ortadan kaldırmak amacıyla, bulanık kümeleri bir üyelik işlevi, üyelik dışı bir işlev ve bir tereddüt işlevi ile karakterize edilen sezgisel bulanık kümeleri tanımlamıştır. Belirsiz kümeler kavramı, bulanık kümelerin başka bir uzantısı olarak kabul edilmektedir. Tıbbi tanı sürecinde, bir hastanın şikayetlerinin tam olarak belirli bir hastalığa ait olma durumu, bir sınıflandırma problemini ortaya çıkmaktadır. Bulanık kümeler ile bu şikayetler tanımlanarak, hangi hastanın hangi hastalığı taşıdığı tespit edilebilmektedir.

Bu çalışmada, Akciğer Kanseri, KOAH ve Akut Bronşit hastalıklarının teşhisleri için bulgu karakteristikleri tanımlanmıştır. Bu karakteristikler, hastaların şikayetleri ve hastalık arasındaki ilişki sezgisel bulanık kümeler ile Minkowski uzaklık ölçüsü ve Manhattan uzaklık ölçüleri toplamı yardımıyla değerlendirilerek uygun teşhis tanımlanmıştır.

## 2.Kaynak Araştırması

Atanassov (2017: 106), tip-1 bulanık kümeleri ve sezgisel bulanık kümeleri karşılaştırmış ve sezgisel bulanık kümeler üzerinde tanımlanan operatörlerin tip-1 bulanık kümesinde analogları olmadığını kanıtlamıştır. Hernandez-Aguila vd. (2017a: 1-6), sezgisel bulanık kümelerin belirsizlik bilgisi üzerinde çalışırken, bu kümelerin tip-1 bulanık kümelerden daha iyi olduğunu kanıtlamıştır. Castillo vd. (2014: 183-190), Sotirov vd. (2015: 175-186), Hernandez-Aguila vd. (2017b: 115-126), sezgisel bulanık kümeler üzerine derin çalışmalar yapmışlardır. Papakostas vd. (2013: 1609-1622), sezgisel bulanık kümeler arasındaki uzaklık ve benzerlik ölçümlerini örüntü tanıma ile karşılaştırmıştır. Xu (2011: 285-297), Zhang ve Yu (2013: 181-196), Vassilev (2011), Nyugen (2016: 97-107), Nyugen (2015: 8766-8774), Li vd. (2007: 278-285), Shen vd. (2018: 105-119), Song vd. (2017: 1-14), sezgisel bulanık kümeler için çeşitli uzaklık ölçütleri veya benzerlik ölçütleri önermiştir.

Szmidt ve Kacprzyk (2000: 505-518), üçüncü parametre tereddüt fonksiyonunun ihmal edilmemesi için sezgisel bulanık kümeler arasında yeni mesafeler önermişlerdir. Grzegorzewski (2004: 319-328), Hausdorff metriğine dayanan bazı uzaklık ölçümleri önermiştir. Chen (2007: 2523–2525), bazı sayaç örneklerini inceleyerek Grzegorzewski (2004: 319-328) tarafından yapılan çalışmada bazı hataların bulunduğunu belirtmiştir. Yang ve Chiclana (2012: 8665–8670), çalışmalarında Hausdorff mesafelerini kullanmışlardır. Li ve Cheng (2002: 221-225), üyelik derecesine ve üyelik dışı dereceye dayanan sezgisel bulanık kümeler için benzerlik ölçümleri önererek, bu sonuçları örüntü tanıma işlemi üzerinde uygulamışlardır. Sezgisel bulanık kümeler teorisi, örüntü tanıma, bulanık çıkarım ve belirsiz bir ortamda karar verme gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

## 3.Sezgisel Bulanık Kümeler ve Mesafe Ölçümleri

Bu çalışmada, hastalar için bulgu karakteristikleri ile teşhisler için bulgu karakteristikleri kümeleri, sezgisel bulanık kümeler olarak tanımlanmıştır. Minkowski uzaklık ölçüsünü ve Manhattan uzaklık ölçüleri toplamı ile hastalar için bulgu karakteristikleri ile teşhisler için bulgu karakteristikleri kümeleri arasındaki uzaklığa göre sınıflandırma yapılmıştır. Atanassov (1986: 87-96) tarafından ifade edilen sezgisel bulanık kümeler, Tanım 3.1, Tanım 3.2, Tanım 3.3 ve Tanım 3.4 ile açıklanmıştır.

**Tanım 3.1.**  $X$  evrensel bir kümedir; IFS ( $X$ ),  $X$ 'deki tüm sezgisel bulanık altkümelerin kümesidir;  $A$ , sezgisel bulanık küme için kullanılmıştır. Zadeh (1965: 338–353) tarafından tanımlanmış (3.2) ve (3.3) denklemlerinde verilen ifadeler için bir IFS, (3.1) eşitliğindeki gibidir.

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle \mid x \in E \} \quad (3.1)$$

$$\mu_A: E \rightarrow [0,1] \quad (3.2)$$

$$\nu_A: E \rightarrow [0,1] \quad (3.3)$$

$x \in E$  için  $x$  elemanının  $\mu_A$  üye olma durumu ve  $\nu_A$  üye olmama durumu (3.4) eşitsizliği ile verilmiştir. Her bir bulanık küme (3.5) ile tanımlanmaktadır.

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad (3.4)$$

$$\{ \langle x, \mu_A(x), 1 - \mu_A(x) \rangle \mid x \in E \} \quad (3.5)$$

**Tanım 3.2.** IFS  $A$  için (3.6) ile verilen  $x \in E$  elemanının belirsizlik derecesi  $\pi_A(x)$  değeridir.

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x) \quad (3.6)$$

**Tanım 3.3.** IFS  $A$  için (3.9) ile tanımlanan şartların sağlanmasıyla, üye olma ve üye olmama durumu (3.7) ve (3.8) ile ifade edilmiştir.

$$\mu_A: X \rightarrow [0,1] \quad (3.7)$$

$$\nu_A: X \rightarrow [0,1] \quad (3.8)$$

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad x \in X \quad (3.9)$$

**Tanım 3.4.** (3.10) ve (3.11) ifadeleri,  $A$  kümesindeki  $x$  elemanının tereddüt marjini olan sezgisel bulanık indeks için  $\pi_A(x)$ ,  $x$  elemanının  $A$  kümesine ait olup olmama konusundaki bilgi eksikliğini açıklamaktadır (Atanassov, 1986: 87-96); (Shu ve Cheng, 2006: 2139–2148).

$$0 \leq \pi_A(x) \leq 1 \quad \text{Her } x \text{ için} \quad (3.10)$$

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_{A'}(x) - [1 - \mu_{A'}(x)] = 0 \quad \text{Her bulanık küme } A' \text{ ve } x \in X \text{ için} \quad (3.11)$$

### 3.1. 3.1.Uzaklık Ölçümleri

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^n (|x_i - y_i|^p)^{1/p} \quad (3.12)$$

$$M = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| \quad (3.13)$$

Minkowski mesafesi denklemi, National Institute of Standards and Technology (2017) tarafından (3.12) ile tanımlanmıştır. Verilen koordinatlar ve tüm koordinat çiftleri arasındaki Manhattan mesafesini bulmak için (3.12) denklemi kullanılmıştır. (3.12) denkleminde,  $p = 1$  için Manhattan mesafesi elde edilmektedir (National Institute of Standards and Technology, 2017). Manhattan noktaları olan  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$  arasındaki uzaklık denklemi (3.13) ile verilmektedir.

Bu çalışmada, Akciğer Kanseri, KOAH ve Akut Bronşit hastalıklarının teşhisi için bulgu karakteristikleri; Türk Göğüs Cerrahisi Derneği (2019), Acıbadem Hastanesi Web ve Yayın Kurulu (2020), Çiftçi (2020), Erbağcı (2020) ve Özdoğan (2021) tarafından yapılan açıklamalar dikkate alınarak oluşturulmuştur. Tablo 3.1'de tanımlanan hastalıkların teşhisi için bulgu karakteristikleri verilmiştir. Tablo 3.2'de, 3 hastanın şikayetlerine ait bulgu karakteristiklerinin değerleri  $(\mu_i, \nu_i, \pi_i)$  olarak verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Hastalık kümeleri ve hastalıkların özellikleri

Karakteristikler	Akciğer Kanseri (A)	KOAH (B)	Akut Bronşit (C)
Halsizlik	X		
Kanama	X		
Göğüs ağrısı	X		
Ses kısıklığı	X		
Nefes darlığı	X	X	
Balgam	X	X	
Öksürük	X	X	X
Hırıltılı solunum		X	X
Ani ve geçici öksürük			X
Yüksek ateş, hapşırma, burun akıntısı			X

**Tablo 3.2.** Hasta şikayetlerine göre üye olma, üye olmama ve tereddüt değerleri

Hastalar ( $\mu_1, v_1, \pi_1$ )	H1	H2	H3
Halsizlik	(0.5, 0.3, 0.2)	(0.8, 0.2, 0)	(0.6, 0.1, 0.3)
Kanama	(0.1, 0.7, 0.2)	(0.8, 0.2, 0)	(0.1, 0.2, 0.7)
Göğüs ağrısı	(0, 0.9, 0.1)	(0.9, 0.1, 0)	(0.1, 0, 0.9)
Ses kısıklığı	(0.3, 0.1, 0.6)	(0.9, 0.1, 0)	(0.8, 0.2, 0)
Nefes darlığı	(0.6, 0.2, 0.2)	(0.4, 0.1, 0.5)	(0.8, 0.1, 0.1)
Balgam	(0.2, 0.4, 0.4)	(0.9, 0, 0.1)	(0.7, 0.1, 0.2)
Öksürük	(0.9, 0.1, 0)	(0.8, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0)
Hırıltılı solunum	(0.2, 0.1, 0.7)	(0.1, 0.7, 0.2)	(0.9, 0.1, 0)
Ani ve geçici öksürük	(0.9, 0, 0.1)	(0.1, 0.6, 0.3)	(0.9, 0.1, 0)
Yüksek ateş, hapşırma, burun akıntısı	(0.9, 0, 0.1)	(0.1, 0.2, 0.7)	(0.7, 0.2, 0.1)

Verilen koordinatlar ile, tüm koordinat çiftleri arasındaki Manhattan uzaklığı ve her bir nokta için mesafelerin toplamı hesaplanmıştır. Bu çalışmada, Python3 programı kullanılarak, Minkowski mesafeleri ve C++ programı kullanılarak Manhattan mesafe ölçülerinin toplamı hesaplanmıştır. Kaynak kodları, Geeksforgeeks şirketinin sunduğu yazılım hizmeti ile internet erişimi üzerinden çalıştırılmıştır (Geeksforgeeks, 2019).

#### 4.Sonuçlar

Her hasta için, hastalık kümelerine olan Minkowski uzaklıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan mesafeler Akciğer Kanseri şikayetleri için Tablo 4.1'de, KOAH şikayetleri için Tablo 4.2'de, Akut Bronşit şikayetleri için Tablo 4.3'te verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Hasta bulgularının, Akciğer Kanseri bulgularından Minkowski uzaklıkları

Bulgular	Hastalar ( $\mu_2, v_2, \pi_2$ )	H1	H2	H3
Halsizlik	(0.9, 0, 0.1)	0.451	0.215	0.33
Kanama	(0.9, 0, 0.1)	0.949	0.215	0.903
Göğüs ağrısı	(0.9, 0, 0.1)	0.215	0.126	1
Ses kısıklığı	(0.8, 0, 0.2)	0.575	0.215	0.252
Nefes darlığı	(0.9, 0, 0.1)	0.781	0.451	0.126
Balgam	(0.9, 0, 0.1)	0.757	0	0.215
Öksürük	(0.9, 0, 0.1)	0.126	0.126	0.126
Hırıltılı solunum	(0.1, 0.8, 0.1)	0.824	0.126	0.949
Ani ve geçici öksürük	(0.1, 0.8, 0.1)	1.008	0.252	0.949
Yüksek ateş, hapsirme, burun akıntısı	(0, 0.9, 0.1)	1	0.824	0.882
<b>Toplam</b>		<b>6.82</b>	<b>2.55</b>	<b>5.74</b>

**Tablo 4.2.** Hasta bulgularının, KOAH bulgularından Minkowski uzaklıkları

Bulgular	Hastalar ( $\mu_2, v_2, \pi_2$ )	H1	H2	H3
Halsizlik	(0.6, 0.3, 0.1)	0.126	0.215	0.252
Kanama	(0.1, 0.5, 0.4)	0.252	0.757	0.882
Göğüs ağrısı	(0.1, 0.4, 0.5)	0.575	0.872	0.504
Ses kısıklığı	(0.4, 0.4, 0.2)	0.451	0.543	0.431
Nefes darlığı	(0.9, 0.1, 0)	0.33	0.63	0.126
Balgam	(0.9, 0.1, 0)	0.757	0.126	0.252
Öksürük	(0.8, 0.2, 0)	0.126	0.126	0.126
Hırıltılı solunum	(0.8, 0, 0.2)	0.824	0.882	0.215
Ani ve geçici öksürük	(0.1, 0.6, 0.3)	0.903	0	0.872
Yüksek ateş, hapsirme, burun akıntısı	(0.1, 0, 0.9)	1.008	0.252	0.824
<b>Toplam</b>		<b>5.35</b>	<b>4.4</b>	<b>4.48</b>

**Tablo 4.3.** Hasta bulgularının, Akut Bronşit bulgularından Minkowski uzaklıkları

Bulgular	Hastalar ( $\mu_2, v_2, \pi_2$ )	H1	H2	H3
Halsizlik	(0.1, 0.4, 0.5)	0.451	0.781	0.543
Kanama	(0.1, 0.4, 0.5)	0.378	0.781	0.252
Göğüs ağrısı	(0.1, 0.3, 0.6)	0.699	0.903	0.378
Ses kısıklığı	(0.1, 0.6, 0.3)	0.543	0.872	0.757
Nefes darlığı	(0.1, 0.6, 0.3)	0.575	0.543	0.781
Balgam	(0.2, 0.5, 0.3)	0.757	0.781	0.575

Öksürük	(0.8, 0.2, 0)	0.126	0.126	0.126
Hırıltılı solunum	(0.7, 0.3, 0)	0.781	0.66	0.252
Ani ve geçici öksürük	(0.9, 0.1, 0)	0.126	0.872	0
Yüksek ateş, hapşırma, burun akıntısı	(0.9, 0.1, 0)	0.126	0.801	0.215

**Tablo 4.3. (devam)** Hasta bulgularının, Akut Bronşit bulgularından Minkowski uzaklıkları

Bulgular	Hastalar ( $\mu_2, v_2, \pi_2$ )	H1	H2	H3
<b>Toplam</b>		<b>4.5</b>	<b>7.1</b>	<b>3.8</b>

Sezgisel bulanık kümeler için  $(\mu_1, \mu_2)$ ,  $(v_1, v_2)$ ,  $(\pi_1, \pi_2)$ ; (hasta, hastalık) vektörünü temsil eden kümeler arasındaki Manhattan uzaklık ölçüleri toplamı hesaplanmıştır. Manhattan uzaklık ölçüleri toplam değerleri, Tablo 4.4, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da verilmiştir.

**Tablo 4.4.** Hasta bulgularının Akciğer Kanseri bulgularına olan Manhattan uzaklıkları

Hastalar ( $\mu, v, \pi$ )	$(\mu_1, \mu_2)$	$(v_1, v_2)$	$(\pi_1, \pi_2)$	Toplam
H1	36.6	32.9	1.25	70.75
H2	36	2.84	12.8	51.64
H3	32.7	20.7	16	69.4

**Tablo 4.5.** Hasta bulgularının KOAH bulgularına olan Manhattan uzaklıkları

Hastalar ( $\mu, v, \pi$ )	$(\mu_1, \mu_2)$	$(v_1, v_2)$	$(\pi_1, \pi_2)$	Toplam
H1	37.2	26.6	25.8	89.6
H2	36.6	22.1	26.1	84.8
H3	3.33	14.4	29.3	47.03

**Tablo 4.6.** Hasta bulgularının Akut Bronşit bulgularına olan Manhattan uzaklıkları

Hastalar ( $\mu, v, \pi$ )	$(\mu_1, \mu_2)$	$(v_1, v_2)$	$(\pi_1, \pi_2)$	Toplam
H1	36.8	25.1	23.9	85.8
H2	36.2	20.6	24.2	81
H3	32.9	12.9	27.4	73.2

## 5.Örüntü Tanıma Uygulaması

Örüntü tanıma uygulamasında ve örüntü sınıflandırmasında IFS için mesafe ölçümünün etkinliğini ve üstünlüğünü incelemek amacıyla Luo ve Zhao (2018: 34-39) tarafından kullanılan ve aşağıda kısaca açıklanan bir örüntü algoritması verilmiştir. Hastalar kümesi, hastalık kümesi ve hastalık semptomları kümesi tanımlanarak mesafelere göre teşhisler değerlendirilmiştir.

**Adım 1.** Sonlu bir evren için IFS tarafından temsil edilen  $m$  örüntü varsayılarak mesafe ölçüsü hesaplanır.

**Adım 2.** Minimum mesafe ölçüsü seçilir. Daha sonra metin örneği, kalıba göre sınıflandırılır.

**Adım 3.** Güven derecesi hesaplanır. Güven derecesi yüksek olduğunda, mesafe metriğinin sonucu daha güvenlidir.

Hastalar kümesi;  $P1 = \{1. hasta, 2. hasta, 3. hasta\}$ , semptomlar kümesi;  $S = \{X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10\}$ , hastalıklar;  $P2 = \{A, B, C\}$  olarak tanımlanmıştır. Sezgisel bulanık ilişki; Hastaların şikayetleri  $\rightarrow$  Hastalıkların bulgu karakteristikleri ve Hastalıkların bulgu karakteristikleri  $\rightarrow$  Hastalık olarak sağlanmıştır. Minimum mesafe derecesi ilkesine göre, düşük mesafe derecesi uygun bir teşhise işaret etmektedir.

Sonuçlara göre, Minkowski Distance $<5$  için Tablo 4.1'deki toplamlar ve açıklanan örüntü algoritmasıyla, Tablo 5.1'de: 2. Hastanın; Akciğer Kanseri, 2. hastanın ve 3. Hastanın; KOAH, 1. Hastanın ve 3. Hastanın; Akut Bronşit olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 5.1.** Minkowski uzaklık ölçülerine göre teşhisler

Teşhisler	Kümeler	Hastalar
Akciğer Kanseri	A	H2
KOAH	B	H2 ve H3
Akut Bronşit	C	H1 ve H3

Örüntü algoritmasındaki 3. adım ile; 2. hastanın Akciğer Kanseri olması durumu için = 5.01, 2. hastanın ve 3. hastanın: KOAH = 14.3, 1. hastanın ve 3. hastanın: Akut Bronşit = 3.8 hastaların, Minkowski uzaklık ölçülerine göre teşhislerinin güvenilirlikleri olarak hesaplanmıştır. Tablo 5.2'de, güvenilirlik değerleri verilmiştir.

**Tablo 5.2.** Minkowski uzaklık ölçülerine göre güvenilirlik değerleri

Hastalıklar	Akciğer Kanseri (A)	KOAH (B)	Akut Bronşit (C)
Hastalar	Güvenilirlik		
H1	0.636	0.93	0.9
H2	0.998	0.88	0.58
H3	0.852	0.896	0.76



Tablo 5.3'e göre, en düşük Manhattan uzaklık ölçüleri toplamı ve ortalama değerleri Toplam/Hasta sayısı dikkate alınarak, Tablo 5.2'teki uzaklık ölçüleri toplamı ve yukarıda açıklanan örüntü tanıma algoritmasıyla, ortalama değer altındaki uzaklığa sahip olan (hasta, hastalık) uzaklık toplamları, Tablo 5.4'te belirtildiği gibi hastalara, teşhisler konulmuştur.

**Tablo 5.3.** Hastalıkların, Manhattan uzaklık ölçüleri toplamı ve ortalama değerleri

Hastalıklar	Toplam	Ortalama
Akciğer Kanseri (A)	129.33	43
KOAH (B)	221.43	73.81
Akut Bronşit (C)	240	80

Tablo 5.4'e göre, hastaların Akciğer Kanseri olmadığı teşhis edilmiştir. 1. Hastanın ve 2. Hastanın; KOAH hastası olduğu, 3. Hastanın; Akut Bronşit hastası olduğu teşhis edilmiştir. Hastaların Manhattan uzaklık ölçüleri toplamına göre elde edilen teşhislerinin güvenilirlikleri, örüntü algoritmasındaki 3. adımı sağlamaktadır. Tablo 5.5'te, Manhattan uzaklık ölçüleri toplamına göre teşhislerin güvenilirliği verilmiştir.

**Tablo 5.4.** Manhattan uzaklık ölçüleri toplamı (M) ve ortalama değerlerine göre teşhisler

Teşhisler	Hastalar	Kısıtlar
Akciğer Kanseri (A)	Hasta yok	43>M
KOAH (B)	H1 ve H2	73.81>M
Akut Bronşit (C)	H3	80>M

**Tablo 5.5.** Manhattan uzaklık ölçüleri toplamına göre teşhislerin güvenilirlik değerleri

Teşhisler	Akciğer Kanseri (A)	KOAH (B)	Akut Bronşit (C)
Hastalar	Güvenilirlik		
H1	0.3546	0.7742	0.9275
H2	0.7990	0.8511	0.9875
H3	0.3860	0.6371	0.9071

## 6. Tartışma

Bu çalışmada, sezgisel bulanık kümeler arasında, karşı sezgisel olayları çözümleyebilmek için Minkowski uzaklık ölçüsü ve Manhattan uzaklık ölçüleri toplamı kullanılmıştır. Deneysel sonuçlardan, bu uzaklık ölçüsü ile teşhis sonuçları ve örüntü tanıma konusunda, Akciğer Kanseri hastalığı ile ilgili

olarak diğer iki hastalıktan daha yüksek bir güvenilirlik sonucu elde edilmiştir. Bu nedenle, Minkowski uzaklığı, Manhattan uzaklık ölçüleri toplamı, Luo ve Zhao (2018: 34-39) tarafından kullanılan örüntü tanıma algoritması ile bu tür problemlerde etkili bir şekilde kullanılabilceği görülmüştür. Tablo 6.1'deki güvenilirlik değerlerine bakıldığında, Minkowski uzaklık ölçüsü, Manhattan uzaklık ölçüleri toplamına göre daha doğru sonuçlar vermektedir.

**Tablo 6.1.** Güvenilirlik değerleri toplamının yöntemlere göre karşılaştırılması

Uzaklık hesaplama yöntemleri	Güvenilirlik değerleri toplamı
Minkowski uzaklık ölçüsü	7.4
Manhattan uzaklık ölçüleri toplamı	6.62

Literatürde, sezgisel bulanık kümeler arasında birçok mesafe ölçümü yöntemi verilmiştir. Farklı matris normlarına ve ikili fonksiyonlara dayanarak mesafe ölçümleri alınabilmektedir. Gelecek çalışmalarda, mevcut mesafe ölçümlerinin bazılarının dahil edilmesi zor olduğu için, mevcut mesafelerin bazılarını içeren bir formülün bulunabileceği gibi farklı yöntemlerin güvenilirliğinin de incelenebileceği belirtilmiştir. Sezgisel bulanık kümeler, sağlık sektöründe hastalık teşhisinin yanı sıra işletmelerde hatalı üretim veya hizmetlerin belirlenmesi, ziraat uygulamaları, endüstriyel ürünlerin tasarımında tüketici davranışlarının analizinin gruplandırılması için önerilmektedir.

## Kaynakça

*Acıbadem Hastanesi Web ve Yayın Kurulu.* (2020). *KOAH*. Erişim Tarihi: 16.11.2022, <https://www.acibadem.com.tr/ilgi-alani/koah/#belirtiler>.

Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20, 87–96.

Atanassov, K. T. (2017). Type-1 fuzzy sets and intuitionistic fuzzy sets. *Algorithms*, 10(3), 106.

Castillo, O., Melin, P., Tsvetkov, R., Atanassov, K. T. (2014). Short remark on fuzzy sets, interval type-2 fuzzy sets, general type-2 fuzzy sets and intuitionistic fuzzy sets. *IEEE Conference on Intelligent Systems*, 322, 183–190.

Chen, T. Y. (2007). A note on distances between intuitionistic fuzzy sets and/or interval-valued fuzzy sets based on the Hausdorff metric. *Fuzzy Sets and Systems*, 158, 2523–2525.

Çiftçi, F. (2020). *Koah nedir? Belirti ve tedavi yöntemleri nelerdir? Koah testi nasıl yapılır?*. Erişim Tarihi: 23.11.2022, <https://www.medicalpark.com.tr/koah-nedir/hg-1771>.

Erbağcı, A. (2020). *Bronşit nedir? Bronşit belirtileri ve tedavi yöntemleri*. Erişim Tarihi: 20.11.2022, <https://www.medicalpark.com.tr/bronsit-nedir-belirtileri-ve-tedavi-yontemleri-nelerdir/hg-1895>.

*Geeksforgeeks Company.* Erişim Tarihi: 18.03.2019, <https://www.geeksforgeeks.org/>.

Grzegorzewski, P. (2004). Distances between intuitionistic fuzzy sets and interval-valued fuzzy sets based on the hausdorff metric. *Fuzzy Sets and Systems*, 148, 319–328.

Hernandez-Aguila, A., Garcia-Valdez, M., Castillo, O. (2017a). An open source implementation of an intuitionistic fuzzy inference system in Clojure. *2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 1-6.

Hernandez-Aguila, A., Garcia-Valdez, M., Castillo, O. (2017b) On the graphical representation of intuitionistic membership functions for its use in intuitionistic fuzzy inference systems. *Nature-Inspired Design of Hybrid Intelligent Systems*, 115–126.

Li, D. F., Cheng, C. T. (2002). New similarity measures of intuitionistic fuzzy sets and application to pattern recognitions. *Pattern Recognition Letters*, 23, 221–225.

Li, Y., Olson, D. L., Qin, Z. (2007). Similarity measures between intuitionistic fuzzy (vague) sets: a comparative analysis. *Pattern Recognition Letters*, 28, 278–285.

Luo, M., Zhao, R., A. (2018). Distance measure between intuitionistic fuzzy sets and its application in medical diagnosis, *Artificial Intelligence In Medicine*, 89, 34–39.

*National Institute of Standards and Technology, U. S. Standard of Commerce.* (2017). *Minkowski distance*. Erişim Tarihi: 15.03.2019, <https://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman2/auxillar/minkdist.htm>.

Nguyen, H. (2016). A novel similarity/dissimilarity measure for intuitionistic fuzzy sets and its application in pattern recognition. *Expert Systems with Applications*, 45, 97–107.

Nguyen, H. (2015). A new knowledge-based measure for intuitionistic fuzzy sets and its application in multiple attribute group decision making. *Expert Systems with Applications*, 42, 8766–8774.

Özdoğan, M. (2021). *Akciğer Kanseri Belirtileri, Evreleri ve Tedavisi*. Erişim Tarihi: 20.11.2022, <https://www.drozdogan.com/akciger-kanseri-belirtileri-evreleri-ve-tedavisi/>.

Papakostas, G. A., Hatzimichailidis, A. G., Kaburlasos, V. G. (2013). Distance and or similarity measures between intuitionistic fuzzy sets: a comparative analysis from a pattern recognition point of view. *Pattern Recognition Letters*, 34, 1609–1622.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Shen, F., Ma, X. S., Li, Z. Y., Cai, D. (2018). An extended intuitionistic fuzzy TOPSIS method based on a new distance measure with an application to credit risk evaluation. *Information Sciences*, 428, 105–119.

Shu, M. H., Cheng, C. H., Chang, J. R. (2006). Using intuitionistic fuzzy sets for fault-tree analysis on printed circuit board assembly. *Microelectronics Reliability*, 46, 2139–2148.

Song, Y. F., Wang, X. D., Quan, W., Huang, W. (2017). A new approach to construct similarity measure for intuitionistic fuzzy sets. *Soft Computing*, 1, 1–14.

Sotirov, S., Sotirova, E., Melin, P., Castillo, O., Atanassov, K. T. (2015). Modular neural network preprocessing procedure with intuitionistic fuzzy inter criteria analysis method. *Flex Query Answer Systems*, 175–186.

Szmidt, E., Kacprzyk, J. (2000). Distances between intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 505–518.

Türk Göğüs Cerrahisi Derneği. (2019). KOAH (Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı). Erişim Tarihi: 15.03.2019, <https://www.tgcd.org.tr/koah-kronik-obstruktif-akciger-hastaligi/>.

Vassilev, P. (2011). A note on distance and similarity measures between intuitionistic fuzzy sets. *Notes Intuition Fuzzy Sets*, 2.

Xu, Z. S. (2011). Models for multiple attribute decision making with intuitionistic fuzzy information. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 15, 285–297.

Yang, Y., Chiclana, F. (2012). Consistency of 2D and 3D distances of intuitionistic fuzzy sets, *Expert Systems with Applications*, 39, 8665–8670.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338–353.

Zhang, H., Yu, L. (2013). New distance measures between intuitionistic fuzzy sets and interval-valued fuzzy sets. *Information Sciences*, 245, 181–196.

# ICOMNAS

## Ara Mesnetin Kendi Ağırlığına Maruz Uç Kütleli Kolonun Titreşim ve Stabilitesine Etkisi

*Selahaddin Can TÜRK<sup>1</sup>*

*İrfan COŞKUN<sup>2</sup>*

### Özet

Bu çalışmada ara mesnet içeren kendi ağırlığına maruz üniform bir kolonun enine serbest titreşimleri ele alınmaktadır. Kolonun kendi ağırlığı eksenel doğrultuda etkiyen lineer yayılı basınç kuvveti olarak kabul edilmekte ve kolon serbest ucunda dönme eylemsizliği de göz önüne alınan bir uç kütle taşımaktadır. Bilindiği gibi eksenel basınç kuvvetleri titreşimin doğal frekanslarını küçültmektedir. En düşük (temel) frekans, yüksek modlardaki diğer frekanslara göre, doğal frekanstaki küçülme miktarı üzerinde çok daha etkili olmaktadır. Basınç kuvveti burkulma yüküne eşit olduğunda da temel frekans sıfıra gitmektedir. Bu nedenle, kolonun doğal temel frekanslarını belirli bir seviyede tutmak veya arttırmak için ara mesnet kullanılması gerekmektedir. Çalışmada göz önüne alınan kolon farklı uç koşullarına sahip Euler-Bernoulli kolonu olarak modellenmekte ve ankastre-serbest ve mafsallı-serbest kolon olmak üzere iki tip yapısal durum göz önüne alınmaktadır. Analiz için kolon ara mesnette iki bölgeye ayrılmakta ve her iki bölge için elde edilen değişken katsayılı hareket denklemleri Frobenius (kuvvet serisi) yöntemi ile çözülerek frekans denklemi elde edilmektedir. Kolon uç koşulları ve ara mesnete ilişkin süreklilik ve sıfır yer değiştirme koşulları birlikte kullanılarak, ara mesnetin bilinmeyen konumunu içeren transandantal frekans denkleminin köklerinden doğal frekanslar hesaplanmaktadır. Her iki mesnetlenme durumu için elde edilen sayısal sonuçlar çeşitli grafiklerde gösterilmektedir. Eksenel basınç yükü, ara mesnetin yeri ve uç kütle parametrelerinin temel frekanslar ve burkulma yükleri üzerindeki etkisi tartışılmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Doğal frekans, Ağırlıklı kolon, Burkulma yükü, Uç kütle, Ara mesnet

<sup>1</sup> MSc Student, Yıldız Technical University, Department of Civil Engineering, İstanbul, Turkey, Orcid: 0000-0003-4262-659X

<sup>2</sup> Prof. Dr. Yıldız Technical University, Department of Civil Engineering, İstanbul, Turkey, Orcid: 0000-0002-1583-0141

## 1. Giriş

İletişim, gözlem ve su kuleleri, rüzgar türbinleri, anten direkleri, robot kolları ve açık deniz platformu tarzındaki yapıların dinamik davranışını belirleyebilmek için bu yapılar çeşitli biçimlerde mesnetlendirilmiş kolonlar olarak modellenmektedir. Modellemede yapı çoğunlukla alt ucu ankastre, sabit ve/veya elastik mesnetli, üst ucunda kütle bulunan bir kolon olarak göz önüne alınmaktadır. Bu kolonlar esas olarak kendi ağırlıkları ve/veya uçta taşıdıkları kütle nedeniyle sürekli olarak eksenel yüke maruz kalmaktadır. Söz konusu yapıların tasarımında statik etkilerin yanı sıra dinamik etkiler de göz önüne alındığından, dinamik davranış için oldukça önemli bir parametre olan olan titreşimin doğal frekans değerlerinin elde edilmesi ve tasarımda kullanılması gerekmektedir. Doğal frekanslar arasında ilk moda ait temel frekansın hesabı yüksek modlara göre ayrıca önemli olmaktadır.

Farklı mesnetlenme durumları göz önüne alınarak kolonların enine titreşimlerine ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların büyük bir kısmında uç kütleinin dönme eylemsizliği ve eksantrisitesi gibi büyüklükler ile eksenel kuvvet etkisi göz önüne alınmamaktadır. Uç kütle parametrelerinin bileşik etkisinin göz önüne alındığı fakat eksenel kuvvetin göz önüne alınmadığı kolonların serbest titreşimine ilişkin çalışmalara örnek olarak Wu ve Hsu [1] ve Rosa vd. [2] tarafından yapılan çalışmalar verilebilir. Bu çalışmalarda konuya ilişkin geniş kapsamlı bir literatür de sunulmuştur. Kolon ve kirişlerde eksenel kuvvetin bulunması bu elemanların titreşim frekanslarını ve stabilitesini etkileyebilmektedir. Eksenel kuvvetin basınç olması halinde kuvvetin artması ile doğal frekanslar küçülmekte ve kuvvet Euler burkulma yüküne kadar artırıldığında temel frekans sıfıra gitmektedir. Sabit eksenel uç kuvvet veya yayılı eksenel kuvvet etkisi altındaki uç kütle içermeyen kirişlerin ve kolonların klasik sınır koşulları altındaki serbest titreşimi Bokaian [3], ve Naguleswaran [4] tarafından; yalnızca kendi ağırlığına maruz düşeyde asılı veya alt uçundan mesnetli üst ucu serbest kolonların titreşimi Abramowich [5], Virgin vd. [6] ve Chang Y. Wang [7] tarafından incelenmiştir.

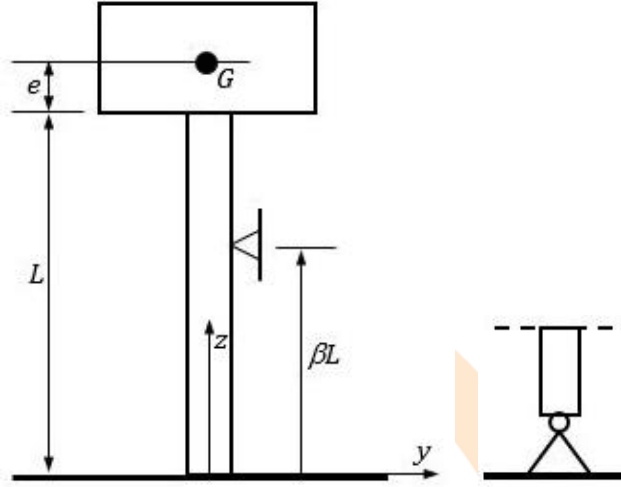
Kiriş veya kolonda eksenel kuvvet bulunmasının yanı sıra, serbest uçta noktasal bir kütle veya dönme eylemsizliği ile birlikte dış merkezliliği de göz önüne alınan bir rijit cisim bulunması halindeki dinamik davranışı inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin, Shaker [8] farklı mesnetlenme durumlarını göz önüne alarak noktasal uç kütleli kirişte eksenel kuvvetin frekanslar üzerindeki etkisini incelemiştir. Farghaly [9] eksenel kuvvete maruz serbest ucunda elastik olarak tutturulmuş uç kütle bulunan Bernoulli-Euler kirişinde doğal frekansların çeşitli parametrelerle değişimini incelemiştir. Lajimi and Heppler [10] kolon ağırlığını lineer değişen eksenel kuvvet olarak göz önüne almış ve bu kuvvet ile dönme eylemsizliği ve dış merkezliliği olan uçtaki rijit cismin doğal frekanslar ve mod şekilleri üzerindeki bileşik etkisini incelemiş, kolonun burkulma boylarını elde etmiştir.

Kolon veya kirişlerin çok büyük yer değiştirme yapmalarını önlemek, doğal frekanslarını büyütmek veya burkulma kapasitelerini arttırmak amacıyla bu elemanların açıklıkları boyunca ara mesnetler yerleştirilmektedir. Chang Y. Wang [11] kendi ağırlığına maruz kolonda rijit ara mesnet, Ding Xi Wang [12] sabit basınç kuvvetine maruz kolon ve kirişte elastik ara mesnet, Ding Xi Wang vd. [13] konsol ve basit mesnetli kirişlerde elastik mesnet kullanarak ara mesnetin konumunun ve eksenel kuvvetin büyüklüğünün sistemin doğal frekansları ve/veya stabilitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

## 2. Problemin Formülasyonu ve Çözüm Yöntemi

Şekil 1'de enine doğrultudaki serbest titreşimi incelenecek alt ucu ankastre mesnetli, serbest ucunda rijit bir cisim bulunan  $L$  boyundaki Bernoulli-Euler kolonu görülmektedir. Çalışma kapsamında malzeme ve kesit özellikleri aynı olan alt ucu mafsallı kolon da göz önüne alınacaktır.

Kolonun en kesit alanı  $A$ , kesit atalet momenti  $I$ , kütle yoğunluğu  $\rho$ , elastisite modülü  $E$ ; üst uçtaki rijit cismin kütlesi  $M$ , dış merkezliği  $e$ , kütle merkezi etrafındaki dönme eylemsizliği  $J$  ile gösterilmektedir. Kolon, kendi ağırlığı ile uç kütleinin ağırlığı etkisi altındadır. Eksenel olarak uygulanan bu kuvvetlerden kolon ağırlığı lineer değişen yayılı kuvvet, uç kütleinin ağırlığı ise sabit tekil kuvvet olarak göz önüne alınmaktadır.



Şekil 1. Uç kütle taşıyan ara mesnetli üniform kolon.

Şekil 1'de görülen kolonun enine doğrultudaki serbest titreşimine ait diferansiyel denklem denge esasından veya Hamilton ilkesinden hareket edilerek aşağıdaki gibi yazılmaktadır.

$$EIv'''' + [(Mg + mg(L-z))v'] + m\ddot{v} = 0 \quad (1)$$

Bu denklemdeki  $g$  yer çekimi ivmesini,  $v(z,t)$  kolonun yatay yer değiştirmesini,  $m$  birim boyun kütlesini, köşeli parantez içindeki terim ise eksenel kuvveti göstermektedir. Sistemdeki ara mesnet nedeniyle yukarıdaki diferansiyel denklem iki bölge için de kullanılacak ve yer değiştirmeler alt uçtan ara mesnete kadar olan birinci bölgede  $v_1(z,t)$ , ara mesnetten uç kütleyle kadar olan ikinci bölgede ise  $v_2(z,t)$  biçiminde gösterilecektir.  $\beta$  ara mesnetin yerini belirleyen bir parametre olmak üzere  $Z$  koordinatı birinci bölgede  $0 \leq z \leq \beta L$ , ikinci bölgede ise  $\beta L \leq z \leq L$  olarak değişmektedir. Kolon alt ucundan ankastre veya mafsallı tutulu olacağından sınır koşulları bu iki durum için şu şekilde yazılmaktadır: Birinci bölgede ankastre mesnette yer değiştirme ve dönme sıfır, sabit mesnette yer değiştirme ve moment sıfırdır. Ara mesnette yer değiştirmeler sıfır, dönmeler ve momentler birbirine eşit; ikinci bölgede ise kolon ucu ile uç kütleinin birleşim yerinde momentler ve kesme kuvvetleri birbirine eşittir. Buna göre sınır koşulları toplu olarak aşağıdaki gibi yazılmaktadır.

Ankastre mesnette:  $EIv_1(0,t) = 0$ ,  $EIv_1'(0,t) = 0$

Sabit mesnette:  $EIv_1(0,t) = 0$ ,  $EIv_1''(0,t) = 0$

Her iki mesnet için:

$$EIv_1(\beta L, t) = 0, EIv_2(\beta L, t) = 0, EIv_1'(\beta L, t) = EIv_2'(\beta L, t), EIv_1''(\beta L, t) = EIv_2''(\beta L, t) \quad (2)$$

$$EIv_2''(\beta L, t) + Me\ddot{v}_2 + (J + me^2)\dot{v}_2' = 0, EIv_2'''(\beta L, t) + (Mg + mg(L-z))v_2' - M(\ddot{v}_2 + e\dot{v}_2') = 0$$

Denklem (1)'in verilen sınır koşulları altındaki çözümü için  $\omega$  sistemin doğal frekansını,  $V(z)$  yalnızca koordinata bağlı yer değiştirmeyi,  $S$  boyutsuz koordinatı ve  $\eta$  boyutsuz yatay yer değiştirmeyi göstermek üzere aşağıdaki ayrıklaştırma ve boyutsuz büyüklükler tanımlanmaktadır.

$$v(z, t) = V(z)e^{i\omega t}, \quad s = z/L, \quad \eta = V(z)/L \quad (3)$$

(3) ifadelerinin (1) ve (2)'de yerine konulup düzenleme yapıldıktan sonra diferansiyel denklem ve sınır koşulları aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\eta_i''''(s) + [P_0 + \gamma(1-s)]\eta_i''(s) - \gamma\eta_i'(s) - k^4\eta_i(s) = 0, \quad i = 1, 2 \quad (4)$$

Ankastre mesnette:  $\eta_1(0) = 0, \eta_1'(0) = 0$

Sabit mesnette:  $\eta_1(0) = 0, \eta_1''(0) = 0$

Her iki mesnetlenme durumu için:

$$\begin{aligned} \eta_1(\beta) = 0, \eta_2(\beta) = 0, \eta_1'(\beta) = \eta_2'(\beta), \eta_1''(\beta) = \eta_2''(\beta) \\ \eta_2''(s) - k^4[\bar{M}\bar{e}\eta_2(s) + (\bar{J} + \bar{M}\bar{e}^2)\eta_2'(s)] = 0, \\ \eta_2'''(s) + k^4[\bar{M}\eta_2(s) + \bar{M}\bar{e}\eta_2'(s)] + [P_0 + \gamma(1-s)]\eta_2' = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Bu denklemlerdeki  $\gamma, P_0, k, \bar{M}, \bar{J}, \bar{e}$  boyutsuz büyüklükleri sırasıyla kolon ağırlık parametresini, uç kütle kaynaklı kuvveti, frekans parametresini ve uç kütle, kütle eylemsizlik momenti ve ekzantrisiteyi göstermek üzere aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$\gamma = \frac{mgL^3}{EI}, \quad P_0 = \frac{MgL^2}{EI}, \quad k^4 = \frac{mL^4\omega^2}{EI}, \quad \bar{M} = \frac{M}{mL}, \quad \bar{J} = \frac{J}{mL^3}, \quad \bar{e} = \frac{e}{L}$$

(4) diferansiyel denkleminin değişken katsayılı olması nedeniyle problem Frobenius yöntemiyle Hildebrand [15] çözülecek ve kolonun doğal frekansları elde edilecektir. Buna göre yer değiştirmeye ilişkin  $\eta(s)$  fonksiyonu aşağıdaki gibi bir kuvvet serisine açılmaktadır.

$$\eta_i(s, c) = \sum_{n=0}^{\infty} (a_{n+1})_i(c) s^{c+n} \quad (6)$$

Bu ifadedeki  $a_{n+1}$  katsayıları henüz bilinmeyen  $C$  değişkeninin fonksiyonu olup sınır koşulları yardımıyla elde edilecektir. (6) çözümünün (4) denkleminde yerine yazılıp düzenleme yapıldığında aşağıdaki denklem elde edilmektedir.



$$\begin{aligned} & \sum_{n=-1}^{n=\infty} (c+n+1)(c+n)(c+n-1)(c+n-2)a_{n+2}s^{c+n-3} \\ & + (P_0 + \gamma) \sum_{n=1}^{n=\infty} (c+n-1)(c+n-2)a_n s^{c+n-3} \\ & - \gamma \sum_{n=2}^{n=\infty} (c+n-2)^2 a_{n-1} s^{c+n-3} - k^4 \sum_{n=3}^{n=\infty} a_{n-2} s^{c+n-3} = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Baş katsayı  $a_1(c)=1$  olarak alındığında (7) denkleminde  $a_k(c)=0, k \leq 0$  koşuluyla, katsayılar arasında aşağıdaki bağıntı elde edilmektedir.

$$a_{n+2}(c) = \frac{-(P_0 + \gamma)(c+n-1)(c+n-2)a_n(c) + \gamma(c+n-2)^2 a_{n-1}(c) + \beta^4 a_{n-2}(c)}{(c+n+1)(c+n)(c+n-1)(c+n-2)} \quad (8)$$

Katsayıların bu şekilde alınmasıyla  $\eta_1(s, c)$  çözümü (4) denklemini aşağıdaki indis denkleminin kökleri için sağlamaktadır.

$$c(c-1)(c-2)(c-3) = 0 \quad (9)$$

Bu denklemin kökleri olan  $c = 0, 1, 2, 3$  değerleri kullanılarak aşağıda verilen dört çözüm fonksiyonu elde edilmektedir.

$$\begin{aligned} \eta_1(s, 0) &= a_1(0) \left[ 1 - \frac{P_0 + \gamma}{2} s^2 + \sum_{n=0}^{n=\infty} a_{n+5}(0) s^{n+4} \right] \\ \eta_1(s, 1) &= a_1(1) \left[ s - \frac{P_0 + \gamma}{6} s^3 + \frac{\gamma}{24} s^4 + \sum_{n=0}^{n=\infty} a_{n+5}(1) s^{n+5} \right] \end{aligned} \quad (10)$$

$$\eta_1(s, 2) = a_1(1) \left[ s^2 - \frac{P_0 + \gamma}{12} s^4 + \frac{\gamma}{30} s^5 + \sum_{n=0}^{n=\infty} a_{n+5}(1) s^{n+6} \right]$$

$$\eta_1(s, 3) = a_1(3) \left[ s^3 - \frac{P_0 + \gamma}{20} s^5 + \frac{\gamma}{40} s^6 + \sum_{n=0}^{n=\infty} a_{n+5}(3) s^{n+7} \right]$$

Elde edilen bu dört çözüm fonksiyonunda  $a_1(0) = A_1, a_1(1) = B_1, a_1(2) = C_1, a_1(3) = D_1$  biçiminde, köşeli parantez içindeki terimler de  $F_0, F_1, F_2, F_3$  biçiminde tanımlanarak, birinci bölgedeki diferansiyel denklemin genel çözümü çözüm fonksiyonlarının toplamı alınarak aşağıdaki gibi yazılmaktadır.

$$\eta_1(s) = A_1 F_0(s) + B_1 F_1(s) + C_1 F_2(s) + D_1 F_3(s) \quad (11)$$

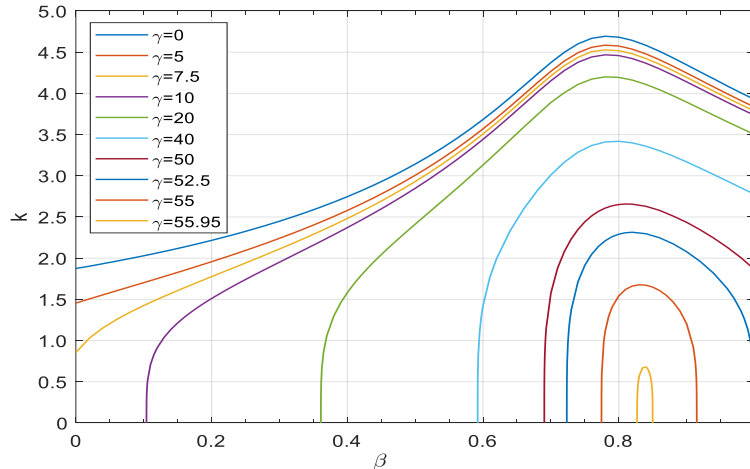
Birinci bölgedeki diferansiyel denklemle ikinci bölgedeki diferansiyel denklemin yapıları aynı olduğu için, ikinci bölgedeki çözüm

$$\eta_2(s) = A_2 E_0(s) + B_2 E_1(s) + C_2 E_2(s) + D_2 E_3(s) \quad (12)$$

olarak yazılabilir. (11) ve (12) denklemlerindeki toplam sayısı sekiz olan  $A_i, \dots, D_i$  ( $i = 1, 2$ ) sabitleri sınır koşullarından elde edilecektir. Ankastre kolonda (5) sınır koşullarının ilk ikisi  $A_1 = 0, B_1 = 0$  değerlerini vermektedir. Geriye kalan denklemlerden oluşan homojen denklem sistemi çözülerek  $k_i, i = 1, 2, \dots, n$  frekans parametresi değerleri hesaplanmaktadır. Sabit mesnetli kolonda ise (5) sınır koşullarının bu mesnetle ilgili olan ilk iki koşulu kullanıldığında bu defa  $A_1 = 0, C_1 = 0$  olarak bulunmaktadır. Ankastre mesnettekine benzer bir yol izlenerek  $k_i$  değerleri elde edilmektedir.  $k_i$  değerleri hesaplandıktan sonra doğal frekanslar  $\omega_i = k_i^2 (\sqrt{EI/m}) / L^2$  bağıntısından elde edilmektedir. Söz konusu frekans parametresi değerlerinin hesabı,  $R$  katsayılar matrisinin içinde sınır ve süreklilik denklemlerinden gelen ve ara mesnet nedeniyle  $\beta$ 'ya bağlı olan terimlerin,  $X$  kolon matrisinde de hesaplanmamış olan sabitlerin bulunduğu  $[R]\{X\} = 0$  sistemi çözülerek yapılmaktadır. Bu lineer ve homojen denklem sisteminde katsayılar matrisinin determinantını sıfır yapan değerler kolonun frekans parametresine ve dolayısıyla ara mesnet konumuna karşılık gelmektedir.

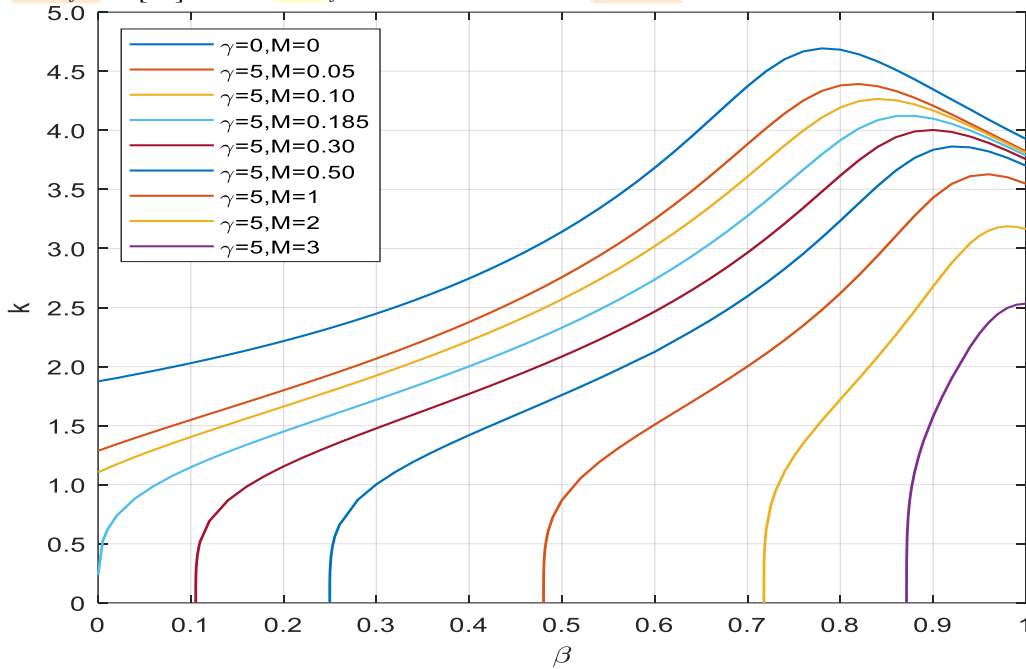
### 3. Sayısal uygulama

Bu bölümde sayısal uygulama yapılarak alt ucu ankastre üst ucu serbest ve alt ucu mafsallı üst ucu serbest ara mesnet içeren kolonlar için temel frekanslar hesaplanacaktır. Parametre olarak kolonun kendi ağırlığı, uç kütleinin büyüklüğü ve uç kütleinin dönme eylemsizliği alınmaktadır. Söz konusu parametre değerleri için temel frekansın ara mesnetin konumu ile değişimi ve kolonun stabilize durumu incelenmektedir. Uygulamada göz önüne alınan kolonlar daire kesitli olup çap  $d = 0.3\text{m}$ , malzeme elastisite modülü  $E = 2.068 \times 10^{11}\text{N/m}^2$ , kütle yoğunluğu  $\rho = 7850\text{kg/m}^3$  olarak alınmaktadır. Kolon boyu ise kolon ağırlık parametresi olan  $\gamma$  parametresi içinde hesaba girmektedir. Parametre sayısını azaltmak amacıyla uç kütleinin ekzantrikliği göz önüne alınmamakta, frekans hesabında da yalnızca ilk moda ilişkin temel frekans değerleri hesaplanmaktadır.



Şekil 2. Ankastre mesnetli kolonda ağırlığın frekans parametresi üzerindeki etkisi.

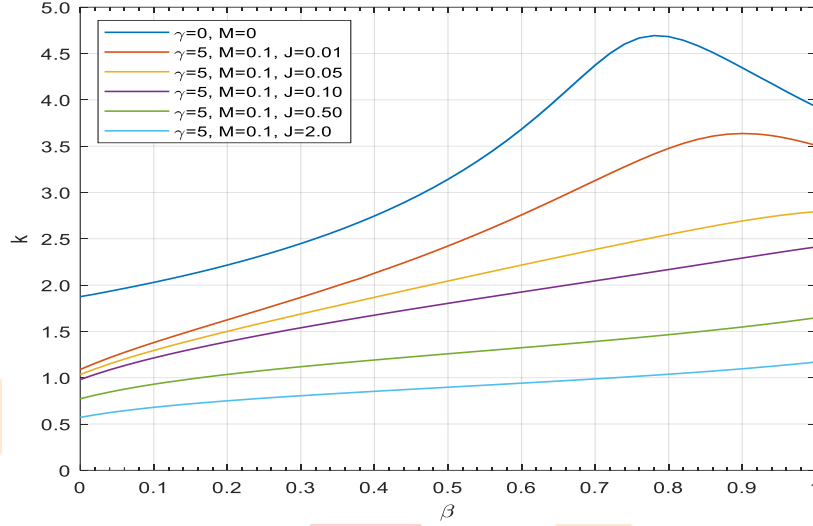
Şekil 2’de alt ucundan ankastre mesnetli üst ucu serbest olan kolonda uç kütleli bulunmaması durumu göz önüne alınarak seçilen  $\gamma$  ağırlık parametresi değerleri için temel frekans parametresinin ara mesnetin yeri ile değişimi verilmiştir. En üstteki eğri kolonun ağırlıksız ve uç kütleli olması durumunda değişimi göstermektedir. Şekilden, ara mesnetin kolon alt ucundan uzaklaşmasıyla temel frekansın büyüdüğü ve bir maksimum değere ulaştıktan sonra tekrar küçüldüğü görülmektedir. Kolon ağırlığının göz önüne alınmadığı durumda ( $\gamma=0$ ) en büyük frekans değerleri elde edilmektedir. Bu durumda  $\beta=0$  alındığında, ara mesnetsiz ankastre kolonun frekans parametresi 1.8751 olarak elde edilmektedir.  $\gamma=0$  halinde frekansın maksimum değeri 4.6940 olup ara mesnet  $\beta=0.783$  konumundadır. Ağırlık göz önüne alındığında ise aksel basınç kuvveti nedeniyle frekans değerleri küçülmektedir. Ağırlığın artarak  $\gamma=7.83735$  ( $L=42.270\text{m}$ ) değerine ulaşması halinde  $k=0$  olmakta ve kolonda burkulma meydana gelmektedir. Frekansın sıfır olduğu maksimum ağırlık 55.95 olup ara mesnet  $\beta=0.850$  konumunda bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar başlangıç değerleri yöntemi ile bulunan sonuçlarla [11] üst üste düşmektedir.



Şekil 3. Ankastre mesnetli kolonda uç kütleli frekans parametresi üzerindeki etkisi.

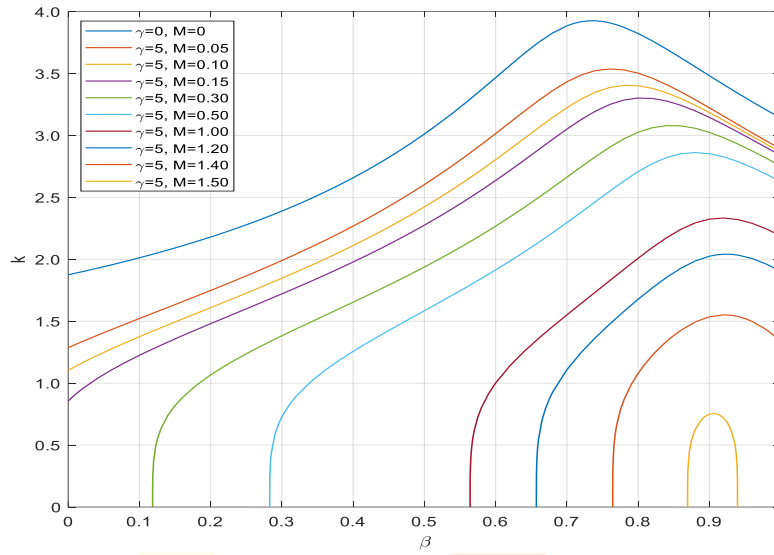
Şekil 3’te alt ucundan ankastre mesnetli üst ucu serbest olan kolonun uç kütle taşıması durumunda seçilen  $M$  uç kütle parametresi değerleri için temel frekansın ara mesnetin yeri ile değişimi verilmiştir. Şekilden, ara mesnetin kolonun alt ucundan uzaklaşmasıyla temel frekansın büyüdüğü ve ara mesnetin belirli bir konumu için bir maksimum değer aldığı görülmektedir. Herhangi bir ara mesnet konumu için uç kütleli büyümesi ile frekans değerleri küçülme ve frekans değerinin sıfıra gitmesi halinde kolonda burkulma meydana gelmektedir. Bu durum  $\gamma=5$  için  $M=0.185$  yaklaşık değerinde başlamaktadır.  $\beta=0$  durumunda (ara mesnetsiz uç kütleli ankastre kolon) frekanslar  $M=0.05$  için

$k=1.287$ ,  $M=0.10$  için  $k=1.105$  değerlerini almaktadır. Kolon uç kütle ağırlığı ve yatay eylemsizliği de dikkate alınarak elde edilen bu davranış, büyük oranda, uç kütle ağırlığının kolon ağırlığına katılarak eksenel kuvveti büyültmesi nedeniyle, Şekil 2'deki davranışa oldukça benzerdir.



Şekil 4. Ankastré kolonda uç kütle dönme eylemsizliğinin frekans parametresine etkisi.

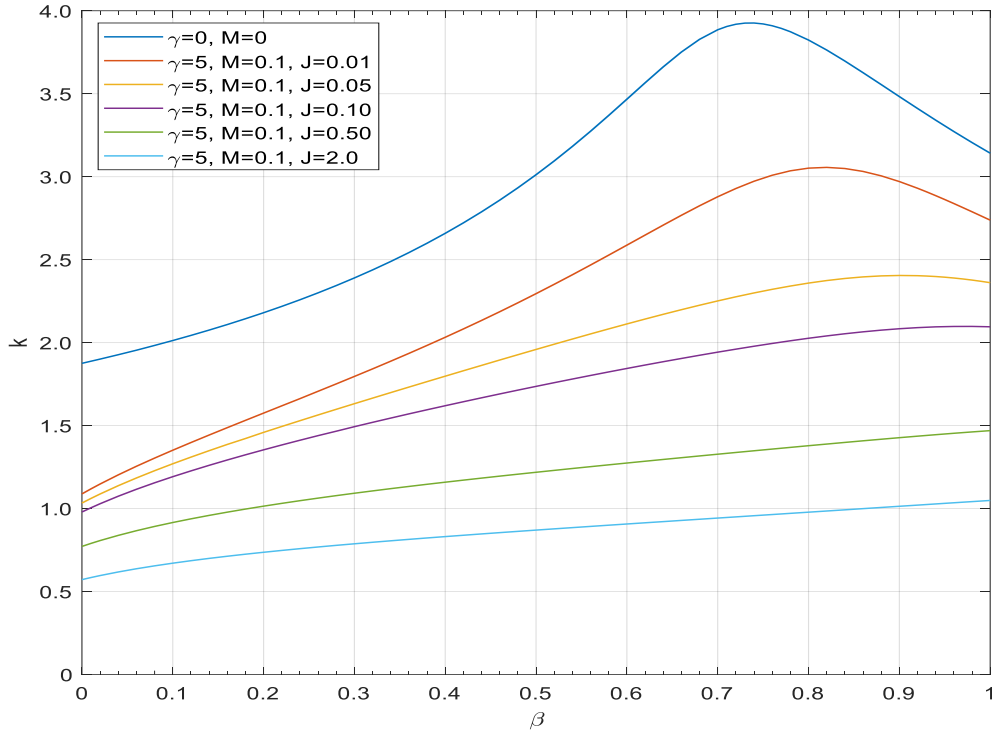
Şekil 4'te Ankastré mesnetli kolonda seçilen  $J$  uç kütle dönme eylemsizliği parametre değerleri için temel frekansın ara mesnetin yeri ile değişimi verilmiştir.  $\gamma$  ve  $M$  parametrelerinin seçilen değerleri nedeniyle burkulmayla karşılaşmamaktadır. Şekilden, ara mesnet kolon alt ucundan uzaklaştıkça temel frekansın büyüdüğü ve küçük  $J$  değerleri için bir maksimum değer aldığı görülmektedir. Ara mesnetin herhangi bir konumu için dönme eylemsizliğinin büyümesi ile frekans değerleri küçülmekte; eylemsizliğin çok büyümesi durumunda ise ara mesnet konumunun frekans üzerindeki etkisi azalmaktadır. Ara mesnetin alt uca gitmesi halinde ( $\beta=0$ ), ara mesnetsiz ankastré kolona ait frekanslar elde edilmektedir. Bu halde frekans değerleri  $J=0.01, 0.05, 0.10, 0.50, 2.0$  dönme eylemsizliği değerleri için sırasıyla 1.088, 1.033, 0.979, 0.772, 0.571 olarak bulunmaktadır.



Şekil 5. Sabit mesnetli kolonda ağırlığın frekans parametresi üzerindeki etkisi.

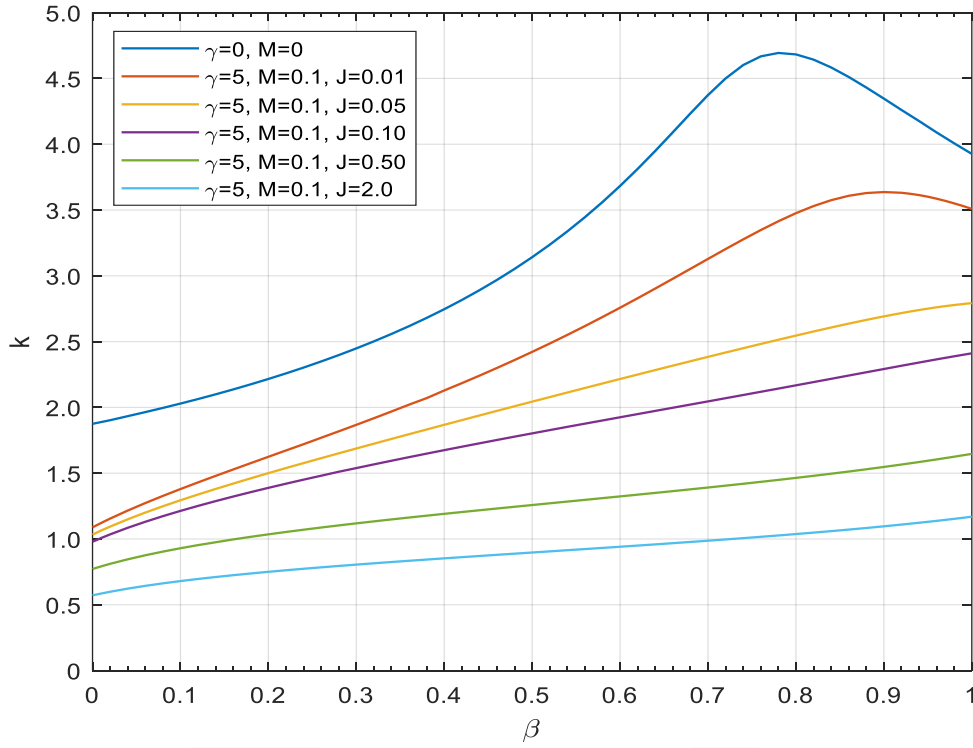
Şekil 5'te alt ucundan mafsallı (sabit mesnetli) üst ucu serbest olan kolonda uç kütleli bulunmaması durumu göz önüne alınarak seçilen  $\gamma$  ağırlık parametresi değerleri için boyutsuz temel frekans parametresinin ara mesnetin yeri ile değişimi verilmiştir. Kolonun alt ucunun mafsallı olması nedeniyle sistemde ara mesnet olması gerekmektedir. Şekilden, ara mesnetin kolon alt ucundan uzaklaşmasıyla temel frekansın büyüdüğü ve bir maksimum değere ulaştıktan sonra tekrar küçüldüğü görülmektedir. Alt ucun ankastre haline benzer şekilde, kolon ağırlığı arttıkça seçilen bir ara mesnet konumu için frekans değerleri küçülmektedir. Kolon ağırlığının göz önüne alınmadığı durumda ( $\gamma=0$ ) en büyük frekans değerleri elde edilmektedir. Bu durumda maksimum frekans değeri 3.926 olup ara mesnet  $\beta=0.740$  konumundadır.  $\gamma=0$  için  $\beta=1$  olduğunda ise, iki ucu mafsallı kolonun frekansı olan 3.1416 ( $\pi$ ) değeri elde edilmektedir [11].  $\beta=0$  durumunda birbirine çok yakın yerleştirilmiş iki basit mesnet söz konusu olacağı için sınır koşulları ve dolayısıyla frekans değerleri ve burkulma başlatan ağırlık, ankastre mesnetli kolonunkine eşdeğer olmaktadır. Frekansın sıfır olduğu maksimum ağırlık 25.64 olup ara mesnet  $\beta=0.641$  konumunda bulunmaktadır. Alt ucu ankastre kolonla karşılaştırıldığında (Şekil 2), aynı ağırlık altında burkulmanın başladığı ara mesnet konumunun mafsallı halde daha büyük (üst uca daha yakın) olduğu görülmektedir.

Şekil 6. Sabit mesnetli kolonda uç kütleli frekans parametresi üzerindeki etkisi.



Şekil 6. Sabit mesnetli kolonda uç kütleli frekans parametresi üzerindeki etkisi.

Şekil 6'da Sabit mesnetli kolonun uç kütle taşıması durumunda seçilen  $M$  uç kütle parametresi değerleri için temel frekansın ara mesnetin yeri ile değişimi verilmiştir. Şekilden, ara mesnetin kolon alt ucundan uzaklaşmasıyla temel frekansın büyüdüğü ve ara mesnetin belirli bir konumu için bir maksimum değer aldığı görülmektedir. Herhangi bir ara mesnet konumu için uç kütleli büyümesi ile frekans değerleri küçülmekte ve frekans değerinin sıfıra gitmesi halinde kolonda burkulma meydana gelmektedir.  $\beta=0$  durumunda elde edilen frekans değerleri, daha önce belirtildiği gibi, uç kütleli ara mesnetsiz ankastre kolondaki değerler olmaktadır. Aynı ağırlık altında, örneğin  $M=1$  için, burkulmanın başladığı ara mesnet konumu ankastre mesnetli kolondakinden (Şekil 3) daha büyük (üst uca daha yakın) olmaktadır.



Şekil 7. Sabit mesnetli kolonda uç kütle dönme eylemsizliğinin frekans parametresi üzerindeki etkisi.

Şekil 7’de sabit mesnetli kolonda seçilen  $J$  uç kütle dönme eylemsizliği parametre değerleri için temel frekansın ara mesnetin yeri ile değişimi verilmiştir.  $\gamma$  ve  $M$  parametrelerinin seçilen değerleri nedeniyle burkulmayla karşılaşmamaktadır. Şekilden, ara mesnet kolon alt ucundan uzaklaştıkça temel frekansın büyüdüğü ve küçük  $J$  değerleri için bir maximum değer aldığı görülmektedir. Dönme eylemsizliğinin büyümesi ile frekans değerleri küçülme; eylemsizliğin çok büyümesi durumunda ise ara mesnet konumunun frekans üzerindeki etkisi azalmaktadır. Ara mesnetin alt uca gitmesi halinde ( $\beta=0$ ) ara mesnetsiz ankastre kolona ait frekanslar elde edilmektedir.

## Sonuç

Bu çalışmada kendi ağırlığına maruz, ara mesnetli ve serbest ucunda kütle taşıyan alt ucundan ankastre mesnetli ve alt ucundan sabit mesnetli uniform kolonların serbest titreşimi ve burkulma davranışı incelenmiştir. Uç kütlelerin dönme eylemsizliği de göz önüne alınarak yapılan çözümde sistemin temel frekansları hesaplanarak ara mesnetin konumu, kolon ağırlığı ve uç kütleyle ilişkin parametrelerin temel frekans ve burkulma üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre:

- Her iki mesnetlenme durumu için de ara mesnet kolon ucuna yaklaştıkça temel frekans değerleri büyüme ve ara mesnetin belirli bir konumunda maksimum değer almaktadır. Kolon alt ucu mafsallı ise ara mesnet konumunun sıfıra gitmesi durumunda ara mesnetsiz ankastre durumdaki frekans değerleri elde edilebilmektedir. Mafsallı durumda ara mesnet kolon ucuna yerleştirildiğinde iki ucu mafsallı, ağırlıksız ve uç kütleli kolondaki frekans değeri elde edilmektedir.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

- Ankastre mesnetli kolondaki maksimum frekans değerleri ve bunlara karşılık gelen ara mesnet konumları, mafsallı kolondakinden daha büyük olmaktadır. Ara mesnet kolon üst ucuna yerleştirildiğinde, büyük dönme eylemsizliği değerleri için ankastre kolondaki maksimum frekans değerlerinin mafsallı kolondaki değerlere yaklaştığı gözlenmiştir.
- Ara mesnetin herhangi bir konumunda, uç kütle ağırlıkları nedeniyle kolonlarda oluşan basınç tipindeki eksenel kuvvet ve uç kütle dönme eylemsizliği, beklendiği gibi frekans değerlerini küçültmektedir.
- Kolondaki eksenel kuvvetin artarak belirli bir değere ulaşması durumunda frekans değeri sıfıra gitmekte ve kolonda burkulma meydana gelmektedir. Aynı etki altında burkulmanın başladığı ara mesnet konumu, mafsallı kolona göre ankastre kolonda alt uca daha yakın olmaktadır.



ICOMNAS





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Kaynakça

- [1] Wu, J.S., Hsu, S.H., (2006). A unified approach for the free vibration analysis of an elastically supported immersed uniform beam carrying an eccentric tip mass with rotary inertia. *J. of Sound Vib.* 291, 1122-1147.
- [2] De Rosa, M.A., Lippiello, M., Vairo, F. and Maurizi, M.J., (2013). Free vibration analysis of a variable cross-section column partially immersed in a liquid. *Ocean Engineering* 72, 160-166.
- [3] Bokaian, A., (1988). Natural frequencies of beams under compressive axial loads. *Journal of Sound and Vibration* 126(1), 49 - 65.
- [4] Naguleswaran, S., (2004). Transverse vibration of a uniform Euler-Bernoulli beam under linearly varying axial force. *Journal of Sound and Vibration* 275 (1-2), 47-57
- [5] Abramovich, H. (1993). Free vibrations of gravity loaded composite beams. *Composite Structures* 23(1), 17 - 26.
- [6] Virgin, L.N., Santillan, S.T. and Holland, D.B., (2007). Effect of gravity on the vibration of vertical cantilevers. *Mechanics Research Communications* 34(3), 312-317.
- [7] Wang, C.Y., (2012). Influence of gravity and taper on the vibration of a standing column. *Advances in Applied Mathematics and Mechanics* 4(4), 483-495.
- [8] Shaker, F.J., (2012). Effect of axial load on mode shapes and frequencies of beams, *Technical Report NASA-TN-8109*, Lewis Research Center, Cleveland, Ohio, USA.
- [9] Farghaly, S.H., (1992). Bending vibrations of an axially cantilever beam with an elastically mounted end mass of finite length. *Journal of Sound and Vibration* 156, 373-380.
- [10] Lajimi, S.A.M. and Heppler, G.R., (2013). Free vibration and buckling of cantilever beams under linearly varying axial load carrying an eccentric end rigid body. *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, Vol. 37, No.1, 89-109.
- [11] Wang, C.Y., (2010). Vibration of a standing heavy column with Intermediate support. *Journal of Vibration and Acoustics*, Vol. 132, 1-4.
- [12] Wang, D., (2014). Optimum design of intermediate support for raising fundamental frequency of a beam or column under compressive axial load. *Journal of Eng. Mech.* 140(7) 1-9.
- [13] Wang, D., Friswell, M.I., Lei, Y., (2006). Maximizing the natural frequency of a beam with an intermediate elastic support. *Journal of Sound and Vibration* 291, 1229-1238.
- [14] Hildebrand, F.B. *Advanced Calculus for Applications*, 2nd edn. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1976.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Boronizing and Some Physical Properties of White Cast Iron

*Tuna AYDOĞMUŞ<sup>1</sup>*

### Abstract

In this study, the effect of boriding on white cast iron (Ni-Hard4) was investigated. Boriding was chosen as the boronizing method. A mixture of SiC, KBF<sub>4</sub> and B<sub>4</sub>C powders with 99.9% purity and micron size was used as boronizing material. The component ratios of the mixture were determined as 90% SiC, 5% KBF<sub>4</sub> and 5% B<sub>4</sub>C. These mixtures were obtained in a mixing machine designed in the study, at room temperature, at 15 rpm for 2 hours. Boriding temperature was kept constant at 1000°C and the time parameter was applied as a variable. In the experiment, which was carried out in 2, 4, and 8 hours, a heat treatment furnace was used, which we can raise the temperature in a controlled manner. The temperature was maintained at a constant value. After the surface cleaning and etching processes of the samples obtained, microstructure examinations were carried out with SEM (Scanning Electron Microscope). Morphological examinations were carried out by carrying and hardness tests of the samples, which were subjected to the mounting process. Thus, the results of boriding process were obtained and the results were compared with each other. It was then interpreted by comparing it with the literature. As a result, a study emerged in which the properties of the Ni-Hard4 material improved.

**Keywords:** Boronizing, Powder Metallurgy, Hardness.

<sup>1</sup> Assist. Prof. Dr., Hitit University, TBMYO, 0000-0002-8736-2949

## INTRODUCTION

Alloys called white cast iron (Ni-Hard4) are widely used in areas requiring wear resistance due to their high mechanical strength. These are areas that require high strength, such as mining, mineral processing, slurry pumps, and the cement industry. In sectors that require such high strength, losses due to wear and corrosion create a lot of economic problems. This, in turn, has directed studies towards the production or development of new materials (Al-Rubaie & Pohl, 2014; Çöl, Koç, Öktem, & Kır, 2016; Mohammadnezhad, Javaheri, Shamanian, Naseri, & Bahrami, 2013; Sang, Fu, Qu, Wang, & Lei, 2015; Wang, Li, Parent, & Tian, 2011).

Boron element plays an active role in surface hardening and production of high strength materials recently. Both the production of boron doped materials and the boronizing process provide high hardness and wear resistant products (Sang et al., 2015; Sen, Sen, Koksal, & Yılmaz, 2005; Sen, Sen, & Yılmaz, 2004; Yüksel & Şahin, 2014).

Boronizing is a thermochemical surface hardening process and is based on the diffusion of boron element on the surface of the material. The duration and temperature of the boronizing process vary according to the material to be applied. It is generally applied between 1-16 hours and at a temperature of 800-1200 degrees. With the boriding process applied to ferrous, non-ferrous and ceramic materials, it is ensured that the material has high rejection (1400-5000 HV) (BAŞTÜRK & ERTEN, 2006; Maragoudakis, Stergioudis, Omar, Pavlidou, & Tsipas, 2002; Sinha, 1991; Topuz, 2009).

It was determined that the FeB and Fe<sub>2</sub>B layers formed during boriding showed superior wear resistance and high mechanical properties. In this case, the FeB phase is harder and more brittle than Fe<sub>2</sub>B (Ozdemir, Usta, Bindal, & Ucisik, 2006; Ulutan, Yildirim, Çelik, & Buytoz, 2010; Zhang et al., 2011).

In this study, the developability of Ni-Hard4 material used in areas requiring high strength was investigated by boriding method. It has been determined that the hardness of Ni-Hard4 material, which has superior mechanical strength, is increased. It is one of the most important parts of the study that it does not require a lot of time and high cost for this experiment.

## MATERIALS AND METHODS

In this study, boronizing powder obtained from a mixture of SiC, B<sub>4</sub>C and KBF<sub>4</sub> elements with a purity of 99.9% and micron size, which was chemically analyzed, was used. To form this powder, a mixture of 90% SiC, 5% B<sub>4</sub>C and 5% KBF<sub>4</sub> was obtained. The mixing of the powder was done with a mixing machine designed during the experiment. This mixing was carried out at 15 rpm and room temperature for 2 hours. During mixing, 10 ceramic balls with a diameter of 10 mm were used.

Afterwards, the boriding process of the white cast iron (Ni-Hard4) samples, which were chemically analyzed and given in Table 1, was started. Boriding process was carried out at a constant temperature of 1000°C for 2-4 and 8 hours. Protherm brand, PLF 140-160 model, high temperature laboratory furnace was used for boriding process.

Table 1- Ni-Hard4 chemical analysis (%) (ASTM, 2022)

	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Mo	Fe
ASTM-A-532	2,5-3,6	>2	>2	7-11	5-7	>0,1	>0,15	>1,5	Bal.
Ni-Hard4	0,72	0,9	0,77	10,66	4,79	0,08	0,015	0,32	Bal.

After the boriding process was completed, classical metallographic processes were performed on the samples removed from the furnace. The surfaces were etched for 1 minute by drip method using Nital (10% HNO<sub>3</sub> + Ethanol) etching and washed with alcohol. Then SEM images were taken. After the SEM images, the hardness test of both the non-boronized Ni-Hard4 material and all other samples was performed. Hardness test was carried out in Metkon Duroline-M brand micro hardness device under 200 gr load with 5 repetitions. Hardness measurements were taken from the edge of the samples.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, the micro hardness of the non-boronized form of the Ni-Hard4 element, which has a hard structure, was taken and compared with the literature. The hardness of the (Al-Rubaie & Pohl, 2014) Ni-Hard4 sample, which is about 310 HV in the literature, was measured as 403.78 HV on average. The expected increase in hardness values was observed after 2, 4 and 8 hours of boriding. These values are given in Table 2. In addition, the SEM image taken from the untreated sample is given in Figure 1. The images taken from the surface cross-sections of the borided samples are shown in Figure 2, Figure 3 and Figure 4, respectively.

Table 2: Micro hardness measurements of Ni-Hard4 (HV 0.2)

Ni-Hard4	403,78
Ni-Hard4 (2h boronizing)	616,1
Ni-Hard4 (4h boronizing)	1238
Ni-Hard4 (8h boronizing)	1263,6

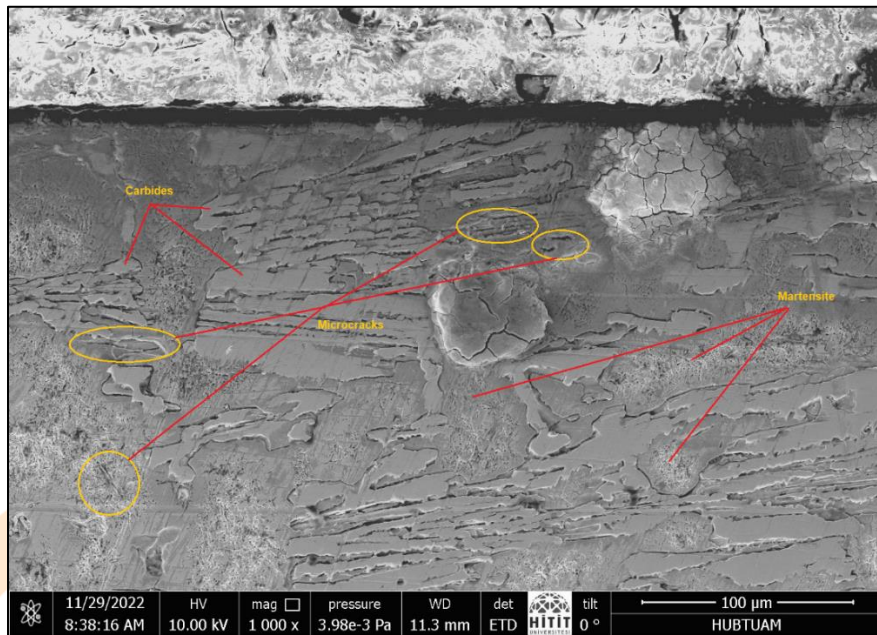


Figure 1: SEM image of Ni-Hard4

The original structure consists of carbides and martensitic. At the same time, there are micro cracks in the structure from place to place (figure 1).

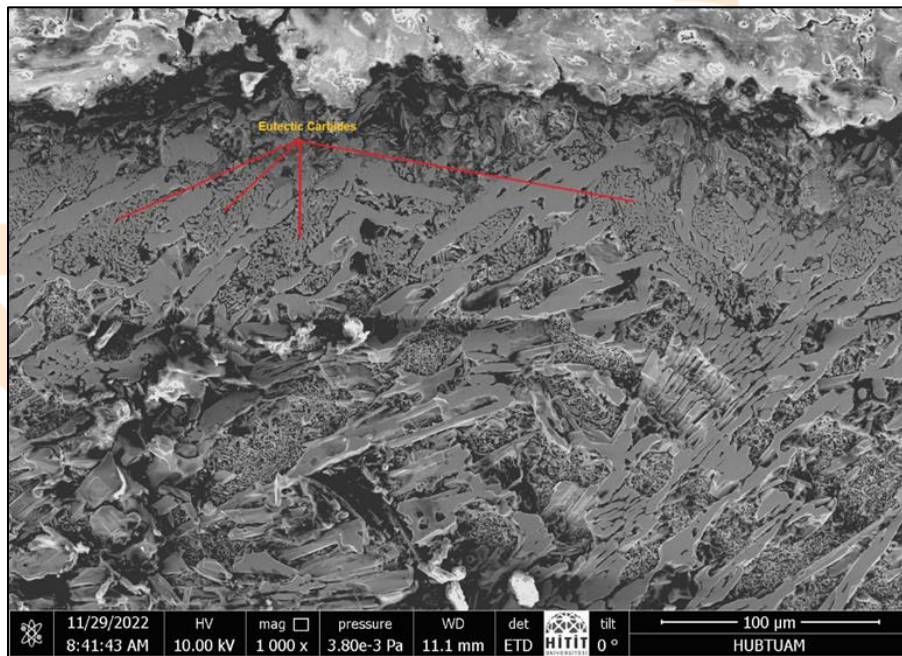


Figure 2: SEM image of 2 hours boronizing Ni-Hard4

After 2 hours of boriding, eutectic carbide precipitates formed near the surface and the main carbides were slightly reduced, albeit partially. There is no change in the martensitic structure. No micro cracks were found in the original structure. The hardness has slightly increased on the surface compared to the original material.

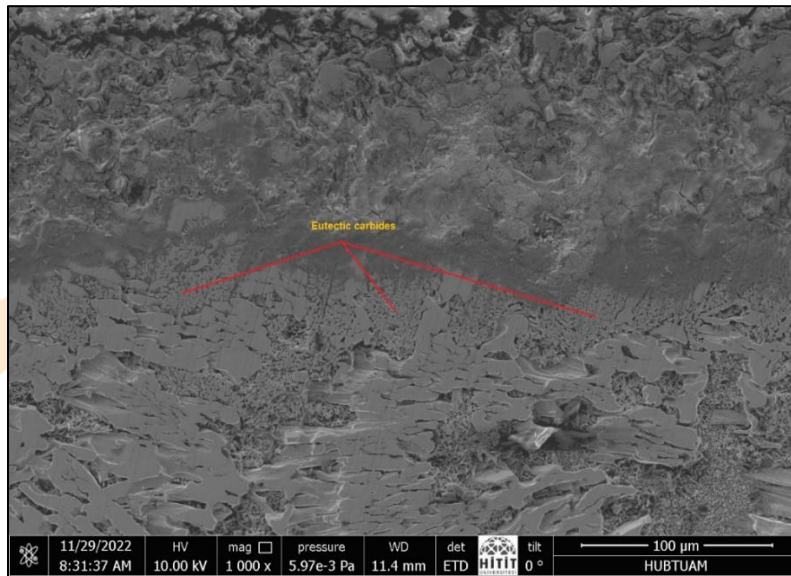


Figure 3: SEM image of 4 hours boronizing Ni-Hard4

As a result of the boriding process for 4 hours, eutectic carbide formations were determined in the regions close to the surface. The original carbide structure has been partially shrunk. There is no change in the martensitic structure. The increase in hardness on the surface is due to the formation of eutectic carbide.

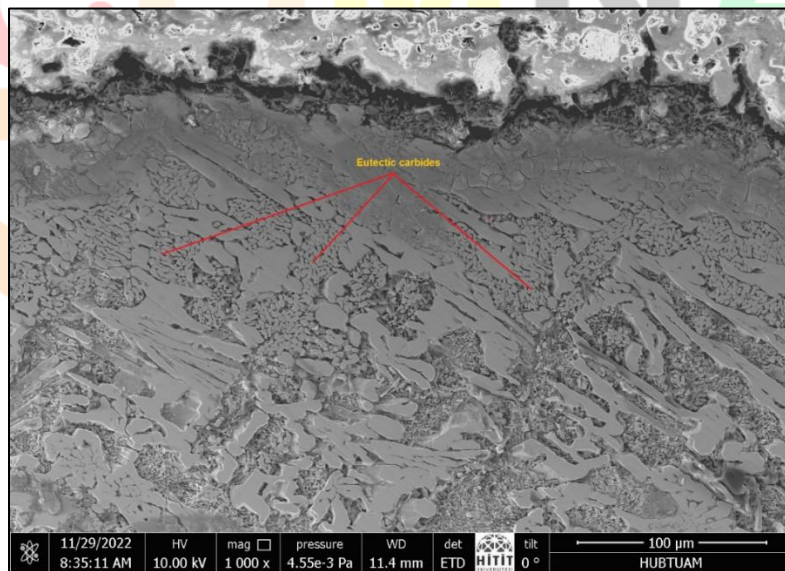


Figure 4: SEM image of 8 hours boronizing Ni-Hard4



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

As a result of the 8-hour boriding process, the amount of eutectic carbide formations in the regions close to the surface increased even more. The original carbide structure has been partially shrunk. There is no change in the martensitic structure. The increase in hardness on the surface is due to the formation of eutectic carbide.

As a result, no significant FeB or Fe<sub>2</sub>B layers formed on the surface of conventional materials because of boriding process, instead of these layers, eutectic carbide formations near the surface were encountered. Due to these formations, the hardness values on the surfaces of the boronized materials increased. The main reason for the increased hardness is that the eutectic carbides are much more compact and smaller than the original carbides in the structure. Eutectic shell hardness varies between 1200 and 1600 HV in the literature (Atamert & Bhadeshia, 1990; Buytoz, Yildirim, & Eren, 2006; Svensson, Greftoft, Ulander, & Bhadeshia, 1986).

## CONCLUSIONS

In this study, the surface hardness of white cast iron (Ni-Hard4), which has a hard structure, was increased. Eutectic structures formed in the whole part of the boron doped Ni-Hard4 element, which is widely used in the literature, were formed on its surface by this process. Thus, in line with the studies carried out in the field of sample development and improvement, it has been determined that similar work can be applied in surface development. In other words, eutectic structures were observed on the boronized Ni-Hard4 surface. Therefore, the hardness ratio has increased approximately 3 times. In the following process, the phases in the structure formed on the surface will be evaluated, and new methods will be created in material development.

ICOMNAS

## REFERENCES

- Al-Rubaie, K. S., & Pohl, M. (2014). Heat treatment and two-body abrasion of Ni-Hard 4. *Wear*, 312(1-2), 21-28.
- ASTM. (2022). Ni-Hard 4. Retrieved from <https://www.townley.net/pdf/NI-HARD4.pdf>
- Atamert, S., & Bhadeshia, H. (1990). Microstructure and stability of Fe-Cr-C hardfacing alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 130(1), 101-111.
- BAŞTÜRK, S., & ERTEN, M. (2006). Borlama ile yüzey sertleştirme çalışmaları. *Mühendis ve Makina*, 47(563), 57-74.
- Buytoz, S., Yıldırım, M. M., & Eren, H. (2006). TIG metodu kullanılarak yapılan Fe-Cr-C kaplamalarının karakterizasyonu. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 267-270.
- Çöl, M., Koç, F. G., Öktem, H., & Kır, D. (2016). The role of boron content in high alloy white cast iron (Ni-Hard 4) on microstructure, mechanical properties and wear resistance. *Wear*, 348, 158-165.
- Maragoudakis, N., Stergioudis, G., Omar, H., Pavlidou, E., & Tsipas, D. (2002). Boro-nitriding of steel US 37-1. *Materials letters*, 57(4), 949-952.
- Mohammadnezhad, M., Javaheri, V., Shamanian, M., Naseri, M., & Bahrami, M. (2013). Effects of vanadium addition on microstructure, mechanical properties and wear resistance of Ni-Hard4 white cast iron. *Materials & Design*, 49, 888-893.
- Ozdemir, O., Usta, M., Bindal, C., & Ucisik, A. H. (2006). Hard iron boride (Fe<sub>2</sub>B) on 99.97 wt% pure iron. *Vacuum*, 80(11-12), 1391-1395.
- Sang, P., Fu, H.-g., Qu, Y.-h., Wang, C.-a., & Lei, Y.-p. (2015). Effect of boron concentration on solidification structure and hardness of Fe-B-C wear-resistant alloy: Einfluss der Borkonzentration auf das Erstarrungsgefüge und die Härte von verschleißbeständigen FeBC-Legierungen. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 46(9), 962-969.
- Sen, U., Sen, S., Koksall, S., & Yilmaz, F. (2005). Fracture toughness of borides formed on boronized ductile iron. *Materials & Design*, 26(2), 175-179.
- Sen, U., Sen, S., & Yilmaz, F. (2004). Structural characterization of boride layer on boronized ductile irons. *Surface and Coatings Technology*, 176(2), 222-228.
- Sinha, A. (1991). Boriding (Boronizing) ASM handbook. *Heat Treating*, 4, 437.
- Svensson, L.-E., Greftoft, B., Ulander, B., & Bhadeshia, H. (1986). Fe-Cr-C hardfacing alloys for high-temperature applications. *Journal of Materials Science*, 21(3), 1015-1019.
- Topuz, P. (2009). *Akışkan Yataklı Fırında Farklı Çeliklerin Borlanması Be Borlanma Parametrelerinin Geliştirilmesi*. Marmara Üniversitesi (Turkey).
- Ulutan, M., Yıldırım, M. M., Çelik, O. N., & Buytoz, S. (2010). Tribological properties of borided AISI 4140 steel with the powder pack-boriding method. *Tribology Letters*, 38(3), 231-239.
- Wang, Y., Li, D., Parent, L., & Tian, H. (2011). Improving the wear resistance of white cast iron using a new concept—High-entropy microstructure. *Wear*, 271(9-10), 1623-1628.
- Yüksel, N., & Şahin, S. (2014). Wear behavior—hardness—microstructure relation of Fe—Cr—C and Fe—Cr—C—B based hardfacing alloys. *Materials & Design*, 58, 491-498.
- Zhang, J., Gao, Y., Xing, J., Ma, S., Yi, D., & Yan, J. (2011). Effects of chromium addition on microstructure and abrasion resistance of Fe—B cast alloy. *Tribology Letters*, 44(1), 31-39.





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Traditional Dolaz Cheese

*Canan ALTINAY<sup>1</sup>*

*Nazli KANCA<sup>2</sup>*

### Abstract

Turkey is a very rich country in terms of traditional cheese variety although many of them are unknown. One of them, Dolaz cheese, is a traditional whey cheese produced by the nomads around the Lakes Region of Turkey for centuries. The product has a soft texture, yellowish-light brown color, a characteristic odor and flavor. It is produced by boiling the whey (optionally mixture of whey/milk or whey/yogurt) for a long time (approximately 10-15 h) and whey is added as the amount of raw material decreases until a yellowish-light brown viscous curd is obtained. After the heat treatment, the curd is cooled and transferred to cloth bags, and a weight is placed to remove the whey. It is suppressed by being turned upside down for 3 days, then it is transferred to a hairless goat-skin bag called “akderi” and kept in cool rooms up to 3 months. In addition, it is optionally mixed with butter when transferring the product to the goat-skin bags. Dolaz cheese is mostly produced in spring and is consumed during the winter time. Although the product is not produced very often today, it is still produced on a small scale in some houses in the Lakes Region. In this study, the production method and characteristic properties of traditional Dolaz cheese, which is one of Turkey’s traditional dairy products that have sunk into oblivion, were compiled.

**Keywords:** Cheese, dairy product, Dolaz, traditional production, whey

<sup>1</sup> Res. Asst., Ankara University, Department of Dairy Technology, Orcid: 0000-0001-6369-7448,

<sup>2</sup> Asst. Prof., Ankara University, Department of Dairy Technology, Orcid:0000-0002-4219-8903

## GİRİŞ

Süt veren hayvanların evcilleştirilmesiyle birlikte süt gıda olarak tüketilmeye başlanmış ve mikrobiyal florası sebebiyle çabuk bozulabildiği için çeşitli muhafaza teknikleri geliştirilmiştir. Sütün peynire dönüşümü de bu muhafaza tekniklerinden birisidir (Fox vd. 2017: 2, Hayaloğlu ve Özer 2011: 1). Peynirin ilk olarak nerede ve ne zaman yapıldığı kesin olmamakla birlikte yaklaşık 8000 yıl önce, “bereketli hilal” olarak adlandırılan Mezopotamya’da tesadüfen keşfedildiğine inanılmaktadır. Eski çağlarda küçükbaş hayvanların deri, barsak ve midesinin gıda saklama/taşıma amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. Yaygın olan görüş çobanların bu tip bir kap ile sütü yanında taşımaları sonucu peyniri tesadüfen keşfettiler yönündedir (Hayaloğlu ve Özer 2011: 1, Koçak 2015: 1-2, Üçüncü 2004: 3). Peynir üretiminde pıhtının kesilmesinden sonra ayrılan peyniraltı suyunun bakır kazanlarda kaynatılması ile besleyici katı bir gıda (peyniraltı suyu peyniri) elde edilmiştir (Pintado vd. 2001: 105-106). Daha sonra farklı uygarlıklar kendi kültürel beslenme alışkanlıkları ve coğrafi koşulları sayesinde farklı özelliklerde peynirler üretilmiş ve bazı peynir çeşitlerinde arzu edilen değişiklikler gerçekleştirilerek üretim basamağına dahil edilmiş ve böylece peynir üretimi evrimsel değişime uğramıştır (Üçüncü 2004: 7). Tarım ve hayvancılığın yaygın olması ve geçmişteki göçebe yaşam tarzından dolayı Türkiye’de de birçok yöresel peynir çeşidi bulunmaktadır (Hastaoğlu vd. 2021: 1086-1087).

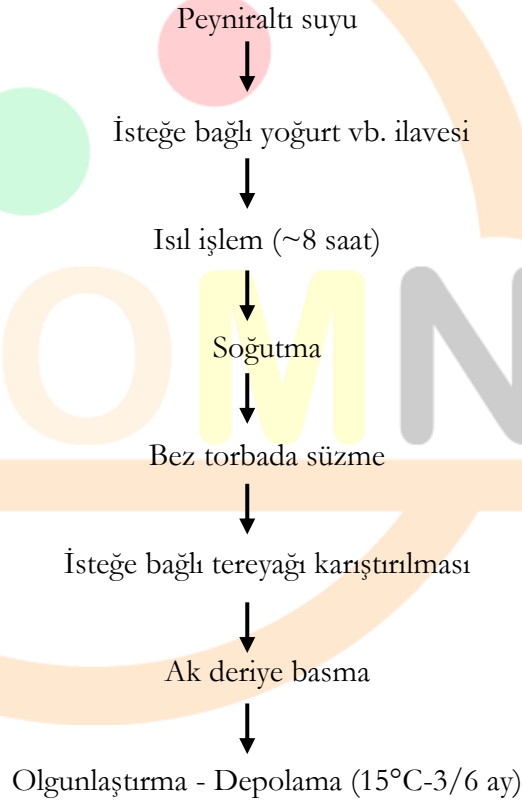
Peyniraltı suyu peynirlerinin üretiminde peyniraltı suyu proteinleri farklı yöntemlerle denatüre edilerek çöktürülür, toplanır ve süzülür (Pires vd. 2021: 2). Günümüzde dünya çapında geleneksel yöntemlerle üretilen çok sayıda peyniraltı suyu peyniri çeşidi bulunmakla birlikte en çok bilinenleri; Mysost, Primost ve Brunost (Norveç), Ricotta (İtalya), Manouri, Myzithra ve Anthotyros (Yunanistan), Anari (Kıbrıs), Kariche (Lübnan), Requeijão (Portekiz), Requesón (İspanya), Recuit ve Serac (Fransa), ve Zieger (Almanya)’dir (Pintado vd. 2001: 106).

Peyniraltı suyu, riboflavin içermesinden dolayı sarı-yeşil bir renge sahiptir ve toplam kurumadde düzeyi 6.2-7.0 (w/v) seviyesindedir. Yüksek oranda laktoz, suda çözünebilir proteinler, mineral madde ve az miktarda yağ içeriğine sahip olan peyniraltı suyunda, sütün toplam protein içeriğinin yaklaşık %20’si bulunmaktadır (Gürsel 2015: 3-4, Pires vd. 2021: 2). Peyniraltı suyunun bileşimi üretilen peynirin türüne ve genel olarak hayvanın cinsi, mevsim, yem ve laktasyon gibi süt bileşimini etkileyen faktörlere bağlı olmakla birlikte ortalama olarak % 5 laktoz, % 0.1 – 0.7 süt yağı, % 0.4 – 1.0 protein, % 0.4 – 0.8 mineral madde içerdiği bilinmektedir (Kasapçopur vd. 2021: 537, Pires vd. 2021: 2-3).

Dolaz peyniri, Türkiye’de Göller yöresi çevresindeki yörükler tarafından üretilen bir peynir altı suyu peyniridir. Günümüzde hayvancılığın azalması, sütlerin mandıralara verilmesi ve yapımının zahmetli olmasından dolayı çok fazla üretilmese de hala bazı evlerde küçük ölçekte üretilmektedir. Bu çalışmada Türkiye’nin geleneksel süt ürünlerinden biri olan Dolaz peynirinin üretim yöntemi ve karakteristik özellikleri derlenmiştir.

## ÜRETİM

Dolaz peyniri, ülkemizde göller yöresi, Isparta, Afyon ve Antalya, civarında yaşayan Karakoyunlu, Hayta, Honamlı, Sarıkeçili Yörükleri tarafından üretilen bir peyniraltı suyu peyniridir. Dolaz üretiminde (Şekil 1) koyun, keçi ve inek sütlerinden yapılan beyaz peynirlerin peyniraltı suları kullanılmakla birlikte isteğe bağlı olarak hem verimi artırmak hem de duyu özelliklerini geliştirmek amacıyla süt (% 10), yoğurt (%25), yayıkaltı (%9.5) da eklenebilir. Hazırlanan karışım ‘bişşek’ adı verilen uzun, tahta karıştırıcı ile kaynayana kadar karıştırılarak odun ateşinde kazanda ısıl işleme tabi tutulur ve kazandaki karışım azaldıkça yavaş yavaş PAS ilave edilir. Kaynatma işlemi devam ettikçe renk koyulaşır, yoğurt kıvamına geldiğinde ve kahverengi – karamel renk olduğunda (~ 8 - 10 saat) ısıl işlem durdurularak soğutulur. Soğutma işleminden sonra süzülmesi için bez keselere aktarılıp üzerine yassı taşlar konularak 3 – 4 gün boyunca alt üst edilmektedir. Süzme işleminden sonra keçi derisinden elde edilen, kılsız olan ve “ak deri” adı verilen derilere “başağaç” yardımıyla içerisinde hava olmayacak şekilde sıkıca basılır. Genellikle bahar aylarında üretilen ve Ak deriye basılan dolaz peyniri (Şekil 2) serin odalarda (15°C) depolanmakta ve kış boyunca tüketilmektedir (Okur ve Güzel-Seydim 2011a: 85, Okur ve Güzel-Seydim 2011b: 114, Şimşek ve Sağdıç 2006: 346-347, Uçgun ve Işık 2018:181-184, Yerli vd. 2018: 632-634).



Şekil 1 – Dolaz peyniri üretim akışı



Şekil 2 – Dolaz peyniri

## BULGULAR

Literatür taramasında Erdemli ve Silifke yörelerinde hayvancılıkla uğraşan yerli halk tarafından Dolaz peynirinin üretim yöntemine benzer şekilde peyniraltı suyundan üretilen ve “Horç” adı verilen bir peynir olduğu saptanmıştır. Bu bölgede Sarıkeçili Yörükleri tarafından yapıldığı bildirilen bu ürünün farklı yörelerde farklı isimlerle üretilmekte olduğu düşünülebilir (Eliuz, 2009: 259-261, Uçgun ve Işık 2018:180-184).

## Kimyasal Özellikler

Dolaz peyniri ile ilgili kısıtlı çalışma bulunmasıyla birlikte kimyasal bileşiminde kurumadde oranı %37.67 – %52.04, yağ oranı %13.0 – 17.70, kurumadde yağ oranı % 32.0 – 34.52, pH değeri 4.25 – 4.58 arasında tespit edilmiştir (Okur ve Güzel-Seydim 2011b: 115, Şimşek ve Sağdıç 2006: 349). Okur ve Güzel-Seydim (2011b: 115) farklı yerel üreticilerden temin ettikleri Dolaz peynirlerinde tuz içeriğini %4.0 olarak bildirmişlerdir. Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'nde kurumadde %25'den fazla ve %45'ten az süt yağı tespit edilen peynirler yarım yağlı peynir kategorisine alınmaktadır. Dolaz peynirinin kurumadde yağ değerlerine göre yarım yağlı peynir sınıfına dahil olduğu belirtilebilir. Yine aynı tebliğde peyniraltı suyu peynirlerinde nem içeriğinin en çok % 75 ve tuz içeriğinin en çok % 6 olması gerektiği bildirilmiştir. Dolayısıyla, Dolaz peynirinin tebliğe uygun olduğu söylenebilir (Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği 2015: Ek 3-4).

Şimşek ve Sağdıç (2006: 348) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Isparta ve çevresindeki yerel üreticilerden temin edilen ve farklı tür sütlerden (koyun, keçi ve inek) üretilen Dolaz peynirlerinde istatistiksel açıdan pH değerlerinde önemli bir fark görülmezken, laktik asit (%) açısından keçi sütlerinden üretilen Dolaz peynirlerinin farklı olduğu bildirilmiştir.

2011 yılında yapılan bir çalışmada, Isparta, Yalvaç, Aşağıturtar köyünden 3 farklı zamanda 3 farklı yerel üreticiden temin ettikleri Dolaz peynirlerinde mineral madde kompozisyonunu incelemişlerdir. Kalsiyum, sodyum, çinko, magnezyum ve fosfor içeriklerini sırasıyla 2.16, 11.73, 0.01, 0.27 ve 0.01 olarak belirtmişlerdir (Okur ve Güzel-Seydim 2011b: 116).

Dolaz peyniri, karakteristik kahverengi – karamel rengi ile diğer peynirlerden ayrılmaktadır. Çalışmada referans olarak üretimi yaygın yapılan bir peyniraltı suyu peyniri Lor peyniri ve bisküvi referans olarak kullanılmış ve Dolaz peyniri ile karşılaştırılmıştır. Lor peyniri ile karşılaştırıldığında önemli düzeyde farklılık tespit edilirken, bisküvi ile karşılaştırıldığında özellikle L\* ve a\* değerleri bakımından benzer olduğu bildirilmiştir. Dolazın üretiminde uygulanan uzun süreli ısı işlem boyunca peyniraltı suyunda yüksek oranda bulunan indirgen şeker (laktöz) ve proteinler arasında Maillard reaksiyonun gerçekleşebileceği ve oluşan ara ürünlerin renk üzerinde etkili olabileceğini belirtmişlerdir (Okur ve Güzel-Seydim 2011b: 116). Aynı çalışmada Dolaz peyniri örneklerinde uçucu aroma bileşikleri incelenmiş, asetaldehit, aseton, etanol, asetik asit, diasetil ve 1-butanol tespit edildiği bildirilmiştir. Uçucu aroma bileşenlerinin konsantrasyonları sırasıyla 0.0526 mg/kg, 0.0018 mg/kg, 2.6056 mg/kg, 1.1455 mg/kg, 0.0079 mg/kg ve 0.0046mg/kg olduğu ve bu konsantrasyonların üretimler arasında istatistiksel olarak farklı bulunduğu, bu durumun ise standart bir üretim yöntemi/hammadde kullanılmamasından ve ürünün farklı mekanlarda üretilmesinden kaynaklanabileceğini belirtilmiştir (Okur ve Güzel-Seydim 2011b: 86).

## Mikroflora

Mikroorganizmaların üremesi genel olarak besin, su aktivitesi, pH, sıcaklık ve oksijen düzeyine bağlıdır. Peyniraltı suyu peynirleri yüksek su içeriğine, yüksek pH değerine ve düşük tuz oranına sahip olmaları nedeniyle başta maya ve küfler olmak üzere mikrobiyal bozulmalara oldukça duyarlıdırlar. Üretim sırasında uygulanan ısı işlem mikrobiyal yükü düşürse de geleneksel üretimden kaynaklanan kontaminasyondan dolayı üretimden 24 saat sonra mikrobiyal yükün artış gösterdiği bilinmektedir (Pintado vd. 2001: 111).

Okur ve Güzel-Seydim (2011a: 85) çalışmalarında toplam bakteri sayısını 7.96 log kob/g, maya-küf sayısını 7.10 log kob/g, laktobasil sayısını 7.96 log kob/g, laktokok sayısını 7.95 log kob/g, koliform sayısını ise 3.48 log kob/g olarak bildirmişlerdir.

Şimşek ve Sağdıç (2006: 350) benzer bir çalışmalarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayısını 5.41 log kob/g, maya-küf sayısını 4.70 log kob/g, laktobasil sayısını 5.05 log kob/g, laktokok sayısını 5.11 log kob/g, koliform sayısını ise <10 log kob/g olarak bildirmişlerdir. *Enterobacteriaceae* sayısını 1.50 log kob/g, psikrofilik bakteri sayısını 3.23 kob/g, enterekok sayısını 4.70 log kob/g, *Staphylococcus aureus* sayısını ise <10 log kob/g olarak bildirmişlerdir.

## Duyusal Değerlendirme

Okur ve Güzel-Seydim (2011a: 87), 15 kişilik deneyimli panelistle yapılan tanımlayıcı duyusal analiz sonucunda Dolaz peynirinin karakteristik duyusal özelliklerini; yumuşak, kendine özgü renk (sarımsı açık kahverengi) koku ve tada sahip, uzun süreli ısı işleme rağmen pişmiş tat hissedilmeyen, çökelek benzeri granüler yapıda bir peynir olarak belirlendiğini bildirmişlerdir.

## KAYNAKÇA

- Türk gıda kodeksi peynir tebliği Ek:3-4.* (2015). Ankara: Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
- Eliuz, E. (2020). The production and antimicrobial activity of Horc cheese, a natural heritage of Erdemli Yoruks. *Eurasian Journal of Forest Science*, 8(3), 258 - 263.
- Fox, P. F. & McSweeney, P. L. H. (2017). Chapter 1 - Cheese: an overview. McSweeney, P. L. H., Fox, P. F., Cotter, P. D. & Everett, D. W. (Ed.). *Cheese* (s.1-10) San Diego, CA: Academic Press.
- Gürsel, A. (2015). *Peyniraltı suyu teknolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları, No: 1621.
- Özer, B. & Hayaloğlu, A. A. (2011). Bölüm 1. Giriş. Hayaloğlu, A. A. & Özer, B. (Ed.). *Peynir biliminin temelleri* (s.1-8) İzmir: Sidas Medya Ltd.
- Hastaoğlu, E., Erdoğan, M. & Işkın, M. (2021). Gastronomi turizmi kapsamında türkiye peynir çeşitliliği haritası. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25 (3), 1084-1113.
- Koçak, C. (2015). *Peynir teknolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları, No:1625.
- Okur, Ö. D. & Seydim, Z. G. (2011a). Geleneksel dolaz peynirinin üretim yönteminin, mikrobiyal ve uçucu aroma bileşen içerikleriyle duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda Dergisi*, 36(2), 83-88.
- Okur, Ö. D. & Seydim, Z. G. (2011b). Geleneksel dolaz peynirinde bazı karakteristik özelliklerin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48 (2):113-117.
- Pintado, M. E., Macedo, A. C. & Malcata, F. X. (2001). Review: Technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. *Food Science Technology International*, 7(2), 105-116.
- Pires, A. F., Marnotes, N. G., Rubio, O. D., Garcia, A. C. & Pereira, C. D. (2021). Dairy by-products: a review on the valorization of whey and second cheese whey. *Foods*, 10, 1067.
- Uçgun, D. & Işık, N. (2018). Geleneksel bir lezzet: Horç peyniri. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(Ek.1), 177-188.
- Üçüncü, M. (2004). *A'dan Z'ye peynir teknolojisi* (I. Cilt). İzmir: Meta Matbaacılık.
- Şimşek, B. & Sağdıç, O. (2006). Isparta ve yöresinde üretilen dolaz (tort) peynirinin bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 346-351.
- Yerli, Y., Şen, A. & Özbay, M. (2018). Dolaz peyniri üzerine nitel bir araştırma: Yalvaç örneği. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(Ek.1), 630-636.



## Synthesis and Characterization of Natural Polymer-Based Wound Dressing by Wet Spinning Method

*Derya GENİŞ<sup>1</sup>*  
*Osman İSMAİL<sup>2</sup>*

### Abstract

In this study, a composite hydrogel based on, by introducing, polyvinyl alcohol(PVA), sodium alginate(Alg), pomegranate oil and pelargonium graveolens oil was fabricated using  $\text{CaCl}_2$  as a cross-linker. In other words, it was aimed to produce effective antimicrobial, antifungal and antibacterial wound dressings by combining polymers used in the medical field with the pelargonium oil and pomegranate peel extracts obtained from plants in our country by using wet spinning technique. Synthesized microfiber-based biodegradable wound dressing polymers were modeled after absorption experiments were performed.

As a result of the data obtained, the best strong fiber were obtained with 1:2 volume Polyvinylalcohol/Sodium Alginate (PVA/Alg) mixture, 6%  $\text{CaCl}_2$  coagulation bath and 3 cm/sec feed rate. The percentage swelling rate was found to be 1280%. The statistical indicators (determination coefficient, root mean square error and chi-square) showed that Peleg model were the best ones to describe the absorption or swelling kinetics.

In addition, the structures and morphologies of the same materials were investigated by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) and Scanning Electron Microscope (SEM). As a result, the production of completely natural and environmentally friendly, functional natural polymer fibers with superior properties for use in wound dressing sector applications has been successfully carried out.

**Keywords:** Wound dressing, polyvinyl alcohol, sodium alginate, pomegranate, pelargonium

### INTRODUCTION

The skin is the wide organ of the human body. It surrounds our body and protects our other organs from mechanical and chemical external factors. In other words, it acts as a barrier that protects

<sup>1</sup> Chemical Engineer, Yildiz Technical University, Chemical Engineering, deryaageniss@gmail.com, Orcid: 0000-0001-9827-1543

<sup>2</sup> Associate Professor, Yildiz Technical University, Chemical Engineering, ismail@ytü.edu.tr, Orcid: 0000-0002-7814-6013



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

against microbial pathogens. Another important task is to regulate body temperature and hydration level (Zonari et al., 2014: 997, Du et al., 2017: 31310). Since the skin tissue is in direct contact with external factors, it is easily destroyed as a result of injury and burning (Augustine et al., 2015: 1445).

Nano-technological materials that accelerate wound healing in damaged skin tissue have emerged as successful weapons against bacterial infections and provide other benefits, which was not previously feasible with conventional wound-dressing materials or present therapies. Nano or micromaterials are already being applied in various biomedical applications, including biosensing, drug delivery, anti-cancer activity, antibacterial activity, medical diagnostics, medical equipment, environmental medicine, and wound healing (Naskar and Kim, 2019: 2; Hu et al., 2019: 1713-1714).

In addition to traditional wound dressing materials, skin tissue substitutes that are produced from natural and synthetic polymers, which support cell growth, have high biocompatibility, are strong and durable, and have superior properties such as controlled degradation, have also been started to be used (Barralet et al., 2005: 516; Lee and Mooney, 2012: 107; Liang et al., 2022: 354). For example, in a study in the literature, PCL/gelatin based membranes were synthesized by electrospinning method. Adeli-Sardoua et al. loaded lawsone, an extract of henna leaf, into this membrane and investigated its use as a tissue scaffold for leather tissue engineering (Adeli-Sardoua et al., 2019: 478). In recent years, many different methods such as self-assembly, phase separation, wet spinning and electrospinning have been used for wound dressing preparation, and a wide variety of new and modern wound dressing materials have been obtained (Miguel et al., 2018: 61, Miranda et al., 2022: 1-2).

Wet spinning method is a suitable method in the production of fibers produced for use in the biomedical field. Wet spinning fibers produced with natural or synthetic polymers can be loaded with therapeutic drugs with different properties (Puppi and Chiellini, 2017:1691-1692).

In this study, it was aimed to produce effective antimicrobial wound dressings by combining pelargonium oil and pomegranate peel extracts with wet spinning technique. The use of waste pomegranate extract is an important recycling application. It is thought to be a good example of recyclable product design with high added value. Synthesized microfiber-based biodegradable wound dressing polymers will be modeled after absorption experiments are performed. In addition, the structures and morphologies of the same materials were investigated by FT-IR and SEM.

## **MATERIALS and METHOD**

### **Chemicals**

Poly(vinyl alcohol) from Sigma Aldrich (Mw 89,000-98,000, 99+% hydrolyzed), Sodium alginate from Sigma Aldrich,US, calcium chloride were purchased from J.T.Baker, Hydrochloric Acid were purchased from Merck, Germany, pomegranate were purchased from local marked, Geranium oil were purchased from Bade Natural.



## Pomegranate Peel Extract

Pomegranate peel was purchased from a local market. The peels were dried in sunlight, then ground and sieved through a 10-mesh sieve. Parameters for extraction were taken from the study of Wang et al. showed that the best phenolic composition was obtained when the solvent was water at 90°C and the solvent:pomegranate peel mass ratio was 15:1(w/w). Within these data, 12.0 grams of pomegranate peel was weighed and added to 150 ml of hot water at 90°C. It was mixed for 5 minutes at a mixing speed of 1000 rpm. It was then filtered through filter paper. The remaining solid was washed with 30 ml of hot distilled water (Whang et al., 2011: 18).

## Alginate Polymer Solution Preparation

1.8 grams of sodium alginate was added to 90 ml of pomegranate peel extract and dissolved in a 90 °C water bath at 1500 rpm for 1 night.

## Preparation of Polyvinyl Alcohol Solution

9 grams of polyvinyl alcohol was weighed and 90 ml of pomegranate peel extract was added. This mixture was stirred at 1500 rpm for 1 night in a water bath at 90°C and a homogeneous solution was obtained.

## Preparation of the Coagulation Bath

Different ratios of CaCl<sub>2</sub> coagulation baths were prepared, the preparation of which is summarized below.

%2CaCl<sub>2</sub> solution: 2 grams of CaCl<sub>2</sub> was weighed and 98 grams of distilled water was added.

%4 CaCl<sub>2</sub> solution: 4 grams of CaCl<sub>2</sub> was weighed and 96 grams of distilled water was added.

%6 CaCl<sub>2</sub> solution: 6 grams of CaCl<sub>2</sub> was weighed and 94 grams of distilled water was added.

## Synthesis of Wound Dressing Polymers

The prepared polyvinyl alcohol (PVA) and alginate solutions (ALG) were mixed in 8 different volumetric ratios, and the PVA ratio was kept constant in these mixtures and the alginate ratio was increased. The ratio of blended polymers by volume is PVA/ALG; it is in the form of 1:2,1:5,1:15(v/v). 20% of the polymer weight in each of the new mixtures obtained was added with geranium oil.

The mixtures obtained in the last case were treated with wet drawing in the coagulation bath at different rates to obtain hydrogel dressings.

## Absorption Test and Mathematical Modeling of Absorption Curves

### Absorption test

The water uptake (percentage absorption or swelling amount) of the synthesized wound dressing polymers was calculated by Equation 1 given below (Al et al., 2008: 18).

$$\%WC = (W - W_0)/W_0 \times 100 \quad (1)$$

Here,  $W_0$  is the initial dry weighing of the membranes and  $W$  is the wet weighing

### Mathematical modeling of absorption curves

Using the data obtained as a result of the absorption or swelling experiments, mathematical modeling of the curves of the variation of the absorption content and duration was made with the help of non-linear regression analysis method. In these mathematical modelling, Peleg, first-order, exponential models were used and applied (Shaine et al., 2022: 1239).

$$W = W_0 + \frac{t}{k_1 + k_2 t} \quad (2)$$

where,  $W_0$ , absorption or swelling content at  $t=0$  (g/g.d.b)

$W$  is the absorption or swelling content at any instant (g/g d.b.)

$t$  Absorption time (sec)

$k_1$  = is the kinetic constant of the model (sec.(g d.b.)/g)

$k_2$  = is a characteristic constant of the model (g d.b./g).

$$W_e = W + \frac{1}{k_2} \quad (3)$$

A first-order kinetic model (Equation 4) is given.

$$W = W + (W - W) \exp(-k_{R1} t) \quad (4)$$

$k_{R1}$  = is the rehydration kinetic constant (sec<sup>-1</sup>)

The exponential relationship equation is given in (Equation 5).

$$W = W[1 - \exp(-k_{R2} t)] \quad (5)$$

$k_{R2}$  = kinetic constant (sec<sup>-1</sup>)

### Statistical Analysis

The statistical analysis of experimental data was determined using Statistica 6.0 software (Statsoft Inc., Tulsa, OK) which is based on the Levenberg-Marquardt algorithm. The three criteria of statistical analysis have been used to evaluate the adjustment of the experimental data to the

different models: the coefficient of determination ( $R^2$ ), reduced chi-square ( $\chi^2$ ) and root mean square error ( $RMSE$ ). The best model describing the swelling of the wound dressing polymers was chosen as the one with the highest  $R^2$ , the least  $\chi^2$  and  $RMSE$ . These parameters were calculated with the help of the equations given below (Akpınar and Toraman, 2016: 2274):

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (W_{exp,i} - W_{pre,i})^2}{N-z} \quad (6)$$

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (W_{pre,i} - W_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

## Structural and Morphological Characterization

### FT-IR and SEM analysis

The FTIR–ATR spectra of wound dressing hydrogels were performed using the Perkin Elmer Spectrum 100 FT-IR Spectrometer in the 400–4000  $\text{cm}^{-1}$  range.

Morphological properties of wound dressing polymers were investigated using scanning electron microscopy (SEM). For this, the membranes were covered with a thin gold layer under vacuum (Quorum Q150RES, UK) and then SEM images were taken (Carl Zeiss EVO LS10, Germany).

## RESULT and DISCUSSION

### Synthesis of Wound Dressing Polymers Results

The effects of mixing ratios and coagulation bath concentration on the fibers obtained as a result of wet spinning are given in Table 1.

Table 1- The effect of different coagulation bath and polymer composition ratios on fiber formation in wet spinning

Pva:Alginate Ratio (V/V)	%2 $\text{CaCl}_2$	%4 $\text{CaCl}_2$	%6 $\text{CaCl}_2$
	Result	Result	Result
1:2	-	+	+
1:5	⊥	+	+
1:15	-	+	+

-:Fiber Formation Is Not Observed, +: Fiber formed, ⊥:The fiber formed but was low in strength enough to disperse in water.

## Absorption Test and Mathematical Modeling of Absorption Curve

On a dry basis, the dressing polymer was weighed and placed in a beaker with 100 ml of water to swell. Temperatures were controlled with Heidolph magnetic stirrer and temperature control unit and heater. The starting time was determined and the weights of the wound dressing polymers were weighed after the surface moisture was removed at certain time intervals. Then, swelling curves were drawn using weights and swelling kinetics were examined. From these values, the %WC-t graph is drawn and the percentage amounts and constructed; shown in Figure 1.

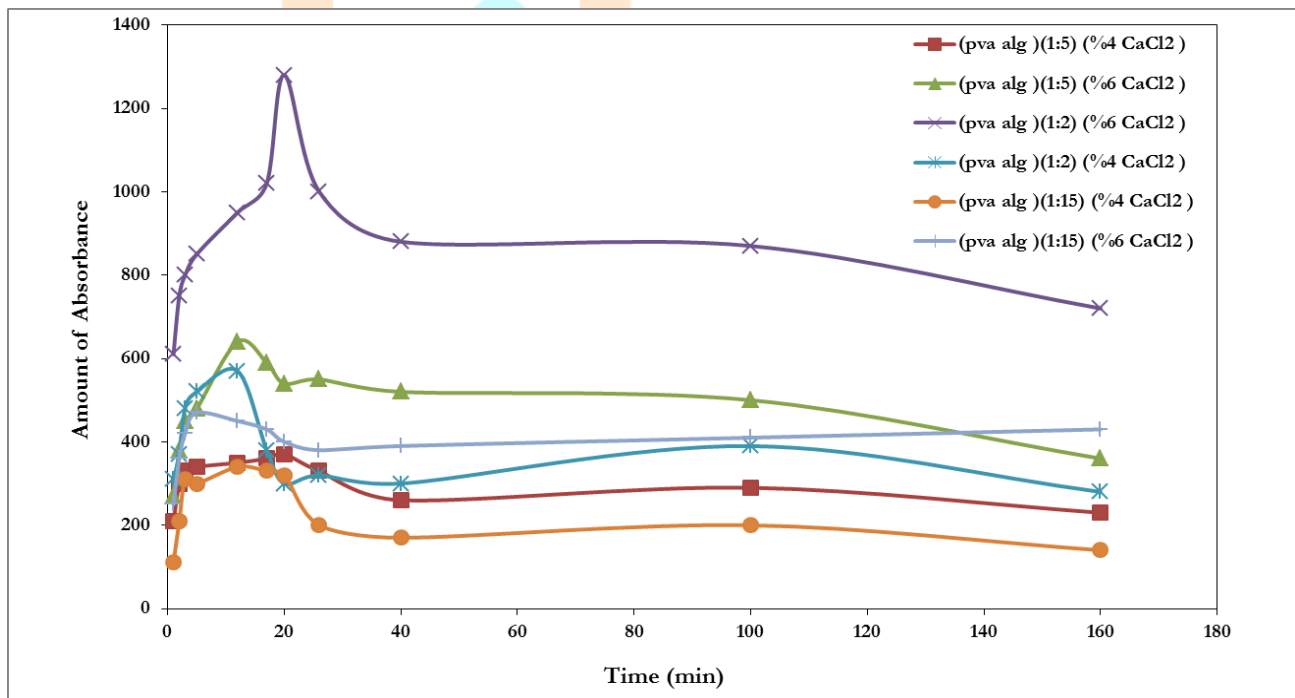


Figure 1- Percentage of swelling versus time of wound dressing polymers synthesized at different concentrations

When the percent swelling balance Figure 1 was examined, it was seen that the maximum swelling value was in the wound dressing polymer synthesized in the (PVA/ALG)(1:2) ratio of 6% CaCl<sub>2</sub> coagulation bath. In other words, it is seen that the same polymer reaches 1280 as a percentage of swelling in the 20th minute. After the other fivers reached the maximum level, they showed a decrease in mass and dispersed in the water.

When the results were examined, it was seen that the increase in the amount of sodium alginate and CaCl<sub>2</sub> caused a positive increase in absorption and strength. The reason for this can be explained by cross-linking. Because cross-links in polymeric networks are achieved by covalent bonds, hydrogen bonding, vanderwaals interactions, or physical entanglement (Hamidi vd., 2008: 1639).Hydrogels

exhibit a unique swelling behavior without dissolving in the aqueous environment due to the presence of critical cross-links present in the hydrogel structure (Khan ve Ranjha, 2014: 2134).

## Modeling and Evaluation of Absorption Curves

To describe the swelling or absorption kinetics of wound dressing polymers prepared in different concentrations and different solution baths and then dried, three empirical models, namely, Peleg, first-order, and exponential association equation, are used. All parameter values of the models are given in Table 2.

Table 2- Model parameters and statistical results obtained from different empirical models for wound dressings samples

### Peleg

Wound dressing	$k_1$ (s*(g dry matter)/g water)	$k_2$ (g dry matter/g water)	$W_e$ (g water/g dry matter)	$R^2$	$\chi^2$	RMSE
(PVA-ALG)(1:2) (%4 CaCl <sub>2</sub> )	1.32152	1.37512	0.747	0.9948	0.000537	0.020064
(PVA-ALG)(1:2) (%6 CaCl <sub>2</sub> )	0.93564	0.73964	1.372	0.9733	0.008726	0.081972
(PVA-ALG)(1:5) (%4 CaCl <sub>2</sub> )	1.32606	2.03630	0.511	0.9992	0.000037	0.005284
(PVA-ALG)(1:5) (%6 CaCl <sub>2</sub> )	1.55020	1.37821	0.751	0.9996	0.000039	0.005407
(PVA-ALG)(1:15) (%4 CaCl <sub>2</sub> )	3.40255	1.86572	0.556	0.9988	0.000055	0.006401
(PVA-ALG)(1:15) (%6 CaCl <sub>2</sub> )	1.34039	1.69047	0.611	0.9968	0.000235	0.013264

### First Order Swelling Kinetic Model

Wound dressing	$k_{R1}$ (s <sup>-1</sup> )	$W_e$ (g water/g dry matter)	$R^2$	$\chi^2$	RMSE
(PVA-ALG)(1:2) (%4 CaCl <sub>2</sub> )	0.76524	0.638	0.9864	0.001414	0.032566
(PVA-ALG)(1:2) (%6 CaCl <sub>2</sub> )	0.64344	1.161	0.9571	0.013911	0.103498
(PVA-ALG)(1:5) (%4 CaCl <sub>2</sub> )	1.05513	0.456	0.9986	0.000072	0.007362
(PVA-ALG)(1:5) (%6 CaCl <sub>2</sub> )	0.73130	0.635	0.9961	0.000397	0.017248
(PVA-ALG)(1:15) (%4 CaCl <sub>2</sub> )	0.95919	0.445	0.9987	0.000060	0.006681
(PVA-ALG)(1:15) (%6 CaCl <sub>2</sub> )	0.84310	0.534	0.9918	0.000603	0.021270

## Exponential Association Model

Wound dressing	$k_{R2}$ (s <sup>-1</sup> )	$W_e$ (g water/g dry matter)	$R^2$	$\chi^2$	RMSE
(PVA-ALG)(1:2) (%4 CaCl <sub>2</sub> )	1.09428	0.636	0.9847	0.001414	0.032566
(PVA-ALG)(1:2) (%6 CaCl <sub>2</sub> )	1.15721	0.664	0.9559	0.014281	0.105340
(PVA-ALG)(1:5) (%4 CaCl <sub>2</sub> )	0.79945	0.455	0.9972	0.000148	0.010552
(PVA-ALG)(1:5) (%6 CaCl <sub>2</sub> )	0.90 113	0.633	0.9949	0.000524	0.019817
(PVA-ALG)(1:15) (%4 CaCl <sub>2</sub> )	0.57647	0.441	0.9968	0.000060	0.006881
(PVA-ALG)(1:15) (%6 CaCl <sub>2</sub> )	0.86276	0.533	0.9905	0.000699	0.022894

When Table 2 is examined; The equilibrium swelling capacity values ( $W_e$ ) of the wound dressing polymers prepared at 1:2 (PVA-ALG) ratio were found to be higher in all three models compared to the samples obtained at other ratios (1:5 and 1:15).

The increase in the percentage of CaCl<sub>2</sub> in the bath solution used in the dressing polymers increased the equilibrium swelling value of the polymers. It is seen that the values of the ( $k_1$ ) kinetic and ( $k_2$ ) characteristic constants of the Peleg model increase with increasing salt and alginate concentration.

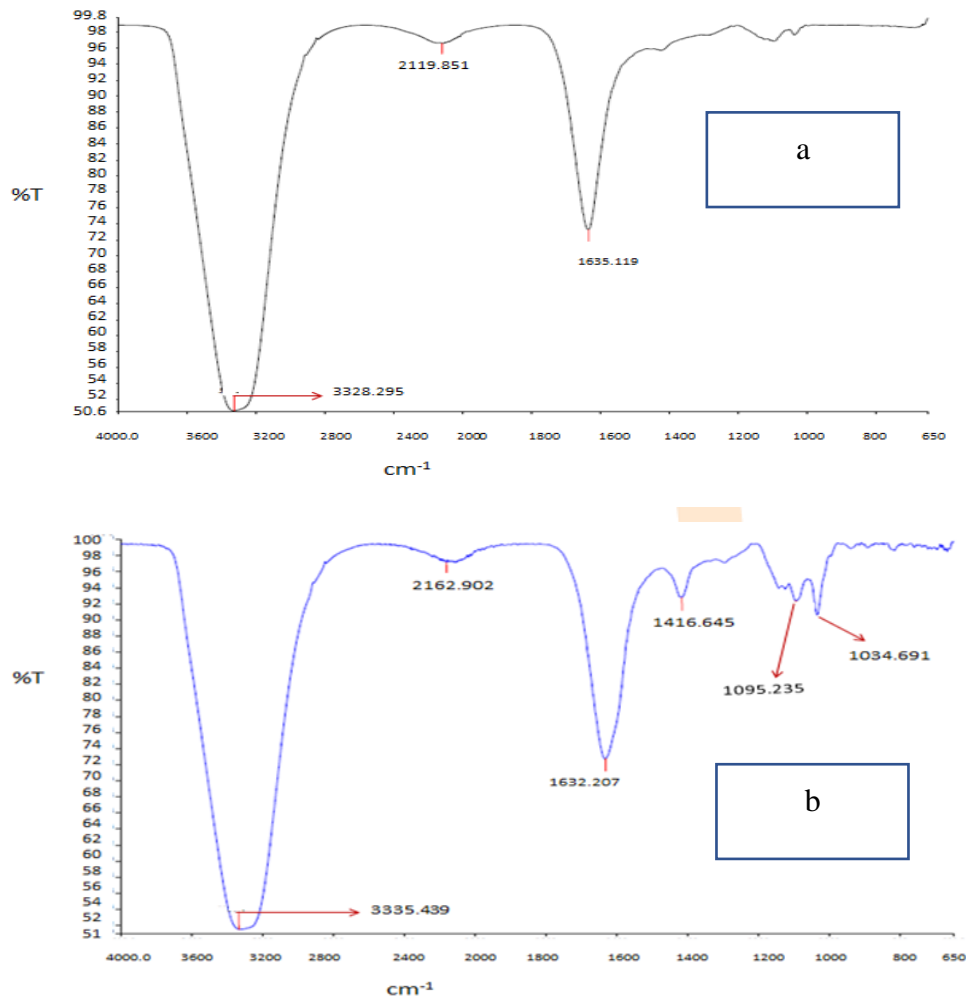
Similar results were found in the first-order kinetic model. On the other hand, in the exponential association model, the kinetic constant ( $k_{R2}$ ) value decreased with increasing salt and alginate concentration. Again, when Table 2 is examined, the swelling capacity value ( $W_e$ ) of the dressing polymers is related to the  $k_1$  and  $k_2$  values. As the  $k_1$  and  $k_2$  parameter values decrease, the equilibrium swelling content ( $W_e$ ) value increases. According to Kipchak et al. reported that the high swelling capacity of hydrogels is associated with low  $k_1$  and  $k_2$  values (Kipchak et al., 2014; 6-7). When the  $k_1$ ,  $k_2$  and  $W_e$  parameters in the Peleg model were evaluated as a whole, it was determined that the  $k_1$  value was directly proportional to the  $k_2$  value, and these two values were inversely proportional to the  $W_e$ . In the first-order swelling kinetic model, however, the swelling capacity of the dressing polymers decreased with increasing algae and salt concentration, while the swelling kinetic constant value ( $k_{R1}$ ) increased

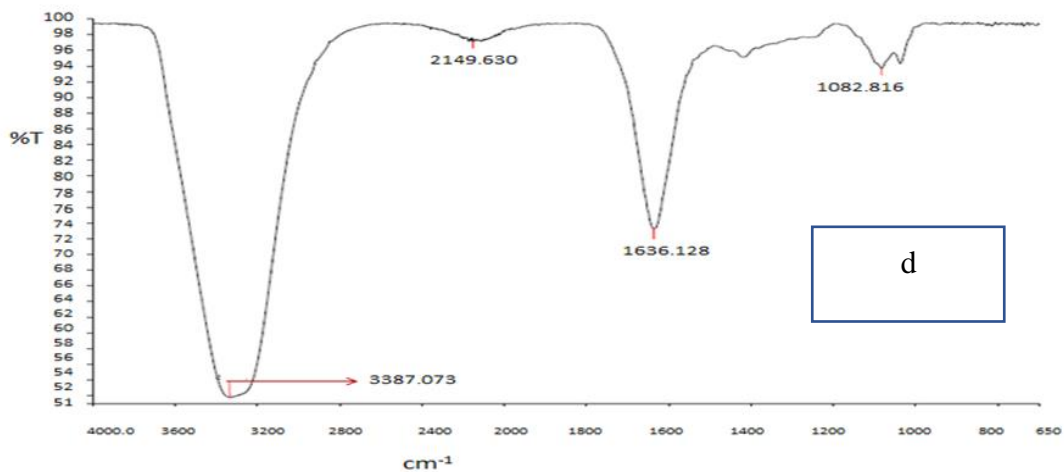
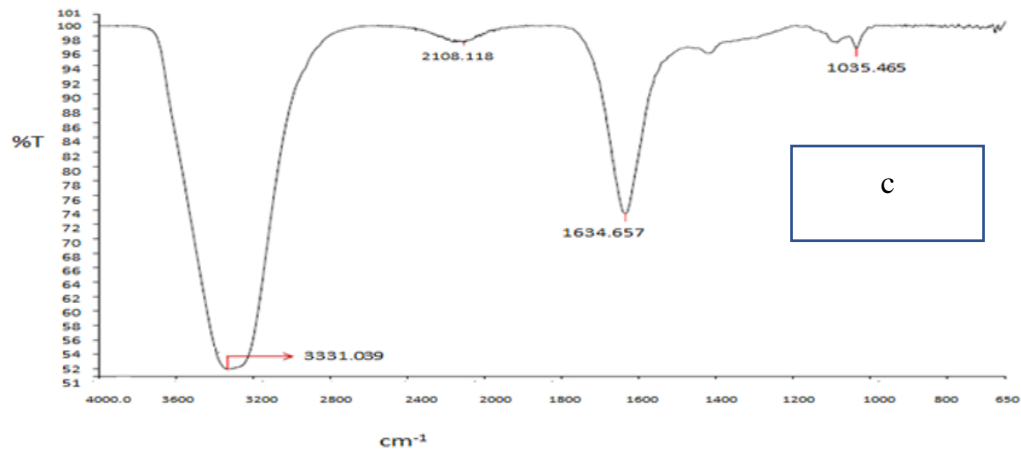
On the other hand, in the exponential association model, the swelling capacity and swelling kinetic constant ( $k_{R2}$ ) of the wound dressing polymers decreased with increasing algae and salt concentration. Similar findings were observed in Solomon (2007) drying of foods and Ismail (2019) swelling studies of hydrogels (Solomon, 2007: 126-127; Ismail, 2019: 582). The best model describing the swelling characteristics of wound dressing polymer samples was chosen as the one with the highest

$R^2$  values and the lowest  $\chi^2$  and RMSE values. From the investigation of  $R^2$ ,  $\chi^2$  and RMSE, it was seen that the value is almost as “1”; RMSE and  $\chi^2$  are the minimum at the model of Peleg’s

## FT-IR Analysis Results of Synthesized Wound Dressing Polymers

Structural and morphological characterizations of the (PVA/ALG)(1:2) (6%  $\text{CaCl}_2$ ) based wound dressing polymer with a high swelling percentage and the mixtures added there to were investigated. FTIR Spectra of the prepared dressing is shown in Figure 2 given.





**Figure 2.** FTIR transmittance spectra of wound dressing polymers; a: PVA+ALG, b: PVA+ALG +Pelargonium oil, c: PVA+ALG+ Pomegranate peel ekstrak, d: PVA+ALG+ Pomegranate peel Extract+ Pelargonium oil.

When examine Figure 2; Sodium alginate exhibited characteristic absorption bands for hydroxyl groups ( $-\text{OH}$ ) at 3200–3570  $\text{cm}^{-1}$  and carboxylic groups ( $-\text{COOH}$ ) at 1419  $\text{cm}^{-1}$ . The absorbance value range of 1648–1638  $\text{cm}^{-1}$  represents the  $\text{C}=\text{C}$  bond vibration. Intermolecular and intermolecular hydrogen bonds are expected to form between PVA chains due to high hydrophilic forces. The peak around  $\nu = 1094 \text{ cm}^{-1}$  corresponds to  $\text{C}-\text{O}$  stretching and  $\text{O}-\text{H}$  bending and  $\text{C}-\text{H}$  deformation of pure PVA. At  $\nu = 3445 \text{ cm}^{-1}$ , hydrogen bonding between  $-\text{OH}$  groups can occur between PVA chains due to high hydrophilic forces. Also, the presence of sharp absorption peak at  $\nu = 1150\text{--}1050 \text{ cm}^{-1}$  was noted. The peak around 1150–1050  $\text{cm}^{-1}$  corresponds to  $\text{C}-\text{O}$  stretching and  $\text{O}-\text{H}$  bending and  $\text{C}-\text{H}$  deformation of pure PVA. The  $\text{CH}_2$  bending observed in pure PVA at 1432  $\text{cm}^{-1}$  was found to shift to higher wave numbers in the complex system. When all FTIR analysis results were examined, it was determined that both PVA and sodium alginate retained their distinctive



characteristic structures even in blended samples (Mansur et al., 2004: 7197-7198; Kamoun et al., 2015: 42).

## Morphological Characterization of Wound Dressing Polymers

SEM images of the wound dressing polymers are shown in Figure 3.

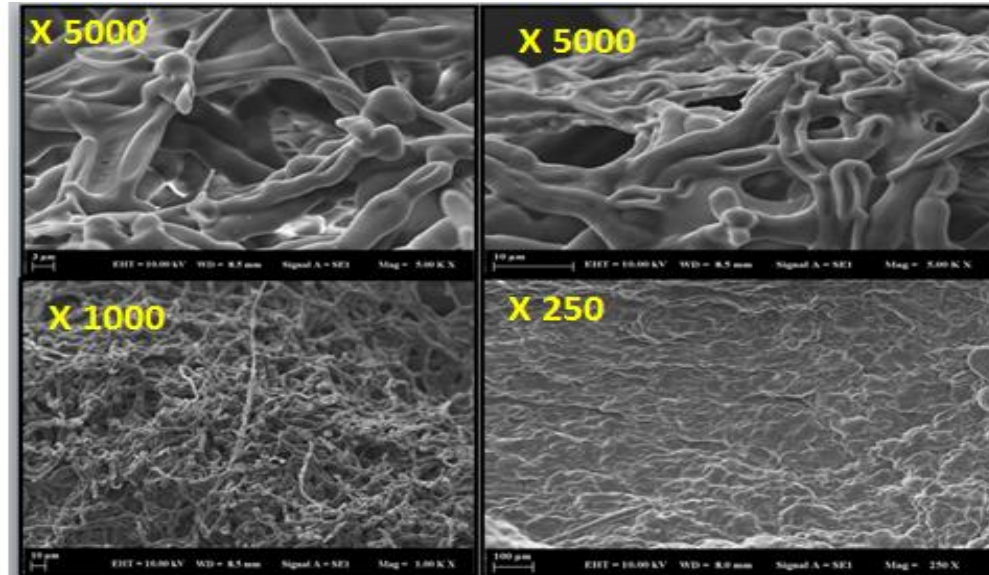


Figure 3- SEM images of the obtained fibers at different magnifications

The wound dressing polymers obtained by wet spinning were analyzed using SEM. In order to determine the surface morphology, images were taken at different magnifications and it was seen that the pores were in macro size. As seen in Figure 3, it was observed to have a spongy, spherical and channeled monolithic type structure. When this histogram was examined, it was seen that the pore size exhibited the most distribution between 5-10 micrometers and the smallest pore was 5 micrometers and the largest 63 micrometers.

## CONCLUSION

In this study, it was aimed to produce effective antimicrobial wound dressings by combining pelargonium oil and pomegranate peel extracts with wet spinning technique. As a result of these analyses, the highest swelling percentage was obtained in the PVA/ALG (1:2)(v/v), based wound dressing polymer synthesized in the coagulation bath 6% CaCl<sub>2</sub> bath. It was observed that the increase in the sodium alginate ratio in the solution and the CaCl<sub>2</sub> ratio in the coagulation bath had a positive effect. It has been found that the Peleg model is the best model for predicting the swelling behavior of polymers. When the SEM image of the obtained fiber was examined, it was observed that it had a spongy, spherical and channeled monolithic type. This structure gave us high surface area and high swelling capacity. When all FTIR analysis results were examined, it was determined that both PVA and sodium alginate retained their distinctive characteristic structures even in the blended samples.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Acknowledgments

This work was supported by Research Fund of the Yildiz Technical University. Project Code: FYL-2022-4820.



## REFERENCES

- Adeli-Sardoua, M., Yaghoobia, M.M., Torkzadeh-Mahani, M., Dodel, M. (2019). Controlled release of lawsone from polycaprolactone/gelatin electrospun nano fibers for skin tissue regeneration, *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 478-491. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.11.237
- Al E, Güçlü G, İyim TB, Emik S, Özgümüş S. (2008). Synthesis and Properties of Starch-graft-acrylic Acid/NaMontmorillonite Superabsorbent Nanocomposite Hydrogels. *Journal of Applied Polymer Science*, 109(1), 16-22. doi: 10.1007/s11705-015-1546-y
- Augustine R., Anto Dominic E., Reju I., Kaimal B., Kalarikkal N., Thomas S. (2015). Electrospun Poly( $\epsilon$ -caprolactone)-Based Skin Substitutes: In Vivo Evaluation of Wound Healing and The Mechanism of Cell Proliferation. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 103 (7), 1445–1454. doi: 10.1002/jbm.b.33325
- Barralet J.E, Wang L, Lriffitt J.T, Cooper P.R, Shelton R.M. (2005). Comparison of bone marrow cell growth on 2D and 3D alginate hydrogels. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 16, 515–519. doi: 10.1007/s10856-005-0526-z
- Du L., Xu H.Z., Li T., Zhang Y., Zou F.Y. (2017). Fabrication of Ascorbyl Palmitate Loaded Poly(caprolactone)/Silver Nanoparticle Embedded Poly(vinyl alcohol) Hybrid Nanofibre Mats as Active Wound Dressings: Via Dual-Spinneret Electrospinning. *RSC Advances*, 7 (50), 31310– 31318. doi: 10.1039/C7RA03193A
- Herman S. Mansur, Rodrigo L. Ore´fice, Alexandra A.P. Mansur. (2004). Characterization of poly(vinyl alcohol)/poly(ethylene glycol) hydrogels and PVA-derived hybrids by small-angle X-ray scattering and FTIR spectroscopy. *Polymer*, 45, 7193–7202. 10.1016/j.polymer.2004.08.036
- Hu T., Mei X., Wang Y., Weng X., Liang R., Wei M. (2019). Two-Dimensional nanomaterials: Fascinating materials in biomedical field. *Science Bulletin*, 64(22), 1707–1727. doi: 10.1016/j.scib.2019.09.021
- Ismail, O. (2019). Modelling of AAm-co-Alginate Hydrogels Swelling Kinetics. *Revue Roumaine de Chimie*, 64(7), 577-583. doi: 10.33224/rrch.2019.64.7.04
- Kamoun, E.A. Kenawy, E.S. Tamer, T.M. El-Meligy, M.A. Eldin, M.S.M. (2015). Poly (vinyl alcohol)-alginate physically crosslinked hydrogel membranes for wound dressing applications: Characterization and bio-evaluation. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(1), 38-47. doi: 10.1016/j.arabjc.2013.12.003
- Khan, S., Ranjha, N.M. (2014). Effect of degree of cross-linking on swelling and on drug release of low viscous chitosan/poly (vinyl alcohol) hydrogels. *Polymer Bulletin*, 71, 2133–2158. doi: 10.1007/s00289-014-1178-2
- Kipcak, A.S., Ismail, O., Doymaz, I., Piskin, S. (2014). Modeling and Investigation of the Swelling Kinetics of Acrylamide-Sodium Acrylate Hydrogel. *Journal of Chemistry*, 2014. doi: 10.1155/2014/281063
- Lee, K.Y., Mooney, D.J. (2012). Alginate: properties and biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 37(1), 106-126. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2011.06.003
- Liang, Y. Liang, Y. Zhang, H. Guo, B. (2022). Antibacterial biomaterials for skin wound dressing. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 17(3), 353–384. doi: 10.1016/j.ajps.2022.01.001
- Merck. 2022. IR spectrum table and chart. Retrieved from (<https://www.sigmaaldrich.com/TR/en/technical-documents/technical-article/analytical-chemistry/photometry-and-reflectometry/ir-spectrum-table>), on (25.09.2022)



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Miguel S.P., Figueira D.R., Simões D., Ribeiro M.P., Coutinho P., Ferreira P., Correia I.J. (2018). Electrospun Polymeric Nanofibres as Wound Dressings: A Review, *Colloids Surfaces B Biointerfaces*, 169, 60–71. doi: 10.1016/j.colsurfb.2018.05.011

Miranda, C.S., Silva, A.F.G., Pereira-Lima, S.M.M.A., Costa, S.P.G., Homem, N.C., Felgueiras, H.P. (2022). Tunable Spun Fiber Constructs in Biomedicine: Influence of Processing Parameters in the Fibers. *Architecture. Pharmaceutics*, 14, 164. doi: 10.3390/pharmaceutics14010164

Naskar, A., Kim, K.-S. (2019). Nanomaterials as Delivery Vehicles and Components of New Strategies to Combat Bacterial Infections: Advantages and Limitations. *Microorganisms*, 7(9), 356. doi: 10.3390/microorganisms7090356

Puppi, D., & Chiellini, F. (2017). Wet-spinning of biomedical polymers: from single-fibre production to additive manufacturing of three-dimensional scaffolds. *Polymer International*, 66(12), 1690-1696.

Shaine, M. L., Syed, I.A., Rafiq, A., Saud, H., Zahoor, U. H. A. (2022). Comparative performance analysis of different swelling kinetic models for the evaluation of shale swelling. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 12, 1237–1249. doi: 10.1007/s13202-021-01387-9

Solomon, W.K. (2007). Hydration kinetics of lupin (*Lupinus albus*) seeds. *Journal of Food Process Engineering*, 30(1), 119–130. doi: 10.1111/j.1745-4530.2007.00098.x

Wang, Z., Pan, Z., Ma, H., & Atungulu, G. G. (2011). Extract of phenolics from pomegranate peels. *The open food science journal*, 5, 17-25. <https://www.researchgate.net/publication/266167074>

Zonari A., Cerqueira M.T., Novikoff, S., Goes A.M., Marques, A.P., Correlo, V.M., Reis, R.L. (2014). Poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) Bilayer Skin Tissue Engineering Constructs with Improved Epidermal Rearrangement. *Macromolecular Bioscience*, 14 (7), 977–990. doi: 10.1002/mabi.201400005

# ICOMNAS



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Classification of EEG Data with Machine Learning Techniques

*Erdem TUNCER<sup>1</sup>*

### Abstract

One of the data sets in which machine learning techniques are frequently used is Electroencephalography (EEG) data. EEG is the process of measuring and recording the electrical activity in the brain. EEG data is used to identify epilepsy and other brain signals. It is important to detect epileptiform activities and other brain signals observed during epileptic seizures from EEG. Accurate classification of EEG waveforms is essential for an accurate diagnosis of epilepsy. This process is important because it contributes to the determination of epileptic seizures and other epileptic EEG activities. In this study, the free Bonn University data set, which is frequently used in the literature, was used for the diagnosis of epilepsy disease. Binary classifications (A-D, A-E, A-B, A-C, B-E, C-E, D-E, ABCD-E) were made with these data sets. The data was divided into 2-second epochs, and each epoch was classified separately within itself. By using the discrete wavelet transform from each window, the coefficients in the 4 sub-frequency bands were obtained with the Daubechies-4 (DB4) main wavelet. Eight features were extracted separately for each channel. Binary classification has been made with both traditional and deep learning architectures and the contributions of these methods to the classification success have been compared. In the A-E classification problem, the highest success rate (100%) was achieved with both Long Short Term Memory (LSTM) and K-nearest Neighbors-3 (KNN-3) algorithm models. The lowest success rate was achieved with the KNN-3 classification model (83.12%) in the ABCD-E classification problem. Among the classification problems, the average success rate was determined as 94.94% with the LSTM model and 93.70% with the KNN-3 model. It has been demonstrated in this study that generally more successful results are obtained with the deep learning architecture compared to the traditional classification architecture.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Classification, Electroencephalography, Epilepsy, Machine Learning.

---

<sup>1</sup> Dr., Bahcecik Vocational and Technical Anatolian High School, Electrical and Electronics Department, Orcid: 0000-0003-1234-7055



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Introduction

Epilepsy is a neurological disease that manifests itself in the form of seizures, causing loss of consciousness or muscle contractions as a result of abnormal activity of certain neurons in the brain. Electroencephalography (EEG) is the measurement of electrical activities occurring in the brain (Çagliyan and Kose, 2021: 163). EEG, which records the electrical activity of brain nerve cells, is an important tool for detecting abnormal activity of the brain. In addition, it is one of the important subjects that enables the brain's responses to different stimuli to be researched in the time or frequency plane. Computer aided systems should be used to elaborate these studies. Therefore, artificial intelligence techniques come to the fore. These techniques provide an environment for computer systems to learn EEG signals (Ficici et al., 2022); (Tuncer and Bolat, 2022a).

As EEG signals became accessible, researchers had the opportunity to study more. Many automatic diagnosis systems have been developed using EEG signals. According to Aristizabal et al. (2018) made binary classification using Bonn University data and Long Short-Term Memory (LSTM) network structure. Of the randomly selected data, 70% was used for training, 20% for validation, and 10% for testing. They achieved a success rate of 91.25% with 64 hidden neurons in a single layer. Hussein et al. (2018) performed A-E, A-C-E and ABCD-E classification with the LSTM model using EEG data from the University of Bonn. With the created model, 100% success rate has been achieved. Hussein et al. (2018), epileptic seizures were classified using the Bonn University EEG data and the LSTM algorithm, and 100% success rate was achieved. Li et al. (2017) in their studies; They proposed the envelope analysis based wavelet and neural network ensemble method for the classification problems they created using the Bonn University EEG data (A, D, E). EEG signals are separated into lower frequency bands with Discrete Wavelet Transform (DWT). Mean, energy, standard deviation and maximum values were calculated for each sub-frequency band obtained. The feature vector was obtained by calculating the mean, energy and maximum amplitude values of the raw EEG signal and they achieved success rate of 98.78%.

In this study, binary classification of EEG data was made. The method presented; data collection, feature extraction, and classification. In the first stage, data sets consisting of 23.6 seconds and 4096 samples were divided into segments and EEG signals of the same number and length were obtained. For each epoch data obtained in the second step, the lower frequency bands were analyzed with the discrete wavelet method. In the third and final stage, EEG signals in all epochs were classified with K-nearest Neighbors (KNN) and LSTM classifiers and their success performances were evaluated. In the evaluation of success performances, 20% test data and the rest are used as training data. A maximum accuracy rate of 100% was obtained among studies with all classifiers.

## Methods

### Data set

The data set used in the study was taken from the Bonn University database, which is available free of charge. The entire database contains 5 datasets as A, B, C, D and E. Each cluster consists of 23,6 seconds of EEG signals recorded with single-channel measurements. Data set A was obtained from 5 healthy individuals in the awake state with their eyes open. Data set B was obtained from the same 5 healthy individuals with their eyes closed. Sets C, D, and E contain records obtained from 5 epilepsy patients. Set C is the pre-seizure data of epilepsy patients and includes recordings from the

hemispheric region, which is the opposite of the epileptic area. Set D includes epilepsy patients and records taken from the epileptic region before the seizure. The E set includes the records obtained from epilepsy patients while they were having seizures. The sampling frequency of EEG data is 173,61 Hz. 0,53-40 Hz. band-pass filter was applied to the recorded EEG signals (Andrzejak et al., 2001). Signal forms of the data set are given in Figure 1.

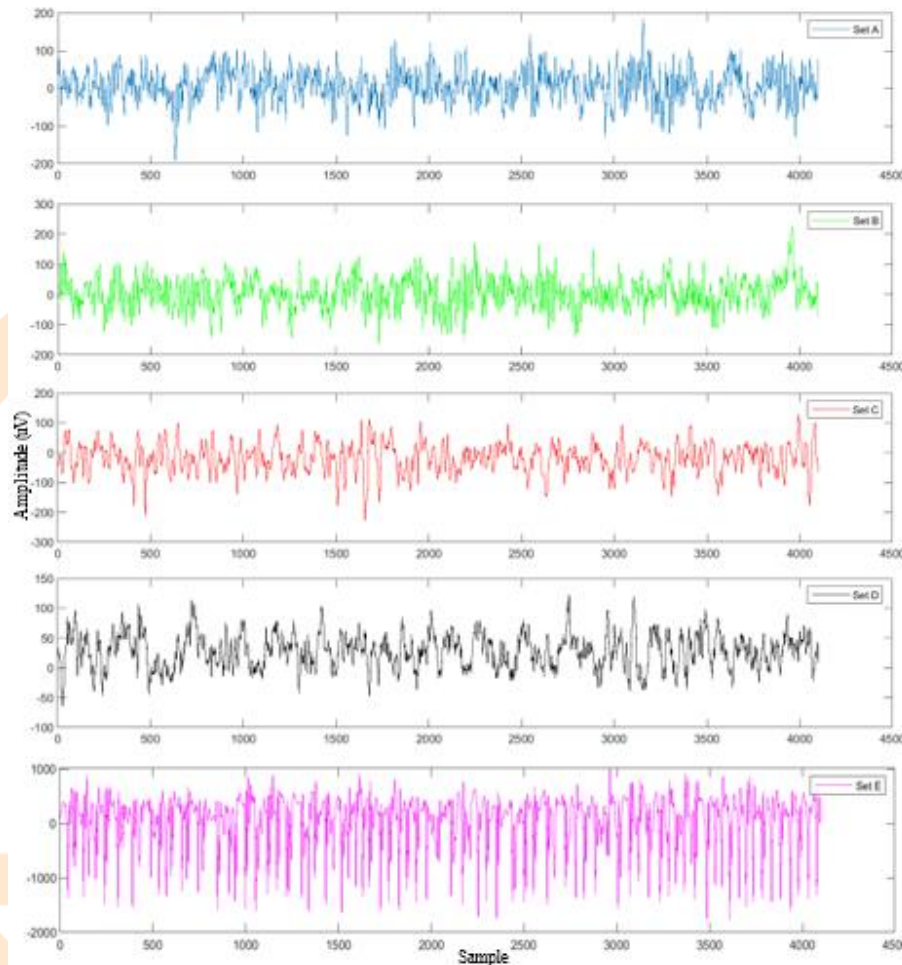


Figure 1 - Representation of EEG signals from A, B, C, D and E datasets (Tuncer and Bolat, 2022b)

## Signal Segmentation

Each EEG record in the data set consists of 4097 data points (Andrzejak et al., 2001). To increase the number of data, the data is divided into equal parts. A total of 1179 epochs were obtained in 2-second epochs for each data set. The last data points in each data set were deleted to obtain equal parts. Normalization process was applied for raw signals. Figure 2 shows an epoch sample EEG data recording.

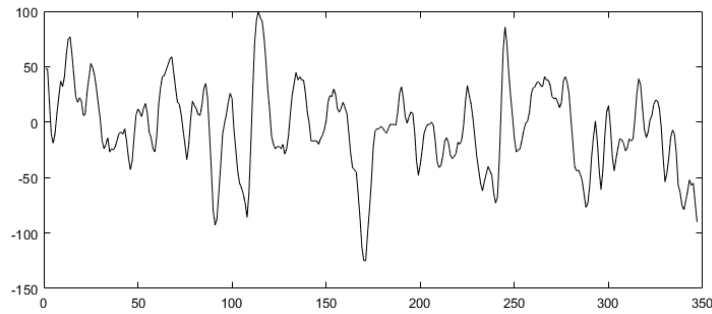


Figure 2 - Raw EEG signal form in an epoch

### Feature Extraction

Feature extraction and the use of these extracted features is a frequently used method in the analysis of biomedical data. Feature extraction methods can have different classification performance for different problems. Therefore, it is extremely difficult to decide which feature extraction method is suitable for which problem (Guler and Ubeyli, 2005: 114-115); (Caliskan, 2019: 652-657). Many feature extraction methods have been used to classify EEG signals in the literature. In this study, the discrete wavelet method was used to classify the brain signals obtained from single-channel EEG signals and the performance of the classifier algorithms was compared using various statistical features from the wavelet coefficients.

### Discrete Wavelet Transform.

Discrete wavelet transform aims to provide the best time-frequency resolution for the analysis of non-stationary EEG signals by using a small size window at high frequencies and a large size window at low frequencies (Zeng W. et al., 2020: 3064-3070). In this study, the 4th level wavelet tree shown in Figure 3 and the Daubechies4 (DB4) wavelet for the  $h[n]$ ,  $g[n]$  filters are used.

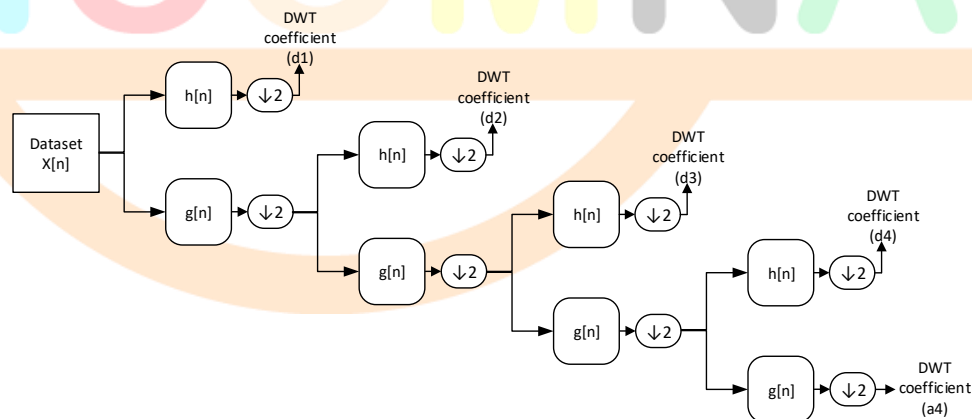


Figure 3 - 4th level wavelet tree structure

Fundamental functions defined as “wavelets” in wavelet transform are obtained by scaling and translation of the main wavelet. The wavelet transform is of variable resolution. Therefore, the selection of the main wavelet that analyzes the function is important. There are many main wavelets



in the group defined as the wavelet family. These are Coiflet, Symlet, Morlet, Mexican hat, Meyer and Haar wavelets (Hamad A., 2016: 192); (Bozkurt and Oruc, 2019: 98-100). Figure 4 shows the DB4 wavelet from the DB wavelet family used in this study.

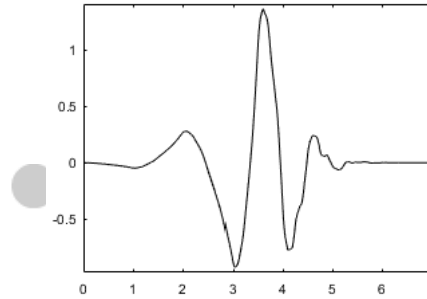


Figure 4 - DB4 wavelet

In discrete wavelet transform, detail coefficients are obtained from the raw signal by means of a high-pass filter and approximate coefficients are obtained by means of a low-pass filter. The sample number of the coefficients coming out of the filters is halved by downsampling. At each decomposition level, signals containing half of the frequency band are generated. These processes are repeated as shown in Figure 3 until the desired resolution is achieved (Tuncer, 2014: 17-20); (Tuncer, 2022: 1973-1974). The mathematical expression of this decomposition in the time domain is expressed as in Equation (1) and (2), with  $g[n]$  and  $h[n]$  being high-pass and low-pass filters, respectively (Kaya and Tekin, 2012: 34-35):

$$h_{i+1}(k) = \sum_n h_i[n] h[2k - n] \quad (1)$$

$$g_{i+1}(k) = \sum_n h_i[n] g[2k - n] \quad (2)$$

### Standard deviation.

The standard deviation shows the intensities of the values in the series that make up the data around the mean of that series. The differences of each value with the arithmetic mean are taken separately. The squares of these differences are added up and divided by the number of elements in the array. The square root of this value is called the standard deviation. The standard deviation value is obtained by the expression in Equation (3) (Kocuyigit et al., 2019: 62).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Where n: number of samples,  $x_i$ : each data in the data set is called  $\bar{x}$ :mean.

### Energy.

The energy values of the discrete signals will increase as the amplitudes in the activities increase. Therefore, the energy values of the signals can be used as distinguishing features. The energy value in discrete signals is obtained by the expression in Equation (4) (Tuncer, 2015: 21-22).

$$\sum_1^n |x[n]^2| \quad (4)$$

Where  $x[n]$  is an EEG time series,  $n$  is the epoch length.

## Classification

### Long short-term memory.

The long-short-term memory model was put forward by Hochreiter and Schmidhuber in 1997. Recurrent Neural Network (RNN) is known as neural network. The problems experienced in the training of traditional RNN neural networks have been completely eliminated in LSTM. LSTM is widely used in sequential or time series problems because it can learn long-term dependencies with its memory-transitive mechanism. Speech, text processing, time series estimation, biomedical signal classification applications have been frequently used in the literature recently and successful results have been obtained. LSTM cells consist of gates (Input, Cell state, Output, Forget) that regulate and control the information flow. These gates use sigmoid or tanh activation function. The basic LSTM cell structure is given in Figure 5 (Suzen et al., 2019: 1393-1394); (Samui et al., 2018).

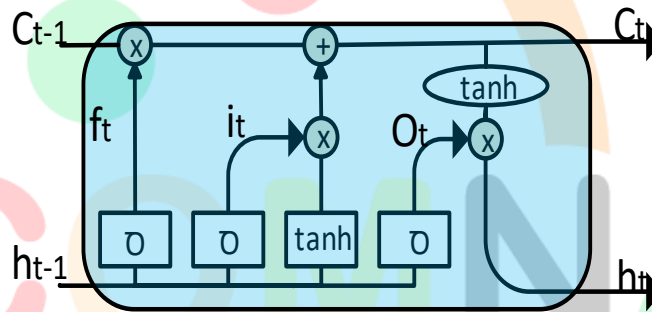


Figure 5 - LSTM Cell Structure

The  $i_t$  shown in Figure 5 is the input gate that takes the previous hidden state and the current input and passes it through the sigmoid function to update the cell state.  $f_t$  is the forgetting gate that decides the parts of the information to be forgotten or kept.  $O_t$  is the output gate that creates the output of the Cell (Suzen et al., 2019: 1393-1394); (Samui et al., 2018).

### K-nearest neighbors.

KNN is among the supervised learning techniques frequently used in classification studies. KNN is an algorithm that works based on the classification of the data set to be classified by looking at the proximity of the number of neighbors. The number of neighbors is denoted by  $k$ . Since KNN is a distance-based learning algorithm, the distances of each new data encountered to other data are calculated. After this calculation,  $k$  nearest neighbors are found from the data samples whose class labels were known before, and classification is made according to similarities. Since the similarity criterion is based on distance, a small distance between two samples indicates that the samples are more similar and it is interpreted that they should be in a similar group. The data sample to be classified

is assigned to a certain class where  $k$  is the majority of nearest neighbors (Tuncer and Bolat, 2022c: 582); (Fouad, 2022).

## Results and Discussion

In this study, a binary classification study was carried out among the single-channel EEG data of the University of Bonn. Data is partitioned into two-second epochs. Data were classified for both second-second epochs. Each epoch data is analyzed in lower frequency bands using discrete wavelet transform. In Figure 6, the obtained sub-frequency bands and the wavelet tree structure of this data set are given. EEG data 0–43.40 Hz. frequency was studied. The features obtained from the wavelet coefficients are given as input to the classifier algorithms. The 8 statistical features obtained are given in Table 1. Basically, two statistical features are used with their calculations in different wavelet coefficients according to frequency bands. While the KNN-3 algorithm, one of the traditional machine learning methods, was used in this study, LSTM, one of the deep learning methods, was used. The Adam optimization algorithm is used in the four-layer LSTM model. The learning rate was determined as  $\alpha=0.001$ , the dropout rate as 0.2, and the number of trainings as epoch=30.

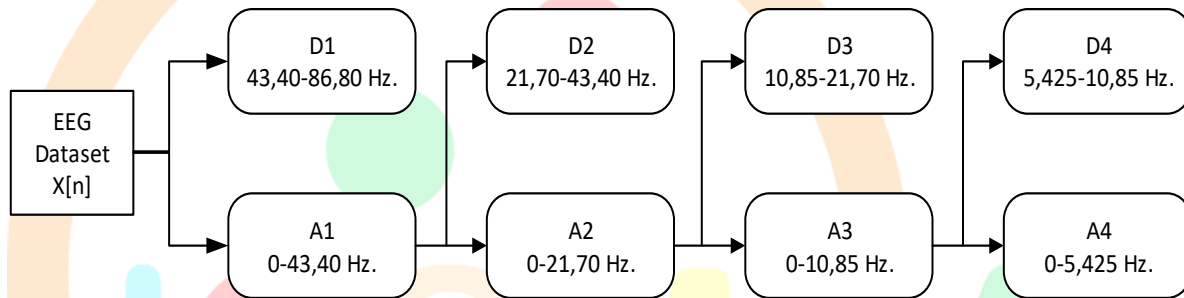


Figure 6 - The 4th level wavelet tree structure used in the study

Tablo 1 - Extracted features

Wavelet components	Feature name
A4+D4+D3+D2	Energy
A4+D4+D3	Energy
A4+D4+D3+D2	Standard deviation
A4+D4+D3	Standard deviation
D3	Standard deviation
D4	Standard deviation
D2	Standard deviation
A4	Standard deviation

In the study, in the classification made with LSTM, 100% for A-E datasets, 98,3% for C-E datasets, 98% for D-E datasets, 97,45% for B-E datasets, 95,55% for A-C datasets, and A-D datasets classification success rates were 95,33%, 90,88% for the A-B dataset, and 84,05% for the ABCD-E dataset. In the classification made with KNN-3; Classification performance for A-E datasets 100%, for C-E dataset 98,3%, for D-E dataset 96,39%, for B-E dataset 96,18%, for A-C dataset 95,97%, for A-D dataset % 92,58, 87,07% for the A-B data set and 83,12% for the ABCD-E data set. In Table 2, success rates according to the classifier algorithms are given.

Table 2 - Classification accuracy

Class	Classifier Success Rates (%)	
	KNN-3	LSTM
A-D	92,58	95,33
A-E	100	100
A-B	87,07	90,88
A-C	95,97	95,55
B-E	96,18	97,45
C-E	98,3	98,3
D-E	96,39	98
ABCD-E	83,12	84,05
<b>Average</b>	<b>93,70</b>	<b>94,94</b>

When the classification results were examined, it was observed that similar success rates were achieved in both models in the A-E and C-E data sets. In the classification of A-D and A-B data sets, the LSTM model achieved a higher success rate of at least 2,75% compared to the KNN algorithm. Success rates in other classification problems were close to each other. The lowest success rate was obtained in ABCD-E classification. It is thought that this ratio was obtained because the diversity in the data set was considered as a single class. It seems possible to increase the success rate of the model by increasing the number and variety of features.

In general, similar performances were demonstrated in both classifier models. However, when the average success rates of all classification problems are considered, Table 2 shows that the LSTM model gives more successful results.

## Conclusions

In this study, classification of single-channel EEG signals is provided by using KNN-3 from traditional machine learning methods and LSTM from deep learning architectures. To test the models with more data, the dataset is split into 2-second epochs. Each epoch is classified separately. The dataset used in training the model is divided into 80% training and 20% testing. With both LSTM and



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

KNN-3 models, 100% accuracy was achieved in the A-E classification problem. The average success rate in all binary classifications was determined as 94,94% in the LSTM model and 93,70% in the KNN-3 model. Classification results with both classifier algorithms were compared. As a result of the comparison, it was seen that the deep learning architecture (LSTM) had more successful results in binary classifications than the traditional learning architecture (KNN-3).



## References

- Andrzejak R. G., Lehnertz K., Mormann F., Rieke C., David P., Elger C.E. (2001). Indications of nonlinear deterministic and finite-dimensional structures in time series of brain electrical activity: Dependence on recording region and brain state. *Physical Review E.*, 64(6), 061907.
- Aristizabal D.A., Fookes C., Nguyen K., Sridharan S. (2018, July). Deep classification of epileptic signals. *40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Honolulu, USA.
- Bozkurt S., Oruç O. (2019). Ground penetrating radar applications in construction and interpretation with discrete wavelet transform. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 98-104.
- Çağlıyan B., Köse U. (2021, April). Epilepsy EEG data classification via machine learning techniques. *European Journal of Science and Technology*, 23, 163-172. DOI: 10.31590/ejosat.857507.
- Caliskan A. (2019). Improvement of the hybrid feature extraction method for EMG signals. *Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences*, 8(2), 652-664. DOI: 10.28948/ngumuh.542973.
- Fıçıcı C., Telatar Z., Eroğul O. (2022). Automated temporal lobe epilepsy and psychogenic nonepileptic seizure patient discrimination from multichannel EEG recordings using DWT based analysis. *Biomedical Signal Processing and Control*, 77. DOI:10.1016/j.bspc.2022.103755.
- Fouad I.A. (2022). A robust and efficient EEG-based drowsiness detection system using different machine learning algorithms. *Ain Shams Engineering Journal*, 101895. DOI: 10.1016/j.asej.2022.101895.
- Güler I., Ubeyli E.D. (2005). Adaptive neuro-fuzzy inference system for classification of EEG signals using wavelet coefficients. *Journal of Neuroscience Methods*, 148, 113-121.
- Hamad A., Houssein E.H., Hassanien A.E., Fahmy A.A. (2016). Feature extraction of epilepsy EEG using discrete wavelet transform. *12th International Computer Engineering Conference (ICENCO)*, 190-195. DOI: 10.1109/icenco.2016.7856467.
- Hussein A.F., Arunkumar N., Gomes C., Gomes A., Abbas K., Habash Q.A., Santamaria-Granados L., Mendoza-Moreno J.F., Ramirez-Gonzalez G. (2018). Focal and Non-focal epilepsy localization: A review. *in IEEE Access*, 6, 49306-49324.
- Hussein R., Palangi H., Ward R., Wang Z.J. (2018). Epileptic seizure detection: a deep learning approach. *Arxiv: Signal Processing*, 1-12.
- Li M., Chen W., Zhang T. (2017). Classification of epilepsy EEG signals Using DWT-based envelope analysis and neural network ensemble. *Biomedical Signal Processing and Control*, 31, 357-365.
- Kaya Y., Tekin R. (2012, May). An expert system for for epileptic seizure detection based on extreme learning machine. *Journal of Information Technologies*, 5(2), 33-39.
- Koçyiğit M., Güven A., Çam F. (2019). Classification of mental arithmetic-based task discrimination from electroencephalography signals. *Electronic Letters on Science & Engineering*, 15(3), 57-65.
- Samui S., Chakrabarti I., Ghosh S.K. (2018). Tensor-train long short-term memory for monaural speech enhancement. *Arxiv preprint arxiv:1812.10095*. DOI: 10.48550/arxiv.1812.10095.
- Süzen A.A., Yıldız Z., Yılmaz T. (2019). Classification of BMI states from foot base pressure with LSTM-based deep neural network. *BEU Journal of Science*, 8(4), 1392-1398.
- Tuncer E. (2015). *Performance analysis of various wavelets and classifiers for sleep staging*. Kocaeli university, Kocaeli.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Tuncer E. (2022, September). Ictal-interictal epileptic state classification with traditional and deep learning architectures. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 3(9), 1972-1977. DOI: 10.55248/gengpi.2022.3.9.53.

Tuncer E., Bolat E.D. (2022a). Classification of epileptic seizures from electroencephalogram (EEG) data using bidirectional short-term memory (Bi-LSTM) network architecture. *Biomedical Signal Processing and Control*, 73. DOI: 10.1016/j.bspc.2021.103462.

Tuncer E., Bolat E.D. (2022b). Epileptic seizure classification from EEG signals with support vector machines. *Journal of Polytechnic*, 25 (1), 239-249. DOI: 10.2339/politeknik.672077.

Tuncer E., Bolat E.D. (2022c). Channel based epilepsy seizure type detection from electroencephalography (EEG) signals with machine learning techniques. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 42(2), 575-595. DOI: 10.1016/j.bbe.2022.04.004.

Zeng W., Li M., Yuan C., Wang Q., Liu F., Wang Y. (2020). Identification of epileptic seizures in EEG signals using time-scale decomposition (ITD), discrete wavelet transform (DWT), phase space reconstruction (PSR) and neural networks. *Artificial Intelligence Review*, 53, 3059–3088. DOI: 10.1007/s10462-019-09755-y.

ICOMNAS

## Düşük Yapan Gebelerde *Brucella abortus* Prevelansının İncelenmesi

İpek ADA ALVER<sup>1</sup>

### Özet

Gebelikte özellikle ilk trimesterde yaşanan enfeksiyonların düşüğe neden olduğu bilinmektedir. Bu patojen bakterilerden en önemlisi de sığırlardan bulaşan hayvanlarda düşüğe neden olan insanlarda da neden olabileceği birkaç sene öncesine kadar tartışılan *Brucella abortus*'tur. Bu patojen bakteri, enfekte hayvanın eti, süt ve süt ürünleri, dışkısı, vücut sıvıları ve düşük materyalleri ile temas sonucunda insana geçip Bruselloz ve Yavru Atma Hastalığı adı verilen hastalığa neden olmaktadır. Ayrıca enfekte insanla temas ve enfekte hayvanın bulunduğu ortamla aynı havayı solumak ile de geçtiği bilinmektedir. Brusellozda, ateş, kas eklem ağrıları, halsizlik, baş ağrısı ve gece terlemeleri meydana gelmektedir. Hastalığın ilerleyen döneminde, merkezi sinir sistemi iltihap, artrit, endokardit, karaciğer ve dalak iltihaplanması dışında ajitasyon da görülebilmektedir. Diğer yandan, plasental yolla da bebeğe geçerek enfeksiyona yol açtığı ve düşükle sonuçlandığı bilinmektedir. Bu çalışmada, gebeliğin ilk ve sonraki dönem trimesterinde az pişmiş et ve et ürünleri ile çiğ süt ve süt ürünleri tüketen ya da enfekte hayvanlarla temas eden gebelerde, Rose Bengal, Standart Tüp aglütinasyon (STA) ve Enzyme linked Immunosorbent Assay (ELISA) ve Brucella Wright testi ile tanısı konulmuş çalışmalar incelenecektir. Diğer yandan *Brucella abortus* olduğu doğrulanan gebelerde enfeksiyona bağlı düşük oranları araştırılacaktır. Çalışmanın sonucunda, özellikle gebelik döneminde sebebi bilinmeyen düşüklerin altındaki etken olarak enfeksiyonun düşünülmesi ve gebelerin çiğ ya da az pişmiş ürünlerle beslenmesi konusunda bilinçlendirilmesi önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Brucella abortus*, Brusellozis, düşük, gebe.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Altınbaş Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Ameliyathane Hizmetleri Programı, Orcid: 0000-0003-4787-8171





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## GİRİŞ

### Bruselloz Patogenezi

Bruselloz, *Brucella* cinsi bakterilerin neden olduğu ve koyun, keçi, sığır, domuz gibi hayvanlardan farklı yollarla insanlara geçen kronik seyirli bir zoonotik hastalıktır. *Brucella* cinsi bakteriler, 0.5-0.7 µm eninde ve 0.6-1.5 µm boyunda kok, kokobasil veya basil şeklinde Gram negatif mikroaerofilik bakterilerdir. Sporsuz ve hareketsiz olup, tekli, ikili, kısa zincirler ya da kümeler halinde bulunabilir. S şeklinde ya da mukoid yapıda kapsül oluşturabilirler. *Brucella* cinsi bakteriler, GİS, deri, mukoza yüzeyleri ve bazen de solunum yoluyla insan vücuduna geçerek ilk üremeyi lenf bezlerinde gerçekleştirerek kan yoluyla başta karaciğer, dalak, kemik iliği, böbrek, endokard, sinir sistemi, testis ve yumurtalıklar başta olmak üzere tüm doku ve organlara yayılırlar. Hücre içi patojen bakteriler olup konak dokunun fagosit hücrelerinde çoğalarak makrofajlarda fagozom-lizozom birleşmesini inhibe eden ve bakterinin lizis olmasını engelleyen enzimler salgılayarak konuk doku immün savunmasından kaçarlar. Antimikrobiyal ajanlara karşı dirençli olduğundan tedavide kombine antibiyotik tedavisi kullanılması önerilmektedir. İnkübasyon süresi 2-3 hafta arasında olup, akut Brusellozda ateş, kas eklem ağrıları, halsizlik, baş ağrısı ve gece terlemeleri meydana gelmektedir. Ateş, üşüme ve titreme ile dereceli olarak yükselerek gece yarısı beliren terleme ile kademeli olarak düşer ve bu döngü 2-3 hafta arasında sürdüğünden dalgalı humma ya da ondülan ateş olarak da adlandırılır. Hastalık kronik seyir aldığına, merkezi sinir sistemi iltihap, artrit, endokardit, karaciğer ve dalak iltihaplanması dışında ajitasyon da görülebilmektedir. Risk grubu arasında bulunanlar, hayvancılıkla ve çiftçilikle uğraşanlar, veterinerler, evcil hayvan besleyenler, kasaplar ve gebelerdir. Hastalığın seyri, kronik hastalık olup olmamasına, kişinin immün durumuna bağlıdır.

### Bruselloz Tarihçe

Brusellozun hastalardaki klinik durumunu anlatan ilk tarif M.Ö. 450 yılında Hipokrat tarafından yapılmış olup, bu hastalığı “humma” olarak tanımlamıştır. *Brucella*'nın ilk izolasyonu 1887 yılında İngiliz ordusunda doktor olarak görev yapan Sir David Bruce tarafından İngiliz askerlerin dalağında küçük koklar olarak gözlemlendiğinden *Micrococcus melitensis* olarak adlandırılmıştır. 1897 yılında ise Bang, sığırlarda anlamlandırılmayan düşüklerin etkeni olarak *Brucella abortus*'u izole etmiştir. 1905 yılında hastalığın taze keçi sütünden, 1912 yılında inek sütünde, 1914 yılında ise domuzlardan insanlara geçtiği bildirilmiştir. Hastalık ilk olarak Malta adasında görüldüğünden “Malta Humması” veya “Akdeniz Humması” olarak ve tipik ateş belirtilerinden dolayı “dalgalı humma” olarak belirlenmiştir.

### Bruselloz Tanı

Brusellozda tanı, kan ve kemik iliği kültürleri başta olmak üzere dalak ve karaciğer biyopsi, abse, BOS, eklem, periton ve perikard sıvısı ile idrar örneği incelemesi yapılabilmektedir. Serumlu dekstrozu Agır, Gliserozlu dekstrozu Agır, patates Agır, Triptaz Agır, Triptikaz Soy Agır, Brusella K vitaminli Agır, Brucella Agır besiyerlerinde kültür yöntemi ile inceleme yapılmakla birlikte serolojik testler daha yaygın olarak tercih edilmektedir. Spot lam aglütinasyon testi, Rose Bengal lam aglütinasyon testi, standart

tüp aglütinasyon testi, 2-Merkaptoetanollü tüp aglütinasyon testi, Coombs globulin testi ve kompleman fiksasyon testi kullanılmaktadır. Aynı zamanda, *Brucella*'nın tür düzeyinde identifikasyonu için PCR da kullanılmaktadır.

Rose Bengal testi (Lam Aglütinasyon testi), Rose Bengal boyası ile boyanmış *Brucella abortus* S99 suşunun şüpheli hastadan alınan serum örneğinin lam üzerinde karıştırılması ve aglütinasyonun gözlemlenmesi ile değerlendirilen bir testtir. Spot test ise Rose Bengal testine benzerdir fakat hastanın kan örneği kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Standart Tüp Aglütinasyon testinde, *B. abortus* S99 suşunun ısı ile öldürülmesi ve fenol eklenmesi sonucu elde edilen antijenin hasta serumu ile reaksiyona girmesi sonucu antijen-antikor reaksiyonuna dayanan bir serolojik testtir. Enzym Linked Immunosorbent Assay (ELISA) testinde, antijenle kaplanmış plaklara hasta serumu damlatılarak antijene karşı oluşan IgG, IgM ve IgA antikorlarının varlığı ve titreleri araştırılmaktadır. Moleküler yöntemlerden olan PCR testi ise, şüpheli hastanın kan, serum, vücut sıvıları, BOS ve doku örneklerinden *Brucella abortus*'a özgü nükleotid dizisinin saptanmasını sağlayan hızlı ve güvenilir bir testtir. Bruselloz, bildirimi zorunlu hastalıklar arasında olduğundan tanısı kesinleşen olgular Sağlık Müdürlükleri'ne bildirilmelidir.

## Bruselloz Tedavi

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), *Brucella* cinsi bakteriler antibiyotiklere dirençli olduğundan ya da pek çok vakada relaps geliştiğinden Bruselloz tedavisinde kombine antibiyotik kullanılmasını önermektedir. Tedavisi uzun süren Bruselloz vakalarında Doksisisiklin-rifampisin ve Doksisisiklin-streptomisin kombinasyonu kullanılmaktadır. Antibiyotik tedavisine başlanan hastalar özellikle hepatotoksisite açısından takibe alınmalıdır. Antibiyotiğe karşı yan etki gelişen hastalarda, 8 yaşın altındaki çocuklarda, gebelerde, emziren annelerde ve tetrasikline karşı tolerans geliştiren hastalarda, *Brucella* türlerine karşı etkili bir antimikrobiyal ajan olan Trimetoprim-Sülfametoksazol (TMP-SMZ) kullanılmalıdır. Brusella menenjit ve endokarditli vakalarda, özellikle kan-beyin bariyerini geçen Doksisisiklin ya da 3. Kuşak sefalosporinler, rifampisin ya da TMP-SMZ ile kombine edilerek kullanılmaktadır. Tüm bunların yanında hastanın şikayetlerini gidermek için analjezikler, antiinflamatuvar ilaçlar ve kortikosteroidler de kullanılabilir. *Brucella abortus* enfeksiyonlu hamile farelerde yapılan çalışmalarda, patojene karşı savaş açan immün sistemin plasentada progesteron düzeyini kritik düzeyde azalttığı için tedavide progesteron kullanılması, trofoblast hücreleri tarafından sentezlenen inflamatuvar sitokinlerin üretimini ve plasental inflamasyonu azalttığı ve embriyoların yaşama şansını arttırdığı belirlendiğinden tedavide ek olarak progesteron kullanımı da önemlidir (Ren vd., 2021:532-536).

## Gebelikte Bruselloz

Gebelerde Bruselloz oluşma riskinin diğer bakteriyel enfeksiyonlara yakalanma riskine yakın olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda, *Brucella abortus* bakterisinde, salgılanan oksitosin benzeri bir endotoksinin uterusu histamin atılımı ve vasküler değişikliklerle birlikte uterus spazmına neden olduğu ve düşüğe yol açtığı bildirilmiştir.

Plasenta, fetüsün gelişimi ve doğumu ile birlikte biyolojik üremede büyük öneme sahip olup besinlerin tedarik edilmesi, atıkların ayrıştırılması veya metabolize edilmesi, fetal gelişimi düzenlemek için hormonların salgılanması ve fetüsün korunmasından sorumludur (McConkey vd., 2016: 2; Sferruzzi-Perri ve Camm, 2016: 33). Plasenta, *Brucella*'nın çoğalması için en uygun organlardan biridir ve içerdiği bol eritritol, *Brucella* için karbon kaynağı olarak kullanılarak *Brucella*'yı plasentaya tek yönlü olarak transfer eder ve *Brucella* hızlı bir şekilde çoğalmaya başlar. *Brucella* plasentayı enfekte ettiğinde, daha yüksek seviyelerde inflamasyon ve hücre dışı replikasyon meydana gelir. Bu durumda patojen *Brucella*, fagositlerin güçlü öldürme işlevinden kaçarak ve birbirleriyle mücadeleleri sonunda kronik kalıcı hücre içi enfeksiyona yol açar (Tsai vd., 2022: 90). Anne ve fetüsün trofoblast hücreleri birlikte plasentanın karmaşık yapısını oluşturur. Bir yandan trofoblast hücreleri, embriyonun rahme sorunsuz bir şekilde implantasyonu ve anne damar sisteminin fetüs ile kenetlenmesini kolaylaştırması; öte yandan, fetüs ile anne arasındaki kan aracılı besin ve gaz değişiminden sorumludurlar. Bazı trofoblast hücre alt tipleri ayrıca anne kanına hormonlar ve sitokinler sağlar, kan damarlarının kalıcı olarak yeniden şekillenmesini yönlendirir ve vasküler ortamı optimize eder, böylece fetüs ile anne arasındaki madde alışverişini kolaylaştırır (John ve Hemberger, 2012: 5-11).

Bu çalışmada, gebelik döneminde yaşanan spontan abortus, erken doğum ve intrauterin ölüm oranlarının araştırılarak mikrobiyolojik açıdan değerlendirilmesi ve özellikle sebebi bilinmeyen düşüklerin altındaki etken patojen bakteri olan *Brucella abortus* açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## YÖNTEM

*Brucella abortus* bakterisinin gebeliğin ilk ve sonraki dönem trimesterinde az pişmiş et ve et ürünleri ile çiğ süt ve süt ürünleri tüketen ya da enfekte hayvanlarla temas eden gebelerde, Rose Bengal, Standart Tüp aglütinasyon (STA) ve Enzyme linked Immunosorbent Assay (ELISA) ve *Brucella* Wright testi ile tanısı konulmuş çalışmalar incelenmiş, diğer yandan *Brucella abortus* olduğu doğrulanan gebelerde enfeksiyona bağlı düşük oranları araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, özellikle gebelik döneminde sebebi bilinmeyen düşüklerin altındaki etken olarak enfeksiyonun düşünülmesi ve gebelerin çiğ ya da az pişmiş ürünlerle beslenmesi konusunda bilinçlendirilmesi konusunda farkındalık oluşturulmaya çalışılmıştır.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Son yıllarda yapılan çalışmalar sebebi bilinmeyen düşüklerin araştırılması yönünde olup gebelik döneminde geçirilen enfeksiyonların önemine vurgu yapmaktır. Gebelik döneminde pek çok bakteri, virüs ve mantar spontan abortusa, intrauterin fetal ölümlere neden olabilmektedir. Bunların başında, idrar yolu enfeksiyonuna neden olan *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae* bakterileri, süt ve süt ürünlerinde üreyen *Listeria* cinsi bakteriler, kızamıkçık enfeksiyonuna neden olan Rubella virüsü, hijyen eksikliğinden kaynaklanan Sitomegalovirüs (CMV), sifiliz etkeni *Treponema pallidum* ve hayvan dışkısından bulaşan bir parazit olan *Toxoplasma gondii*, düşüğe sebep olan mikroorganizmalardan olsa da en önemli etken *Brucella abortus* bakterisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Mujuni ve diğerlerinin 2017

yılında Tanzanya’da 21-30 yaş arası gebelerde yaptıkları bir çalışmada lam aglütinasyon testi ile 148 spontan düşük yapan gebenin 86’sında, Ali ve diğerlerinin 2021 yılında Pakistan’da yaptıkları çalışmada, düşük yapan 69 kadınla temas eden kişilerin 6’sında, fetüs materyali ile temas eden 151 kişinin 7’sinde, düşük yapan 58 kadının 1’inde ve 75 intrauterin fetal ölüm vakasının 1’inde seropozitif olarak *Brucella abortus* tespit edilmiştir. Ahmadi ve diğerlerinin İran’da hamile kadınlarla yaptıkları çalışmada *Brucella abortus* seropozitiflik oranını %19,9 saptamışlarken, Ahmed ve Elshamy ise, Suudi Arabistan’da spontan abortus öyküsü yaşayan hamile kadınlarda bu oranı %27.2 olarak belirlemişlerdir. Brusellozun gebelik sırasındaki komplikasyonlarından biri de intrauterin fetal ölümdür. Yapılan bir çalışmada Anti-Brucella antikorları gözlemlenen 6 vakanın yaklaşık %1.3’ünde intrauterin fetal ölüm bildirilirken (Ali vd., 2021: 620), Suudi Arabistan’da yürütülen ve gebeliğin üçüncü trimesterinde 92 Brucella pozitif gebe kadının %2’sinde intrauterin fetal ölüm bildirilmiştir (Khan ve Memish., 2001: 1172). Türkiye’de bir hastanede yapılan bir çalışmada ise, Brusellozlu 29 gebe kadında %3.45 gibi oldukça yüksek bir intrauterin fetal ölüm oranı kaydedilmiştir (Kurdoğlu vd., 2010: 201). Awah-Ndukum ve diğerlerinin 2018 yılında Kamerun’da yaptıkları bir çalışmada, 590 mezbaha sığından ve 816 makul mesleki risk ve bruselloza karşı hassas insandan (107 mezbaha personeli ve 709 hamile kadın) serum numunesi toplandı ve Rose Bengal Plaka Testi (RBPT) ve ELISA testleri kullanılarak anti-brusella antikorları açısından tarandı. Çalışma sonucunda, Anti-Brucella antikorları, sığırlarda %3.40, mezbaha personeline %5.60 ve hamile kadınlarda %0,28 olarak belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada, Brucella seropozitifliğinin Nepal’in dağlık bölgelerindeki Tibet sığırı popülasyonlarının azalmasına neden olan düşüğe rol oynadığı ve bir önceki yıl içinde düşük meydana gelen Tibet sığırı sürülerinin Brucella için seropozitif olma olasılığı, düşük yapmayan sürülere göre 2,3 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (Jackson vd., 2014: 47-58). *Brucella abortus* ile enfekte gebe kadınlarla yapılan çalışmalarda 2015 yılında Peru’da Standart aglütinasyon testi (SAT) ve kan kültürleri ile izole edilen 86 gebeden 16 (%18.6)’sında spontan abortus, 12 (%13.9)’sinde erken doğum ve 7 (%8.14)’sinde intrauterin fetal ölüm gerçekleşmiştir. Benzer çalışmalar diğer ülkelerde de gerçekleştirilmiş olup spontan abortus, erken doğum ve intrauterin fetal ölüm oranları sırasıyla şu şekilde gösterilmiştir. 2014 yılında Afrika’da yapılan çalışmada RBPT yöntemi ile tespit edilen enfekte 15 gebede, 11 (%73.3), 0 (%0) ve 4 (%26.7), 2011 ve 2010 yılında Türkiye’de Coombs test ve kan kültürleri ile tanısı konulan 39 gebede 1 (%2.56), 7 (%17.95), 0 (%0) ve 29 enfekte gebede 7 (%24.14), 2 (%6.9) ve 1 (%3.45) olarak saptanmıştır. Diğer yandan 2011 yılında İran’da SAT ile tanısı konulan 19 enfekte gebede oranlar sırasıyla, 10 (%53), 0 (%0), 0 (%0) ve 2008 yılında aynı yöntemle Suudi Arabistan ve Kuveyt’te tanısı konulan gebede 19 (%34.5), 13 (%23.6), 11 (%20) olarak belirlenmiştir. 2001 yılında Suudi Arabistan’da yapılan iki ayrı çalışmada SAT ve kan kültürü ile tanısı konulan 92 ve 30 enfekte gebede oranlar sırasıyla 40 (%43.5), 12 (%41) ve 0 (%0), 9 (%30) ve 2 (%2.17), 1 (%3.4) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 1998 yılında Kuveyt’te yapılan 2 ayrı çalışmada, 1991 yılında Lübnan’da, 1974 yılında İran’da ve 1954 yılında Arjantin’de yapılan çalışmalarda sırasıyla SAT ile tanısı konulan 25, 35, 6, 51 ve 200 enfekte gebeden spontan abortus oranları sırasıyla, 12 (%41), 11 (%31.4), 1 (%17), 6 (%11.6) ve 52 (%26) olarak tespit edilmiştir (Tablo 1) (Arenas-Gamboa vd., 2016:164-172; Vilchez vd., 2015:95-100; Rujeni

ve Mbanzamihiyo, 2014:740479; Kurdoğlu vd., 2010: 201; Al-Tawfiq ve Memish, 2001:47-50; Khan ve Memish, 2001:1172).

Tablo 1 – Gebelerde *Brucella abortus* Prevelansının İncelenmesi

Yıl ve Ülke	Gebe sayısı*	Tanı kriteri	Spontan abortus oranı	Erken doğum oranı	İntrauterin fetal ölüm oranı	Klinik bulgular
2015, Peru	86	SAT ve kan kültürü	16 (18.6 %)	12 (13.9 %)	7 (8.14 %)	Osteoartiküler, hematolojik ve konjenital bozukluklar
2014, Afrika	16	RBPT	11 (73.3 %)	-	4 (26.7 %)	-
2011, Türkiye	39	Coombs test ve kan kültürü	1 (2.56 %)	7 (17.95 %)	-	Ateş, artralji, miyalji, Hepatosplenomegali
2011, İran	19	SAT	10 (53 %)	-	-	Ateş, ter, artralji, sırt ağrısı
2010, Türkiye	29	SAT ve kan kültürü	7 (24.14 %)	2 (6.9 %)	1 (3.45 %)	Eklem ağrısı olan sakroilitit, Hepatosplenomegali
2008, Suudi Arabistan ve Kuveyt	55	SAT	19 (34.5 %)	13 (23.6 %)	11 (20 %)	35 kadında Bruselloz yaygın belirtileri
2001, Suudi Arabistan	92	SAT ve kan kültürü	40 (43.5 %)	-	2 (2.17 %)	Vajinal kanama, ateşli hastalık, Tekrarlayan düşük olan 24 hasta
2001, Suudi Arabistan	30	SAT ve kan kültürü	12 (41 %)	9 (30 %)	1 (3.4 %)	Ateşi artralji, terleme, baş ağrısı
1998, Kuveyt	25	SAT ve doku kültürü	2 (8 %)	18 (72 %)	5 (20 %)	Ateşi artralji, miyalji, baş ağrısı, sırt ağrısı, anoreksia
1991, Lübnan	6	SAT	1 (17 %)	1 (17 %)	-	Ateş, sırt ağrısı, terleme, yorgunluk ve halsizlik, titreme
1988, Kuveyt	35	SAT ve ELISA	11 (31.4 %)	-	-	Ateş, artralji, sırt ağrısı, hepatosplenomegali, baş ağrısı, terleme
1974, İran	51	SAT, idrar, uterus ve kan kültürü	6 (11.6 %)	-	-	Dalgali ateş, artralji, terleme ve kas ağrısı
1954, Arjantin	200	SAT	52 (26 %)	-	-	Febril ve non-febril

ELISA: Enzyme Linked Immunosorbent Assay, SAT: Standard Agglütinasyon Testi.

Yapılan bir araştırmada geviş getiren hayvanlarda gebeliğin son üç aylık döneminde *Brucella*'nın plasentada görülebilen berrak kolonilerle yoğun bir şekilde çoğalmaya başladığı belirlenmiştir (Anderson vd., 1986). *Brucella* konakçı hücrelerde hızla çoğalarak plasental bütünlüğün bozulmasına ve gelişmekte olan fetüsün enfeksiyon kapmasına yol açarak düşük veya ölü doğumlara yol açar. Yapılan araştırmanın sonucu, *Brucella*'nın plasental trofoblastta granüllü Endoplazmik retikulum ile ilişkili hücresel bölmede çoğaldığını göstermektedir. Bu özel ortamın getirdiği yüksek verimli replikasyon, plasenta dokusu iltihabına neden olur, inflamatuvar hücre infiltrasyonu, trofoblast hücre nekrozu ve koryonik alanın membran ülserasyonu sonunda düşüğe neden olur. Bu durum da, *Brucella* soyunun yeni konakçılara yayılması için etkili bir yoldur. Özellikle gebeler açısından risk oluşturan Brusellozdan korunmak için uygulanacak politikalar aşağıda listelenmiştir (Gonzalez-Espinoza vd., 2021).

- 1- Hayvanlar olası Bruselloza karşı aşlatılmalıdır.
- 2- Çiğ ya da pastörize edilmemiş süt ve süt ürünlerinin tüketiminden kaçınılmalıdır. Süt sağımı esnasında hijyenik ellerle temas edilmelidir.
- 3- Mezbaaha ve kasap gibi alanlarda çalışanlar ve veterinerler, hastalığın bulaş yolları konusunda eğitilmeli ve *Brucella abortus*'un neden olduğu düşük materyali, plasenta, fetüs gibi yapılarla direkt temastan kaçınılmalı ve koruyucu kıyafetler giyilmelidir.
- 4- Avcılıkla uğraşanlar koruyucu kıyafetlerini giymeli ve şüpheli hayvanların gömülmesi konusunda eğitim verilmelidir.
- 5- Hayvancılıkla uğraşanlar, hayvanların bulunduğu alanları havalandırmalı ve dezenfekte etmeli, şüpheli hayvan olması durumunda aynı ortamda bulunmamaya özen göstermesi gerekmektedir.
- 6- Bruselloz tanısı konulan hayvanların et, süt, deri, plasenta ve fetüs örnekleri çıplak elle dokunulmadan ve koruyucu kıyafetler giyilerek derine gömülmeli ve üzerine kireç dökülmeli ya da yakılarak imha edilmelidir.
- 7- şüpheli vakalardan alınan laboratuvar örneği incelemesinde bulaşı önlemek için koruyucu kıyafetler giyinilmeli ve biyogüvenlik kabininde çalışılmalıdır.

## KAYNAKÇA

Ahmadi, A., Mohsenpour, B., Doroudian, P., Mekarizadeh, A., Roshani, D., Shahgheibi, S., Zandvakili, F., Farhadifar, F., Seyedoshohadaei, FA. (2017). Seroprevalence and relationship survey of brucellosis between pregnant women and women with spontaneous abortion in Iran. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*, 31, 42.

Ali, S., Saeed, U., Rizwan, M., Hassan, L., Syed, AM., Melzer, F., El-Adawy, H., Neubauer, H. (2021). Serosurvey and risk factors associated with brucella infection in high risk occupations from district Lahore and Kasur of punjab, Pakistan, *Pathogens*, 10, 620. <https://doi.org/10.3390/pathogens10050620>

Al-Tawfiq, JA., Memish, ZA. (2013). Pregnancy associated brucellosis. *Recent patents on anti-infective drug discovery*, 8(1):47–50.

Anderson, TD., Cheville, NF., Meador, VP. (1986). Pathogenesis of placentitis in the goat inoculated with *Brucella abortus*. II. Ultrastructural studies. *Veterinary pathology*, 23(3):227–39.

Arenas-Gamboa, AM., Rossetti, CA., Chaki, SP., Garcia-Gonzalez, DG., Adams, LG., Ficht, TA. (2016). Human brucellosis and adverse pregnancy outcomes. *Current tropical medicine reports*, 3:164–172. <https://doi.org/10.1007/s40475-016-0092-0>.

Awah-Ndukum, J., Mouiche, MMM., Bayang, HN., Ngwa, VN., Assana, E., Feussom, KJM., Manchang, TK., Zoli, PA. (2018). Seroprevalence and associated risk factors of brucellosis among indigenous cattle in the Adamawa and North Regions of Cameroon. *Veterinary medicine international*, 3468596.

Elshamy, M., Ahmed, AI. (2008). The effects of maternal brucellosis on pregnancy outcome. *The journal of infection in developing countries*, 2, 230–234.

Gonzalez-Espinoza, G., Arce-Gorvel, V., Memet, S., Gorvel, JP. (2021). Brucella: Reservoirs and Niches in Animals and Humans. *Pathogens*, 10, 186.

Jackson, D., Nydam, D., Altier, C. (2014). Prevalence and risk factors for brucellosis in domestic yak *Bos grunniens* and their herders in a transhumant pastoralist system of Dolpo. Nepal. *Preventive veterinary medicine*, 113(1):47–58.

John, R. And Hemberger, MA. (2012). Placenta for life. *Biomed.* 25, 5–11.

Khan, MY., Memish, ZA. (2001). Brucellosis in pregnant women. *Clinical infectious of disease*, 32(8):1172–7. doi:10.1086/319758.

Kurdoglu, M., Adali, E., Kurdoglu, Z., Karahocagil, MK., Kolusari, A., Yildizhan, R., et al. (2010). Brucellosis in pregnancy: a 6-year clinical analysis. *Archives of gynecology and obstetrics*, 281(2):201–6. doi:10.1007/s00404-009-1106-0.

McConkey, CA., Delorme-Axford, E., Nickerson, CA., Kim, KS., Sadovsky, Y., Boyle, JP., Coyne, CB. (2016). A three-dimensional culture system recapitulates placental syncytiotrophoblast development and microbial resistance. *Science Advanced*, 2, e1501462.

Mujuni, F., Andrew, V., Mngumi, BE., Chibwe, E., Mshana, SE., Mirambo, MM. (2018). Predominance of *Brucella abortus* antibodies among women with spontaneous abortion in the city of Mwanza: unrecognized link or coincidence?. *Research note*, 11:792, <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3906-4>.

Ren, J., Hou, H., Zhao, W., Wang, J., Peng, Q. (2021). Administration of exogenous progesterone protects against *Brucella abortus* infection-induced inflammation in pregnant mice. *Journal of Infectious Disease*, 224, 532–543.



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Rujeni, N., Mbanzamihiho, L. (2013). Prevalence of Brucellosis among women presenting with abortion/stillbirth in Huye. Rwanda. *Journal of tropical medicine*, 740479. doi:10.1155/2014/740479.

Sferruzzi-Perri, AN., Camm, EJ. (2016). The programming power of the placenta. *Frontiers in Physiology*, 7, 33.

Tsai, AY., Byndloss, MX., Seyffert, N. Winter, MG., Young, BM., Tsolis, RM. (2022). Tumor necrosis factor alpha contributes to inflammatory pathology in the placenta during *Brucella abortus* infection. *Infection and immunity*, 90, e0001322.

Vilchez, G., Espinoza, M., D'Onadio, G., Saona, P., Gotuzzo, E. (2015). Brucellosis in pregnancy: clinical aspects and obstetric outcomes. *International journal of infectious disease*, 38:95–100. doi:10.1016/j.ijid.2015.06.027.





## Hastanede Yatan Covid19 Hastalarında *Legionella* Bakterilerinin Koenfeksiyonunun Araştırılması

İpek ADA ALVER<sup>1</sup>

### Özet

SARS-CoV2 virüsünün neden olduğu Covid-19, günümüzde pek çok varyantı ile birlikte mortalite ve morbidite oranları yüksek olan viral bir enfeksiyon hastalığıdır. Şiddetli akut solunum yolu yetmezliğine neden olan bu virüsle enfekte olan hastalarda *Legionella* cinsi bakteriler başta olmak üzere diğer patojen bakterilerin koenfeksiyon oluşturabildiği ve bağışıklık sistemini baskıladığı tespit edilmiştir. *Legionella* cinsi bakteriler, klima ve insan yapımı su sistemlerinden inhalasyonla alveolar makrofajlara tutunarak akciğeri enfekte etmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, belirtileri benzer olan iki enfeksiyonun aynı anda yaşandığında morbidite ve mortalite oranlarını arttırdığı gösterilmiştir. Bu çalışmada, PCR testi ile Covid-19 tanısı konmuş hastalarla yapılan diğer çalışmalar incelenerek ve moleküler yöntemler ve üriner antijen testi ile *Legionella* cinsi bakteriler ile sekonder enfeksiyona yakalandığı doğrulanmış hastaların oranları belirlenecektir. Böylelikle, tedaviye yanıt vermeyen Covid-19'lu hastaların başta *Legionella* cinsi bakterilerin neden olduğu sekonder enfeksiyonlar yönünden de değerlendirilmesi gerektiği konusunda farkındalık oluşturulması amaçlanmıştır. Sekonder enfeksiyona yakalanan hastaların belirlenmesi ve vakit kaybedilmeksizin tedavi edilmesi, mortalite ve morbidite oranlarını düşüreceğinden çalışmanın, diğer epidemiyolojik çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Covid-19, koenfeksiyon, *Legionella*, morbidite, mortalite.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Altınbaş Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Ameliyathane Hizmetleri Programı, Orcid: 0000-0003-4787-8171

## GİRİŞ

### ***Legionella* Cinsi Bakterilerin Patogenezi**

*Legionella* cinsi bakteriler 0.3-0.9 µm eninde, 2-20 µm boyunda, fakültatif aerobik, hücre içinde çoğalabilen, polar veya subpolar olan bir ya da daha fazla sayıda flagellası ile hareketli, sporsuz, çomak şeklinde bakterilerdir. Işık mikroskopunda uzun filamentöz yapı gösterirler. 59 tür ve 70 farklı serogruba sahiptir. *Legionella pneumophila* Serogrup 1, Dünya çapında insan enfeksiyonlarının en sık rapor edilen nedenidir (Ada ve Kimiran, 2018: 1-4).

*Legionella* cinsi bakteriler, Pontiak adı verilen hafif ateş, kendi kendini sınırlayan grip benzeri bir hastalığa neden olduğu gibi, toplum ve sağlık hizmeti kaynaklı daha ağır seyir gösteren Lejyoner hastalığına da neden olabilmektedir (Ada ve Kimiran, 2018: 1-4; Burillo vd., 2017:7-10). Semptomlar tipik olarak patojene maruz kaldıktan 2 ila 10 gün sonra ortaya çıkar. Lejyoner hastalığı, soğutma kulelerinden, spa havuzlarından, dış ünite suları, nebülizatörler, klimalar, doğum havuzları ve akvaryumlardan, içme suyu sistemlerinden ve diğer insan yapımı su sistemlerinden ve hastaların enfeksiyona daha duyarlı olabildiği oteller, işyerleri ve sağlık tesislerindeki sıhhi tesisattan aerosoller halinde insana geçmekte ve Lejyoner hastalığına neden olmaktadır. İnhalasyon yoluyla solunan hava partikülleri içerisindeki *Legionella pneumophila* bakterileri insan akciğer dokusundaki alveoler makrofajları hedef alır. Diğer yandan bu patojen bakteri, karmaşık sıhhi tesisat yapılarının ölü dallarında hayatta kalmaya devam edebileceğinden, su sistemlerindeki *Legionella* tarafından çevre kirliliğinin ortadan kaldırılması güçleşebilmektedir. *Legionella* cinsi bakteriler, önce planktonik yapılar halinde geri dönüşümlü halde insan yapımı su sistemlerine tutunmaya başlarlar ve uygun çevresel koşullarda ortamdaki diğer bakterileri de quorum sensing denilen sinyal yolakları ile çekerek kümeler halinde koloni oluşturmaya başlar. Bu aşamadan sonra, biyofilm tabakası oluşturarak geri dönüşümsüz olarak insan yapımı su sistemlerine tutunurlar. Diğer yandan *Legionella* cinsi bakteriler amip içerisinde yaşama eğilimi de göstermektedirler. Amip ve biyofilm tabakası içerisindeki *Legionella* cinsi bakteriler, dezenfektanlar, bertaraf işlemleri ve diğer antimikrobiyal ajanlara karşı direnç gösterirler, bu da dezenfeksiyon uygulamalarında ve tedavide zorluklara neden olmaktadır (Phin vd., 2014:1011-1014).

### **Lejyoner Hastalığı Tanı**

*Legionella* cinsi bakterilerin identifikasyonunda, kan ve serum örnekleri, akciğer doku ve biyopsi örnekleri, balgam, plevral sıvı, bronşiyal alveolar lavaj (BAL), bronşial aspirat örneği, idrar örneği kullanılmaktadır. Diğer yandan extrapulmoner *Legionella* enfeksiyonunda, sinoviyal sıvı, dalak, lenf nodu, lenfatik ya da hematojen yayma örnekleri kullanılmaktadır. Alınan örnekler, kültür yöntemi, Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA) ve Enzyme Immunoassay (EIA), Direkt floresan antikor (DFA) testi, Nükleik asit amplifikasyon testi, indirekt floresan antikor (IFA) testi ve immünokromotografik (ICT) kullanılmaktadır (Burillo, vd., 2017:7-27).

## Lejyoner Hastalığı Tedavi

Lejyoner hastalığının tedavisinde antibiyotik tedavi seçenekleri ve semptomatik tedavi uygulanmaktadır. Antibiyotik tedavisinde intravenöz (IV) yolla, her 24 saatte bir 500 mg azitromisin veya her 12 saatte bir klaritromisin, her gün 500 mg levofloksasin veya 400 mg moksifloksasin, her 12 saatte bir 300-600 mg rifampin, her 12 saatte bir 100 mg olmak üzere toplamda 200 mg doksisisiklin ya da her 24 saatte bir levofloksasin veya diğer florokinolonlar ile azitromisin kombinasyonu kullanılmaktadır. Aynı zamanda kortikosteroidler de tedaviye dahil edilmektedir (Burillo, vd., 2017:7-27).

## Legionella Cinsi Bakterilerin Kontrol Yöntemleri

*Legionella* cinsi bakteriler insandan insana geçmediğinden kontrol programlarında özellikle insan yapımı su sistemlerindeki bakterinin bertarafına yönelik önlemler alınması gerekmektedir. Su sistemlerinde *Legionella* kontrol uygulamalarında klor bazlı dezenfeksiyon, gümüş-bakır iyonizasyonu, ozonlama gibi kimyasal yöntemler, termal inaktivasyon, filtrasyon gibi fiziksel yöntemler ile UV ışınlama, UV ışın yayan diodların sisteme yerleştirilmesi, yeni tasarım filtrelerin kullanılması gibi geliştirilen teknolojiler ile süper ısıtma ve akıtma ile dezenfeksiyon ve şok hiperklorlama gibi diğer yöntemler kullanılmaktadır.

Şiddetli akut solunum sendromu koronavirüs 2 (SARS-CoV2), zatürreye de neden olabilen koronavirüs hastalığına (COVID-19) neden olur. COVID-19'da ateş, öksürük ve nefes darlığı gibi spesifik olmayan semptomların ortaya çıkması, *Legionella* gibi toplumdan edinilmiş pnömoninin diğer nedenlerinin doğru bir ayırıcı tanısına ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir. Lejyoner hastalığını klinik olarak COVID-19'dan ayırt etmek için idrar antijen testi, PCR ve kültür gibi laboratuvar teşhisleri yapılmaktadır. *Legionella* pnömonisi ayrıca, BT'de buzlu cam opasiteleri veya tomurcuklanmış ağaç görünümü gibi COVID-19 ile uyumlu bir dizi radyolojik bulguya yol açabilmektedir (Wu vd., 2020:1324-1326).

## Covid-19 Pandemisinin Lejyoner Koenfeksiyonuna Etkisi

SARS-CoV2 virüsünün neden olduğu Covid19 hastalığı direkt ve indirekt yollarla insanlara geçebilmektedir. Zoonotik ajan olarak karşımıza çıkan ve insanlara geçtiği düşünülen virüs temasla ve solunum yoluyla insanlar arasında yayılım gösterip şiddetli akut solunum yetmezliğine neden olmaktadır. Hastalığın yayılımını azaltmak için teması en aza indirmede kapanma uygulamasına gidilmiş ve bu doğrultuda özellikle insan popülasyonunun yoğun olduğu AVM, okul, üniversite, spor tesisleri, konferans salonu, otel gibi alanlar kapatılmıştır. Bu durum da özellikle duş başlıkları ve musluklar, yüzme ve süs havuzları, spa gibi su sistemleri ile klima ve soğutma kulesi gibi sistemlerde üreyerek yayılım gösteren ve biyofilm oluşturan *Legionella* cinsi bakteriler için uygun ortam oluşturmuştur. Aynı bireyde, aynı anda iki enfeksiyonun bir arada görülmesi koenfeksiyon olarak nitelendirilirken, Covid19 pandemi döneminde meydana gelen SARS-CoV2 virüsü ve *Legionella* bakterisi koenfeksiyonu mortalite ve morbidite oranlarını arttırmakta, hastanede yatış süresini uzatmakta, tedavide güçlükler yaratmakta ve sağlık sistemine zarar vererek halk sağlığı problemlerine

neden olmaktadır. Diğer yandan hem SARS-CoV2 virüsünün neden olduğu Covid19 hastalığı hem de *Legionella* cinsi bakterilerin neden olduğu Lejyoner hastalığı hem nozokomiyal enfeksiyonlar hem de seyahat ilişkili enfeksiyonlar olarak karşımıza çıktığından, semptomları benzer olduğundan koenfeksiyon açısından ayırıcı tanı yöntemlerine gidilmesi ve tedavide hem viral hem de antibiyotik uygulamalarının gerçekleştirilmesi önemlidir.

Bu çalışmada, PCR testi ile Covid-19 tanısı konmuş hastalarla yapılan diğer çalışmalar incelenecek ve moleküler yöntemler ve üriner antijen testi ile *Legionella* cinsi bakteriler ile sekonder enfeksiyona yakalandığı doğrulanmış hastaların oranları belirlenecektir. Böylelikle, tedaviye yanıt vermeyen Covid-19'lu hastaların başta *Legionella* cinsi bakterilerin neden olduğu sekonder enfeksiyonlar yönünden de değerlendirilmesi gerektiği konusunda farkındalık oluşturulması amaçlanmıştır. Sekonder enfeksiyona yakalanan hastaların belirlenmesi ve vakit kaybedilmeksizin tedavi edilmesi, mortalite ve morbidite oranlarını düşüreceğinden çalışmanın, diğer epidemiyolojik çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## YÖNTEM

SARS-CoV2'ye klinik odaklanma, potansiyel olarak *L. pneumophila*'nın yetersiz teşhisine neden olur çünkü klinisyenler bakteriden şüphelenmeyebilir veya bakteriyi araştırmayabilir, ancak yapılan araştırmalarda koenfeksiyonlar bildirilmiştir (Richardson vd., 2020: 2052-2059; Touzard-Romo vd., 2020:75-76; Wu vd., 2020:1324-1326). Bu çalışmada, SARS-CoV2 virüsü ve *Legionella* cinsi bakterisi ile ilişkili koenfeksiyon çalışmaları değerlendirilmiştir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

COVID-19 hastalarında belgelenmiş koenfeksiyonlar arasında insan metapnömovirüsü, grip, *Chlamydia pneumoniae*, *Mycoplasma pneumoniae*, COVID-19 dışı koronavirüs, enterovirüs, rinovirüs, parainfluenza ve solunum sinsityal virüsü ve *L. pneumophila* bulunmaktadır ve bu durum *L. pneumophila* koenfeksiyonların hızlı bir şekilde tanımlanması, ciddi COVID-19 vakalarının yönetimi ve tedavisi için esastır (Arashiro vd., 2020:1-4; Cox vd., 2020:1). Victoria ve diğerlerinin 2020 yılında İngiltere'de yaptıkları bir çalışmada Şubat 2020'de hastaneye başvuran 65 yaş üstü bir kadın taburcu edildikten 8 gün sonra pnömoni şüphesiyle tekrar hastaneye gelmiş ve göğüs röntgeninde minör bibazal opasite görülerek bakteriyel enfeksiyon şüphesi ile amoksisilin/klavulanat ve klaritromisin antibiyotik tedavilerine başlanmıştır. Hastanın kan kültüründe *L. pneumophila* ve SAR-CoV2 negatif belirlense de 10. günde kötüleşen hastanın akciğer grafisinde yaygın bilateral infiltratlar gözlemlendi. Üriner antijen testi ve hızlı ELISA test kiti ile *L. pneumophila* pozitif ve nazofaringeal sürüntü PCR örneği ile SARS-CoV2 pozitif olarak belirlenmiş ve hasta 20. günde hayatını kaybetmiştir. Çalışmanın sonucunda, şüpheli vakaların kültür yöntemi yerine moleküler ya da serolojik yöntemlerle doğrulanması gerektiği ve koenfeksiyonlar bakımından değerlendirilmesi gerektiğinin bildirilmiştir.

Allam ve diğerlerinin 2020 yılında Fransa'da yaptıkları çalışmada, Lejyoner hastalığı (LD) ve COVID-19'un birlikte ortaya çıkışını değerlendirebilmek için, klinik veya radyolojik pnömoni belirtileri olan

hastalara Legionella kültürü, bronko-pulmoner sekresyonlardan PCR veya *Legionella pneumophila* Serogroup 1 üriner antijen testleri (UAT) yapılmış ve pozitif çıkan hasta sonuçlarını çalışmaya dahil etmişlerdir. Çalışmada, vaka bildirimlerindeki 65 hastadan 49'u hem Lejyoner hastalığı (LD), hem de COVID-19 için test edildi ve çalışma sonucunda LD/COVID-19 koenfeksiyonunun sıklığı %14,3 (7/49) olarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışmadan elde edilen sonuçlardan biri de, koenfeksiyonlu hastaların çoğunun (4/7), Fransa'da en fazla COVID-19 vakasının görüldüğü ve genellikle yüksek sayıda LD vakası bildiren bir bölge olan Grand Est bölgesinde gerçekleştiği, çalışmaya katılan hasta yaşının ortalama 72 (37-83) olduğu ve pozitif erkek vakaların pozitif kadın vakalara oranının 6:1 olduğudur. Diğer yandan, koenfekte 7 hastanın hepsinde hipertermi, 6'sında öksürük veya nefes darlığı ve 2'sinde nörolojik semptomlar gözlemlendiği, 5 hastanın ortalama 13 gün (3-30 gün aralığında) orotrakeal entübasyona ihtiyacı olduğu, 4 hastada akut solunum sıkıntısı sendromu geliştiği ve 1 hastada ekstrakorporeal membran oksijenasyonu gerektiği bildirilmiştir. Yoğun bakıma yatırılan koenfekte 7 hastanın 2'sinin (%29) öldüğü bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, LD ve Covid-19 arasında korelatif açıdan anlamlı bir ilişki olduğu, LD ve Covid-19'un benzer klinik semptomlarla karşımıza çıktığı ve koenfeksiyonun mortalite oranlarını arttırdığı ve özellikle erkek hastalarda daha fazla gözlemlendiği bilinen Lejyoner hastalığının bu çalışmanın sonuçları ile de doğrulandığı öne sürülmüştür. Başka bir çalışmada, koenfeksiyon, toplumda ailesiyle birlikte yaşayan, hipertansiyon ve kronik böbrek hastalığı öyküsü olan 80 yaşındaki bir kadında meydana geldi. Nisan 2020'de nefes darlığı, hipoksi ve akut-kronik böbrek hasarı ile hastaneye başvuran hastanın radyografisinde ağırlıklı olarak periferik olmak üzere iki taraflı orta ve alt bölge konsolidasyonu görülmüştür. Hastaya bakteriyel enfeksiyon şüphesiyle amoksisilin/klavulanat ve klaritromisin antibiyotikleri ve maksimal oksijen tedavisine rağmen ilerleyici hipoksi ile takip eden 24 saat içinde kötüleşti. Nazofaringeal sürüntü PCR ile SARS-CoV-2 için pozitif ve idrar Legionella Üriner Antijen Testi (Alere) ile pozitif tespit edilmiş ve tüm önlemlere rağmen 5 gün sonra hayatını kaybetmiştir. Hughes ve diğerlerinin 2020 yılında yaptıkları çalışmada hastaneye başvuran 836 SARS-CoV2 pozitif 836 hastadan 51'i bakteriyel enfeksiyonlar açısından da pozitif bulunmuştur. Kan kültürleri, solunum örnekleri, pnömokokkal üriner antijen testi, Legionella üriner antijen testi ve solunum viral PCR testi sırasıyla 643 (77%), 110 (13%), 249 (30%), 246 (29%) and 250 (30%) hasta olarak belirlenmiş ve çalışma sonucunda, erken COVID-19 hastane sunumunda düşük de olsa bakteriyel koenfeksiyon sıklığı belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada, yaklaşık iki aydır kullanılmayan binalardaki duşlardan örnekler alıp toplanmış ve kültür yöntemi ile *Legionella* spp., *L. pneumophila*, *L. pneumophila* Serogroup 1 miktarı belirlenmiştir (Hozalski vd., 2020:1-3). İtalya'da yapılan diğer bir çalışmada, SARS-CoV2 salgınını kontrol altına almak için uygulanan karantinanın sona ermesinden hemen sonra, Roma kentindeki bir restoranın bulaşık makinesinde Legionella pnömonisi vakası bildirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, iş yeri veya kamu sektörü binalarının yeniden açılmasından hemen önce su ve hava sistemlerinin sıkı bir şekilde izlenmesinin önemi ve sokağa çıkma yasağı nedeniyle solunum yolu enfeksiyonlarının ayırıcı tanısında Lejyonella enfeksiyonlarının dikkatehozalk alınması gerektiği, böylelikle koenfeksiyon oranının azalacağı vurgulanmıştır (Palazzolo vd., 2020:7917). Yakın tarihli bir sistematik incelemede, COVID-

19 hastalarının %8'inin bakteriyel bir koenfeksiyona sahip olduğunu tespit ederken, virüsü olan hastaların %72'sinin antimikrobiyal tedavi aldığı bildirilmiştir (Rawson vd., 2020:530). Daha önce bildirildiği gibi, COVID-19 enfeksiyonları ateş, miyaljiler, solunum semptomları gibi, aynı zamanda ishal, bulantı ve kusma gibi gastrointestinal belirtilerle de görülebilir. Solunum semptomları ve gastrointestinal semptomların kombinasyonu, özellikle hiponatremi varsa, Lejyoner hastalığını düşündürülebilir (Cheung vd., 2020:81-85). Arashiro ve diğerlerinin 2020 yılında Japonya'da yaptıkları bir çalışmada seyahatle ilişkili bir vakada COVID-19 ve *Legionella* koenfeksiyonunun birlikte görüldüğü belirlenmiş ve çalışmanın sonucunda seyahatle ilişkili şüpheli vakaların Lejyoner hastalığı ve Covid-19 açısından test edilmesi gerektiği bildirilmiştir. Adler ve diğerlerinin 2020 yılında yaptıkları çalışmada ise hastaneye başvuran 195 hastadan 5'inde pnömokok koenfeksiyonu tespit edilmiştir.

SARS-CoV2 salgını sırasında hastaların ve su sistemlerinin Lejyonella testi ihmal edilmemelidir. Sağlık tesisleri ve klinisyenler, *L. pneumophila* enfeksiyonunun önlenmesi ve teşhisi için önerilen protokollere uymaya devam etmelidir. COVID-19 salgını sırasında bile, toplum ve sağlık hizmeti ortamlarında hastalar *L. pneumophila* enfeksiyonu riski altındadır. Su sisteminin kullanılmadığı dönemler Legionella'nın büyümesine ve enfeksiyon riskini artırmasına izin verebileceğinden, binaların geçici olarak kapatılması ve yeniden açılması gibi pandemik önlemler *Legionella* maruziyet riskini artırabilir. Sağlık tesisleri, COVID-19 salgını sırasında Lejyonella'yı yönetmek için ulusal yönergeleri izlemeli ve Lejyonella Enfeksiyonları için Mikrobiyoloji ve Enfeksiyon Hastalıkları Avrupa Çalışma Grubu ve Avrupa Klinik Derneği'nin yayınları dikkate alınmalıdır (ESCMID, 2020; Phin vd., 2014:1011-1021). COVID-19 salgını nedeniyle binaların benzeri görülmemiş bir şekilde kapanması, suyun tesis içi tesisat sistemlerinde durgunlaşmasına neden olarak fırsatçı patojenlerin büyümesini kolaylaştırabilecek koşullar yaratmıştır. COVID-19 salgını, belki bakım veya temizlik dışında boş kalan okulların, spor salonlarının, restoranların, perakende satış mağazalarının, ofislerin ve diğer tesislerin aniden kapanmasına neden olmuş, bina hareketsizliği, bina tesisatında durgun suya neden olarak klor kaybı, bakteri üremesi ve kurşun gibi zararlı metallerin salınması dahil olmak üzere su kalitesini olumsuz etkilemiştir. Pandemi nedeniyle binaların benzeri görülmemiş ani geçici kapanmasının, *Legionella* cinsi fırsatçı patojenlerin prevalansını ve potansiyel koenfekte birey sayısını arttırdığı saptanmıştır (Proctor vd., 2020:1-5). Halen devam eden COVID-19 salgını bağlamında, Lejyonella maruziyeti ve enfeksiyonu için bir risk azaltma stratejisi, pandemi döneminde acil servislerin daha fazla kalabalıklaşmasını önleyebilir ve çökmeye yüz tutmuş sağlık sistemini rahatlatılabilir.

## KAYNAKÇA

Ada, İ., Kimiran, A. (2018). Determination of recovery rates of legionella bacteria by different methods. *International journal of environmental research and technology*, 1(3), 1-7.

Adler, H., Ball, R., Fisher, M., Mortimer, K., Vardhan, MS. (2020). Low rate of bacterial co-infection in patients with COVID-19. *Lancet microbiol.* 1:e62. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30036-7](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30036-7)

Allam, C., Gaynard, A., Descours, G., Ginevra, C., Josset, L., Bouscambert, M., Beraud, L., Ibranosyan, M., Golfier, C., Friggeri, A., Lina, B., Campese, C., Ader, F., Jarraud, S. (2021). Co-infection with *Legionella* and SARS-CoV-2, France, March 2020. COVID-19 diagnosis HCL consortium1, *Dispatches*, 27, 11. <https://doi.org/10.3201/eid2711.202150>.

Arashiro, T., Nakamura, S., Asami, T., Mikuni, H., Fujiwara, E., Sakamoto, S., et al. (2020). SARS-CoV-2 and *Legionella* co-infection in a person returning from a Nile Cruise. *Journal of travel medicine.* 27:taaa053. PubMed <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa053>.

Burillo, A., Pedro-Botet, ML., Bouza, E. (2017). Microbiology and Epidemiology of Legionnaires Disease. *Infectious disease clinical North America.* 31(1):7-27. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2016.10.002> PMID: 28159177.

Cheung, KS., Hung, IF., Chan, PP., et al. (2020). Gastrointestinal manifestations of SARS-CoV-2 infection and virus load in fecal samples from a Hong Kong cohort: systematic review and meta-analysis. *Gastroenterology.* 159(1):81–95. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2020.03.065>. Medline:32251668.

Cox, MJ., Loman, N., Bogaert, D., O’Grady, J. (2020). Co-infections: potentially lethal and unexplored in COVID-19. *Lancet microbiol.* 1:e11. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30009-4](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30009-4).

ESCMID Study Group for Legionella Infections. ESGLI Guidance for managing Legionella in building water systems during the COVID-19 pandemic. ESCMID. (2020). Available from: [https://www.escmid.org/fileadmin/src/media/PDFs/3Research\\_Projects/ESGLI/ESGLI\\_Guidance\\_for\\_managing\\_Legionella\\_in\\_building\\_water\\_systems\\_during\\_the\\_COVID\\_19\\_pandemic\\_20200603\\_v\\_0300.pdf](https://www.escmid.org/fileadmin/src/media/PDFs/3Research_Projects/ESGLI/ESGLI_Guidance_for_managing_Legionella_in_building_water_systems_during_the_COVID_19_pandemic_20200603_v_0300.pdf)

Hozalski, RM., LaPara, TM., Zhao, X., Kim, T., Waak, MB., Burch, T., and McCartyk, M. (2020). Flushing of stagnant premise water systems after the COVID-19 shutdown can reduce infection risk by *Legionella* and *Mycobacterium* spp. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.09.14.20194407>.

Hughes, S., Troise, O., Donaldson, H., Mughal, N., Moore, LSP. (2020). Bacterial and fungal coinfection among hospitalized patients with COVID-19: a retrospective cohort study in a UK secondary-care setting. *Clinical microbiology of infectious.* 26:1395-9. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.06.025>.

Palazzolo, C., Maffongelli G., D’Abramo, A., Lepore, L., Mariano, A., Vulcano, A., Bartoli, TA., Bevilacqua, N., Giancola, ML., Di Rosa, E., Nicastri, E. (2020). *Legionella* pneumonia: increased risk after COVID-19 lockdown? Italy, May to June 2020. *Rapid communication.* 25(30):pii=2001372. [https://doi.org/10.2807/1560\\_7917.ES.2020.25.30.2001372](https://doi.org/10.2807/1560_7917.ES.2020.25.30.2001372).

Phin, N., Parry-Ford, F., Harrison, T., Stagg, HR., Zhang, N., Kumar, K, et al. (2014). Epidemiology and clinical management of Legionnaires’ disease. *Lancet Infectious of disease.* 14:1011-21. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(14\)70713-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(14)70713-3).



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Proctor, CR., Rhoads, WJ., Keane, T., Salehi, M., Hamilton, K., Pieper, KJ., Cwiertny, DM., Prévost, M., Whelton, AJ. (2020). Considerations for large building water quality after extended stagnation. *AWWA Water science*.

Rawson, TM., Moore, LSP., Zhu, N., et al. (2020). Bacterial and fungal co-infection in individuals with coronavirus: a rapid review to support COVID-19 antimicrobial prescribing. *Clinical infectious of disease*. ciaa530. Epub ahead of print. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa530>. Medline:32358954.

Richardson, S., Hirsch, JS., Narasimhan, M., Crawford, JM., McGinn, T., Davidson, KW., et al. (2020). Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City area. *JAMA*. 323:2052-59. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.6775>.

Touzard-Touzard-Romo F., Tapé, C., Lonks, JR. (2020). Co-infection with SARS-CoV-2 and human metapneumovirus. *Rhode island medical journal*. 103:75-6.

Victoria, JC., Adler, H., Ball, R., Naik, F., Day, J., Afshar, B., Amin, AK. (2021). Vol. 27, No. 11, Fatal Co-infections with SARS-CoV-2 and *Legionella pneumophila*, England, *Research letters*, 27,11. <https://doi.org/10.3201/eid2711.4121>.

Wu, X., Cai, Y., Huang, X., Yu, X., Zhao, L., Wang, F., et al. (2020). Co-infection with SARS-CoV-2 and influenza A virus in patient with pneumonia, China. *Emerging infectious disease*. 26:1324-6. <https://doi.org/10.3201/eid2606.200299>.

ICOMNAS





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Experimental Research of Hybrid Thermoset Composites Mechanical Properties

*Yunus Hüseyin ERKENDİRCİ<sup>1</sup>*

*Selim HARTOMACIOĞLU<sup>1</sup>*

*Metin YÜKSEK<sup>2</sup>*

### Abstract

This study main purpose is to research and compare thermoset hybrid composites mechanical properties produced in two different types as 5 layers (5L) and 9 layers (9L).As reinforcement material, In the first material (type 1) plain woven carbon (PW) glass fiber (GF), polypropilen mat(non-woven) fabric (GN) and plain woven carbon (PW) glass fabric (CF) and epoxy resin as thermoset matrix were used. The other (type 2), 2x2 twill woven (TW) carbon fabric were used with the other fibers and matrix being the same. Then the tension strength, modulus of elasticity and other mechanical properties of two different epoxy hybrid composite (EHC) were examined and compared. The tension test method was used to find the mechanical properties of EHC. In addition, 5L and 9L EHC fiber and matrix volume fractions of both materials were obtained with the help of the burning test method. Also with this method areal and volumetric densities of EHC materials were determined. Graphs and tables were created for both materials from the data obtained from test results. In addition, damage analysis were performed using stereo microscope image to determine how EHC were damaged under tensile loads.

**Keywords:** Hybrid composites, epoxy resin, mechanical properties, damage analysis

<sup>1</sup> Yunus Hüseyin Erkendirci, Master Student, Marmara University, Mechanical Engineering Department Orcid: 0000-0002-7776-088X

<sup>1</sup> Selim Hartomacioğlu Associate Professor, Marmara University Mechanical Engineering Department

<sup>2</sup> Professor, Marmara University Textile Engineering Department

## Introduction

In hybrid composites, it is aimed to make better the composites mechanical properties by adding more than one fiber type as a reinforcement component into the matrix phase [1-2-3-4-5]. In general, fiber-reinforced hybrid composites show higher strength and hardness and higher strength to fatigue damage and corrosion compared to metal alloys [6-7]. In hybrid composites, the matrix material can be fiber-reinforced or particle-reinforced [8-9-10-11]. They are used to produce the components that complement each other's weaknesses [12-13]. Carbon fiber has low density, tensile strength and abrasion resistance [14]. Glass fiber has high tensile strength resistance to chemicals and does not retain moisture [15] and also kevlar has low density, non-flammability and chemical resistance [16-17]. The type of fiber used as a reinforcing element in a hybrid composite is one of the important factors affecting to mechanical behavior. There are many experimental studies comparing the tension strength of hybrid and other composites, in which different fibers like carbon, glass, flax and kevlar are used as the reinforcement phase and the matrix phase is epoxy. In an experimental study conducted with hybrid and non-hybrid composites. Poyyathappan [18] concluded that fiber reinforcement materials can be listed as carbon, glass-carbon hybrid and glass, from high to low tensile strength, in accordance with the rule of mixture (ROM). Experimental study by Vinay [19] showed that carbon-kevlar hybrid composite materials have higher strength than glass-carbon hybrid composite materials. When the tension strengths of carbon, glass & glass-carbon EHC materials produced by vacuum infusion method were compared under different temperature values, it was determined better than that the tensile strength were carbon reinforced, hybrid and glass reinforced composites, respectively [20].

As can be seen from the literature review, studies on carbon fabric-glass fabric and non-woven polypropylene composites rarely used for hybridization. In this study, two different types as 5 layers (5L) and 9 layers (9L) were produced by vacuum infusion method (VARTM). As reinforcement material; In the first material (type 1) plain woven (PW), glass fabric (GF), polypropylene mat (GN) and plain woven (PW), glass fabric (CF) and thermoset epoxy resin matrix were used. The other (type 2) 2x2 twill woven (TW) carbon fabric (CF) were used like with the other fibers and also matrix being the same. Our aim is to compare how the stacking sequence and increasing the layer numbers & hence the material thickness affect the epoxy hybrid composites mechanical properties.

In this research, as mentioned above, they were subjected to tension and other test two different types of materials mechanical properties and damage behaviour to investigate and compare. Graphs were plotted for two types of materials and tables were created from the data obtained from the experiments. Afterwards, the results were compared with each other and the effects of twill and PW carbon fabric on mechanical properties and damage behaviour were examined. The results were supported and reported with photographs and microscope images.

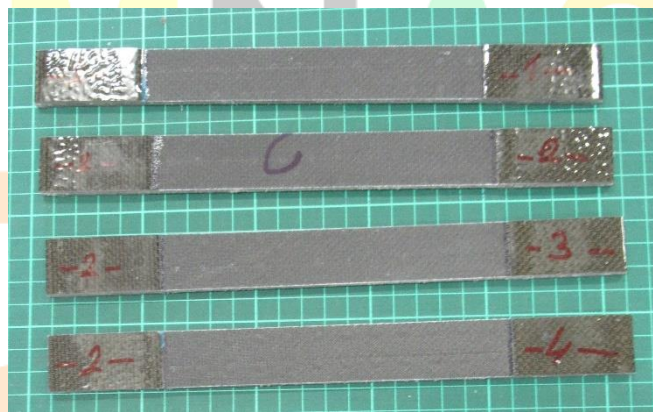
## Materials and Experiments

Two different types of EHC laminates of 5 and 9 layers had been produced by vacuum assisted resin transfer molding method (VARTM). Carbon, nonwoven polypropylene and E-glass fibers were supplied from Metyx (Telateks) company in Turkey. Also, epoxy resin was arranged with mixing (Resin: HEXION EPIKOTE, Curing agent: MGS RIMR 135 and HEXION EPIKURE™, Hardener: MGS BPH 137 GF, (resin/ hardener ratio is %30)) supplied from the company, Metyx Turkey. The stacking sequences of Type 1 and Type 2 EHC layers was shown in Table 1.

Types Number	Material	Carbon Glass Polypropilen Nonwoven Mat
	Number of Layer	Stacking Sequence
1	5	[G/C/NW/C/G]
1	9	[G/C/G/NW/C/G/CG]
2	5	[G/CTw/NW/CTw/G]
2	9	[G/CTw/G/CTw/NW/CTw/G/CTw/G]

**Table 1.** EHC laminates stacking sequences.

Carbon-Glass-Polypropilen NonWoven Glass/epoxy "HEXION EPIKOTE Resin MGS RIMR 135" EHC materials (Type 1) were produced using with PW carbon, glass fabric and non woven glass (245 gr/m<sup>2</sup>, 210 gr/m<sup>2</sup> and 250 gr/m<sup>2</sup>) and then were cut into (600x600 mm) sheets. Also, Carbon-Glass-Nonwoven Polypropilen, (275 gr/m<sup>2</sup>, 210 gr/m<sup>2</sup> and 250 gr/m<sup>2</sup>) then they were cut into (600x600 mm) sheets as shown Fig.1. The all various panel layers types are produced with (Resin: HEXION EPIKOTE, MGS RIMR 135" (%70 mixing rate)) epoxy resin and curing Agent (HEXION EPIKURE MGS BPH 137 GF (30% mixing rate)) hardeners with vacuum assisted transfer molding process (VARTM). All EHC materials were cured at room temperature (23 °C) under 900 mBar vacuum pressure for 12 hours.





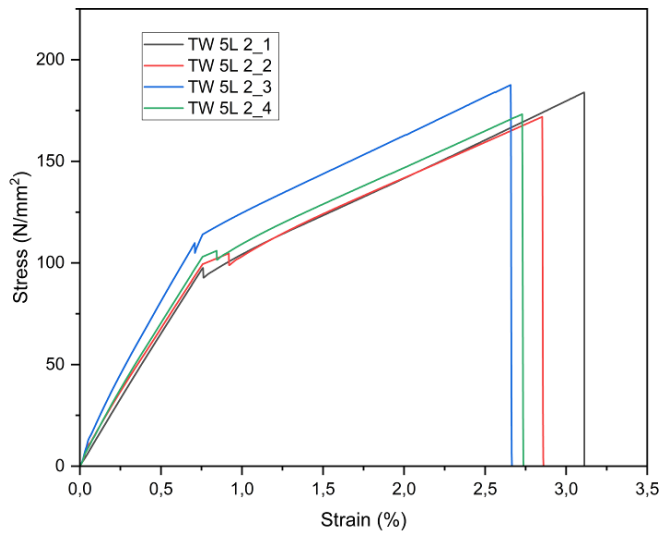
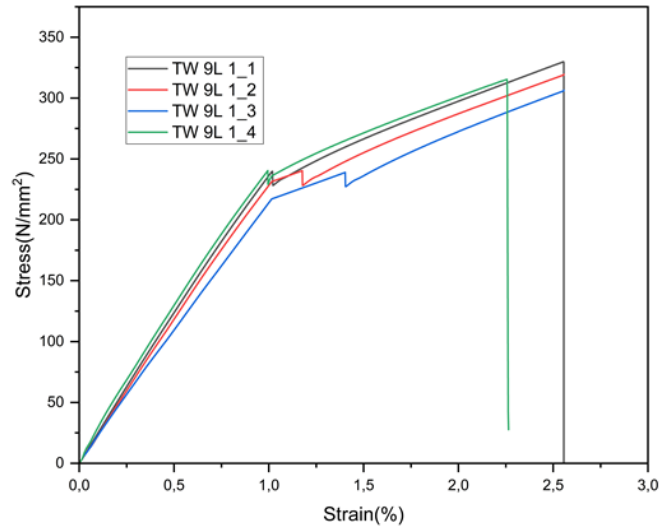
**Figure 1.** Photographs of sample EHC plate, test specimens & Shimadzu tensile test machine

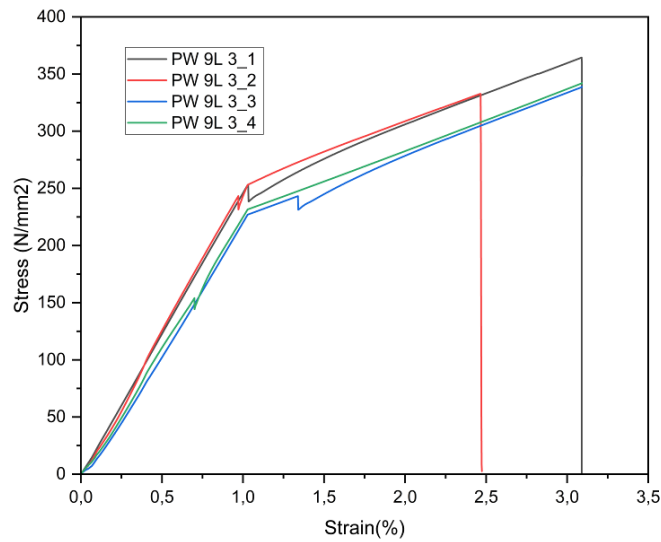
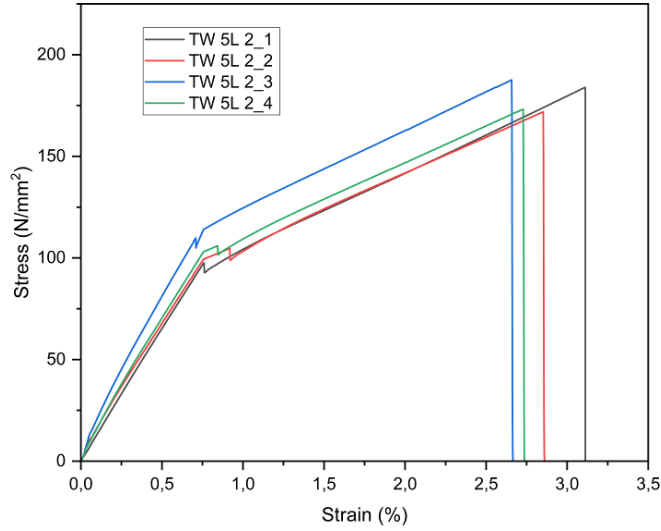
## Tension Test

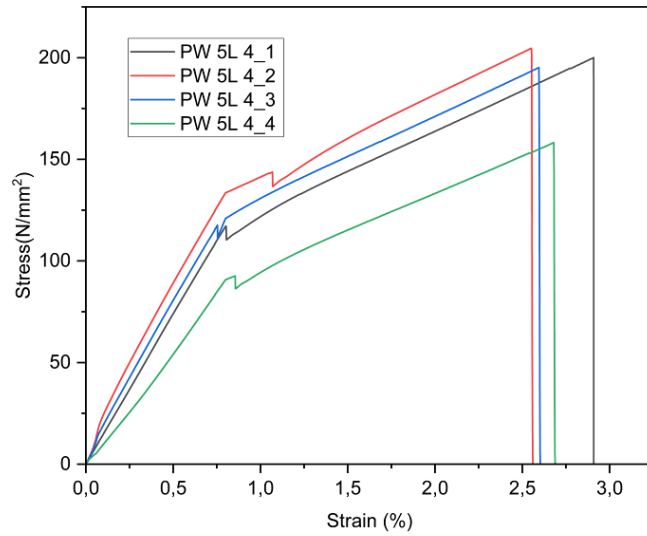
The static tensile test were performed two types of EHC materials for each of them (5L and 9L) and different thickness regarding ASTM D 3039 standart. Tensile test specimens (250x250 mm) are prepared presented in Fig.1b, tensile tests were made by the Shimadzu tensile test machine (Capacity: 250 KN) (see Fig.1c). The tensile load velocity at room temperature (RT) is 0.5 mm/min. The static tensile test results are captured & recorded with a digital camera. Throughout the recording of videos, the displacement or extension and load amounts captured with Epsilon extensometer. During the test, the displacement or extension and load amounts captured are saved and uploaded in Shimadzu tensile testing machine's data acquisition computer. Figure 2 presents Stress-Strain plots of all of EHC material types (PW & TW) and all layers (5L & 9L). Figure 3 are graphed to compare layers and materials. The dimensions, thickness & mass are used to compute the areal density ( $A_D$ ) & density of EHC materials. Fiber volume fractions ( $V_f$ ) & density ( $\rho$ ) of the EHC laminates were evaluated by ASTM D2584 standart. The EHC panels areal densities are computed from the measured thickness & density of the EHC materials,

$$(A_D = \rho_c H_c)$$

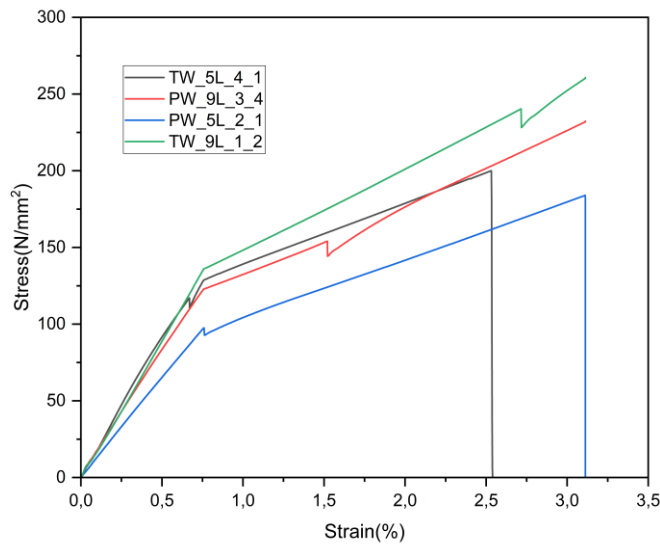
where,  $H_c$  is the average thickness &  $\rho_c$  the average density of EHC material panels. EHC materials geometric and mass properties of Type 1 and Type 2 for all layers (5L and 9L) sequentially are shown at Table 2.







**Figure 2.** Tension Stress-Strain graphs EHC materials for all types and layers



**Figure 3:** Stress Strain Compression graphs all types EHC materials

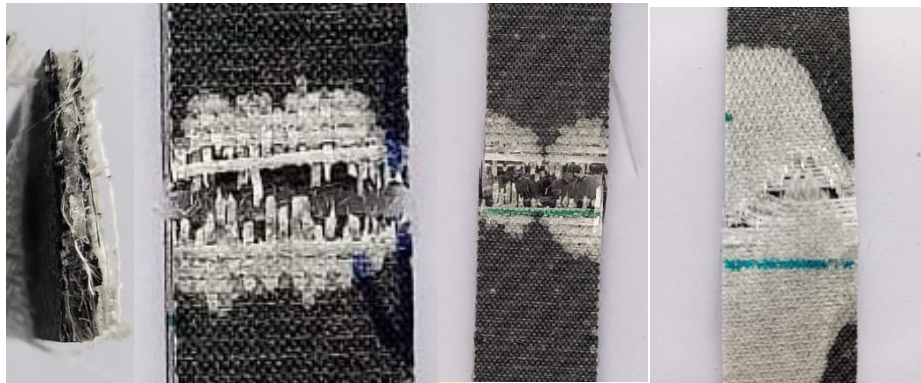
**Table 2.** All types EHC materials mechanical, mass and geometric properties

Hybrid Composite Materials Mechanical, Mass and Geometric Properties								
	$\sigma_{max}$ (MPa)	$\epsilon$ %	E (MPa)	$\rho_c$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\Delta_D$ (g/cm <sup>2</sup> )	$V_f$ %	$H_c$ (mm)	B-Ratio (mm/mm)
Type1 9L	329,84	2,56	24919,22	1,29	0,41	32,23	3,17	0.0132
Type1 5L	187,58	2,94	13874,8	1,19	0,36	18,22	3,10	0,0121
Type2 9L	364,44	3,09	27421,59	1,19	0,40	33,87	3,28	0,051
Type2 5L	204,65	2,53	14336,415	1,24	0,39	18,40	3,18	0,021668

### Damage Mechanism

Subsequently, the tension test, damaged specimens were investigated for understanding of damage mechanism. As a result in all types of EHC material systems brittle matrix cracks & brittle fiber fracture have been observed. Throughout the tension tests, dozens test samples were examined. For there are 96 samples, just one of them is presented in this paper as a specimen. Fiber pull out, brittle matrix cracks & brittle fiber fracture, have been occurred on all types of EHC material panels. After the tension test, the fractured or damaged digital sample photographs was presented in Fig.4.





**Fig. 4** The damaged digital sample photographs after the tension tests

## Discussion and conclusion

In this experimental research, two types EHC materials (Type 1) plain woven (PW), glass fabric (GF), polypropilen (non-woven) fabric (GN) and plain woven (PW), glass fabric (GF) and epoxy resin as matrix were used for Type 1 of two types of EHC materials. For the other type (Type 2), twill woven (TwW) carbon fabric (CF) were used with the other fibers and matrix being the same and different layers (5L and 9L) of EHC materials laminates were researched to figure out the effect of the woven type on EHC material mechanical properties with various thickness (i.e HC = 3.10-3.18 mm).

For EHC material (Type 1) panels were utilized as the main material & for the other types EHC material (Type 2) panels were checked with that one. Geometric properties, mechanical properties & mass of EHC materials were presented on the Table 2 to check them. Tension test were carried out to measure EHC materials elastic modulus, stress & strain for all types.

It has been determined that the stress-strain behavior of Type 2 EHC materials is different from the main Type 1 (5L and 9L), and the stress-strain graphs of EHC materials (5L and 9L) for all types and are shown in detail in the tables.

The results of this article are as follows:

1. The maximum stress of Type 1 and Type 2 EHC materials was formed in the order of Type 2 (9L), Type 1 (9L), Type 2 (5L) and Type 1 (5L). Thus, TwW Carbon fabric has been affected by the situation and its mechanical properties have increased. Elongation load capacity and stress of EHC laminates for Type 2 (5L and 9L) as shown in Table 2, Figure 2 and Figure 3.
2. Elastic modulus was determined to be thought very close to each other for all types (Type 1, 5L and Type 2, 5L& Type 1, 9L and Type 2, 9L) of EHC material panels. This presents that results are steady & the quality of production EHC materials is so good.
3. All EHC material panels densities were very close to each other.



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

4. The increased load capacity ratio for all EHC material panels was found to be linear with respect to EHC laminate thickness.
5. TwW carbon fabric affected EHC material panels mechanical properties of between 5% and 12%
6. Brittle matrix cracks & brittle fiber fracture have been observed in all EHC material types as expected.



## References:

- [1] Sun G, Zun G, Yu H, Li, et al. "Energy absorption of metal composite and metal/composite hybrid structures under oblique crushing loading". *Int J mech Sci*, 2018, vol 135:458-83
- [2] Gopinath A, Kumar S, Elayaperumal, "Experimental investigations of mechanical properties of jute fiber reinforced composites with polyester and epoxy resin matrices", *Procedia Engineering*, 2014, 97:2052-2065
- [3] Gökmen U, "Fabrication and Characterization of Hot Extruded Hybrid Composites AI 2024 Reinforced with B4C/AI2O3", *J. of Polytechnic*, 2016, 19(4) 420-480
- [4] Gökmeşe H, Karadağ H B, "IC-B4C Kompozit Hibrit Malzemelerinin Mikroyapı & Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi", *Gazi Üniversitesi, F. B. Dergisi, Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 2018, 6 (2): 350-435
- [5] Sun G, Wang Z, Hong J, et al., 'Experimental investigation of the quasi-static axial crushing behavior of filament-wound CFRP and aluminum/CFRP hybrid tubes'. *Compos Struc*, 2018, 190-220-35-15
- [6] Davoodi MM, Ahmad D, Sapuan SM, Ali A, Khalina A, Jonobi M, 'Mechanical properties of hybrid kenaf/glass reinforced epoxy composites for passenger car bumper beam'. *Mater Des*, 2010, 20:5000-22
- [7] N Hashim, D.I. Amajid, E.S. Mahdi, R. Zahari, N. Yidris, 'Effect of fiber loading directions on the low cycle fatigue of intraply carbon Kevlar reinforced epoxy hybrid composite'. *Composite Structures*, 2019, V.212 450-490
- [8] Campbell FC, *Structural composite materials*. ASM Int US 2010:60
- [9] Swolfs Y, Gorbatiikh L, Verpoest I 'Fibre hybridisation in polymer composite: a review'. *Compos Part A App Sci Manuf* 2014;67:181-200
- [10] Muhammad F. Ismail, Mohammed T.H. Sultan, Ahmad Hamdan, Ain UM Shah, Mohammad Jawaid, 'Low Velocity Impact Behaviour And Post-Impact Characteristics of Kenaf/Glass Hybrid Composites With Various Ratios'. *Journal of Materials Research and Technology*, 2019, 8(3):2500-2750
- [11] Shah AUM, Sultan MTH, Jawaid M, Cardona F, Talib ARA, 'A review on the tensile properties of bamboo fibre reinforced polymer composites'. *BioRes*, 2016;11:10654-76, <http://dx.doi.org/10.15376/biores.11.4.Shah>.
- [12] Davoodi MM, Sapuan SM, Ahmad D, Ali A, Khalina A, Jonobi M, 'Mechanical properties of hybrid kenaf/glass reinforced epoxy composite for passenger car bumper beam'. *Mater Des*, 2010;31:4927-32.
- [13] Sanjay M.R., Arpitha G.R., Yogesha B., 'Study on Mechanical Properties of Natural - Glass Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites: A Review', *Materials Today: Proceedings*, 2015, Volume 2, Issues 4-5, Pages 2959-2967
- [14] D. Gay, SV Hoa, SW Tsai, *Composite Materials Design and Applications*. Boca raton FL. CRC Press LLC, 2003.
- [15] S.S. Chee, M. Jawaid, M.T.H. Sultan, *BioResources*, 2003, 12 (2017) 7118-7132 ?
- [16] J. Gustin, A. Joneson, M. Mahinfalah, J. Stone, *Compos. Struct.*, 69 (2005) 396-406
- [17] Vinay, H.B, 'Experimental Study on Mechanical Properties of Polymer Based Hybrid Composite', 2016



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

[18] Poyyathappan, K., Experimental Analysis and Comparative Mechanical testing on Glass-Carbon Hybrid Composites, 2019.

[19] S. Choong Woo, T. Won Kim., High Strain-Rate Failure In Carbon/Kevlar Hybrid Woven Composites Via A Novel SHPB-AE Coupled Test. Composites Part B: Engineering, 2016, Volume 97, Pages 317-328

[20] Aklilu, G., Tensile behaviour of hybrid and non-hybrid polymer composite specimens at elevated temperatures, 2019.





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Estimation of Electric Vehicle Growth in Turkey

*Gürsel YENİ<sup>1</sup>*

*M.Berker YURTSEVEN<sup>2</sup>*

### Abstract

There have been energy transitions in the world throughout history. Today, we are in a such transition, especially climate change and its potential effects are the biggest triggers of this transition. Climate change is shown among the causes of more frequent and large-scale natural disasters all over the world. While climate change is caused by global warming and global warming is caused by carbon emissions, fossil fuels are the greatest responsible for carbon emissions. Many countries have taken action against this situation and have given incentives and policy commitments. Among these, electric vehicles have an important place. The use of electric vehicles, especially in increasingly crowded cities, will also have a positive effect on air quality. For all these reasons, it seems that electric vehicles will take more place in our lives and helps to fulfill the CO<sub>2</sub> emissions pledges of countries. On the other hand, electric vehicles require extra electric utility, and charge stations. Furthermore, consumer behaviors will also change. So, it is crucial to estimate the growth of electric vehicles in order to forecast the possible effects of electric vehicles. To do this, forecasting the number of electric vehicles can be considered a first step. So, this paper aims to estimate electric vehicle numbers in Turkey, by 2050. A curve-fitting method was utilized based on the change in population to predict the yearly increase in the number of electric vehicles. An S-shape curve was preferred, which better models the spread of new products in the market within the curves.

**Keywords:** Electric vehicles, Curve-fitting, S-shape curve, Modelling, Estimation

<sup>1</sup> Master Student, İstanbul Technical University, Energy Institute, Orcid: 0000-0001-9250-2101

<sup>2</sup> Assist. Prof. Dr., İstanbul Technical University, Energy Institute, Orcid: 0000-0001-6932-2532

## Introduction

While the world population is increasing, human-induced nature pollution is also increasing. While harming nature in many ways, human beings are also adversely affected by this situation. The danger of toxic nutrition created by soil and water pollution, on the one hand, and diseases caused by air pollution. The negative effects of the greenhouse effect, which is caused by the increase in fossil fuel emissions, on the climate also have a place. These negativities on the climate can lead to extraordinary natural conditions as well as causing global hunger and famine.

The world has tried to take some steps in the face of this situation. Undoubtedly, one of the most important of these is the Paris Climate Conference. At this conference, the importance and necessity of dealing with climate change were mentioned and the necessity of keeping the world's average global temperature below 2 Celsius degrees was emphasized (UNFCCC, n.d.).

Since the agreement, countries have made commitments to reduce their carbon emissions. To achieve this, countries have set policy targets in many areas from energy efficiency to renewable energy. Electric vehicles are one of these areas. Electric vehicles, which contribute to the reduction of carbon emissions when used with renewable technologies, have attracted attention, recently. The number of electric vehicles is increasing worldwide, especially because they reduce dependence on oil, improve city air quality, and are more accessible than before.

According to the IEA report, while China leads the number of electric vehicles today, it is followed by Europe and the USA, respectively. As of 2021, the number of electric vehicles in China is approximately 6.2 million, this number is approximately 3 million for Europe and 1.3 million for the USA. It is estimated that the number will 11 fold rise according to IEA Stated Policies Scenario (STEPS) scenario in 2030 (IEA, 2022).

Turkey has an important place in the current global automotive market with its growing and dynamic population, vehicle production, and spare parts infrastructure. Turkey stands out with a population of around 85 million (*TurkStat*, 2022) and is the 4th country that produces the most vehicles in Europe. The number of electric vehicles in Turkey is still increasing, albeit at a modest level. The investments made by both the public and private sectors contribute to the development of electric vehicles in Turkey (*OICA*, 2021).

The necessity of estimating the development of electric vehicles, which has increased globally and is expected to continue to increase, has emerged. Various models have been used to predict the number of electric vehicles for future scenarios. For example, in a study on electric vehicle prediction for Beijing, the Bass diffusion model was used and it was estimated that there would be a need for 600,000 vehicles in 2020 (Zhu & Du, 2018). A study estimates the number of electric vehicles for 4 brands. The authors use GM(1,1) model. And the result is 70,807 in 2020 (Gao et al., 2019). Another study that uses also GM(1,1) model, forecasts the number of electric vehicles will be just over 10 million in 2023 (Song & Wang, 2021). There are some studies that utilize hybrid models. An article

uses E3ME econometric model and FTI Model. The model is considered for 4 countries. The results are presented by scenarios. The modest scenario foresees the share of electric vehicles to be 10% for China, and over 40% for Japan in 2050. South Korea can reach over 50% through some political decisions but development in Taiwan will be more modest (Lam et al., 2018). Another study uses the double species model that is derived from the literature. It includes conjoint analysis and S-shaped family features. The study considered mainly 2 scenarios. Forecasts for 2050 are 174 million vehicles according to the conservative scenario and 261 million according to the aggressive scenario (Fu & Fu, 2021). In a study using a dynamic model, it was predicted that the number of electric vehicles in China would increase to over 17 million in 2035 and take a 60% share of the vehicle stock (Pu et al., 2022). In an article, the authors use a data-driven method based on the Relevance Vector Machine and implemented the optimal hybrid kernel function and model optimization. In their study, in which they compared performance with other models and found their own models more successful. They estimated that there will be just over 20 million electric vehicles in China in 2050 (Bao et al., 2022).

A study on Poland, uses a logistic function to estimate the number of electric vehicles in the future. In the study, in which it is estimated that almost all vehicles will be electric in 2040, the function parameters were obtained using the Hotelling method. So, the number of electric vehicles estimated as 30,729,000 in 2040 (Klos et al., 2019). In a study on Russia (Trofimenko et al., 2020), a scenario-based study was made by considering some goals. It is estimated that the “1.5 degrees” scenario predicts 90% of the entire passenger vehicle fleet by 2050, while the “innovative scenario” foresees the ratio of electric and fuel cell vehicles to be 20%. In a study based in Ecuador, where the authors created their own scenarios, 4 scenarios were created. While there are 8,130,686 vehicles for 2035 in 1 scenario; In the other 3 scenarios, the number of vehicles was found as 8,513,600. In another study (Wangjiraniran et al., 2022) conducted on the basis of scenarios created by evaluating the effects of fore-sight and various factors, the electric vehicle stock in Thailand in 2050 will be 2,500,000 according to the modest scenario; According to the aggressive scenario, it was estimated to be 7,000,000 vehicles. In another study (Jia et al., 2020), in which expert opinions are discussed, it is predicted that the number of electric vehicle sales in China in 2035 will be 14,730,000.

There are a modest number of studies on electric vehicle development in Turkey. In a study where GHG emission effects were calculated, with an  $R^2$  value of 0.9769, the authors estimated 600,000 vehicles in 2050 (Tiranlar, 2018). On the other hand (Cansu Canaz, 2019) estimates based on 2 scenarios. The modest scenario forecasts that 13,377,208 electric vehicles will be in 2052. (Aydınalp Köksal et al., 2021) accepts some assumptions. According to a study, total the number of passenger and light commercial vehicles will become almost 28 million in 2030. The ownership of the electric vehicle is estimated in just one scenario and the share is 4%. In another recent study, since both the population and the total number of vehicles have increased linearly until now, the total number of vehicles for the future has been determined by linear curve fitting. The saturation point (maximum population point-in year 2062) was accepted as the point where the total number of vehicles was

maximum. At the same time, it is assumed that all vehicles will be electric at this point. Forecasts have been made for the period up to 2035. Talking about the expectations of other countries there, the author says that the number of EVs and PHEVs in Turkey can be estimated to be between 30-50%. (Batuhan İPEK, 2022).

In conclusion, the studies are increasing on electric vehicles growth worldwide, recently. Bass model, GM(1,1) model, and logistic function are emerging as estimation methods. In Turkey, there are a few studies. Furthermore, the estimates of the studies vary widely. By doing this study, it is aimed that contribution to literature on electric vehicle growth estimation, especially for Turkey.

## Method

The development in the population is taken as a basis to create the electric vehicle projection in Turkey. Since the population is a strong indicator of the potential of many parameters, the population is also based on the electric vehicle estimation. Assuming that the total number of vehicles in Turkey will increase in parallel with the population, it is calculated how many vehicles will be in total over the years. The number of electric vehicles in the years obtained here and historical data were used together, and the data were fitted to a curve with a curve-fitting approach.

Curve fitting is a tool that presents a trend of a parameter by using data and chosen equation. The selection of an equation is crucial. Because the equation is the main factor that describes the trend. The most commonly used equations are polynomial, logarithmic, the equations that create S-shape, etc.

In this study, the S-shape curve fitting method is used. The S-shape curve is appropriate for modeling innovative developments. Because it presents a trend from zero to one or 0% to 100%. The curve starts close to the horizontal shape, then shows an exponential rise, after the midpoint, the velocity of the rise is interrupted and finally, the curve reaches its maximum point.

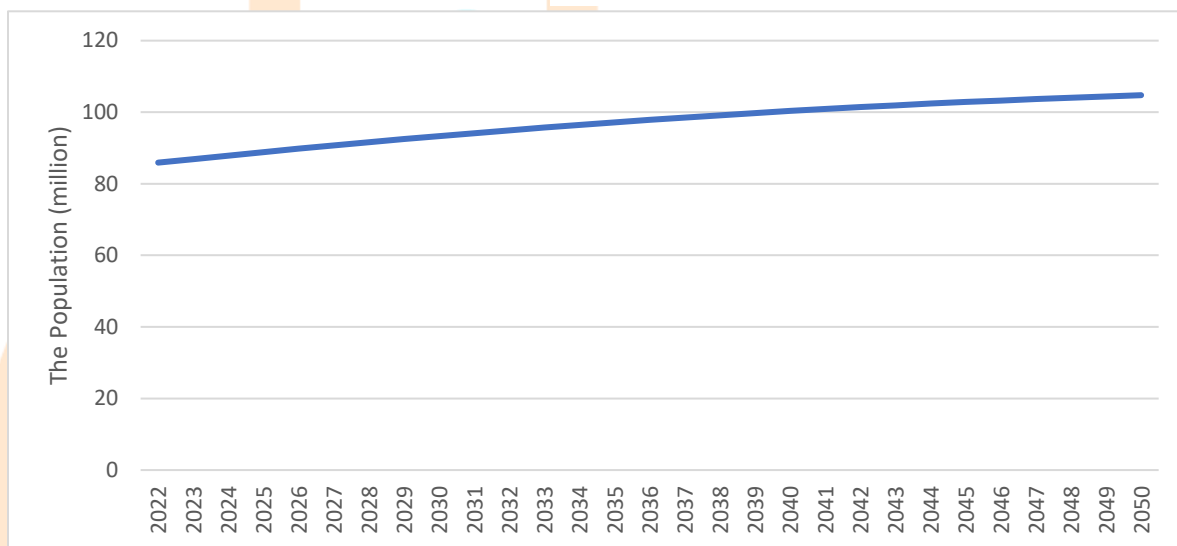
$$Y(t) = \frac{L}{1+e^{-b \times (t-t_0)}} \quad \text{Equation 1}$$

In the model, Equation 1 is used. The “L” value presents the maximum value of the Y(t). The maximum the number of electric vehicles describes the “L”. The values are determined by using number of total vehicles in 2050 and using 3 scenarios. “t” presents the year. “t<sub>0</sub>” is selected as 2036 because it is the middle year of 2022-2050 which are estimated years. “b” is a value that describes change acceleration. The curve-fitting tool of MATLAB calculates the “b” value. Finally, “Y(t)” is the number of electric vehicles for the related year.



## Population Projection

The population is a crucial indicator that effects a lot of parameters such as GDP per person, vehicle stock, energy consumption, etc. It is one of the main indicators to compare the countries. Although it does not give all information about a country, it provides an opportunity to make estimations about countries. Because of this reason, the growth of the population is important for policymakers, and countries are preparing projections and estimations on population.



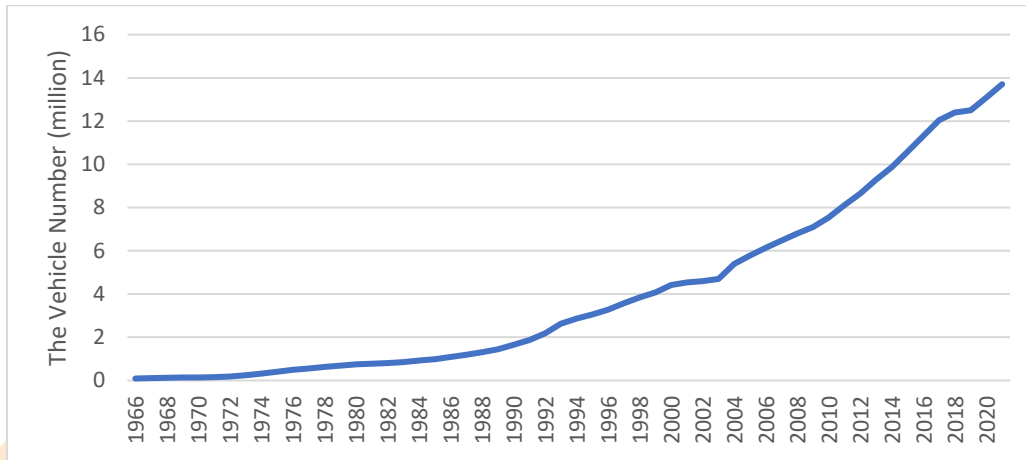
**Figure 1.** The population projection towards 2050, in Turkey

In Turkey, the projection is made by the Turkish Statistical Institute (TurkStat) (*TurkStat, Population Projections, 2018-2080*, 2018). According to Figure 1, population growth is going on but the growth rate is decreasing year by year. It tends to be a horizontal trend. The annual population growth rate, which was just over 1% in the years following 2021, drops to around 0.3% towards the end of 2040. With these rates, the population reaches to 104,749,423 in 2050 from 84,680,273 in 2021 (*TurkStat, The Population, Annual Growth Rate of Population, Number of Provinces, Districts, Towns, Villages and Population Density, 2007-2021*, 2022). This projection of TurkStat is used in this study, which aims to estimate the number of electric vehicles by taking into account the development in the population.

## The Vehicle Stock

In this study, the vehicles (not including minibuses, buses, trucks, etc.) are discussed. According to Figure 2, vehicle stock in Turkey has increased. The increase that took place during the 1980s accelerated in the 1990s and gained momentum in the 2000s. Whereas the value was under

1,000,000 in 1980, it reaches just below 13,706,065 in 2021 (*TurkStat, The Number of Road Motor Vehicles, 2022*). In this study, the number of vehicles in 2021 has been accepted as a starting point in order to estimate the vehicle stock number in 2050.



**Figure 2.** The automobile number growth in Turkey

## The Scenarios

In order to estimate the electric vehicle required a lot of informations and/or data. Because it is hard to estimate what will happen in the future. The estimation of a parameter such as the number of electric vehicles is quite difficult. Because this parameter is directly or indirectly affected by many parameters. Moreover, it affects many other parameters. Many factors, from technological development to population growth, from price movements to climate change, are effective on this parameter. That's why an S-shape curve was used when estimating the number of new technological products such as the number of electric vehicles. Furthermore, considering that there are not enough studies on long-term electric vehicle estimation for Turkey in the literature, the curve-fitting process was carried out on the basis of scenarios in order to take into account as many different developments as possible.

**Table 1.** The scenarios and assumptions

<u>Scenario Name</u>	<u>The Assumption on Electric Vehicle Stock Share in 2050</u>
Scenario 1	5%
Scenario 2	10%
Scenario 3	15%

In the Table 1, the scenarios are sorted from a modest one to an aggressive one about electric vehicle stock, respectively. Scenario 1 estimates the electric vehicle stock will be 5%, while Scenario 2, 10%, and Scenario 3, 15% in Turkey, in 2050.

## Results

The population and number of automobiles automobile are increasing in Turkey. The population and growth of total number of automobiles are shown in Table 2. According to the table, while the population was a bit under 80 million, it reached to almost 85 million in 2021 (*TurkStat, The Population, Annual Growth Rate of Population, Number of Provinces, Districts, Towns, Villages and Population Density, 2007-2021, 2022*). The total number of automobiles is also rising. It was 11.3 million, approximately. But it is around 13.7 million today (*TurkStat, The Number of Road Motor Vehicles, 2022*). The electric vehicle stock is calculated by using data from (*TEHAD Turkey Electric Car Sales, n.d.*)

**Table 2.** The historic data of population and total automobile number in Turkey, 2016-2021

<u>Years</u>	<u>Population</u>	<u>The Total Automobile Number</u>	<u>The Electric Vehicle Stock</u>
2016	79,814,871	11,317,998	119
2017	80,810,525	12,035,978	163
2018	82,003,882	12,398,190	240
2019	83,154,997	12,503,049	395
2020	83,614,362	13,099,041	617
2021	84,680,273	13,706,065	1,461

Therefore, assuming that the annual increase in the population will occur in the same way in terms of the total number of vehicles, the total number of vehicles for the year 2050 has been found. The estimated growth rate of the population is obtained per year by using TurkStat (*TurkStat, Population Projections, 2018-2080, 2018*) projection data as seen in Figure 1. Finally, the total automobile number is calculated by using Equation 2 for each year. While the X parameter determines the total automobile number, the Y value is the population growth rate for the calculated year. The t index describes the related year. It is calculated that 16,954,390 automobiles will be in Turkey, in 2050.

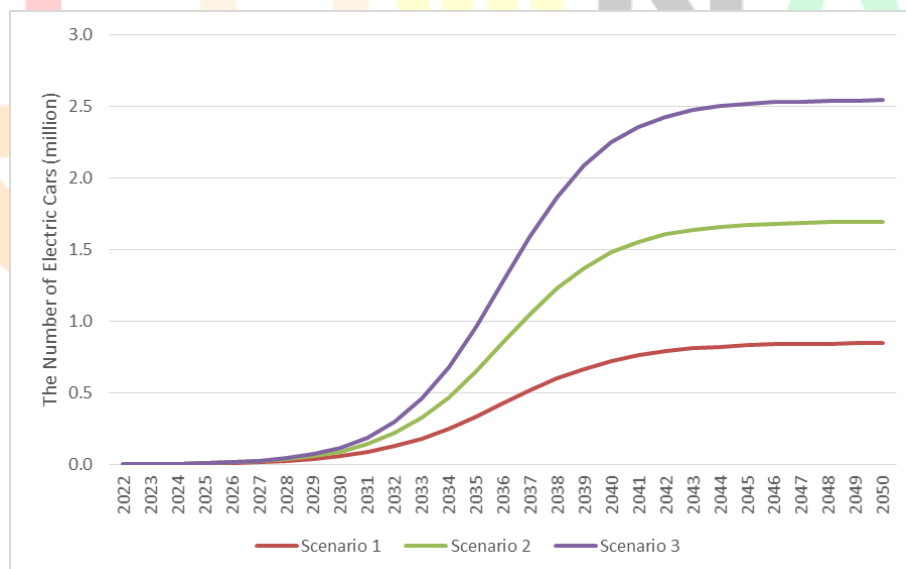
$$X(t) = X(t - 1) \times (1 + Y(t)) \quad \text{Equation 2}$$

In the next step, the criterion of how many electric vehicles will be in the total vehicle share should be determined. At this stage, the scenarios created for the reasons mentioned above were developed and used in the calculations. As shown in Table 3, Scenario 1 which is the modest one, estimates the share of electric vehicles will be 5% in 2050 so the electric vehicle stock is 847,720. Scenario 2 foresees 1,695,439 by 10%, finally, the value is 2,543,159 according to Scenario 3.

**Table 3.** The number of electric vehicles in 2050 according to scenarios

<u>Scenario Name</u>	<u>The Assumption on Electric Vehicle Stock Share in 2050</u>	<u>The Electric Vehicle Stock in 2050</u>
<b>Scenario 1</b>	5%	847,720
<b>Scenario 2</b>	10%	1,695,439
<b>Scenario 3</b>	15%	2,543,159

The calculated electric vehicle stock data is used as an input for Equation 1. The values describe the maximum value that the graph can reach. Finally, the historic data of electric vehicle stock, the maximum values and Equation 1 are used for curve-fitting process. The process is made by using MATLAB Curve-Fitting tool. According to results, the “b” values are calculated as 0.4355, 0.4792 and 0.505 for scenario 1, scenario 2 and scenario 3, respectively. So, the all parameters of the equation is obtained. When the equation results are calculated for different scenarios the Figure 3 drawn.



**Figure 3.** The results of the scenarios

According to the results, whereas the electric vehicle stock will be 57,905 in 2030, it reaches 721,360 in 2040 for Scenario 1, Scenario 2 estimates the stock will reach 90,525 in 2030 and 1,478,052 in 2040. Scenario 3 is more aggressive, the scenario foresees 117,211 electric vehicles in 2030 and 2,245,307 electric vehicles in 2040.

During preparing a model, the calculating performance of the model is an important parameter that should be considered. Because the performance indicator is an important criterion for the success of a model. Therefore, in this study, as criterion  $R^2$  is chosen. The  $R^2$  values are calculated as 0.9123, 0.939, and 0.951 for Scenario 1, Scenario 2 and Scenario 3, respectively. All 3 values were found to be quite satisfactory.

## Conclusion

In conclusion, like every transition process, the energy transition process we are in also brings many changes. While events such as climate change and environmental disasters brought about by the process from the past to the present lead humanity to such a transition, there are also technologies that are widespread and used more in this process. Undoubtedly, one of these technologies is electric vehicles.

Of course, there are changes that will occur with the development and spread of electric vehicles. From emission emissions to the need for charging station infrastructure; it will have an impact on many issues from the strengthening of city networks to the supply of necessary materials. Moreover, being on the basis of vehicles that have become an indispensable part of humanity, the realization of this transition is a harbinger of much larger changes, especially in basic consumer behaviors.

Therefore, the direction and extent of electric vehicle development is very important. Electric vehicles, which have become widespread in relatively developed economies in the world, have started to find a place for themselves in developing countries such as Turkey. With the models offered to the market and new investments, there is an increase in these types of vehicles. As in every country, the development of these tools should be estimated in Turkey. In this study, it is aimed to contribute to the literature where there is a limited number of studies on this subject.

In this study, which is based on the increase in population, the number of electric vehicles for the future has been estimated with the curve fitting method. The results of the study based on the scenario were shared.

For the future, different methods and scenarios can be created and studies can be carried out on more mature data sets. In addition, studies can be carried out to compare the greenhouse gas emissions of this number of electric vehicles with internal combustion vehicles, to deal with the number of materials required for vehicles or to plan the necessary charging station structure.

## References

- Aydınalp Köksal, M., Tekeli, E., Ara Aksoy, S., Kızıltan, A., Kızıltan, M., Duran, N., Aslanoğlu, S. Y., Öztürk, F., Özyürek, N., Doğan, P., Yılmaz, A. G., Köksal, C. E., Çetintürk Gürtepe, İ., Yereli, A. B., Birpınar, M. E., & Güllü, G. (2021). Long term characterization of the vehicle stock in Turkey. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 99(August). <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102988>
- Bao, H., Guo, X., Liang, J., Lan, F., Li, J., Chen, G., & Mo, J. (2022). Relevance vector machine with optimal hybrid kernel function for electric vehicles ownership forecasting: The case of China. *Energy Reports*, 8, 988–997. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.132>
- Batuhan İpek. (2022). *ELEKTRİKLİ ARAÇLAR, ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARI VE TÜRKİYE İÇİN GELECEK DÖNEM ELEKTRİKLİ ARAÇ MİKTARI TAHMİNİ* (Issue 8.5.2017).
- Cansu Canaz. (2019). *TRANSPORT SECTOR ENERGY USE, ELECTRIC VEHICLE DEPLOYMENT AND CO2 EMISSIONS IN TURKEY: AN EVALUATION USING THE BOGAZICI UNIVERSITY ENERGY MODELING SYSTEM*.
- Fu, S., & Fu, H. (2021). A method to predict electric vehicles' market penetration as well as its impact on energy saving and CO<sub>2</sub> mitigation. *Science Progress*, 104(3), 1–19. <https://doi.org/10.1177/00368504211040286>
- Gao, T., Liu, X., & Zhang, R. (2019). Research on the development trend of new energy vehicles based on GM(1,1). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 233(5). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/233/5/052010>
- IEA. (2022). *Global EV Outlook 2022 Securing supplies for an electric future*. 221. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf>
- Jia, W., Yuke, L., Wei, P., & Zhenbiao, L. (2020). Analysis and Future Market Forecast Research of China's End-of-life New Energy Vehicle Recycling and Dismantling Technology. *E3S Web of Conferences*, 165. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016501033>
- Klos, M., Marchel, P., Paska, J., Bielas, R., Błędzińska, M., Michalski, L., Wróblewski, K., & Zagrajek, K. (2019). Forecast and impact of electromobility development on the Polish Electric Power System. *E3S Web of Conferences*, 84. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198401005>
- Lam, A., Lee, S., Mercure, J. F., Cho, Y., Lin, C. H., Pollitt, H., Chewprecha, U., & Billington, S. (2018). Policies and predictions for a low-carbon transition by 2050 in passenger vehicles in East Asia: Based on an analysis using the E3ME-FTT model. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051612>
- OICA. (2021). <https://www.oica.net/category/production-statistics/2021-statistics/>
- Pu, F., Jiang, S., & Zhang, L. (2022). Future scenarios of China's electric vehicle ownership: A modeling study based on system dynamic approach. *Environment, Development and Sustainability*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02474-5>
- Song, X., & Wang, Y. (2021). Prediction of the Number of Pure Electric Vehicles Based on the Extended GM(1,1) Model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1885(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1885/4/042029>
- TEHAD Turkey Electric Car Sales. (n.d.). <https://www.tehad.org/2022/07/08/2022-yili-ilk-6-ayinda-satilan-elektrikli-ve-hibrid-otomobil-satis-rakamlari/>



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Tiranlar, C. (2018). *ESTIMATING TRANSPORTATION ENERGY DEMAND IN TURKEY VIA GENETIC ALGORITHM, GHG EMISSION FOR ELECTRIC CARS SCENARIO AND ITS CLIMATE CHANGE EFFECT*.

Trofimenko, Y., Komkov, V., & Trofimenko, K. (2020). Forecast of energy consumption and greenhouse gas emissions by road transport in Russia up to 2050. *Transportation Research Procedia*, 50(2019), 698–707. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.082>

TurkStat, *Population Projections, 2018-2080*. (2018).

TurkStat, *The Number of road motor vehicles*. (2022). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulastirma-ve-haberlesme-112&dil=1>

TurkStat, *The Population, annual growth rate of population, number of provinces, districts, towns, villages and population density, 2007-2021*. (2022).

TurkStat. (2022). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>

UNFCCC. (n.d.). Retrieved September 3, 2022, from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Wangjiraniran, W., Pongthanasawan, J., Nakapreecha, N., Nitiphon, A., Suphanpong, S., Phohphuech, B., Thanatsang, T., & Vinaisuratarn, P. (2022). Plausible Scenarios for Thai Sustainable Energy in 2050: Cloud and Clear. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(4), 357–367. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.13234>

Zhu, Z., & Du, H. (2018). Forecasting the Number of Electric Vehicles: A Case of Beijing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 170(4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/4/042037>

# ICOMNAS



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Kolemanit-CO<sub>2</sub> Reaksiyonunda Yan Ürün Kalsitin Çözünürlüğünün Araştırılması

*Büşranur BERBER GENÇBOY<sup>1</sup>*

*Mehmet GÖNEN<sup>2</sup>*

### Abstract

Colemanite which is the most abundant boron mineral in Turkey is used as boron source in boric acid production with the use of sulfuric acid. Novel methods have been investigated to replace sulfuric acid which causes corrosion in the reactor, dissolves side minerals which causes accumulation of impurities in the product. Although Colemanite-CO<sub>2</sub> reaction is a good alternative way of traditional process, the boric acid produced is not in the desired purity. While technical grade boric acid is used in areas such as ceramics and glass, ultra-pure boric acid is used in products with high added value such as nuclear power plants, Thin Film Transistor(TFT). The most important impurity that goes into solution in the production of boric acid from colemanite with CO<sub>2</sub> is calcium coming from CaCO<sub>3</sub>. The aim of this study is to investigate the behavior of CaCO<sub>3</sub> in boric acid solution at different concentrations, different temperatures and times. 3 variable Box-Behnken experimental design have been used in the investigation. The amount of Ca<sup>++</sup> in an aqueous phase was determined by Atomic Absorption Spectroscopy. When the Ca<sup>++</sup> values in boric acid were entered into the Design Expert program and the values were optimized, the minimum dissolution was found at 50°C temperature, 8.26% boric acid amount and 38.69 minutes.

**Keywords:** CaCO<sub>3</sub> solubility, boric acid, colemanite, purity

<sup>1</sup>Master Student, Suleyman Demirel University, Chemical Engineering, Orcid: 0000-0003-2437-8529

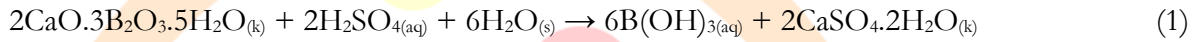
<sup>2</sup> Professor Doctor, Suleyman Demirel University, Chemical Engineering, Orcid: 0000-0001-5780-4622



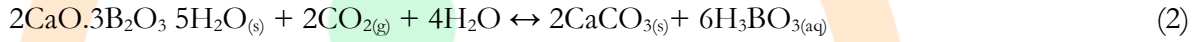
## Giriş

Borik asit ilaç, elektronik, nükleer enerji ve tıp gibi çok çeşitli uygulama alanlarında kullanılan önemli bir kimyasaldır. Kolemanit, tıncal ve üleksit gibi farklı bor minerallerinden üretilebilir (Budak ve Gönen, 2014). Türkiyede en fazla bulunan kolemanit sülfürik asit ile borik asit üretiminde bor kaynağı olarak kullanılır. Kolemanit minerali teorik olarak %50,83 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğine sahiptir ancak içerisinde kalsit, dolomit, stronsiyum borat, realgar, orpiment, kil, feldispat bulunması üretim sürecinde ayırma sorunlarına ve borik asitte safsızlıklara neden olmaktadır. (Kuskay ve Bulutcu, 2011).

Türkiyede borik asit üretimi Denklem 1'de gösterildiği gibi kolemanit minerali ile sülfürik asit çözeltisi arasındaki katı-sıvı faz reaksiyonu ile gerçekleşmesine rağmen sülfürik asitin reaktörde korozyona neden olması ve yan ürünleri çözerek üründe safsızlıklara yol açması nedeniyle sülfürik asit yerine geçecek yeni yöntemler araştırılmıştır. Kolemanitten borik asit üretiminde, kolemanit mineralinin çözündürülmesinde literatürde hidroklorik asit (Zdonovskii vd., 1963), sülfürik asit (Çetin vd., 2001), fosforik asit (Temur vd., 2000) ve nitrik asit (Yeşilyurt, 2004) gibi farklı asitlerle çalışılmıştır.



Literatürde kolemanit mineralinden borik asit üretiminde sülfürik asit kullanımına alternatif olarak Denklem 2'deki reaksiyonda gösterildiği gibi CO<sub>2</sub> gazı kullanılmıştır.



Bu süreçte kolemanit içerisindeki metal oksitler CO<sub>2</sub> ile reaksiyona girerek CaCO<sub>3</sub> ve MgCO<sub>3</sub> gibi karbonat bileşiklerini oluşturacaktır. Kolemanit-CO<sub>2</sub> reaksiyonu ile CO<sub>2</sub>'nin metal karbonatlara dönüştürülmesi CO<sub>2</sub> emisyonlarını ve küresel ısınmayı azaltır (Gönen vd., 2016.). Kolemanit-karbonik asit reaksiyonunda yan ürün olarak kalsit (CaCO<sub>3</sub>) oluşmaktadır. Bu maddenin su içinde çözünürlüğü (0,00066g/100gH<sub>2</sub>O) kolemanit-sülfürik asit reaksiyonunda yan ürün olarak oluşan jipsin (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) çözünürlüğünden (0,205 g/100gH<sub>2</sub>O) çok daha düşüktür. Bir diğer ifadeyle, zayıf asit olan karbonik asit kuvvetli asit olan sülfürik aside göre, kolemanitten borik asit üretimi sırasında oluşacak yan ürünleri su ortamında çok az çözecektir. Bu yöntem geleneksel prosese iyi bir alternatif olmasına rağmen üretilen borik asit içerdiği CaCO<sub>3</sub> nedeniyle istenilen saflıkta değildir (Bingöl ve Çopur, 2019). Eti Maden firmasının yayınladığı rapora göre kolemanitin yaklaşık kimyasal bileşimi Tablo 1.'de gösterilmiş olup, kolemanitten borik asit üretimi sırasında, mineral yapısındaki bu safsızlıklar üretilen borik asidin katma değerini düşürmektedir. İstenilen saflıkta borik asit üretebilmek için CaCO<sub>3</sub>'ün borik asit içindeki çözünürlük davranışı bilinmeli ve gerekli ayırma işlemlerine karar verilmelidir.

Tablo 1. Kolemanit mineralinin kimyasal bileşimi (Eti Maden, 2019)

Bileşen	İçerik	
	- 45 Mikron	- 75 Mikron
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 40,00 ±0,50	% 40,00 ± 0,50
CaO	% 27,00 ± 1,00	% 27,00 ± 1,00
SiO <sub>2</sub>	% 4,00 – 6,50	% 4,00 - 6,50
SO <sub>4</sub>	% 0,60 max	% 0,60 max
As	35 ppm max	35 ppm max
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 0,08 max	% 0,08 max
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 0,40 max	% 0,40 max
MgO	% 3,00 max	% 3,00 max
SrO	% 1,50 max	% 1,50 max
Na <sub>2</sub> O	% 0,50 max	% 0,50 max
Kızdırma Kaybı	% 25,00 max	% 25,00 max
Nem	% 1,00 max	% 1,00 max
Dökme Yoğunluğu	1,00 ton/m <sup>3</sup> max.	1,00 ton/m <sup>3</sup> max.

Kolemanitten CO<sub>2</sub> ile borik asit üretiminde çözeltilmeye giren en önemli safsızlık CaCO<sub>3</sub>'ten gelen kalsiyumdur. Bu safsızlıkların kristalleşme sırasında ürünle birlikte boron bileşikler olarak kristalleştiği düşünülmektedir. (Eren,1996; Yavaşoğlu,1993). Bu safsızlıkların giderilmesi, özellikle yüksek saflıkta borik asitlerin üretilmek istendiğinde önemlidir.

LCD TFT panel ekranların üretiminde, basınçlı su nükleer reaktörlerinde nötronları yakalamak için ve silikon polikristal PV panellerin p-bağlantısının üretiminde yüksek saflıkta borik asit gereklidir. Üretildikten sonra ayırma işlemlerinden geçen borik asit, ppm seviyesinde safsızlıklar içermektedir. Safsızlıkların azalmasıyla borik asidin satış fiyatı önemli ölçüde artar. Türkiye dünya bor rezervlerinin %73'üne sahip olmasına rağmen yüksek saflıkta borik asit pazarında yer almamaktadır.

Bu çalışmanın amacı kolemanit mineralinden CO<sub>2</sub> ile borik asit üretiminde yan ürün olarak oluşan kalsit (CaCO<sub>3</sub>)'in sulu fazdaki çözünürlüğünün araştırılmasıdır. Borik asit çözeltisindeki CaCO<sub>3</sub> çözünürlüğü verileri, kolemanit ve CO<sub>2</sub>'nin reaksiyonundan üretilen borik asidin saflaştırma adımlarında faydalı olacaktır. Bu sebeple farklı konsantrasyon, farklı sıcaklık ve sürelerde CaCO<sub>3</sub>'ün borik asit çözeltisindeki davranışını araştırılmıştır. Araştırmada Box-Behnken deneysel tasarımı kullanılmıştır. Sulu fazdaki Ca<sup>++</sup> miktarı Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi ile belirlenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Kullanılan Kimyasallar ve Deneysel Çalışma Yöntemi

Deneylerde iletkenliği 4.20 mS/cm olan deiyonize su kullanılmıştır. %99.9 saflıkta ultra saf borik asit Eti Maden firmasından temin edilmiştir. Merck marka CaCO<sub>3</sub> kullanılmıştır.

Kalsiyum karbonatın borik asit içerisindeki çözünürlüğünün araştırılması amacıyla hazırlanan deney sistemlerinin bağımsız değişkenleri ve Box-Behnken deney tasarımına göre belirlenen deney sıralaması Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterilmiştir. Box-Behnken yöntemine göre belirlenen 15 deneyin her biri için otoklav şişelere 100 ml borik asit çözeltisi ve borik asit çözeltisinin %15'i kadar CaCO<sub>3</sub> minerali eklenmiştir. Otoklav şişeye manyetik karıştırıcı eklendikten sonra ağzı kapatılmış ve bir beher içerisinde Daihan MSH 20D model manyetik karıştırıcılı ısıtıcı üzerine yerleştirilmiştir. Sistemin karıştırma hızı sabit ve 350 dev/dk'dır. Her bir deney, sistem istenen sıcaklığa gelince başlatılmış ve deney sonunda deney parametresi ile aynı sıcaklıktaki vakum filtrasyon sisteminde 0.45 µm'lik membran filtreden süzülür. Süzüntü kimyasal analiz için ayrılmıştır.

Tablo 2. Bağımsız değişkenlerin deneysel sıralaması ve seviyesi

Bağımsız Değişkenler	Sıralama ve Seviyeleri		
	-1	0	1
Sıcaklık(°C) (X <sub>1</sub> )	50	60	70
Borik asit miktarı(%) (X <sub>2</sub> )	8	10	12
Süre(dk) (X <sub>3</sub> )	10	30	50

Tablo 3. Box-Behnken dizaynının deneysel tasarımı

Çalışma numaraları	Bağımsız değişkenler					
	Kodlanan değerler			Gerçek değerler		
1	-1	0	1	50	10	50
2	0	1	-1	60	12	10
3	1	0	-1	70	10	10
4	0	1	1	60	12	50
5	0	0	0	60	10	30
6	-1	1	0	50	12	30
7	0	0	0	60	10	30
8	1	0	1	70	10	50
9	1	-1	0	70	8	30
10	0	0	0	60	10	30
11	0	-1	-1	60	8	10
12	1	1	0	70	12	30
13	-1	-1	0	50	8	30
14	-1	0	1	50	10	50
15	0	-1	1	60	8	50

Deneyler sonucu elde edilen süzütünün analizi Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi ile incelenmiştir. Optimizasyon ise Design Expert 13.0 programı ile yapılmıştır.

## Bulgular

### Deneyler sonucu elde edilen çözeltilerin Atomik Absorpsiyon Sonuçları

Reaksiyon sonucu çözeltide bulunan kalsiyum miktarları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Filtrasyon sonrası sıvı fazın atomik absorpsiyon sonucu

Deney No	Sıcaklık (°C)	Borik Asit Miktarı (%)	Süre (dk)	Ca <sup>++</sup> miktarı (mg/L)
1	50	10	50	2.777
2	60	12	10	5.073
3	70	10	10	3.798
4	60	12	50	5.192
5	60	10	30	2.590
6	50	12	30	3.789
7	60	10	30	2.541
8	70	10	50	2.962
9	70	8	30	2.295
10	60	10	30	2.432
11	60	8	10	3.466
12	70	12	30	4.458
13	50	8	30	2.095
14	50	10	50	2.777
15	60	8	50	1.695

Deney parametreleri ve elde edilen sonuçlar Design Expert 13.0 yazılım programına girilmiş, program en uygun modeli seçmiştir. Tablo 5'e göre en uygun model Kuadratik modeldir.

Tablo 5. Model özeti istatistikleri

Varyasyon Kaynağı	Std. Sarpma	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmini R <sup>2</sup>	Tahmini artık hata (PRESS)	
Lineer	0,6369	0,7163	0,6390	0,4809	8,24	
2FI	0,6541	0,7843	0,6225	0,2228	12,33	
<u>Kuadratik</u>	<u>0,2344</u>	<u>0,9827</u>	<u>0,9515</u>	<u>0,7342</u>	<u>4,22</u>	Önerilen
Kübik	0,0809	0,9992	0,9942		*	

Kuadratik modelin  $R^2$  değerinin 0,9827 olduğu görülmektedir, bu değer model uyumunun yüksekliğine işaret eder. Kuadratik modelin tahmini artık hata (PRESS) değeri diğerlerinden daha düşük olması da model uygunluğunun göstergesidir.

Tablo 6'da model uygunsuzluğu testi yapılmıştır. Kuadratik modelin F değeri diğer modellere göre düşük olup bu değer 13,34'tür. Bu en uygun modelin kuadratik olduğunun ispatı yönündedir.

Tablo 6. Model uygunsuzluğu testi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F değeri	p-değeri> F	
Lineer	4,49	9	0,4986	76,22	0,0130	
2FI	3,41	6	0,5682	86,87	0,0114	
<u>Kuadratik</u>	<u>0,2617</u>	<u>3</u>	<u>0,0872</u>	<u>13,34</u>	<u>0,0705</u>	<u>Önerilen</u>
Kübik	0,000	0				
Saf hata	0,0131	2	0,0065			

Parametrelerin sonuca etkilerini yorumlamak için Tablo 7'deki ANOVA tablosuna bakabiliriz.

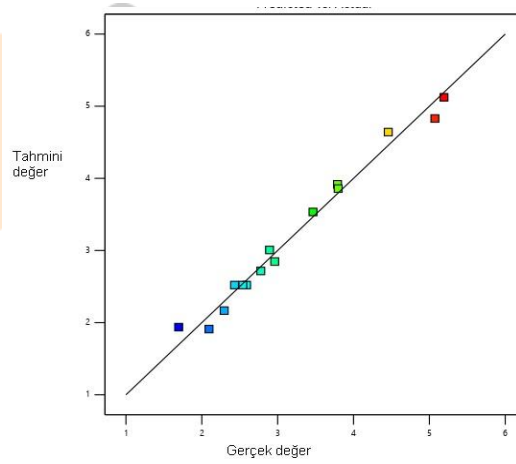
Tablo 7. Kuadratik model için varyans analizi(ANOVA)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	df	Ort. Karesi	F değeri	p-değeri Prob>F	
Model	15,59	9	1,73	31,52	0,0007	önemli
A-Sıcaklık	0,4797	1	0,4797	8,73	0,0317	
B-Borik Asit miktarı	10,04	1	10,04	182,62	<0.0001	
C-süre	0,8476	1	0,8476	15,42	0,0111	
AB	0,0550	1	0,0550	1,00	0,3631	
AC	0,1296	1	0,1296	2,36	0,1852	
BC	0,8930	1	0,8930	16,25	0,0100	
A <sup>2</sup>	0,0113	1	0,0113	0,2060	0,6689	
B <sup>2</sup>	1,78	1	1,78	32,32	0,0023	
C <sup>2</sup>	1,52	1	1,52	27,68	0,0033	
Artık	0,2748	5	0,0550			
Uyum eksikliği	0,2617	3	0,0872	13,34	0,0705	Önemli değil
Saf hata	0,0131	2	0,0065			
Toplam	15,86	14				

p-değeri 0,05'ten düşük olan parametrelerin önemli, 0,1000'den büyük olan parametrelerin önemsiz olduğunu biliyoruz(Zhang vd.,2009). Dolayısıyla B,C,BC,B<sup>2</sup> ve C<sup>2</sup> katsayıları modelimiz için önemlidir.

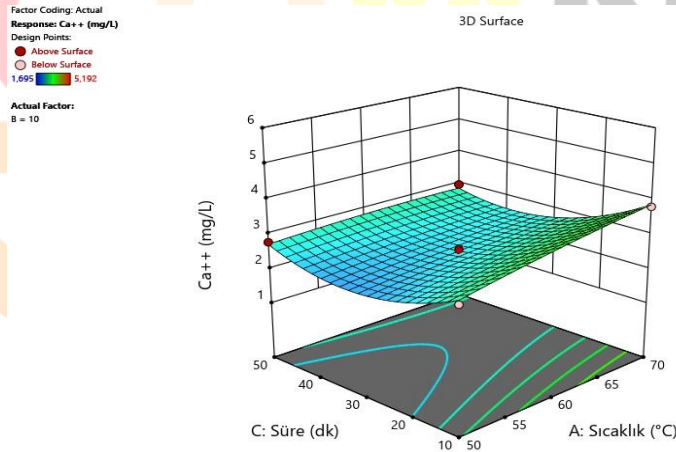
Yapılan regresyon analizlerinden sonra Design Expert programı 2. Dereceden bir model üretmiştir. Bu modelde tahmini ve gerçek değerler arasında sıkı bir bağ vardır. Şekil 1'de görüldüğü üzere doğrusal çizgi üzerindeki noktalar birbirlerinden çok uzakta değildir.

Şekil 1. Tahmini ve gerçek değerler



Sistemi en iyi modelleyen fonksiyon belirlendikten sonra, üç boyutlu cevap yüzeyleri ve kontur grafikleri Design Expert 13.0 programı ile oluşturulmuştur.

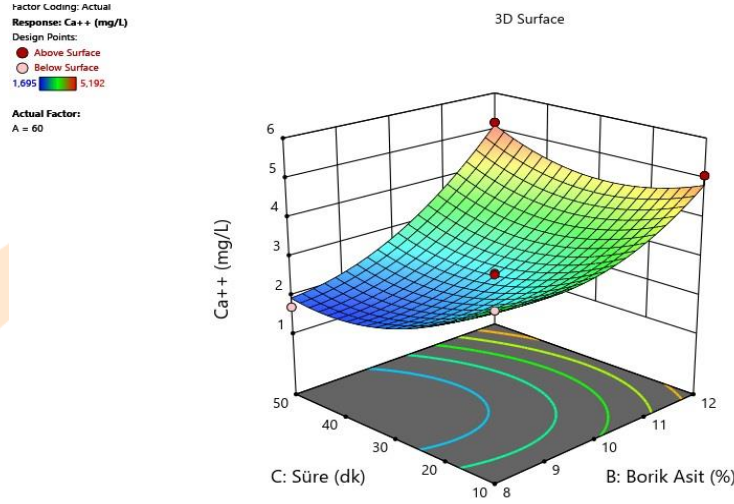
Şekil 2. Süre ve sıcaklığın Ca<sup>++</sup> miktarına etkisi



Şekil 2'deki çözeltide Ca<sup>++</sup> konsantrasyonuna sıcaklık ve sürenin etkisi gösterilmektedir. Düşük işlem sürelerinde sıcaklığın önemli bir etkisi gözlemlenirken yüksek işlem sürelerinde sıcaklığın etkisi sınırlı olmaktadır.

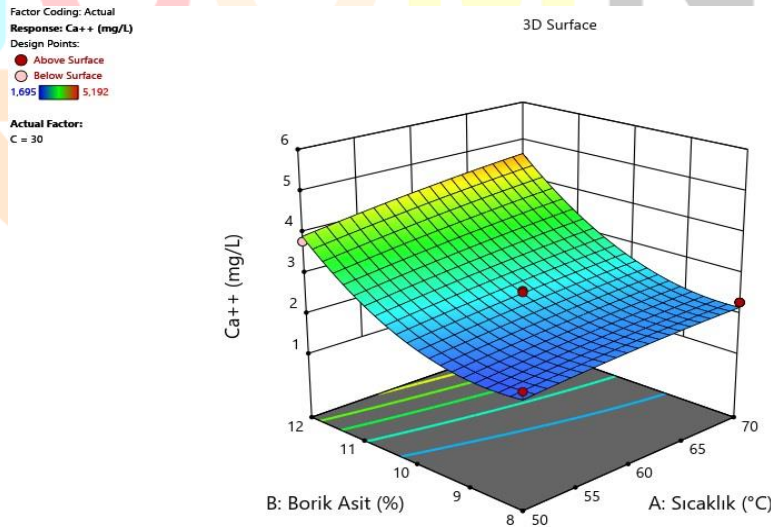
Şekil 3'te ise  $Ca^{++}$  çözünürlüğü üzerine borik asit miktarı ile sürenin etkisi incelenmiştir. 60°C'de gerçekleşirken 50 dakikalık çözünme süresinde ortamdaki boric asit miktarı %8'den %12'ye çıkarıldığında  $Ca^{++}$  çözünürlüğü yaklaşık 2mg/L değerinden 5mg/L değerine çıkmaktadır. Bu sonuçtan anlaşılacağı üzere reaksiyon sonrası filtrasyon işleminin hızlı gerçekleştirilmesi safsızlık miktarını azaltacaktır.

Şekil 3. Süre ve borik asit miktarının  $Ca^{++}$  miktarına etkisi



Şekil 4'te ise kalsiyum çözünürlüğü üzerine boric asit miktarının ve sıcaklığın etkisi 30 dakikada sabit tutularak çalışılmıştır. Kalsiyum çözünürlüğünde boric asit konsantrasyonu önemli derecede etkili olurken sıcaklık etkisi sınırlı kalmıştır.

Şekil 4. Borik asit miktarı ve sıcaklığın  $Ca^{++}$  miktarına etkisi





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'teki üç boyutlu kontör grafikleri incelendiğinde çözültideki  $Ca^{++}$  miktarı için en önemli parametrelerin süre ve borik asit miktarı olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda optimizasyon Design Expert 13.0 programı ile yapılmış olup en iyi koşullar 50°C sıcaklık, borik asit miktarı %8.255 ve süre 38dk olarak bulunmuştur.

## Sonuçlar

Bu çalışmada farklı parametrelerde(sıcaklık,borik asit miktarı,süre) kalsit mineralinin borik asit içerisindeki çözünürlüğü incelenmiştir. Ürünün analizi Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi ile yapılmıştır. Deneysel borik asitin %15'i kadar kalsit oranı ve 350 dev/dk olan karıştırma hızı sabit tutulmuştur. Deneysel parametreleri olarak seçilen sıcaklık, borik asit miktarı ve sürenin  $Ca^{++}$  miktarına etkisi çoklu optimizasyon yöntemi olan Box-Behnken deneysel tasarım yöntemi ile araştırılmıştır. 30-50-70 oC sıcaklık, %8,10,12 borik asit miktarı ve 10-30-50dk aralıklarında  $Ca^{++}$  konsantrasyonu incelenmiştir. 60°C'de gerçekleştirilen 50 dakikalık çözünme süresinde ortamdaki borik asit miktarı %8'den %12'ye çıkarıldığında  $Ca^{++}$  çözünürlüğü yaklaşık 2mg/L değerinden 5mg/L değerine çıkmaktadır. Yapılan 15 deney sonucunda optimim koşullar 50°C sıcaklık, %8,255 borik asit ve 38dk olarak bulunmuştur. Elde edilen yüzey grafikleri ve ANOVA tablosu ile parametrelerin birbirleri ile olan ilişkisi incelenmiş ve en etkili iki parametre borik asit miktarı ve süre olarak bulunmuştur.

ICOMNAS





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Kaynakça

- Budak, A., Gönen, M. (2014). Extraction of boric acid from colemanite mineral by supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 92,183-189
- Cetin, E., Eroğlu, İ., Özkar, S. (2001). Kinetics of gypsum formation and growth during the dissolution of colemanite insulfuric acid. *Journal of Crystal Growth*, 231(4), 559-567.
- Eren, B. (1996). Kalsiyum bazlı minerallerin boraks çözeltilerindeki çözünme mekanizması ve kinetiği. *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Gönen, M., Nyankson, E., Gupta, R. B. (2016). Boric acid production from colemanite together with ex situ CO<sub>2</sub> sequestration. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55(17), 5116-5124.
- Kuskay,B., Bulutcu, A.N. (2011). Design parameters of boric acid production process from colemanite ore in the presence of propionic acid, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 50(4), 377-383
- Temur, H., Yartaşı, A., Çopur, M., Kocakerim, M. M. (2000). The kinetics of dissolution of colemanite in H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> solutions. *Industrial & engineering chemistry research*, 39(11), 4114-4119.
- Yavaşoğlu, N. (1993). Tinkal mineralinden boraks tuzları üretiminde safsızlık davranışları ve giderilmesi. *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Zdonovskii, A. B., Imamutdinova, V. M. (1963). Kinetics of solution of native borates in HCl solutions. *Zh. Prikl. Khim*,36(8), 1675-1680.
- Zhang, Z.M., Zheng, H.L. (2009). Optimization for decolorization of azo dye acid green 20 by ultrasound and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> using response surface methodology. *Journal of Hazardous Materials*, 172, 1388-1393.

## Ham ve Temperlenmiş DIN 41Cr4 ve 30MnB4 Çeliklerinin Morfolojilerinin Karşılaştırılması

*Murat ESKİL<sup>1</sup>*

*Sefer GÜLEKEN<sup>2</sup>*

### ÖZET

Bu çalışmada, 41Cr4 ve 30MnB4 düşük alaşımlı çeliklerin temperleme işlemi sonrasında oluşan mikroyapının ham numune mikroyapısı ile farkları incelendi. Her iki malzeme sürekli (continuous) ısıtım fırınında önce 860°C sıcaklıkta 1 saat 15 dakika tavlanylup homojenize edildi ve daha sonrada 65°C Petrofer marka, ISOMAX 169 ürün kodlu yağda soğutuldu. Isıtım süreçleri tamamlanan numuneler tel erezyon ile disk şeklinde parçalar kesilerek morfolojik incelemeler için uygun hale getirildi. Isıtım işlemlerden sonra, numuneler üzerinden kesitler alınarak ve metalografik örnekler hazırlandı. Parlatılmış ve dağlanmış örnek kesitlerin mikro yapıları, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelendi. Fazların ihtiva ettiği elementel kompozisyon EDS incelemeleri ile belirlendi. Arkasından meydana gelen faz yapıları, morfolojik oluşumlar ve bu morfolojik oluşumlara karşılık gelen bazı elementel farklılıklar saptandı. Her iki malzeme için elde edilen sonuçlar birbirleriyle ve ham numunelerde elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldı. Sonuç olarak bu çalışmada endüstride bijon üretiminde yaygın olarak kullanılan DIN 41Cr4 (AISI 5140) ve DIN 42CrMo4 (AISI 4140) çeliklerine alternatif olarak daha ucuz olan 30MnB4 çeliğinin morfolojik yapısı araştırıldı.

**Anahtar Kelimeler:** 41Cr4, 30MnB4, Mikroyapı, Metalografi.

<sup>1</sup> Prof.Dr.Murat ESKİL, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı Orcid: 0000-0001-9192-0192

<sup>2</sup> Mak.Müh.,Sefer GÜLEKEN, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Orcid:

## 1.GİRİŞ

Bilindiği gibi her sene milyonlarca araç üretilmektedir. Dayanıklılık ve kaliteden ödün vermeden daha ekonomik malzeme kullanmak üretim maliyeti için çok önemli bir faktördür. Çelik genellikle % 2'den daha az miktarlarda karbon içeren demir esaslı bir alaşımdır. Karbon çeliği ise kendisine has özellikleri ve içerdiği karbon oranına göre isimlendirilir. Karbon çeliği metal sanayisinde en yaygın kullanılan malzemelerden bir tanesidir. Alaşımlı çelikler, karbon dışındaki diğer elementlerin oranlarına göre adlandırılan çeliklerdir (Gandy, 2007). Makine parçalarının imalatında uygun malzeme seçimi ile birlikte bu malzemelere uygulanan ısıl işlemlerinde büyük önem arz ettiği bilinmektedir. DIN 41Cr4 ve DIN 42CrMo4 çelikler otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılır (Kam vd.2016, Bayrak vd., 2006). DIN 41Cr4 (AISI 5140) ve DIN 42CrMo4 (AISI 4140) düşük alaşımlı çelikler, otomotiv endüstrisinde krank milleri, araç ön aksları, aks burçları ve direksiyon aksamı gibi sürüş sistemi parçalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemeler ısıl işlem görebilir, soğuk ve sıcak şekillendirme uygulamaları için uygundur (Xinbo vd., 2002). Malzeme maliyeti kullanılan ölçülere göre değişkenlik gösterebilir fakat genelde 42CrMo4 çeliğinin maliyeti 41Cr4 çeliğinin maliyetinden daha yüksektir. 41Cr4 ve 42CrMo4 malzemeler orta karbonlu çeliklerdir. Bu alaşımlı çeliklerin, mekanik özelliklerini arttırmak için ısıl işlem (Homojenizasyon, su verme ve menevişleme vb.) yapılabilir. Bu malzemeler çoğunlukla menevişlenmiş olarak ve martensitik mikro yapıda kullanılır. Menevişleme işlemi ile martensitik çeliğin gevrek yapısı iyileştirilir (Bayrak vd., 2006). 42CrMo4 çeliğinin 41Cr4 çeliğinden farkı 42CrMo4 çeliğinin % 0,15-0,30 oranlar arasında Mo içermesidir. Bu durum Tablo 1.1 de açıkça görülmektedir. Tablo 1.1 de ayrıca 41Cr4 ve 42CrMo4 çelikleri ile farklı yayınlarda mukayese edilen 20MnB4, 30MnB4, C45 ve C70 çeliklerin kompozisyonları verilmiştir. Tablo 1.1 de verilmiş olan 41Cr4 ve 42CrMo4 alaşımlarına Cr eklenmesi ile ve 42CrMo4 alaşımına molibden eklenmesiyle daha iyi ısıl işlem yapılabilir ve böylece değişik dayanım ve duktilite (süneklik) kombinasyonları elde edilir. Daha da önemlisi, orta karbonlu çeliklere molibden eklenmesi, bu çeliklerin ısıl işlem sonrası gevrekliklerini gidermeyi sağlar (Bayrak vd., 2006).

**Tablo 1.1:** Malzemelerin kimyasal kompozisyonu (ağ. %)

	<b>DIN 41Cr4 (AISI 5140)</b>	<b>DIN 42CrMo4 (AISI 4140)</b>	<b>20MnB4 (1.5525)</b>	<b>30MnB4 (1.5526)</b>	<b>C45</b>	<b>C70</b>
<b>C</b>	0,38-0,45	0,38-0,45	0,18-0,23	0,27-0,32	0,40-0,45	0,68-0,73
<b>Si</b>	≤0,40	≤0,40	Max 0,30	Max 0,30	0,10-0,30	0,10-0,30
<b>Mn</b>	0,60-0,90	0,60-0,90	0,90-1,20	0,80-1,10	0,50-0,80	0,50-0,80
<b>P</b>	≤0,035	≤0,035	Max 0,025	Max 0,025	Max 0,035	Max 0,035
<b>S</b>	≤0,035	≤0,035	Max 0,025	Max 0,025	Max 0,035	Max 0,035
<b>Cr</b>	0,90-1,20	0,90-1,20	Max 0,30	Max 0,30	Max 0,20	Max 0,15
<b>Mo</b>	-	0,15-0,30	-	-	Max 0,05	Max 0,05
<b>Cu</b>	-	-	Max 0,25	Max 0,25	Max 0,30	Max 0,25
<b>Ni</b>	-	-	-	-	Max 0,25	Max 0,20
<b>B</b>	-	-	0,0008-0,005	0,0008-0,005	-	-

Mn-B çeliği, Cr ve Ni yerine Mn ve B içeren düşük yapılu bir alaşımdır. B elementinin eklenmesi, çeliğin sertleşebilirliğini ve ısıtılardan sonra çeliğin aşınma direncini önemli ölçüde iyileştirebilir. Mn-B çeliği, pulluk makinesi, öğütücü ve biçerdöverin aşınma kısmı için kullanılabilir (Güler vd., 2007). 20MnB4 ve 30MnB4 soğuk şekillendirme C45 ve C70 çeliklerinin vida, somun ve cıvata gibi ürünleri, homojen bir yapı, tutarlı mekanik özellikler, küçük boyutlu toleranslar ve soğuk plastik işlemeye karşı iyi duyarlılık ile karakterize edilmektedir. Bu çeliklerin kolayca kaynaklanabilir olması, karmaşık şekillere (çatlaksız, boyunsuz) sahip ürünlerin ekonomik olarak üretilmesini sağlamaktadır.

Yüksek mukavemetli çelik cıvatalar, endüstride statik veya mekanik yüklemeler altında makine parçalarını monte etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, çelik cıvataların mekanik özellikleri, cıvata üreticisinin akma dayanımı, gerilme mukavemeti ve sertlik gibi gerekli değerleri karşılaması için çok önemlidir. Malzemenin mekanik mukavemeti ısıtılardan sonra iyileştirilebilir (Kınıt vd., 2014).

Cıvatalar, nispeten küçük boyutlarına rağmen, makinelerin, cihazların, araçların, yapıların veya binaların dayanıklılığında ve güvenilirliğinde en yaygın kullanılan ve önemli rol alan bağlantı elemanlarıdır. Bağlantı elemanlarının uygulamalarının çeşitliliği, kalite ve performansları için ilgili gereklilikleri beraberinde getirir. Cıvata üretim yöntemleri soğuk dövme, sıcak dövme ve işleme, ovalama ile dış açmadır (Bickford, 1998). Cıvataların imalatında en avantajlı mekanik özellikleri elde etmek ve aynı zamanda malzeme tasarrufu sağlamak amacıyla kullanılan en yaygın yöntem soğuk dövme yöntemidir. Daha sonrada talaş kaldırmadan ovalama yöntemi ile dış açarak üretimi gerçekleştirmektedir. Cıvataların işlevsel özelliklerinin iyileştirilmesi, ısıtılardan sonra uygulanarak da elde edilebilir (Bobylev, 2002; Satanovskii, 1979). Bu nedenle, bağlantı elemanlarının fonksiyonel özellikleri çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörler imalat yöntemi (Ivanov, vd., 1983), üretim için kullanılan malzeme, imalat işlemi sırasında ısıtılardan sonra ve ek kaplamaların uygulanması (Klyachkin, 1988) gibi montajla ilgili hususlar, cıvata şekli (Bobylev, 2002), yağlama, dış aralığı, delik açıklığı, uygulanan tork ve sıkma kuvveti, sıkma hızı ve sıkma ve gevşetme sayısıdır. Bunlardan bazıları montaj işlemi üzerinde diğerlerine göre daha fazla etkiye sahiptir.

Bu çalışmada, 41Cr4 ve 30MnB4 çeliklerinin temperleme ve menevişleme sonucu ortaya çıkan mikroyapı ve mekanik özellikler incelenmiştir. 30MnB4 çeliğinin Tablo.1.2 de görülen ISO 898-1 standartında verilen 10.9 ve 12.9 kalite sınıfına eşdeğer mekanik özelliklerden çekme gerilimi, akma dayanımı ve sertlik değerleri bakımından ISO 898-1 standartında belirtilen mekanik özellikler elde edilmeye çalışılacaktır. 30MnB4 çeliğinin bijon üretimine uygun olabilmesi için işletmeler çekme-akma ve sertlik deneyleri gibi statik deneylerin yanı sıra ilave deney sonuçları istememektedir. Bu yüzden bu çalışmada da çekme, akma ve sertlik verileri karşılanacaktır. 30MnB4 çeliğin mikro yapısı temperlenmiş martensittir ve 860°C'de ISOMAX 169 yağda soğutma ve ardından beş farklı sıcaklıkta temperlemeden sonra oluşan faz yapıları tayin edilmeye çalışılmıştır. Geleneksel su verme sıcaklığının 30MnB4 çeliğin mikroyapısı ve özellikleri üzerindeki etkileri literatürde nadiren incelenmiştir, bu nedenle bu çalışmada, sanayide gerçekleştirilebilecek üretime rehberlik etmek için farklı menevişleme sıcaklıklarının mikroyapısı ve 30MnB4 çeliğinin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Tablo 1.2. ISO 898-1 Standardı Çekme, Akma ve Sertlik Değerleri

KALİTE SINIFI	ÇEKME	AKMA	SERTLİK	
	GERİLİMİ $R_m$ MP <sub>a</sub>	GERİLİMİ $R_{p0,2}$ MP <sub>a</sub>	VİCKERS (HV)	ROCKWELL (HRC)
10.9	1000-1040	900-940	320-380	32-39
12.9	1200-1220	1080-1100	385-435	39-44

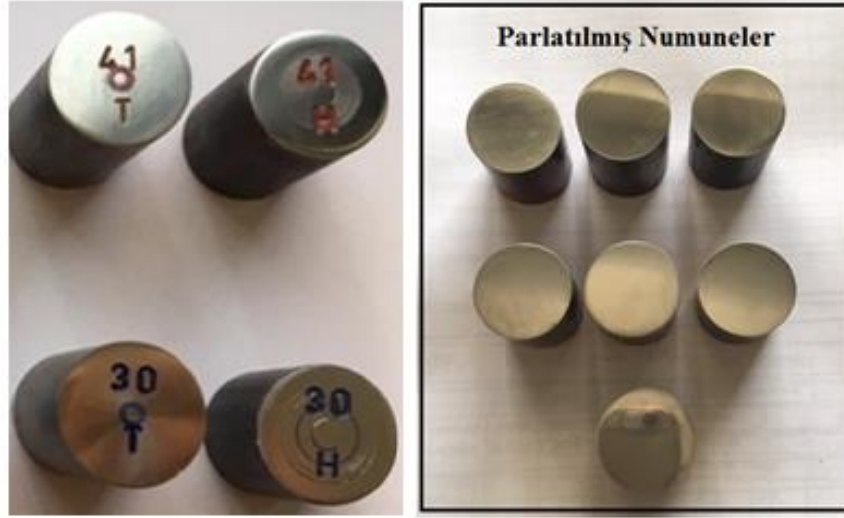
## 2. MALZEME ve YÖNTEM

41Cr4 ve 30MnB4 çeliklerinin kimyasal bileşimi Tablo 1.1'de gösterilmektedir. Ticari olarak elde edilmiş olan 41Cr4 ve 30MnB4 çelikleri 860 °C de tavlansın Isomax 169 ısıl işlem yağında soğutma yapılmış ve daha sonra Tablo 2.1 de verilen sıcaklıkta gerçekleştirilmiş olan temperleme işlemi sonucu farklı faz yapıları tespit edilmiştir. Temperleme işlemi gerçekleştirilen numuneler yağ ortamında soğutulmuştur.

Tablo 2.1. Homojenizasyon sıcaklığına göre numune adları.

Sıcaklık	Malzeme Cinsi ve Numune Adı		Açıklama
	41Cr4	30MnB4	
HAM	41-H	30-H	Isıl işlem görmemiş
860 °C	41-T	30-T	860 °C'de Tavlama

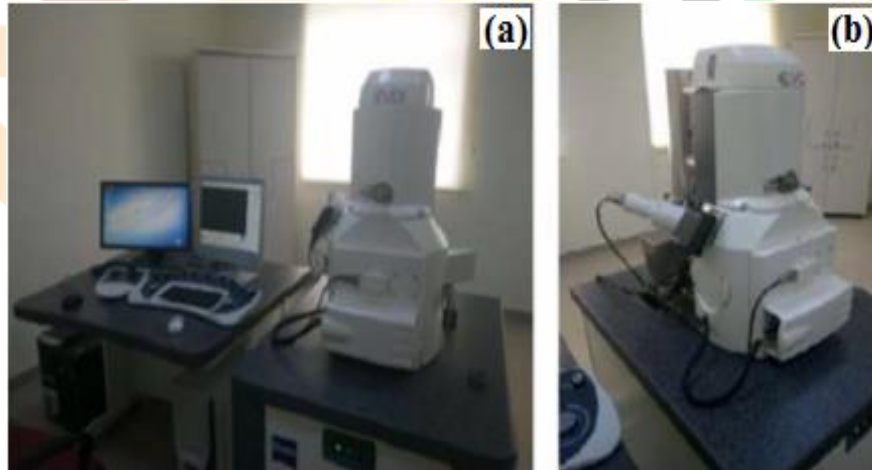
Tüm numunelerin SEM fotoğrafları çekildi ve EDS analizleri yapıldı. Numunelerin tümünün optik mikroskop görüntüleri elde edildi.



Şekil 2.1. Hazırlanan Numune tanımlaması

## 2.1 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Gözlemleri ve EDS Analizleri

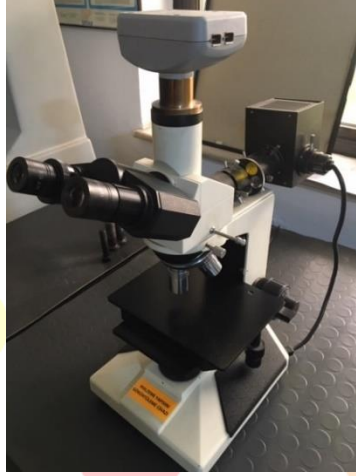
Ø22x25 mm ebatlarında kesilen metalografik numuneler faz yapılarının gözlenmesi amacıyla Tablo 1.1'de verilen alaşımlara Tablo 2.1'deki ısıl işlemler uygulandı. Isıl işlem uygulanan bu numuneler daha sonra Metkon marka DIGIPRESS bakalit cihazında kalıba alındı. Bakalite alınan numuneler parlatma işleminden sonra %25 etanol- %75 HCl dağlama işlemine tabi tutuldu. Malzemelerin mikroyapısı Şekil 2. 2 de verilmiş olan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM, ZEISS EUO LS 10) ile gözlenmiştir. Numuneler cihaza yerleştirilmeden önce altın ve platinyum ile kaplandı. EDS analizlerinin alındığı Zeiss Evo 40 marka Ametek EDAX model Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi (EDX) ile çalışmada incelenen numuneler içerisindeki madde miktarlarının dağılımı ölçülmüştür.



Şekil 2.2. a) Zeiss Marka EVO 40 model SEM, b) EDX Marka EDAX.

## 2.2 Optik Mikroskop Gözlemleri

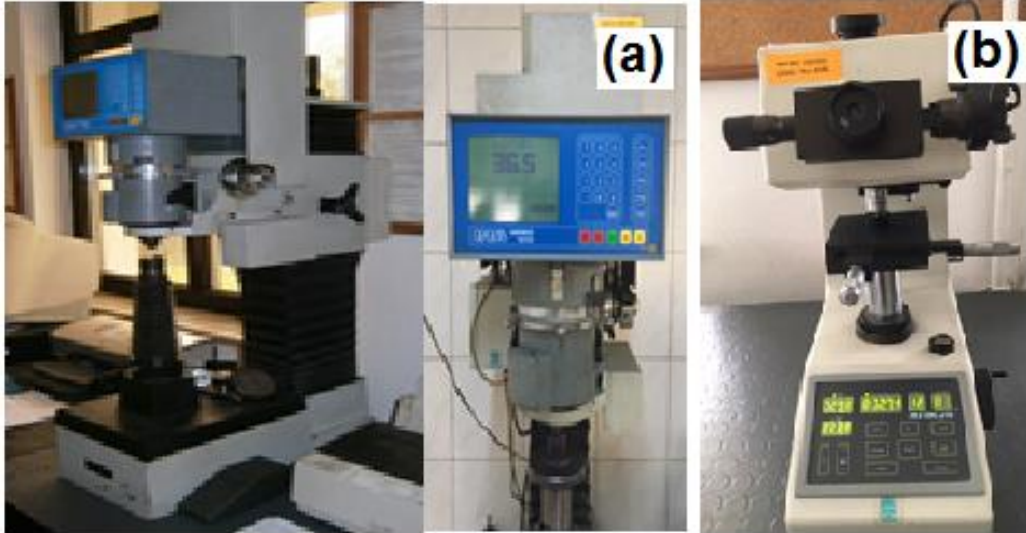
Tablo 1.1 de kompozisyonları ve 2.1’de ısıl işlemleri verilmiş olan optik mikroskop numunelerin gözlemleri için numuneler SEM numunelerine benzer şekilde hazırlandı. Dağlama işlemi bitince numuneler Şekil.2.3 Nikon MA 200 İmvert tipi optik metal mikroskobunda görüntü analizleri yapıldı.



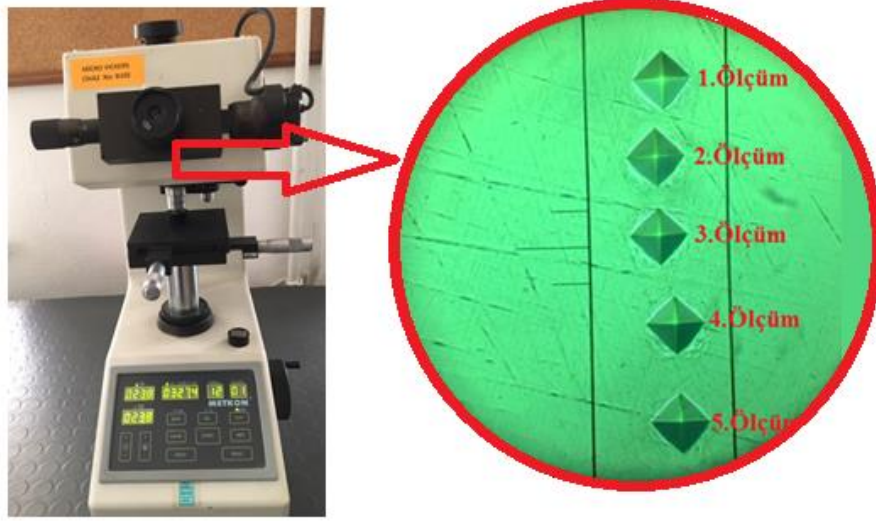
Şekil 2.3. Nikon MA 200 İmvert tipi optik metal mikroskobu

## 2.3 Sertlik Ölçümleri

Şekil 2.1 de verilen numunelerin sertlik değerlerini elde etmek için Rockwell-C ve Mikro vickers sertlik ölçümleri alındı. Sertlik ölçümleri Şekil 2.4 de verilmiş olan Rockwell-C için 150 kg. yükle AT200 Ernst marka, Mikro vickers için 100 gramlık yükle Metkon marka cihaz kullanıldı. Her bir numune için beş ölçüm alınarak yapıldı.



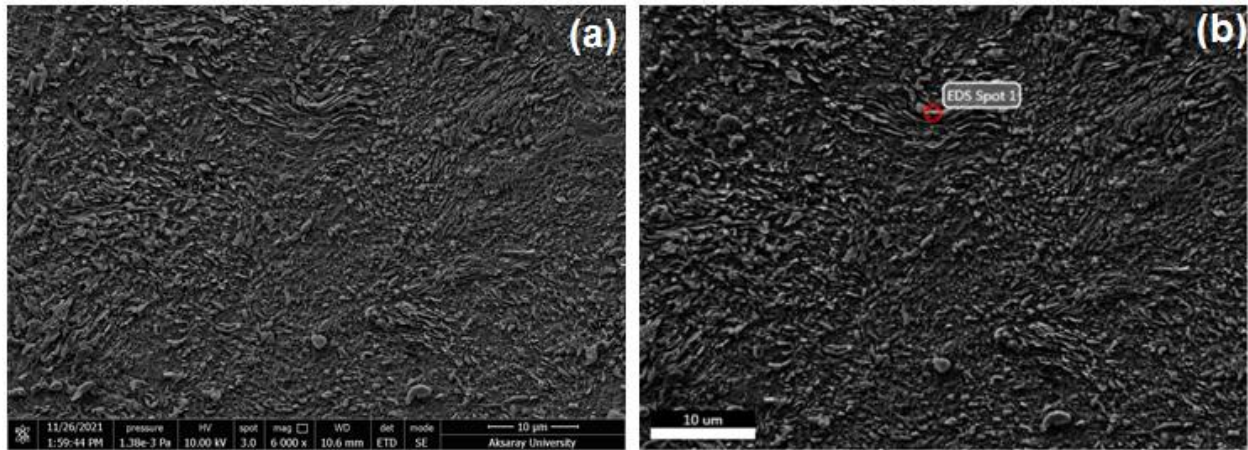
Şekil 2.4 Sertlik cihazları a) Rockwel-C b) Mikro Vickers



Şekil 2.5. Alınan Mikro vickers sertlik ölçümleri.

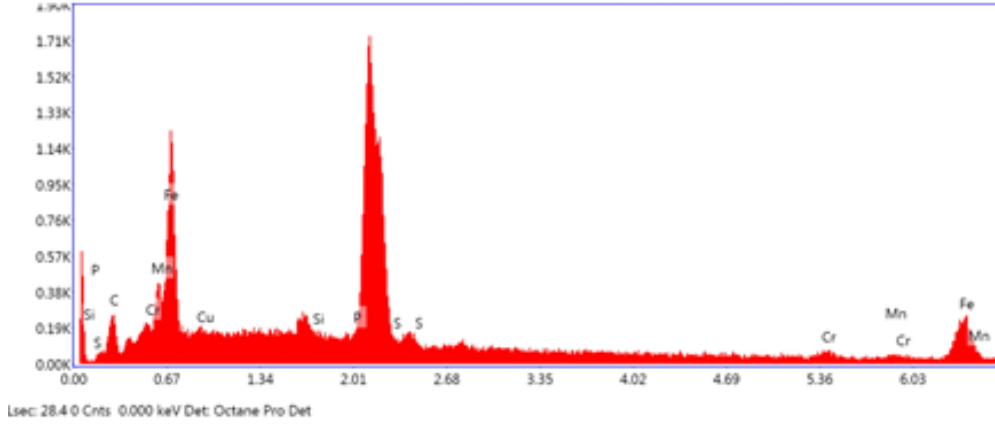
### 3. BULGULAR

41Cr4 çeliğinin ham numunesine (41-H1) ait SEM görüntüsü Şekil 3.1a da verilmiştir. Şekil 3.1b de ise aynı mikrograf üzerinden EDS analizi alınan bölge verilmiştir. Tablo 3.1 de Şekil 3.1b de verilen EDS bölgesinin ve Şekil 3.2 de verilen pikin element kompozisyonu verilmiştir. Şekil 3.1 b de verilen bölge malzemenin genel kompozisyonu ile karşılaştırıldığında, söz konusu bölgenin Fe açısından daha fakir olduğu, diğer elementler açısından yığılmanın daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.1. 41Cr4 çeliğinin ham numunesine (41-H) ait SEM görüntüsü ve analiz alınan nokta.





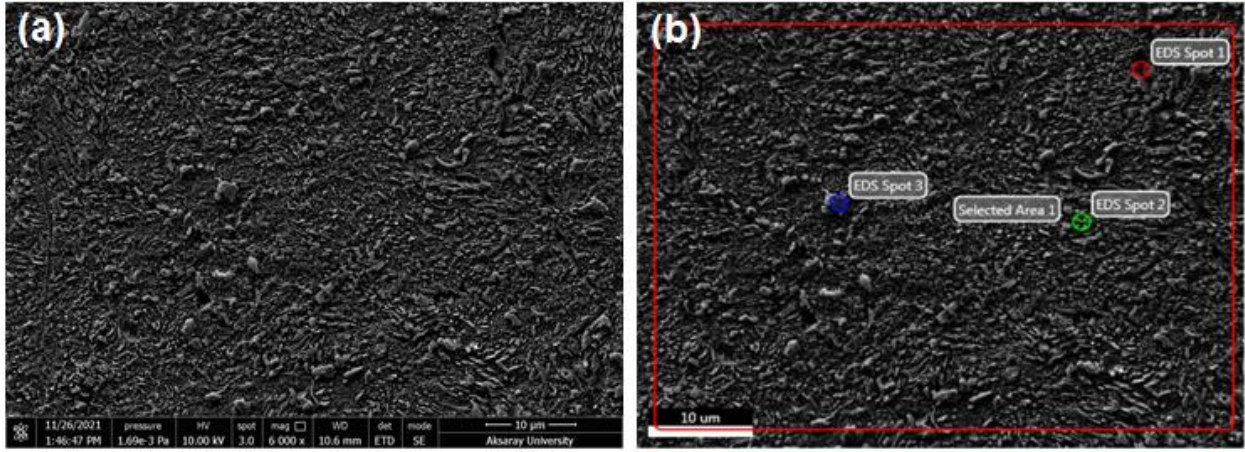
Şekil 3.2. 41Cr4 Çeliğinin ham numunesinden (41-H1) alınan EDS analiz piki.

Tablo 3.1. 41-H1 numunesinden alınan EDS analiz pikine ait element kompozisyonu.

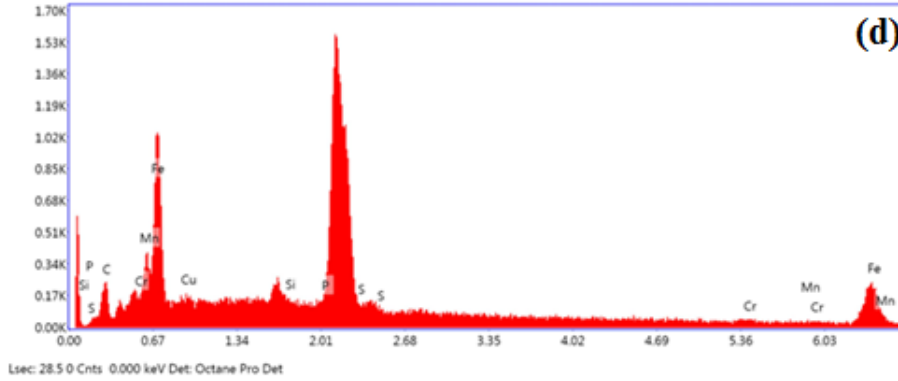
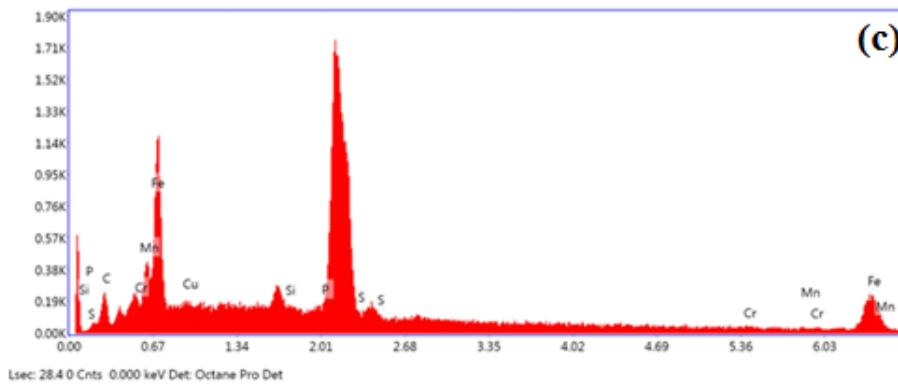
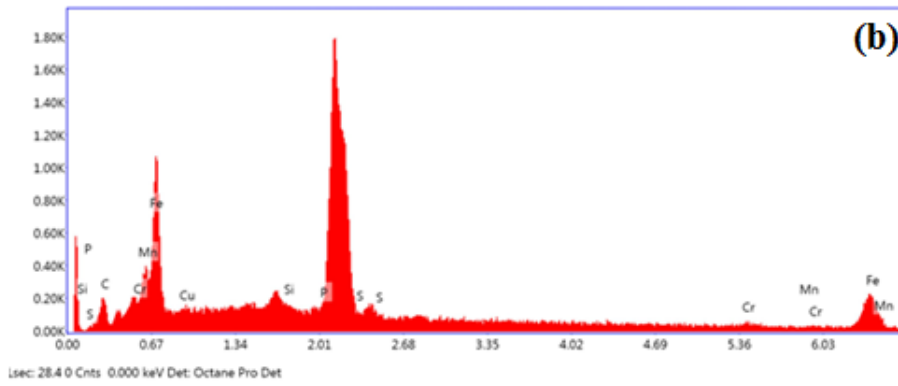
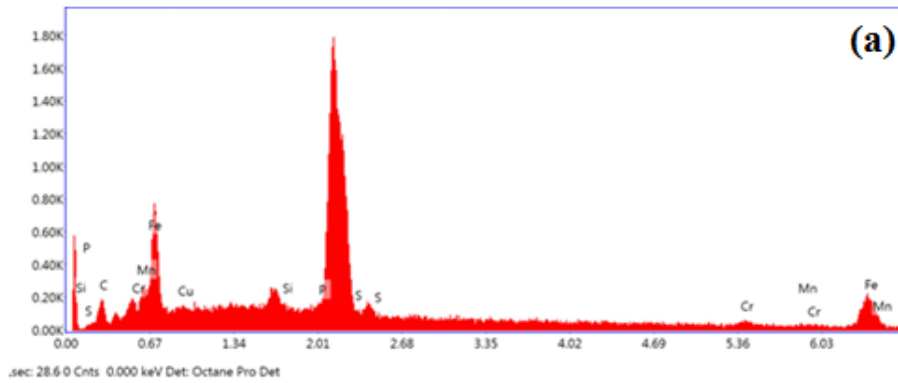
EDS Spot 1								
Element	C <sub>K</sub>	Fe <sub>L</sub>	Cu <sub>L</sub>	Si <sub>K</sub>	P <sub>K</sub>	S <sub>K</sub>	Cr <sub>K</sub>	Mn <sub>K</sub>
Wt. %	21.10	41.70	1.71	2.72	11.68	14.04	4.06	2.99
At. %	49.16	20.87	0.75	2.70	10.55	12.25	2.18	1.54

41Cr4 çeliğinin ham numunesine (41-H2) ait diğer bir SEM görüntüsü de Şekil 3.3a da verilmiştir. Şekil 3.3b de ise aynı mikrograf üzerinden EDS analizi alınan bölgeler verilmiştir. Tablo 3.2 de Şekil 3.3b de verilen EDS bölgelerinin ve Şekil 3.4 de verilen piklerin element kompozisyonu verilmiştir. Şekil 3.3b de verilen bölgeler malzemenin genel kompozisyonu ile karşılaştırıldığında, söz konusu bölgelerin Fe açısından daha fakir olduğu, diğer elementler açısından yığılmanın daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. EDS Spot 3 olarak anılan büyük topaklanmanın element dağılımının malzemenin genel element kompozisyonu ile aynı olduğu görülmektedir. EDS Spot1 ve EDS Spot 2 nin ise Cr ve Mn açısından zenginleştiği anlaşılmaktadır. 41Cr4 çeliğinin ham numunesine (41-H3) ait diğer bir SEM görüntüsü de Şekil 3.5 de verilmiştir.

Şekil 3.6a, Şekil 3.6b, Şekil 3.6c, Şekil 3.6d ve Şekil 3.7, 41Cr4 çeliğinin tavlama yapılmış numunesinin SEM görüntülerini içermektedir. Tüm mikrograflardan da anlaşılacağı gibi malzemenin temperlenmiş hali martensit plakalarını içermektedir. Şekil 3.7, Şekil 3.6d nin analiz alınmış bölgelerini ve Şekil 3.8 de bu bölgelerden alınan pikleri göstermektedir. Mikrografın genelinden alınan element analizinden de anlaşılacağı gibi mikrografın bütününün C oranı diğer bölgelerden yüksek çıkmaktadır.



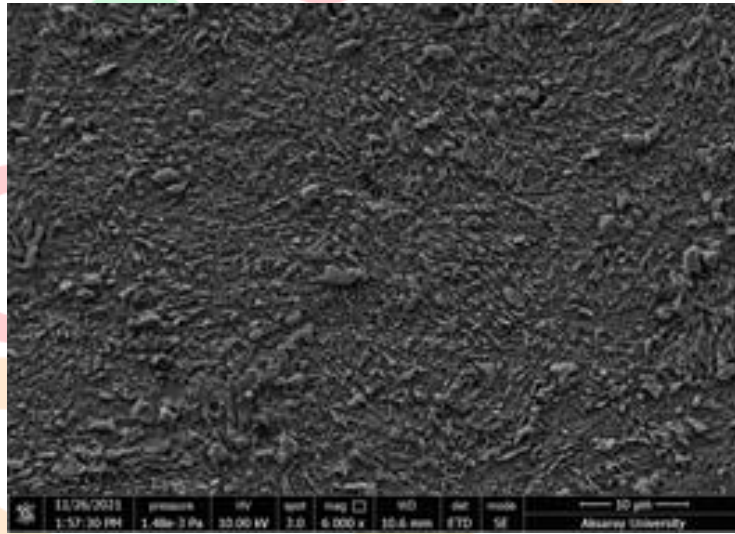
Şekil 3.3. 41Cr4 Çeliğinin ham numunesine (41-H2) ait a) SEM görüntüsü b) EDS analizi alınan bölgeler.



Şekil 3.4. 41-H2 numunesine ait SEM pikleri a) EDS Spot 1 b) EDS Spot 2 c) EDS Spot 3 d) Selected Area 1

Tablo 3.2. 41-H2 numunesinden alınan EDS analiz pikine ait element kompozisyonu.

Element	EDS Spot 1		EDS Spot 2		EDS Spot 3		Selected Area 1	
	Wt %	At %	Wt %	At %	Wt %	At %	Wt %	At %
C <sub>K</sub>	18.19	43.64	19.15	45.53	22.75	51.20	22.75	51.20
Fe <sub>L</sub>	31.69	16.36	40.15	20.55	42.01	20.33	42.01	20.33
Cu <sub>L</sub>	0.01	0.00	0.04	0.02	0.53	0.22	0.53	0.22
Si <sub>K</sub>	2.79	2.87	2.57	2.62	2.32	2.24	2.32	2.24
P <sub>K</sub>	13.74	12.78	13.38	12.35	12.48	10.89	12.48	10.89
S <sub>K</sub>	17.12	15.39	15.81	14.10	14.97	12.62	14.97	12.62
Cr <sub>K</sub>	10.89	6.04	6.75	3.71	2.44	1.27	2.44	1.27
Mn <sub>K</sub>	5.57	2.92	2.14	1.11	2.48	1.22	2.48	1.22

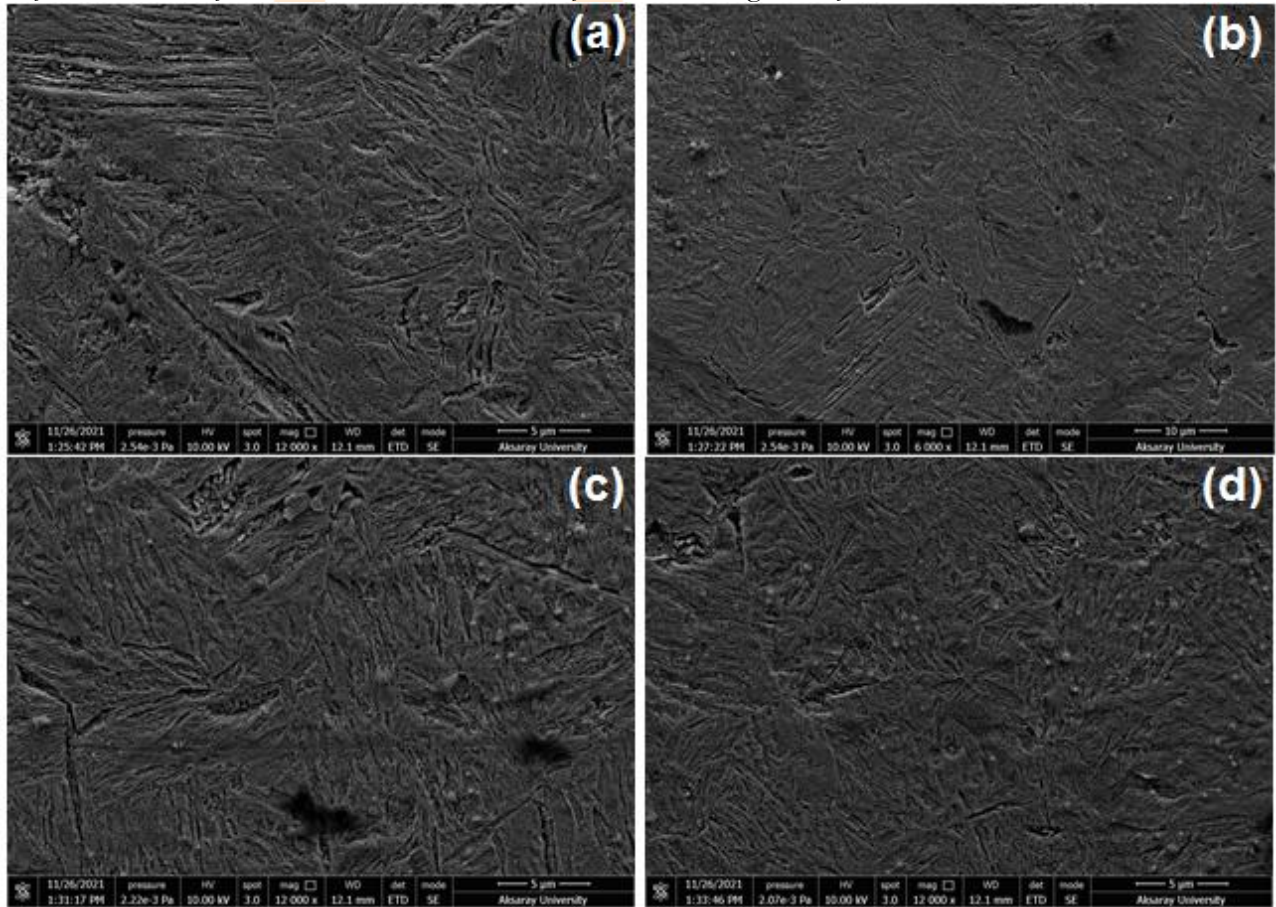


Şekil 3.5. 41Cr4 Çeliğinin ham numunesine (41-H3) ait SEM görüntüsü.

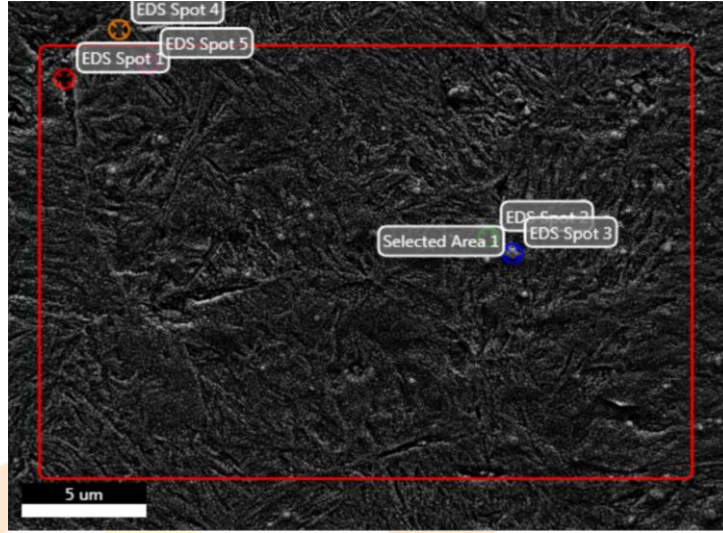
Martensit fazı görülen temperlenmiş 30MnB4 çeliğine ait Şekil 3.9a detaylı bir şekilde incelendiğinde martensit yapılarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Bor içeren 30MnB4 te martensit morfolojisinin bor içermeyen 41Cr4 e göre daha farklı olduğu anlaşılmıştır. Şekil 3.9b, 30MnB4 çeliğinin tavlama yapılmış numunesinin SEM görüntüsünü içermektedir. Şekil 3.9c, Şekil 3.9b nin EDS analiz alınmış bölgelerini ve Şekil 3.10 da bu bölgelerden alınan pikleri göstermektedir. Tablo 3.4 de verilen element analizinden de anlaşılacağı gibi martensit fazı olarak değerlendirilen EDS Spot 1 analizi Cu ve S oranı açısından diğer bölgelerden yüksek çıkmaktadır.

Bu çalışmada 41Cr4 çeliğinin ham numunelerine (ısıtıl işlem görmemiş) ait metal mikroskobu görüntüleri Şekil 3.11a, Şekil 3.11b’de verilmiştir. 30MnB4 çeliğinin ham numunesine ait metal mikroskobu görüntüleri ise Şekil 3.12a ve Şekil 3.12b de verilmiştir. Her iki alaşım içinde martensit yapıları gözlemlenememiştir. 41Cr4 ve 30MnB4 ün ham numunelerinin morfolojilerinin birbirinden çok farklı olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 3.13a, Şekil 3.13b ve Şekil 3.13c de verilmiş olan ve 41Cr4 çeliğinin 860 °C tavllanmış numunesine ait metal mikroskobu görüntüleri malzemenin içerisinde tamamıyla martensit fazı ile dolu olduğunu göstermektedir. 30MnB4 çeliğinin 860 °C tavllanmış numunesine ait metal mikroskobu görüntüleri ise Şekil 3.14a, Şekil 3.14b, Şekil 3.14c, Şekil 3.14d ve Şekil 3.14e de verilmiştir. Her iki alaşımın tavllanmış numunelerinin birbirinden çok farklı olduğu anlaşılmaktadır.



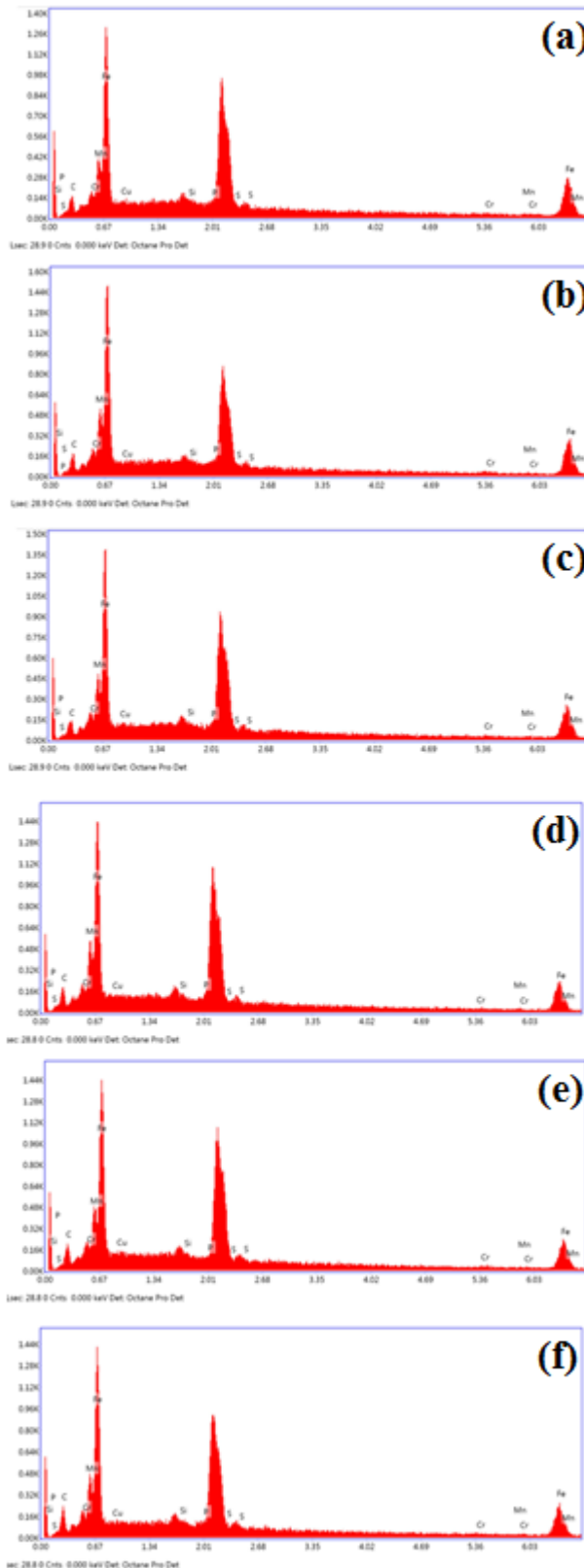
Şekil 3.6. 41Cr4 Çeliğinin Tavlama yapılmış numunesinin (41-T1) SEM görüntüsü.



Şekil 3.7. 41-T4 numunesine ait SEM görüntüsü üzerinde alınan EDS analiz

30MnB4 ve 41Cr4 çeliklerine uygulanan tavlama işleminin etkisini araştırmak için malzemeler austenit bölgesine kadar ısıtılıp yağda soğutulmuşlardır. Sonuç olarak, tavlama işlemine bağlı olarak en yüksek sertlik artış oranının 41Cr4 çeliğinde olduğu belirlenmiştir. Literatürdeki anlatılan çalışmalar incelendiğinde; civata için istenilen mukavemet sınıfının elde edilmesi amacı ile üretilen her hammadde cinsine göre istenilen sertlik değeri – mukavemet sınıfı için uygulanacak olan ısıtım işlem yönteminin ve prosesinin farklı olacağı sonucuna varılmıştır. Çelik malzemelerin kimyasal özelliklerini değiştirmeksizin, ısıtım işlemi uygulanarak malzemenin dayanımı, sünekliği ve sertliği gibi mekanik özellikler değiştirilebilmektedir (Kınıt vd., 2014).

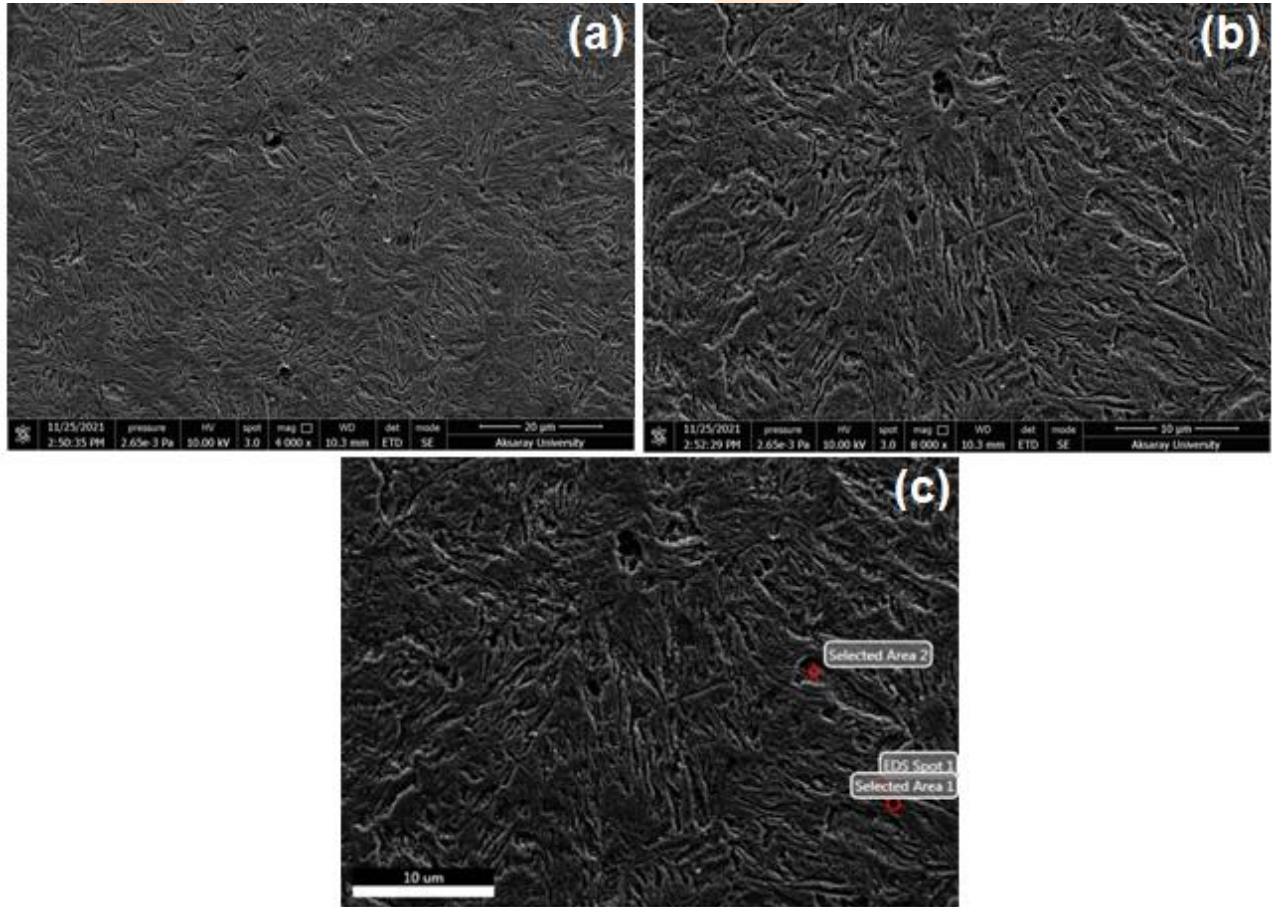
Tablo 3.3 ve Tablo 3.4 den, 860 °C de uygulanan tavlama işleminin 41Cr4 çeliğini 30MnB4 çeliğinden çok daha sert hale getirdiği anlaşılmıştır. Tavlama işlemi uygulandığında 41Cr4 çeliğinin sertliğinin yaklaşık 40 HRC arttığı, ancak 30MnB4 çeliğinin ise yaklaşık 36 HRC arttığı görülmektedir.



Şekil 3.8. 41-T4 numunesinin EDS pikleri a) Spot 1 b) Spot 2 c) Spot 3 d) Spot 4 e) Spot 5 f) Seçilmiş Alan 1.

Tablo 3.3. 41-T4 numunesinin EDS analiz pikine ait element kompozisyonu.

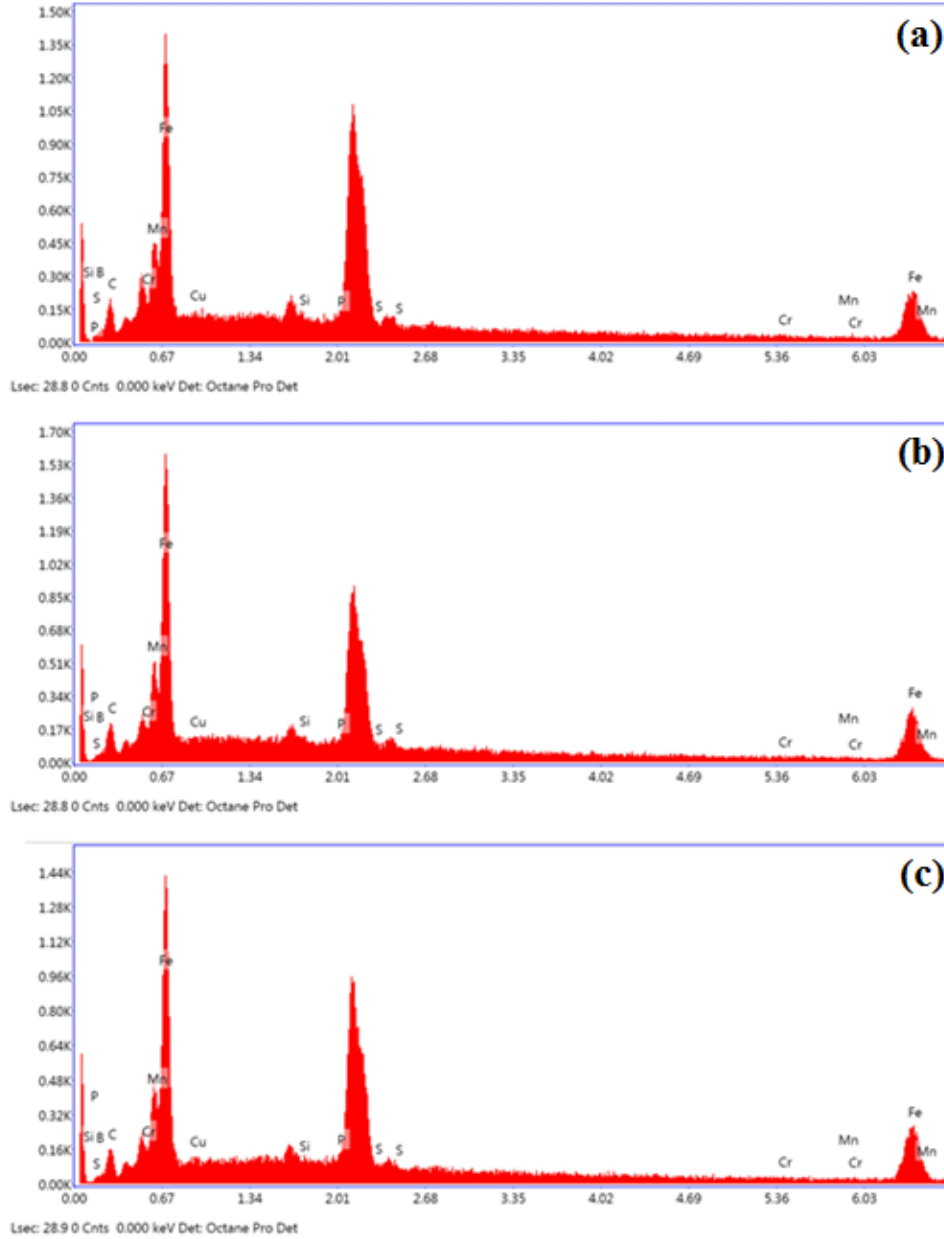
Element	EDS Spot 1		EDS Spot 2		EDS Spot 3		EDS Spot 4		EDS Spot 5		Seçilmiş Alan 1	
	Wt %	At %	Wt %	At %	Wt %	At %	Wt %	At %	Wt %	At %	Wt %	At %
C <sub>K</sub>	10.70	32.56	11.44	34.63	12.77	36.76	14.41	39.75	15.27	41.49	17.19	44.85
Fe <sub>L</sub>	56.65	37.02	63.18	41.14	62.33	38.63	59.54	35.32	57.28	33.47	58.21	32.67
Cu <sub>L</sub>	1.53	0.87	1.28	0.73	1.27	0.69	1.84	0.96	2.56	1.31	1.42	0.70
Si <sub>K</sub>	1.75	2.27	1.41	1.83	1.80	2.22	2.28	2.69	2.07	2.41	2.03	2.27
P <sub>K</sub>	7.43	8.75	6.44	7.55	8.05	8.99	8.36	8.94	7.79	8.21	8.18	8.28
S <sub>K</sub>	7.73	8.80	6.63	7.52	8.70	9.39	9.46	9.78	9.60	9.78	9.22	9.02
Cr <sub>K</sub>	7.35	5.16	6.18	4.33	3.41	2.27	2.18	1.40	3.07	1.93	2.10	1.26
Mn <sub>K</sub>	6.86	4.56	3.44	2.28	1.65	1.04	1.92	1.15	2.35	1.40	1.64	0.94



Şekil 3.9. 30MnB4 Çeliğinin Tavlanmış numunesine (30-T2) ait a ve b) SEM görüntüsü.c) EDS analizi alınmış bölgeler.



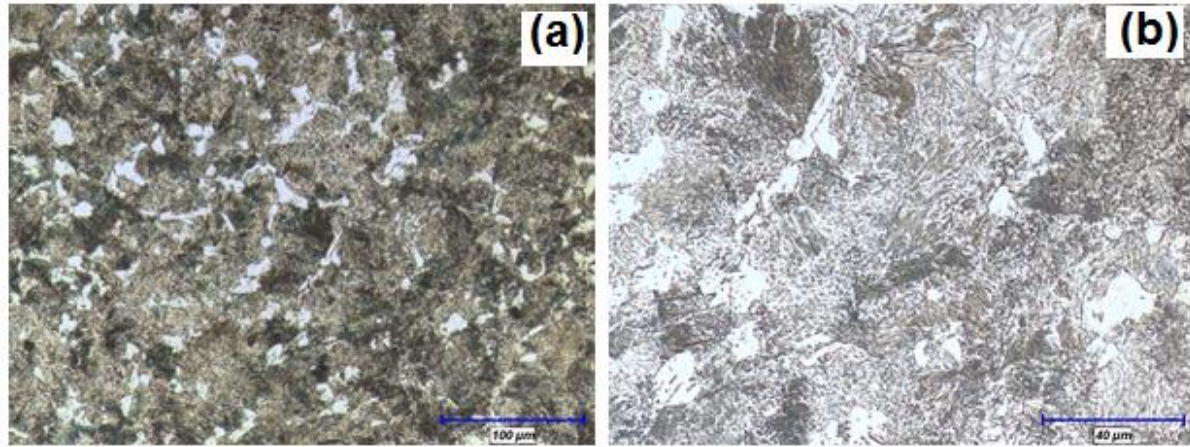
Tablo 3.3 ve Tablo 3.4 den de görüldüğü gibi tavlama işlemi ile martensitik çeliğin yapısı gevrek hale gelmiştir.



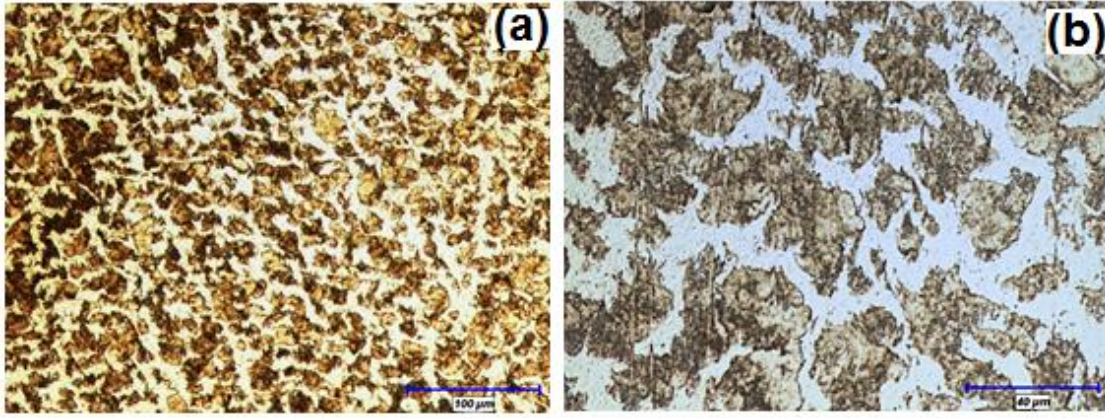
Şekil 3.10. 30MnB4 Çeliğinin tavlama yapılmış numunesine (30-T2) ait SEM pikleri a) EDS Spot 1 b) Selected Area 1 c) Selected Area 2 (Seçili Alan).

Tablo 3.4. 30-T numunesinden alınan EDS analiz pikine ait element kompozisyonu

Element	EDS Spot 1		Selected Area 1		Selected Area 2	
	Wt %	At %	Wt %	At %	Wt %	At %
B <sub>K</sub>	0.11	0.36	0.10	0.33	0.11	0.37
C <sub>K</sub>	12.74	36.44	13.22	38.26	11.75	34.72
Fe <sub>L</sub>	54.11	33.30	60.70	37.79	58.10	36.91
Cu <sub>L</sub>	1.99	1.08	1.56	0.85	1.22	0.68
Si <sub>K</sub>	1.95	2.39	1.48	1.83	1.68	2.13
P <sub>K</sub>	7.93	8.79	6.04	6.78	7.42	8.50
S <sub>K</sub>	9.36	10.03	7.27	7.89	8.07	8.93
Cr <sub>K</sub>	6.31	4.17	4.91	3.28	6.39	4.36
Mn <sub>K</sub>	5.50	3.44	4.72	2.99	5.26	3.40

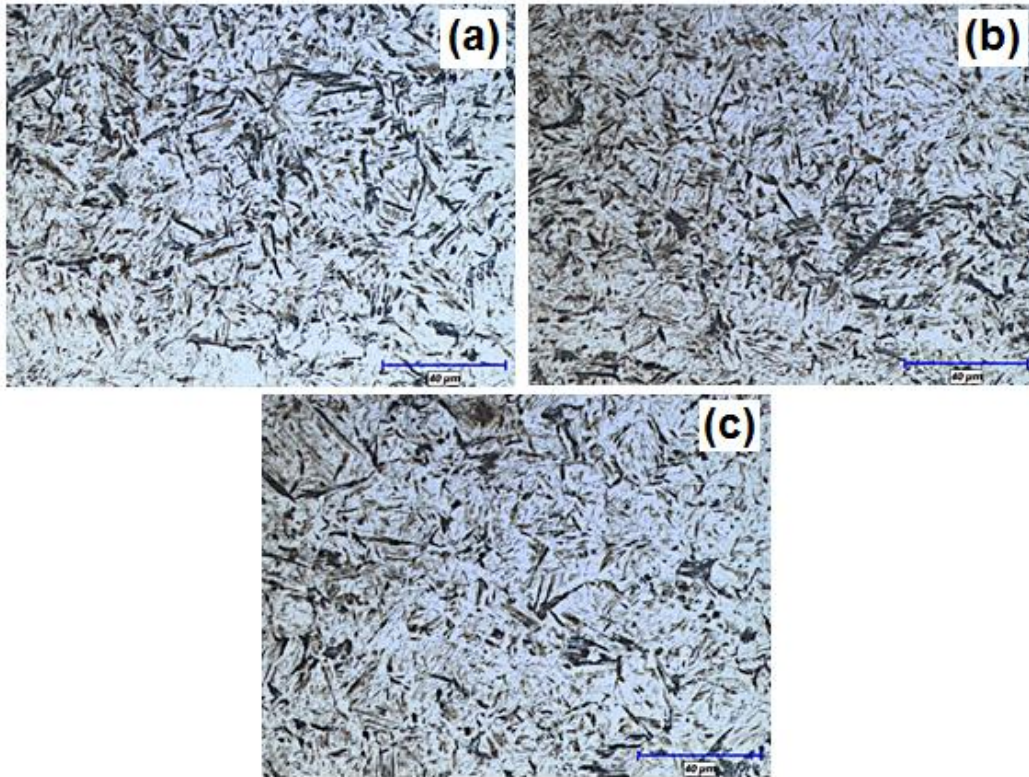


Şekil 3.11. 41-H numunesine ait metal mikroskobü görüntüsü a) (X20), b) (X50).

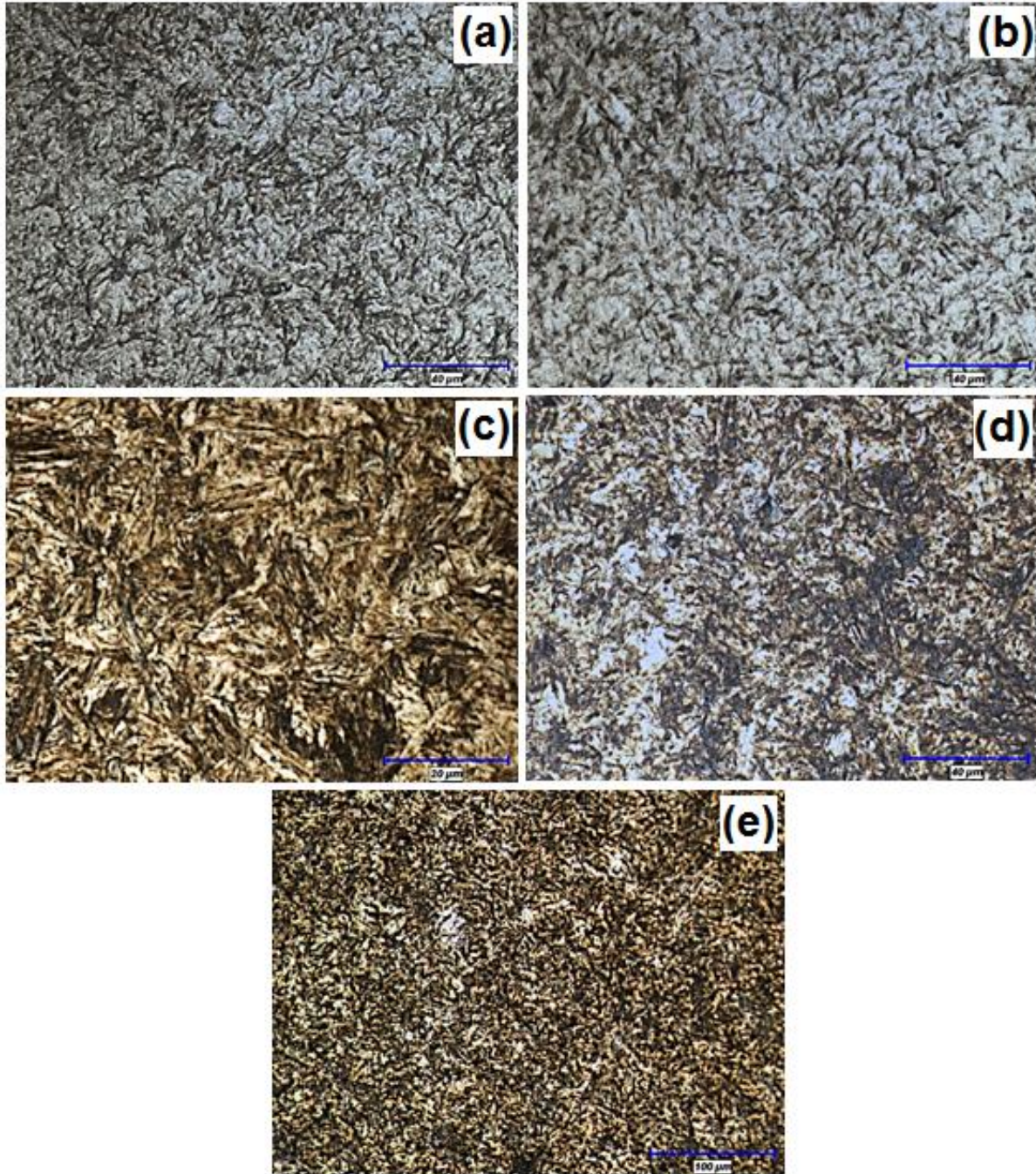


Şekil 3.12. 30-H numunesine ait metal mikroskobu görüntüsü a) (X20), b) (X50).

860 °C tavllanmış 65 °C yağ ortamında soğutulmuş Şekil 3.13a, Şekil 3.13b ve Şekil 3.13c de verilmiş olan ve 41Cr4 çeliği ile Şekil 3.14a, Şekil 3.14b, Şekil 3.14c, Şekil 3.14d ve Şekil 3.14e de 30MnB4 çeliğinin Yapılan metal mikroskobu görüntüleri incelemelerinde malzemenin içerisinde yoğun martensit fazı olduğunu göstermektedir. Her iki alaşımın tavllanmış numunelerinin metal mikroskobu görüntülerinin birbirinden çok farklı olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.13. 41Cr4 Çeliği 860 °C tavllanmış numunesine ait metal mikroskobu görüntüsü (X50). a) 41T1, b)41-T2, c)41-T3



**Şekil 3.14.** 30MnB4 Çeliği 860 °C tavllanmış numunesine ait metal mikroskobu görüntüsü a) ve b) (X50) c) (X100) d) (X50) e) (X20).

**Tablo 3.5.** 41Cr4 Çeliğine ait numunelerden alınan HRC değerleri ve ortalamaları

	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ortalama
Ham Numune	12.3	13.7	11.1	10.8	13.9	12.36
Tavlama (860 °C)	50.4	51.3	52.2	50.9	52.6	51.48

**Tablo 3.6.** 30MnB4 çeliğine ait numunelerden alınan HRC değerleri ve ortalamaları

	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ortalama
Ham Numune	12.1	13.6	12.4	13.1	13.5	12.94
Tavlama (860 °C)	47.9	49.3	50.7	48.7	50.1	49.34

#### 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Civata için istenilen mukavemet sınıfının elde edilmesi amacı ile üretilen her hammadde cinsine göre istenilen sertlik değeri–mukavemet sınıfı için uygulanacak olan ısıtma işlem yönteminin ve prosesinin farklı olması gerekir. Çelik malzemelerin kimyasal özelliklerini değiştirmeksizin, ısıtma işlem uygulanarak malzemenin dayanımı, sünekliği ve sertliği gibi mekanik özellikler değiştirilebilmektedir (Kınıt vd., 2014). Soğutma ortamının ve ısıtma sürelerinin 30MnB4 çeliğinin mikroyapısı ve özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiş ve sonuçlar, su verme işlemi kullanılarak ısıtma işlem görmüş 30MnB4 çeliğinin martensitik bir mikro yapı içermesi sebebiyle çok iyi mekanik özellikler sergilediğini göstermiştir. Tüm mikrograflardan anlaşılacağı gibi malzemelerin temperlenmiş hali martensit plakalarını içermektedir. Bor içeren 30MnB4 te martensit morfolojisinin bor içermeyen 41Cr4 e göre daha farklı olduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak, tavlama işlemine bağlı olarak en yüksek sertlik artış oranının 41Cr4 çeliğinde olduğu belirlenmiştir. 860 °C de uygulanan tavlama işleminin 41Cr4 çeliğini 30MnB4 çeliğinden çok daha sert hale getirdiği anlaşılmıştır. Tavlama işlemi uygulandığında 41Cr4 çeliğinin sertliğinin yaklaşık 40 HRC arttığı, ancak 30MnB4 çeliğinin sertliğinin ise yaklaşık 36 HRC arttığı görülmektedir.

**Bilgilendirme:** Bu çalışma, Aksaray Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2022-007 Numaralı, DIN 41Cr4 VE 30MnB4 Çeliklerinde Menevişleme İşleminin Etkisinin İncelenmesi adlı Proje Desteği ile finanse edilmiştir.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## KAYNAKLAR

- Bayrak M., Ozturk F., Demirezen M. ve Evis Z Analysis of tempering treatment on material properties of DIN 41Cr4 and DIN 42CrMo4 steels, JMEPEG (2007) 16: 597–600
- Bickford J. H. (1998). Handbook of bolts and bolted joints, ISBN 9780824799779, Published April 28, 1998, CRC Press
- Bobylev M. V. (2002). Quenching of rolled shapes of low-carbon steel from the intercritical range: an effective method for manufacturing high-strength fasteners, Metal Sci. Heat Treat., **44**, No. 1, 63
- Gandy D. (2007). Carbon steel handbook. California, USA: EPRI, Palo Alto, ss.1-2.
- Güler H., Ozcan R., Yaunz N. (2007). Comparison of the mechanical and microstructural properties of heat-treated boron steel in different cooling media. [J] Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, Volume 45, Issue 10 p. 894-899
- Ivanov S. I., Trofimov N. G., E. I. Freidin É. I. (1983). et al., Residual stresses and fatigue strength of screw joints Strength Mater., 15, No. 12, 1669–1670
- Kam M. ve Saruhan H. (2016). Derin kriyojenik işlemin farklı bekletme sürelerinin AISI 4140 (42CrMo4) çeliğin mekanik özelliklerine etkisi,” Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, c. 6, s. 3, ss. 553-564,
- Kınıt U., Bozca V., Palabıyık İ.M., Sevinç A. ve Büyükalgan Ü. H. (2014). Investigation of heat treatment effect on mechanical properties of high strength steel bolt material L. Ševčík et al. (eds.), Modern Methods of Construction Design, 89 Lecture Notes in Mechanical Engineering, DOI: 10.1007/978-3-319-05203-8\_13,
- Klyachkin N. L. (1988). Problems of the strength of group threaded joints in relation to the nonuniform distribution of the bolt tightening forces,” Strength Mater., 20, No. 9, 1259–1267
- Satanovskii L. G. (1979). Heat treatment of fasteners in production lines (from foreign technology),” Metal Sci. Heat Treat., 21, No. 5, 346–349
- Xinbo L., Fubao Z., Jianhua F. and Zhiliang Z. (2002). Research on the flow stress characteristics of AISI 1006 and AISI 5140 in the temperature range of warm forging by means of thermo-mechanical experiments, J. Mater. Process. Technol., 122, p 38–44

## Türkiye'nin Bazı Sebzelerin Tarımdaki Üretimi, İthalat, İhracat Miktarları ve Gelecek Değerlendirilmesi ve Öneriler

İsmail GÜVENÇ<sup>1</sup>  
Onur KARABULUT<sup>2</sup>  
Derya BAŞAK<sup>3</sup>

### ÖZET

Sebzeler zengin besin içerikleriyle insan beslenmesindeki önemi ve endüstride farklı kullanım alanlarıyla Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. FAO verilerine göre Türkiye dünya sebze üretiminde Çin, Hindistan ve ABD'den sonra 4. Sırada yer almaktadır. Türkiye'de sebze tarımı sahip olduğu ekolojile tarlada ve örtü altında yapılabilmektedir. Türkiye'de sebze üretimi son 10 yılda bazı sebzelerde %55'e yaklaşan büyüme oranlarına ulaşmıştır. Üretim miktarı olarak bakıldığında ilk 3 sırada domates (sofralık, salçalık), karpuz ve kuru soğan yer almaktadır.

Açık tarla sebzeçiliği, ülkemizin tüm bölgelerinde küçük aile işletmeleri şeklindeki alanlarda ya da büyük şirket tarlalarında yapılırken, örtü altı yetiştiriciliğinde üretim, basit alçak veya yüksek yapılar altında gerçekleştirilir ve çok büyük oranda sofralık tüketime yöneliktir. Sebze tarımı yapılırken tür ve çeşit seçimi, yerel iklim koşulları, yetiştirme dönemi, tüketici tercihleri, hastalık ve zararlılara dayanıklılık gibi birçok faktör etkilidir.

**Anahtar Kelimeler:** Sebze Üretimi, İthalat, İhracat, Üretim, Verim

<sup>1</sup> Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bahçe Bitkileri, 0000-0002-4686-9487

<sup>2</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bahçe Bitkileri, 0000-0001-6479-2447

<sup>3</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bahçe Bitkileri, 0000-0001-5556-2033

## 1.Giriş

Sebzeçilik sektörü, birim alandan elde edilen gelirin diğer bazı tarım kollarına göre daha fazla olması, endüstri sebzeçiliğinin öneminin artması, üretim teknolojisine uyum sağlayabilmesi ve Dünya’da tüketim talebi olan yeni sebze tür ve çeşitlerin ortaya çıkmasıyla 1980’li yıllardan itibaren farklı bir boyut kazanmıştır. Sebze tüketimine olan iç ve dış talebin artışı, farklı sektörlerdeki sanayicilerin sebzeçilik sektörüne yaptıkları yatırımlarla aile sebzeçiliği modelinden modern sebzeçilik modeline geçmiştir (Açıkgöz vd., 2018: 2-3).

FAO verilerine göre, Dünya sebze üretiminde Çin 554 milyon ton ile ilk sırada yer alırken Hindistan 127 milyon ton ile 2. sırada ABD 30,8 milyon ton ile 3. sırada yer almaktadır. Türkiye ise üretimde 4. Sırada (FAO, 2022).

Türkiye sebze tarımında, üretim için uygun ekolojik koşulların varlığı, zengin biyoçeşitliliği, yıl boyu taze sebze üretimi yapma olanağı, sebze çeşit geliştirme ile tohum ve fide üretim teknolojisindeki olumlu gelişmeler, kontrollü üretim sistemlerine olan talep, işlenmiş sebze ve sebze ürünlerine ilgi ile üretici ve tüketicinin yeni sebze türlerini benimsemesi ülkemizin güçlü yönlerindedir. Bu güçlü yönlerinin doğru değerlendirilmesi sebze üretimindeki verim ve kalite özelliklerinde önemli artış sağlayacak ve diğer rakip ülkelerle olan rekabet gücünü artıracaktır (Duman vd., 2020: 177)

Bu araştırma ve değerlendirmede Türkiye’nin bazı sebzelerin tarımdaki üretimi, ithalat, ihracat miktarları ve gelecek değerlendirilmesi ve önerileri yer almaktadır. Çalışmamızın amacı Türkiye’nin zaman içerisinde değişen üretim, ithalat, ihracat değerlerini gözlemleyerek gelecek değerlendirmesi için öneriler sunmaktır. Çalışmamızın önemi çiftçimizin ülke tarımındaki etkisini görebilmesi ve iç ve dış pazarda satış faaliyetlerinde etkili olabilmesidir. Referans olarak Prof. Dr. İsmail GÜVENÇ ve Prof. Dr. Sait ENGİNDENİZ alınmıştır.

## 2.Yöntem

Türkçe ve İngilizce kaynaklar taranarak yapılan araştırmalar çerçevesinde öneriler sunulmuştur.

## 3.Türkiye’de Sebze Üretimindeki Gelişmeler

Türkiye, Dünya sebze üretiminde Çin, Hindistan ve ABD’den sonra 4. sırada yer almaktadır. TÜİK verilerine göre Türkiye sebze üretimi 2021 yılında bir önceki yıla göre %1,8 artarak yaklaşık 31,8 milyon ton oldu. Ülkemizde 50’nin üzerinde sebze türü yetiştirilebilirken bunlara ek olarak egzotik bazı sebze türlerinin de ülkemizde üretilme şansı bulunabilmektedir (Açıkgöz, 2012: 64-70). Dolayısıyla Türkiye’nin sahip olduğu iklim çeşitliliği ve coğrafi koşulları sayesinde birçok sebze tür ve çeşidi yetiştirilebilmektedir. Türkiye’de sebze tarımı açıkta, tarlada ve örtü altında yapılmaktadır.

Tablo 1’de son 10 yılda Türkiye’de toplam tarım, sebze alanları ve üretim miktarları verilmiştir. Tablo incelendiğinde 2012 toplam tarım alanı 38,399 bin ha iken 2021 yılında %0,8 azalarak 38,089 bin ha olduğu görülmüştür. Toplam sebze bahçeleri alanı 2012 yılında 827 bin ha iken 2021 yılında %8,7 azalarak 755 bin ha olduğu, sebze üretiminin ise 2012 yılında 27 milyon 820 ton iken 2021 yılında %14,14 artarak 31 milyon 753 ton olduğu görülmektedir. Sebze üretim alanı 2021 yılı verilerine göre 755 bin ha alanıyla toplam tarım alanları içerisinde %1,98’lik bir paya sahiptir.



**Tablo 1.** Türkiye’de toplam tarım, sebze alanlarının ve üretiminin yıllara göre değişimi

Yıl	Toplam Tarım Alanı (1000 ha)	Sebze Bahçeleri Alanı (1000 ha)	Sebze Üretimi (ton)
2012	38.399	827	27.820.207
2013	38.423	808	28.448.218
2014	38.558	804	28.487.476
2015	38.551	808	29.552.290
2016	38.328	804	30.266.897
2017	37.964	798	30.869.967
2018	37.797	784	30.032.727
2019	37.716	790	31.089.644
2020	37.762	779	31.177.124
2021	38.089	755	31.753.466

Kaynak: TÜİK

Tablo 2’de Türkiye’de toplam sebze ihracat ve ithalatının son 10 yılda değişimi verilmiştir. Tablo incelendiğinde ithalat ve ihracat miktarının yıllara göre artan bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Buna göre sebze ihracat miktarı 2011 yılında 1 milyon 627 ton iken 2020 yılında %78 artarak 2 milyon 896 ton olmuştur. İthalat miktarı ise 2011 yılında 200,139 ton iken %22,9 azalarak 2020 yılında 154,312 ton olmuştur.

**Tablo 2.** Türkiye’de Toplam Sebze İhracat ve İthalatının Yıllara Göre Değişimi

Yıl	İhracat (ton)	İthalat (ton)
2011	1.627.366	200.139
2012	1.609.951	54.336
2013	1.784.816	78.360
2014	1.705.222	79.368
2015	1.779.047	69.357
2016	1.792.265	82.686
2017	1.844.824	120.573
2018	1.792.124	158.243
2019	1.980.305	101.110
2020	2.896.619	154.312

2011-2021 yılları arasında sebze türlerine ve ürün gruplarına göre üretim alan ve miktarı Tablo 3’te verilmiştir. Türkiye’de yetiştirilen sebze üretim alanları ele alındığında en fazla üretim alanına sahip olan sebze türleri sırasıyla domates, kabak, biber ve karpuzdur. Sebze üretim miktarı olarak ise Türkiye’de sırasıyla en çok üretilen sebzeler domates, karpuz, biber, soğan, hıyar ve kavundur (Tablo

3). TÜİK verilerine göre 2021 yılında sebze ürünleri alt gruplarından kök ve yumru sebzelerin üretimi %6,9 artarken kuru soğan üretimi %9,6 kuru sarımsak üretimi ise %13,5 arttı. Meyvesi için yetiştirilen sebzelerin üretimi 2021 yılında önceki yıla göre %0,9 arttı. Bu grupta bulunan biber üretimi %11,9 hıyar %0,2 artarken domates üretimi %0,8 azaldı. Yaprığı yenen sebzelerden beyaz lahana üretimi %0,6 artarken ıspanak üretimi %5,7 azaldı (TÜİK, 2021).

Tablo 3'te verilen 39 türün 9 adeti meyvesi yenilen, 12 adeti yaprağı yenen, 5 adeti baklagil sebzeleri, 4 adeti soğan ve sürgünleri yenen, 3 adeti çiçek veya çiçek tablası yenen ve 5 adeti kökleri yenen sebze türlerine aittir. Türkiye'de en fazla üretilen sebze türleri meyvesi yenen sebzelerdir ve toplam sebze üretiminin %78'ini oluştururken bunu %10 ile soğan ve sürgünleri yenen sebzeler takip etmektedir. Sebze türü olarak baktığımızda ise domates, biber, hıyar, karpuz ve kavun en çok üretilen türler arasındadır. Toplam sebze üretiminin %41'ini 13,09 milyon ton üretim ile domates oluştururken, %11'ini 3,4 milyon ton üretim ile karpuz, %10'unu 3,09 milyon ton üretim ile biber oluşturmaktadır (Tablo 3, Şekil 1).

**Tablo 3.** Sebze Üretim ve Alanının Ürün Grupları ve Tür Bazında Yıllara Göre Değişimi

Sebze Türleri	YIL											
	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)
Meyvesi yenen sebzeler	21565251	5717665	22136523	5813493	22636298	5815016	22779281	5760685	23702083	5827413	24062334	5771531
Bamya	36662	75450	36001	73763	33545	70161	33103	64707	30574	58179	29529	56047
Biber	1975269	765534	2042360	787076	2159348	787583	2232308	789738	2307456	792617	2457822	815632
Domates	11003433	1810182	1135000	1892022	1182000	1891222	1185000	1830290	1261500	1871637	1260000	1806873
Hıyar	1749174	387971	1741878	383134	1754613	381725	1780472	382283	1822636	378105	1811681	369250
Karpuz	3864489	979644	4022296	977322	3887324	979458	3885617	954627	3918558	935458	3928892	919927
Kavun	1647988	800794	1688687	796417	1699550	787687	1707302	791488	1719620	790524	1854356	786632
Kabak	443200	630017	428130	639863	424371	650557	429861	685706	449898	747822	489999	764458
Patlıcan	821770	253295	799285	246638	826941	248619	827380	242919	805259	234210	854049	232963



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Acur	23266	147 78	27886	172 58	30606	180 04	33238	189 27	33082	188 61	36006	197 49
<b>Baklagil Sebzeleri</b>	<b>85953 5</b>	<b>799 379</b>	<b>86816 6</b>	<b>799 405</b>	<b>87818 0</b>	<b>778 217</b>	<b>87965 4</b>	<b>766 201</b>	<b>88658 0</b>	<b>760 985</b>	<b>89272 6</b>	<b>752 781</b>
Fasulye	61494 8	528 931	62103 6	528 506	63230 1	506 619	63846 9	501 767	64083 6	501 218	63853 2	495 639
Bezelye	10378 7	107 121	10195 9	107 230	10754 9	114 790	10527 9	111 759	11263 8	112 748	11264 3	110 184
Börülce	19967	236 74	20566	249 34	21336	255 91	19353	229 07	18043	220 28	18108	216 12
Bakla	41962	513 17	40471	496 17	40243	500 08	39502	485 90	35359	414 08	35081	399 33
Barbunya	78871	883 36	84134	891 18	76751	812 09	77051	811 78	79704	835 83	88362	854 13
<b>Çiçek veya çiçek tablası yenen sebzeler</b>	<b>22467 0</b>	<b>1123 58</b>	<b>23207 7</b>	<b>1148 39</b>	<b>22765 9</b>	<b>1162 18</b>	<b>23672 5</b>	<b>120 315</b>	<b>26132 0</b>	<b>127 286</b>	<b>28669 8</b>	<b>137 437</b>
Karnabahar	16213 4	694 89	16909 7	715 49	15899 6	699 50	16133 1	705 87	18226 6	760 82	19524 8	800 57
Brokoli	29076	172 20	30807	180 65	34649	196 08	40818	229 26	46353	254 81	55082	290 26
Enginar	33460	256 49	32173	252 25	34014	266 60	34576	268 02	32701	257 23	36368	283 54
<b>Soğan ve sürgünleri yenen sebzeler</b>	<b>26421 18</b>	<b>957 966</b>	<b>22213 52</b>	<b>104 497 2</b>	<b>24137 50</b>	<b>924 770</b>	<b>22777 15</b>	<b>901 329</b>	<b>23718 49</b>	<b>876 862</b>	<b>26175 25</b>	<b>9121 90</b>
Sarımsak	10064 8	111 420	10520 1	138 642	11496 7	125 692	11608 9	127 230	11922 3	128 936	13514 8	141 362
Soğan	22951 96	759 554	18867 85	819 835	20583 24	712 951	19382 55	694 299	20208 80	667 825	22550 60	691 998
Pırasa	24614 4	865 64	22935 9	864 77	24039 1	859 34	22330 3	796 07	23167 8	799 08	22717 2	784 14
Kuşkonmaz	130	428	7	18	68	193	68	193	68	193	145	416
<b>Kökleri yenen sebzeler</b>	<b>78363 4</b>	<b>195 323</b>	<b>88684 8</b>	<b>2116 25</b>	<b>77359 4</b>	<b>186 804</b>	<b>77442 6</b>	<b>180 539</b>	<b>75945 9</b>	<b>1781 76</b>	<b>78243 0</b>	<b>178 898</b>
Havuç	60207 8	122 458	71428 0	141 695	56985 5	108 643	55797 7	104 404	53498 8	101 003	55473 6	101 080



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Turp	15758 8	621 82	14644 2	582 62	17825 0	668 55	19298 8	651 69	20024 9	663 23	19928 8	657 12
Kök kereviz	14659 0	741 0	17049	845 5	16265	806 6	14791	787 1	15801	781 6	18981	882 8
Şalgam	1494	715	1537	753	1938	868	1509	714	1393	650	1651	756
Kırmızı pancar	7815	255 8	7540	246 0	7286	237 2	7161	238 1	7028	238 4	7774	252 2
<b>Yaprakları yenen sebzeler</b>	<b>14657 25</b>	<b>726 900</b>	<b>14677 29</b>	<b>730 053</b>	<b>15108 13</b>	<b>733 158</b>	<b>15319 83</b>	<b>718 860</b>	<b>15634 50</b>	<b>709 757</b>	<b>16170 02</b>	<b>716 672</b>
Ispanak	22163 2	187 027	22222 5	184 899	22027 4	181 372	20767 6	171 145	20840 3	165 789	21099 9	161 510
Beyaz lahana	49807 3	149 413	48151 1	146 006	49686 4	146 855	49261 0	140 133	51434 4	142 229	52497 6	142 753
Kırmızı Lahana	12182 4	422 09	13323 4	451 24	13832 9	451 40	16406 9	488 43	17867 9	493 84	18682 6	509 47
Kara Yaprak Lahana	88466	648 07	85023	650 20	83246	634 25	73643	591 94	71118	567 32	71018	553 39
Brüksel Lahanası	1693	109 4	1697	111 3	1818	115 3	2759	166 0	2534	149 3	3151	182 0
Marul	42425 2	211 429	41906 6	210 539	43678 5	213 239	45148 5	215 257	44749 2	211 977	47844 2	221 516
Maydanoz	54956	454 01	56614	486 81	57619	498 56	58351	502 60	57728	496 41	58190	492 96
Nane	12160	110 41	12598	104 69	14143	106 46	14700	106 52	14945	105 77	15550	109 21
Tere	2750	357 5	4476	444 7	7371	605 1	8732	635 9	9236	665 3	6985	596 5
Roka	4524	448 1	7689	643 4	8962	718 1	8791	698 1	9110	701 7	10185	830 3
Dereotu	2836	297 7	2901	325 9	3806	416 7	4603	482 4	4488	477 7	4589	476 3
Semizotu	5501	344 6	6945	406 2	7102	407 3	5797	355 2	5878	348 8	5819	353 9
Mantar	27058		33750		34494		38767		39495		40272	

Sebze Türleri	YIL									
	2017		2018		2019		2020		2021	
	Üretim( ton)	Alan( da)	Üretim( ton)	Alan( da)	Üretim( ton)	Alan( da)	Üretim( ton)	Alan( da)	Üretim( ton)	Alan( da)
<b>Meyvesi yenen sebze ler</b>	<b>24545629</b>	<b>5698079</b>	<b>23863166</b>	<b>5584672</b>	<b>24519583</b>	<b>5553409</b>	<b>24558340</b>	<b>5451776</b>	<b>24860295</b>	<b>5440106</b>
Bamya	28536	51827	29111	51580	31428	51557	40654	53587	32423	48210
Biber	2608172	805166	2554974	786524	2625669	792674	2636905	777862	3091295	802389
Domates	12750000	1774741	12150000	1694837	12841990	1734214	13204015	1744372	13095258	1652035
Hıyar	1827782	357595	1848273	356.583	1916645	360182	1886239	337839	1890160	334603
Karpuz	4011313	904884	4031174	863610	3870515	833657	3491554	740345	3468717	729485
Kavun	1813422	774106	1753942	735176	1777059	721758	1724856	690904	1638638	668753
Kabak	580624	792863	616777	873708	590414	840560	698051	900370	771651	1008526
Patlıcan	883917	214472	836284	199292	822659	193067	835422	182739	832938	172851
Acur	41863	22425	42631	23362	43204	25740	40644	23758	39215	23254
<b>Baklagi l Sebze ler i</b>	<b>884798</b>	<b>740803</b>	<b>832895</b>	<b>694774</b>	<b>842622</b>	<b>696858</b>	<b>815046</b>	<b>688914</b>	<b>753889</b>	<b>642409</b>
Fasulye	630347	489392	580949	455263	596074	453262	547349	415111	510366	395035
Bezelye	107124	101660	107344	97433	98200	100305	108492	114270	111625	116468
Börülce	17414	20618	17657	20327	18420	20407	16781	18168	14491	17582
Bakla	37511	39537	38921	40484	40068	42526	54317	62519	41162	43244
Barbunya	92402	89596	88024	81267	89860	80358	88107	78846	76245	70080

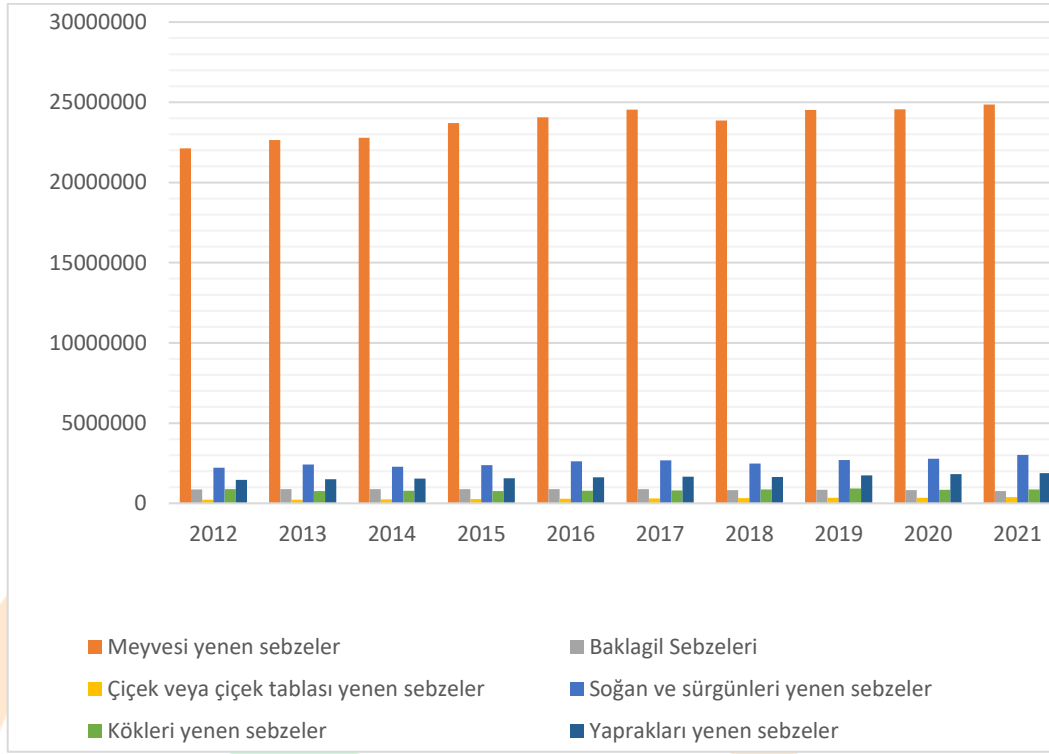
Çiçek veya çiçek tablası yenen sebzeler	304246	143662	334220	156347	354347	161386	350671	163066	379445	169995
Karnabahar	199710	80897	225151	88823	234356	91032	216334	88840	234717	91201
Brokoli	66105	33204	69592	37950	80920	41622	95057	46645	104614	50607
Enginar	38431	29561	39477	29574	39071	28732	39280	27581	40114	28187
Soğan ve sürgünleri yenen sebzeler	2671454	890235	2469883	845678	2702930	917068	2780974	978606	3019604	996903
Sarımsak	148133	152417	143207	153976	126447	143087	145392	146203	179071	158770
Soğan	2314904	664311	2073549	613435	2342257	698063	2409023	760216	2626185	769669
Pırasa	208239	72989	252958	77779	234052	75419	225480	70958	213192	67073
Kuşkonmaz	178	518	169	488	174	499	1079	1229	1156	1391
Kökleri yenen sebzeler	798942	186592	871073	201464	918326	205273	845811	188673	856454	182270
Havuç	569533	108489	642837	123478	663882	125772	588778	109890	590483	100686
Turp	198701	65248	196984	64767	218816	64894	223394	65674	228766	67074
Kök kereviz	21387	9599	21603	9511	23323	9739	23159	9437	24402	10503
Şalgam	1768	798	1530	691	2388	985	2599	988	2359	902
Kırmızı pancar	7553	2458	8119	3017	9917	3883	7881	2684	10444	3105



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

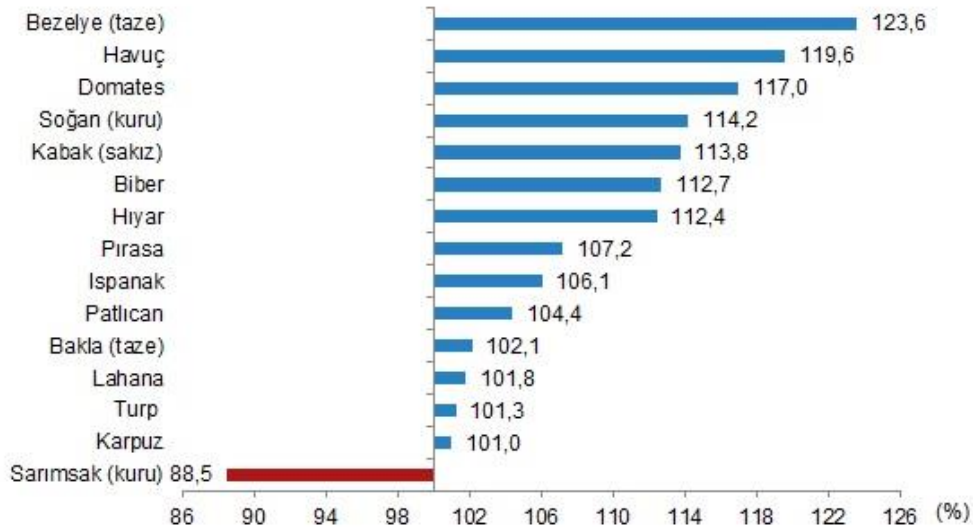
ISBN: 978-605-72864-2-0

Yapraklı yenen sebzele r	1654562	73052 1	1649756	71631 7	1741509	73820 2	1817366	74091 5	1874348	72846 3
İspanak	222177	16372 9	225174	16391 0	229793	16258 9	231515	16237 9	218355	15078 8
Beyaz lahana	520796	13759 3	516951	13249 4	567622	13711 4	594143	13640 0	597910	13211 5
Kırmızı Lahana	188316	51890	187948	51190	192219	52266	198516	49585	200472	49317
Kara Yaprak Lahana	66605	53228	57034	49752	56726	48502	56100	47544	59043	49400
Brüksel Lahanası	3170	1764	3343	1927	3100	1574	2889	1505	2698	1417
Marul	490423	22055 8	487543	21461 9	499766	21586 1	520151	21820 8	540569	21135 2
Maydan öz	80304	66287	78961	64268	92954	75562	97760	76497	108604	77957
Nane	14213	10520	14511	10134	16011	12650	23471	13110	26438	14256
Tere	5993	6185	6517	6556	6629	6576	8352	7799	8785	6975
Roka	9334	8212	12930	10381	13654	12389	15045	14326	27350	18155
Dereotu	7208	7387	8318	8573	8740	10431	8267	10078	10432	12013
Semizot u	5149	3168	4382	2513	4931	2688	5702	2724	12232	3823
Mantar	40874		46144		49364		55455	760	61460	895



Şekil 1. 2012-2021 yılları sebze üretiminin sebzelerin Tüketilen Kısımlarına Göre Dağılımı (ton)

TÜİK'e göre sebze ürünleri toplamı için 2020-2021 piyasa döneminde yurt içi üretimin, yurt içi talebi karşılama derecesi %110,9 oldu. Bunun yanında sebzelerde en yüksek yeterlilik derecesi %123,6 ile taze bezelyede olurken, havuçta %119,6, domateste ise %117 olarak gerçekleşti (Şekil 2) (TÜİK, 2021).



Kaynak: TÜİK



## Şekil 2. Seçilmiş sebze ürünlerinde yeterlilik dereceleri, 2020-2021

Türkiye örtü altı üretim alanına bakıldığında son 10 yıllık süreçte artan bir eğilim göstermektedir. Örtü altında kullanılan örtü tipi ve özelliklerinde farklılıklar görülürken toplam 854,600 da alanda üretim yapılmaktadır. Örtü altı niteliğine göre üretim alanlarına bakıldığında sırasıyla plastik sera, alçak tünel, yüksek tünel ve cam sera kullanıldığı görülmektedir (Tablo 4). Örtü altı tarımı yapılan alanlara bölge bazında bakıldığında en fazla üretimin Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde olduğu, il bazında ise en fazla üretimin Antalya, Mersin ve Adana'da olduğu görülmektedir (TÜİK, 2019). Türkiye toplam sebze örtü altı üretim miktarı ise 8,750,618 tondur. Örtü altı üretim miktarına göre bakıldığında en fazla üretimi yapılan sebzeler domates (4,406,920 ton), hıyar (1,170,041 ton) ve biber

Yıl	Toplam	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel
2011	611 451	78 878	247 962	108 910	175 701
2012	617 760	80 728	278 730	95 095	163 207
2013	615 124	80 739	278 661	97 986	157 737
2014	643 442	80 976	298 651	107 095	156 720
2015	660 265	79 977	306 074	112 674	161 541
2016	691 724	80 137	328 745	112 974	169 867
2017	752 168	85 749	355 121	119 899	191 399
2018	772 091	78 110	368 527	114 232	211 222
2019	789 604	75 495	378 670	111 038	224 400
2020	805 159	80 779	401 795	104 258	218 326
2021	854 600	76 213	464 973	100 756	212 657

(1,129,882 ton)'dir (TÜİK, 2021) (Tablo 5).

**Tablo 4.** Türkiye'de örtü altı tarım alanları (dekar)

**Tablo 5.** Sebze türlerine göre örtü altı toplam üretim (ton)

Ürünler	2012	2013	2014	2015	2016
Sebze toplamı	5 856 199	5 940 751	6 142 078	6 346 770	6 743 085
Bakla	-	-	-	-	1
Bamya	-	-	2	2	2
Bezelye	35	35	35	35	36
Biber (Dolmalık)	80 891	94 173	90 414	94 598	103 413
Biber (Salçalık, kapyra)	-	-	19 005	20 605	31 028



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Biber (Sivri)	387 459	384 171	387 006	385 548	414 058
Biber (Çarliston)	-	-	32 563	47 909	52 883
Börülce	13	18	265	15	15
Brokoli	5	5	5	5	5
Dereotu	57	74	74	75	75
Domates	3 096 349	3 200 930	3 285 570	3 394 447	3 614 472
Enginar	8	8	7	7	7
Fasulye (Taze)	34 153	42 646	46 008	39 049	45 879
Hıyar	1 028 122	1 001 940	1 030 349	1 080 213	1 077 783
Ispanak	2 599	3 186	3 179	3 872	4 068
Kabak (Sakız)	114 159	104 149	108 086	121 250	143 150
Karnabahar	3	2	-	-	-
Karpuz	661 383	640 513	653 343	679 375	701 532
Kavun	135 116	136 396	143 889	145 347	165 386
Lahana (Karayaprak)	385	463	476	463	492
Lahana (Kırmızı)	4	4	1	2	2
Lahana (Brüksel)	-	-	-	-	-
Marul (Göbekli)	16 084	17 021	16 325	16 039	18 684
Marul (Kıvırcık)	38 690	42 478	45 097	45 664	56 232
Marul (Aysberg)	7 221	7 494	7 002	7 244	7 864
Maydanoz	411	552	521	1 258	1 796
Nane	18	21	31	41	45
Patlıcan	241 969	252 396	261 874	250 311	291 314
Pazı	-	-	-	-	-
Pepino	-	100	100	100	100
Pırasa	187	186	183	148	161
Roka	2 040	2 216	2 192	2 736	2 975
Sarımsak (Taze)	23	23	24	22	9
Semizotu	3 783	4 245	3 108	3 124	2 983



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Soğan (Taze)	4 582	4 752	4 797	6 259	5 638
Tere	369	497	507	955	973
Turp (Kırmızı)	81	57	40	48	16
Turp (Beyaz)	-	-	-	4	8

Ürünler	2017	2018	2019	2020	2021
Sebze toplamı	7 383 880	7 535 511	7 814 543	7 771 766	8 750 618
Bakla	1	1	-	1	-
Bamya	2	2	2	1	1
Bezelye	56	58	65	63	49
Biber (Dolmalık)	100 514	100 253	115 797	120 378	180 792
Biber (Salçalık, kapyra)	128 974	136 242	178 086	191 615	285 304
Biber (Sivri)	394 756	382 029	367 224	261 924	533 319
Biber (Çarliston)	80 049	70 645	88 662	88 615	130 467
Börülce	13	9	9	-	-
Brokoli	5	6	6	5	29
Dereotu	111	139	137	211	592
Domates	3 829 831	3 888 555	4 083 681	4 099 129	4 406 920
Enginar	6	5	5	-	-
Fasulye (Taze)	47 936	57 421	59 293	37 535	30 469
Hıyar	1 121 625	1 134 182	1 156 997	1 120 742	1 170 041
Ispanak	3 733	3 213	3 336	3 036	3 503
Kabak (Sakız)	219 304	242 218	211 953	309 276	384 940
Karnabahar	-	-	-	-	16
Karpuz	791 277	871 845	877 505	849 150	818 350
Kavun	185 762	178 008	205 340	199 759	216 390
Lahana (Karayaprak)	493	467	545	534	902
Lahana (Kırmızı)	2	6	6	-	-
Lahana (Brüksel)	-	-	-	-	-

Marul (Göbekli)	28 888	24 510	25 654	35 749	38 834
Marul (Kıvırcık)	67 414	66 025	69 676	67 702	89 265
Marul (Aysberg)	19 001	21 591	22 258	22 435	19 173
Maydanoz	3 057	4 094	4 394	6 120	8 044
Nane	946	778	876	679	761
Patlıcan	344 620	332 742	323 009	333 974	388 969
Pazı	-	-	-	-	303
Pepino	100	-	-	24	60
Pırasa	179	193	188	203	249
Roka	4 136	6 105	6 618	7 690	20 074
Sarımsak (Taze)	9	12	13	14	33
Semizotu	3 025	2 708	3 028	3 631	10 137
Soğan (Taze)	6 067	8 789	7 375	7 234	8 291
Tere	1 930	2 612	2 762	4 294	4 297
Turp (Kırmızı)	30	30	25	25	25
Turp (Beyaz)	28	18	18	18	19

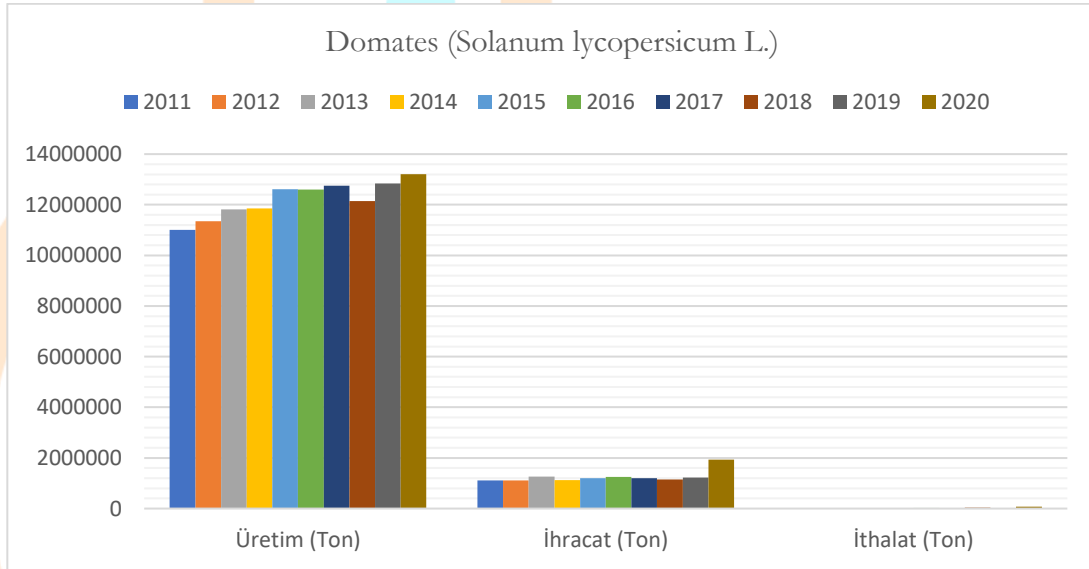
Kaynak: TÜİK

### 3.1.Domates (*Solanum lycopersicum* L.)

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), Solanaceae (Patlıcangiller) familyasına aittir. Ticari olarak dünyanın birçok bölgesinde yetiştirilmektedir ve en çok üretilen sebzelerin başında gelmektedir. FAO verilerine göre dünyada 1,1 milyar ton olan toplam sebze üretiminde domates 162 milyon ton ile %15'lik paya sahiptir. Türkiye'de 12,6 milyon tona ulaşan üretim miktarı ile toplam sebze üretimindeki payı %40'ı geçmiştir. En yoğun yetiştirildiği ve en çok tüketildiği bölgelerden birisi, Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz Havzası'dır (Abak, 2016: 8-13). Domatesin Türkiye'de kişi başı yıllık tüketim miktarı 115 kg/yıl civarındadır (Yanmaz ve ark., 2015). Domatesin kökeni Güney Amerika'nın batı sahillerindeki yüksek dağların bulunduğu bölgedir ve ilk kültüre alındığı bölgenin Meksika olduğu genel olarak kabul görmektedir, domatesin isim kökeninin ise Meksika bölgesinde yaşayan Nahuatl yerlilerinin dilinde domatesin karşılığı olan "tomatl" veya "xi-tomatl" sözcüğünden geldiği kabul edilmektedir (Rick 1976: 268-273, Philouze 1986). Kültüre alındığı tarih hakkında belirsizlik hakimdir, kesin bir ifade yoktur. Türkiye, domates üretiminde Çin, Hindistan ve ABD'den sonra dördüncü sırada bulunmaktadır.

TÜİK verilerine göre Türkiye domates üretiminde faaliyetlerini genişleterek 2011 yılından 2020 yılına kadar üretimini 1116800 tondan 1927500 tona çıkararak %19.9 büyüme göstermiş, ihracat oranında satış 1,116,800 tondan 1927500 tona çıkararak % 72.5 büyüme yaşanmış, ithalat ise 11773 tondan 75390 tona çıkarak % 540.3 artmıştır (Şekil 3, Tablo 6).

Ülkemizde domates açıkta ve örtü altında en çok üretimi yapılan türdür. Türkiye’de domates üretimi sofralık ve salçalık olarak yapılmaktadır. Son açıklanan 2021 TÜİK verilerine göre toplam Türkiye sofralık domates üretimi 8580522 tondur. Üretimde ilk 3 sırada Antalya (2794392 ton), Mersin (885738 ton) ve Muğla (627261 ton) vardır. Toplam Türkiye salçalık domates üretimi ise 4514736 tondur. Üretimde ilk 3 sırada Bursa (1146986 ton), Manisa (948972 ton) ve İzmir (897907 ton) vardır (TÜİK, 2021).



Şekil 3. Türkiye'nin 2011 ile 2020 yılları arası Domates Üretim, İthalat, İhracat değişimi-1

Tablo 6. Türkiye'nin 2011-2020 yılları arası üretim, ithalat ve ihracat değişimi

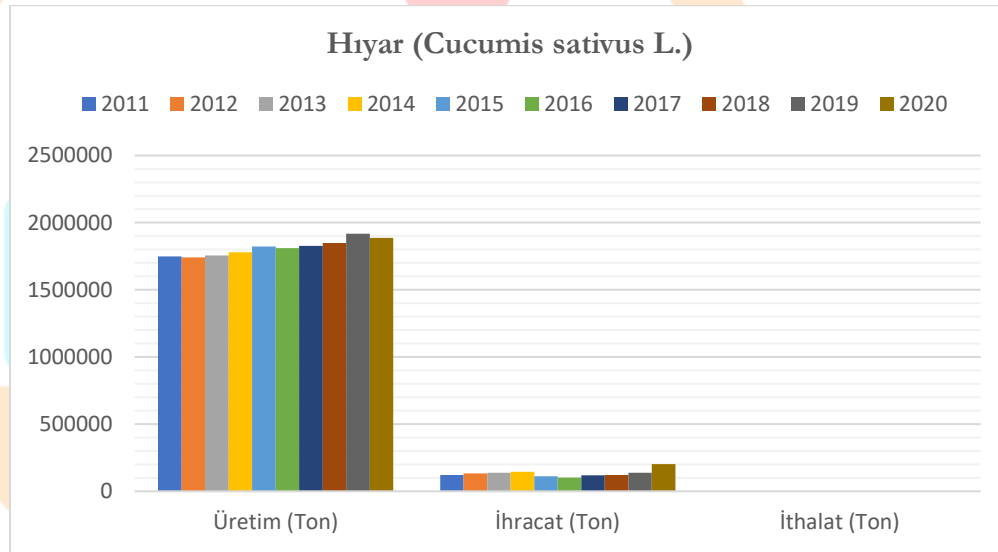
Domates	Üretim (Ton)	İhracat (Ton)	İthalat (Ton)
2011	11003433	1116800	11773
2012	11350000	1114999	11009
2013	11820000	1259287	11302
2014	11850000	1127216	9725
2015	12615000	1195050	10950
2016	12600000	1246147	20405
2017	12750000	1205511	11243
2018	12150000	1155102	34806
2019	12841990	1219985	17429
2020	13204015	1927500	75390

### 3.2.Hıyar (Cucumis sativus L.)

Hıyar (*Cucumis sativus* L.), Cucurbitaceae (Kabakgiller) familyasından olup dünyada en çok yetiştirilen dördüncü sebzedir (Nayik, 2020: 1-4). Popüler ve genel olarak yetiştirilen çeşitleri Avrupa, ABD, Kuzey Hindistan ve Çin kökenlidir (Mukherjee, 2013: 227–236). Dünya’da toplam üretimi 75,2 milyon ton ve Türkiye’nin üretimi ise 172 bin tondur (Engindeniz, 2009: 98-112). Hıyar ilk olarak Himalaya bölgesinin Sikkim ve Kumaun bölümlerinde kültüre alınmıştır (Kirkbride, 1993). Genellikle, %90’dan fazla su barındırır ve çiğ olarak salata, pişirilmiş sebze veya turşu olarak tüketilir (Sotiroudis, 2010: 61-78).

TÜİK verilerine göre Türkiye’de hıyar üretimi 2011 yılından 2020 yılına kadar 1749174 tondan 1886239 tona çıkarak %7.8 büyümeye göstermiş, ihracat oranında satış 120,603 tondan 203474 tona çıkarak % 68.7 büyümeye yaşanmış, ithalat ise 131 tondan 171 tona çıkarak % 30.5 artmıştır (Şekil 4, Tablo 7).

Türkiye’de hıyar üretim ve tüketimi sofralık ve turşuluk olarak yapılmaktadır. TÜİK verilerine göre toplam sofralık hıyar üretimi 1696520 tondur. İller bazında ise ilk 3 sırada Antalya (479061 ton), Mersin (257947 ton) ve İzmir (106413 ton) vardır. Toplam turşuluk hıyar üretimi ise 193640 tondur. İller bazında ilk 3 sırada Afyonkarahisar (56659 ton), İzmir (37176 ton) ve Manisa (34263 ton) bulunmaktadır (TÜİK, 2021).



Şekil 4. Türkiye’nin 2011 ile 2020 yılları arası Hıyar Üretim, İthalat, İhracat değişimi-2

**Tablo 7.** Türkiye'nin 2011 ile 2020 yılları arası Domates Üretim, İthalat, İhracat değişimi-2

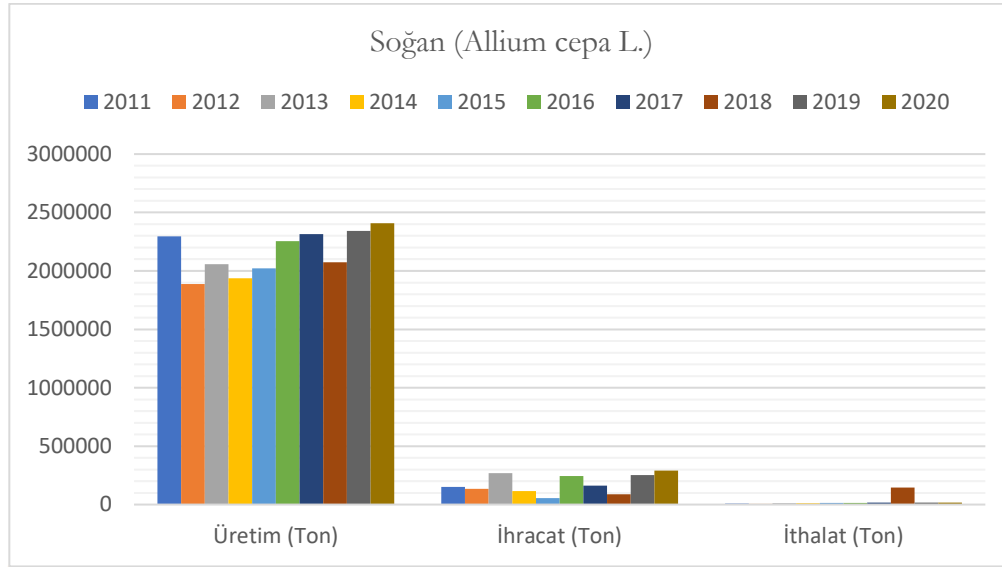
Hıyar	Üretim (Ton)	İhracat (Ton)	İthalat (Ton)
2011	1749174	120603	131
2012	1741878	134456	77
2013	1754613	137942	21
2014	1780472	144863	38
2015	1822636	112803	942
2016	1811681	101617	16
2017	1827782	119379	94
2018	1848273	120344	296
2019	1916645	137286	219
2020	1886239	203474	171

### 3.3. Soğan (*Allium cepa* L.)

Soğan (*Allium cepa* L.), Amaryllidaceae (Nergisgiller) familyasından olup, dünyanın birçok bölgesinde yetiştirilip tüketilmektedir. Cıvalı taş devrinden bu yana insanlar tarafından hastalıklara karşı koruyuculuğuna inanıldığı sebeple kullanılmaktadır. Bu uzun zaman sürecinde her zaman azımsanamayacak miktarda tüketen insanlar bulunmuştur. Bununla beraber her zaman sevmeyen ve tüketmek istemeyen insanlar da olmuştur (Koch ve Lawson, 1996: 12-24). Soğan 5000 yıldır dünyanın 175 farklı ülkesinde üretilmiştir. Eski mısırdaki evrenin simgesi olarak nitelendirilmiştir ve Romalılar sayesinde İngiltere'ye tanıtılmıştır oradan ise Avrupa ve Amerika kıtasında yayılımı gerçekleşmiştir (Burnie et al., 1999: 74).

TÜİK verilerine göre Türkiye'de soğan üretimi 2011 yılından 2020 yılına kadar 2295196 tondan 2409023 tona çıkarak %4.9 büyüme göstermiş, ihracat oranında satış 151575 tondan 289562 tona çıkarak % 91.0 büyüme yaşanmış, ithalat ise 8384 tondan 18048 tona çıkarak % 115.2 artmıştır (Şekil 5, Tablo 8).

Türkiye'de soğan kuru ve taze olarak 2 farklı şekilde üretilip tüketilmektedir. Toplam kuru soğan üretimi 2500000 tondur. En fazla üretim yapılan ilk 3 il Ankara (835269 ton), Çorum (295503 ton) ve Amasya (286078)'dir. Toplam taze soğan üretimi ise 126185 tondur. En fazla üretim yapılan ilk 3 il sırasıyla Ankara (25573 ton), Eskişehir (16125 ton) ve Mersin (5134 ton)'dir (TÜİK, 2021).



Şekil 5. Türkiye'nin 2011 ile 2020 yılları arası Soğan Üretim, İthalat, İhracat değişimi-3

Tablo 8. Türkiye'nin 2011 ile 2020 yılları arası Soğan Üretim, İthalat, İhracat değişimi-3

Soğan	Üretim (Ton)	İhracat (Ton)	İthalat (Ton)
2011	2295196	151575	8384
2012	1886785	133873	6922
2013	2058324	268141	10332
2014	1938255	115118	11275
2015	2020880	54355	13794
2016	2255060	244780	15269
2017	2314904	162515	16516
2018	2073549	86909	145333
2019	2342257	251528	17369
2020	2409023	289562	18048

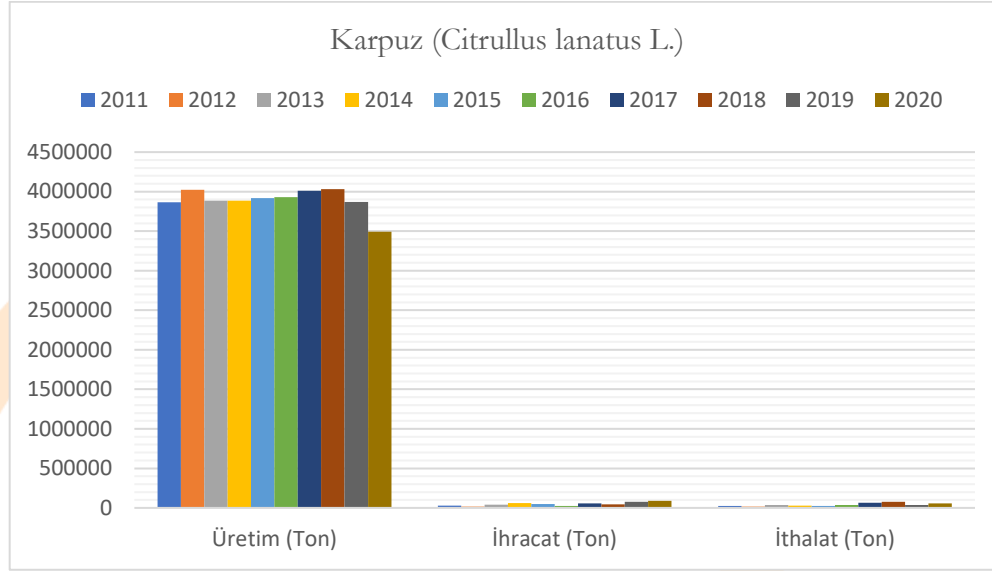
### 3.4. Karpuz (Citrullus lanatus L.)

Karpuz (*Citrullus lanatus* L.), Cucurbitaceae (Kabakgiller) familyasından olup, Afrika ve Orta Doğuda binlerce yıldır yetiştirilmektedir, Çin'de milattan sonra 900 yılından itibaren yetiştirilmiştir. Afrika'nın ticari ortaklıklarının gelişmesi ile beraber dünyaya yayılım göstermiştir. Hindistan'da milattan sonra 800 yılından itibaren yetiştirilmiştir. Avrupa'ya İspanyollar tarafından getirilmiştir ve Cordoba bölgesinde milattan sonra 961 yılında not edilmiştir. Çekirdeksiz çeşitlerin yayılımından sonra 1980'den bu yana üretimi dünyada %37 artmıştır (Wehner, 2008: 3-5).



TÜİK verilerine göre Türkiye’de karpuz üretimi 2011 yılından 2020 yılına kadar 3864489 tondan 3491554 tona azalarak % 9.6 küçülme göstermiş, ihracat oranında satış 27145 tondan 90484 tona çıkarak % 233.3 büyümeye yaşanmış, ithalat ise 23098 tondan 56601 tona çıkarak % 145.0 artmıştır (Şekil 6, Tablo 9).

2021 Toplam Türkiye karpuz üretimi 3468717 tondur. En fazla üretimi yapılan iller ise sırasıyla Adana (689212 ton), Antalya (451431 ton) ve Mersin (253357 ton)’dir (TÜİK, 2021).



**Şekil 6.** Türkiye’nin 2011 ile 2020 yılları arası Karpuz Üretim, İthalat, İhracat değişimi-4

**Tablo 9.** Türkiye’nin 2011 ile 2020 yılları arası Karpuz Üretim, İthalat, İhracat değişimi-4

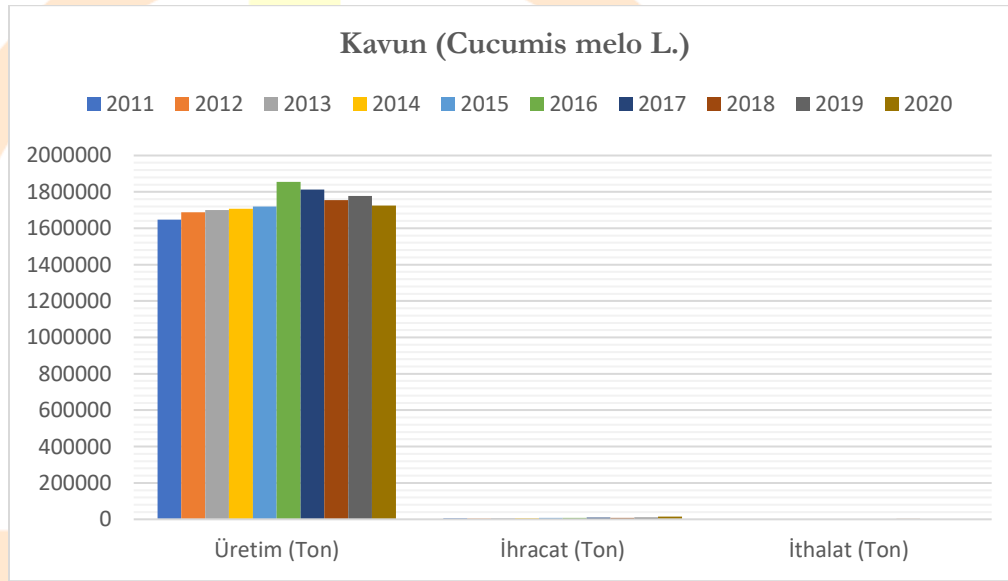
Karpuz	Üretim (Ton)	İhracat (Ton)	İthalat (Ton)
2011	3864489	27145	23098
2012	4022296	17546	16650
2013	3887324	39399	37147
2014	3885617	60865	30358
2015	3918558	47603	22744
2016	3928892	24030	35921
2017	4011313	57477	63887
2018	4031174	46395	75734
2019	3870515	76499	37371
2020	3491554	90484	56601

### 3.5.Kavun (Cucumis melo L.)

Kavun (*Cucumis melo* L.), Cucurbitaceae (Kabakgiller) familyasından olup, Doğu Afrika kökenli olduğu düşünülmektedir. 50 gramın altında meyvesi bulunan vahşi kavun çeşitleri Güney Afrika, Türkistan boyunca ve Hindistan'a uzanan şekilde görülmüştür (Pitrat, 2008). Arkeolojik bulgular, İkonografi ve metinler ele alındığında milattan önce 3000 yılında Çin'de ıslah edildiği düşünülmektedir (Li, 1969: 253-260; Watson, 1969: 397-402; Vishnu-Mittre: 3-30, 1974; Stol, 1987: 81-92; Manniche, 1989; Walters, 1989: 297-313; Decker-Walters, 1999: 98-112; Pitrat, 2008: 3-4).

TÜİK verilerine göre Türkiye'de kavun üretimi 2011 yılından 2020 yılına kadar 1647988 tondan 1724856 tona artarak %4.6 büyümeye göstermiş, ihracat oranında satış 5929 tondan 14771 tona çıkarak % 149.1 büyümeye yaşanmış, ithalat ise 349 tondan 785 tona çıkarak % 124.9 artmıştır (Şekil 7, Tablo 10).

2021 Türkiye toplam kavun üretimi 1638638 tondur. İl bazında bakıldığında ise en fazla üretim yapılan ilk 3 il Adana (196147 ton), Antalya (138403 ton) ve Konya (115212 ton)'dır (TÜİK, 2021).



Şekil 7. Türkiye'nin 2011 ile 2020 yılları arası Kavun Üretim, İthalat, İhracat değişimi-5

**Tablo 10.** Türkiye'nin 2011 ile 2020 yılları arası Kavun Üretim, İthalat, İhracat değişimi-5

Kavun	Üretim (Ton)	İhracat (Ton)	İthalat (Ton)
2011	1647988	5929	349
2012	1688687	5126	561
2013	1699550	6016	450
2014	1707302	6178	289
2015	1719620	7446	447
2016	1854356	7719	326
2017	1813422	9669	1141
2018	1753942	7476	1857
2019	1777059	9914	744
2020	1724856	14771	785

#### 4. Gelecek Değerlendirmesi ve Öneriler

**TÜİK'in 2022 bitkisel üretimi tahminine göre,** sebze ürünleri üretim miktarının 2022 yılında bir önceki yıla göre değişim göstermeyerek yaklaşık 31,7 milyon ton olacağı tahmin edildi. Sebzeler grubunun önemli ürünlerinden hıyarda %2,8, havuçta %33,3, beyaz lahanada %19 oranında artış olacağı domateste %0,7, karpuzda %1,5 ve kuru soğanda %6 oranında azalış olacağı tahmin edildi (TÜİK, 2022).

Verilen bilgiler ışığında Türkiye'de en çok üretilen beş sebze için avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmek gerekirse. Türkiye ekolojik fırsatları bakımından çoğu bölgesinde sebze üretimi yapılabilen ve taze tüketimi iç ve dış pazarda karşılık bulan gelişmeye ve üretim faaliyetlerinin modernleşmesi sonucunda büyüme kapasitesi olan açık ve kapalı tarım alanları konusunda zengin, kullanışlı ve ekolojisi izin veren bir coğrafyadır. Dikey tarım, iyi tarım uygulamaları gibi geleceğe ve pazarın isteklerine yoğunlaşan gelişme çizgisi izlemesi ile beraber sebze üretiminde kapasitesini arttırmaya uygundur. AR-GE faaliyetleri ile desteklenerek küçük aile işletmeleri büyütülebilir ve teknolojik açık kapanarak pazarın ihtiyacına yönelik üretim değerleri artabilir. Destekler sayesinde daha çok sulama altyapısı hazırlanarak sebze üretim alanları Türkiye'nin neredeyse bütün bölgelerinde etkili olan büyümeyi destekleyebilir. Dış satışın artması için dünyada etkisi artan sağlıklı beslenme anlayışının gerekliliği olarak görülen iyi tarım uygulamaları, üreticiden tüketiciye kayıtlı üretim faaliyetleri artırılarak satışın artırılması sağlanabilir. Büyük işletmelerin desteği artırılarak güncel üretim teknikleri ile faaliyetlerinin hasat, üretim, gübre uygulamaları gibi konularda genişletilmesi sağlanabilir. Gelecek durumda Türkiye'nin üretiminin artırılması alandan alınan verimin yükselmesi ve tarımsal sulama bakımından fizibilitesinin genişletilerek fonksiyonunun artırılması hedeflenmesi durumunda büyüme yakalanan artış rakamları hızla yükselmeye devam edebilir. Türkiye iç ve dış pazarda sebze üretiminde dünyanın ilk sıralarında bulunan ve gelişmeye açık bir sebze üretimine sahiptir. Eğitim ve kontrol faaliyetleri ile çiftçimizin gelişimine katkıda bulunarak verim artacağı gibi kaliteli ürün sayesinde dünya pazarında kişilerin seçiminde tercih oranımız yükseltilir.

### Kaynakça

- Abak, K., (2016). Türkiye’de Domatesin Dünü Bugünü ve Yarını, Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi 17(2016):8-13.
- Açıkgöz, E. F. 2012. Determination of some yield and quality parameters with vitamin C, protein and mineral material content in Mibuna (*Brassica rapa* var. *Nipposinica*) and Mizuna (*Brassica rapa* var. *Japonica*) grown in different sowing times, Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, vol. 9, (1): 64-70.
- Açıkgöz E. F., Akan S., Balkaya A., Karaağaç O., Kaymak Ç. H., Kurtar S. E., Güvenç İ., Sarıkamış G., Ulukapı Ö. K., Yanmaz R., 2018. Sebzeçilik Sektörü: Dünü, Bugünü ve Geleceği, Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi.
- Burnie G, Forrester S, Greig D, et al. 1999. *Botanica: The Illustrated A-Z of over 10,000 Garden Plants*, 3rd edn., p. 74. Random House: New South Wales.
- Decker-Walters, D.S. 1999. Cucurbits, sanskrit, and the Indo-Aryas. *Economic Botany* 53:98-112.
- Engindeniz, S., (2009). Türkiye’de Sebze Üretimi ve Gelecek İçin Bazı Öneriler, MPM Verimlilik Dergisi, 2(2009):99-117.
- Duman, İ., Tüzel, Y., Appelman, D. J. 2020. Vegetable Type and Variety Preference In Turkey, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., Özel Sayı : 169-178
- Kirkbride, H., (1993). *Biosystematic monograph of the genus Cucumis (Cucurbitaceae)*. Parkway Publishers, Boone.
- Koch HP, Lawson LD. 1996. *Garlic: The Science and Therapeutic Application of Allium sativum L. and Related Species*, 2nd edn. Williams & Wilkins: Baltimore, Maryland p: 12-24.
- Li, H.L. 1969. The vegetables of ancient China. *Economic Botany* 23:253-260.
- Manniche, L. 1989. *An ancient egyptian herbal*. University of Texas Press, Austin (USA).
- Mukherjee, K., Neema, K., Maity, N., Sarkar, K., (2013). Phytochemical and therapeutic potential of cucumber. *Elsevier* 84:227-236.
- Nayik, G. A., & Gull, A. (Eds.). (2020). *Antioxidants in Vegetables and Nuts - Properties and Health Benefits* p:1-4.
- Philouze, J., (1986). *Evolution et Situation Varietale Actuelle Chez la Tomate*. In: *La Diversite des Plantes Legumieres: Hier, Aujourd'hui et Demain*, Publ.Technique et Documentation Lavoisier, Paris.
- Pitrat, M. (2008). Melon. In: Prohens, J., Nuez, F. (eds) *Vegetables I. Handbook of Plant Breeding*, vol 1. Springer, New York, NY.
- Rick, C., M., (1976). Tomato. In *Evolution of Crop Plants*, N.W. Simmonds (Ed), London and New York,: 268-273.
- Sotiroudis G, Melliou Sotiroudis E, Chinou I (2010). Chemical analysis, antioxidant and antimicrobial activity of three Greek cucumbers (*Cucumis sativus*) cultivars. *J Food Biochem*. 2010;34:61-78.
- Stol, M. 1987. The Cucurbitaceae in the cuneiform texts. *Bulletin Sumerian Agriculture* 3: 81-92.
- Vishnu-Mittre. 1974. Palaeobotanical evidence in India, p. 3-30. In *Evolutionary studies in world crops* (J. Hutchinson ed.). Cambridge University Press, Cambridge (GB).



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

Walters, T.W. 1989. Historical overview on domesticated plants in China with special emphasis on the Cucurbitaceae. *Economic Botany* 43:297-313.

Watson, W. 1969. Early cereal cultivation in China, p. 397-402. In *The domestication and exploitation of plants and animals* (P. J. Ucko and G. W. Dimbleby eds). Gerald Duckworth & Co, London (GB).

Wehner, T.C. (2008). Watermelon. In: Prohens, J., Nuez, F. (eds) *Vegetables I. Handbook of Plant Breeding*, vol 1. Springer, New York, NY p: 3-5.

TÜİK, 2022. <https://www.drdatastats.com/illere-gore-turkiyede-sebze-uretimi/>



## DC-DC Boost Dönüştürücü için Ziegler-Nichols Yöntemi ve Parçacık Sürü Algoritması ile PI Denetleyici Tasarımı

*Erdoğan DİNÇ<sup>1</sup>*

*İbrahim ALIŞKAN<sup>2</sup>*

### Özet

Bu makale, Sürekli İletim Modu (CCM) boost DC-DC dönüştürücü için parametreleri Ziegler-Nichols Yöntemi ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ile ayarlanan PI denetleyicilerini sunar. Son zamanlarda, elektrikli araçların DC şebeke voltajını sabit bir genlikte tutmak için boost dönüştürücüler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kesikli yapıları nedeniyle doğrusal olmayan sistemler olan boost dönüştürücülerin modellenmesinde ise özel tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada öncelikle 5-15 V giriş gerilim aralığında ve 25 V çıkış gerilimi için tasarlanan dönüştürücünün lineer modeli sürekli iletim modunda çalışmasına uygun olarak elde edilmiştir. İkinci olarak, nominal çalışma koşulları için sistem modeli, durum uzayı averaj modeli ve küçük sinyal modeli yaklaşımları ile elde edilmiştir. Daha sonra kontrolörler Ziegler Nichols Metodu ve Parçacık Sürü Optimizasyonu ile tasarlanmıştır. PSO, 10 ve 20 parçacıklı olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen oransal kazanç ve integral kazancı opamplar ile analog devre olarak sentezlenmiştir. Son olarak, iki farklı yöntemle tasarlanan bu üç PI denetleyicinin performans analizleri, PSIM'de gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarının sonuçları kullanılarak sunulmuştur. Ortalama Karesel Hata (MSE), sunulan çalışmalar için kontrol performans indeksi olarak kabul edilmiştir. Sonuçlar 20 parçacıklı PSO algoritması ile geliştirilen PI kontrolörün diğerlerinden daha başarılı olduğunu göstermiştir.

### Anahtar Kelimeler

Sürekli İletim Modu, Durum Uzayı Averaj Modeli, Boost Dönüştürücü, PI Kontrolör, Ziegler-Nichols Methodu, Parçacık Sürü Optimizasyonu

<sup>1</sup> Araştırma Görevlisi, İstanbul Arel Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Engineering, [erdogan-dinc@hotmail.com](mailto:erdogan-dinc@hotmail.com), Orcid: 0000-0001-6575-6456

<sup>2</sup> Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği, [ialiskan@yildiz.edu.tr](mailto:ialiskan@yildiz.edu.tr), Orcid: 0000-0003-3901-4955

## 1.Giriş

DC-DC boost dönüştürücüler, elektrikli araç şarj cihazları, DC motor sürücüsü, mobil cihaz yenilenebilir enerji sistemleri ve fotovoltaik uygulamalar gibi birçok güç elektroniği uygulamasında kullanılmaktadır [1,2]. Yüksek güç seviyeleri, yüksek verim, yüksek güç yoğunluğu, düşük maliyet ve küçük boyutları onları çekici kılmaktadır [3]. Güncel yaşamda pek çok alanda kullanılan DC-DC dönüştürücüler bu nedenle kontrol çalışmalarında her zaman ilgi görmüştür [1,4,5].

Bu kadar yaygın olarak kullanılan bir cihazın nasıl daha iyi kontrol edilebileceğini ve hangi yöntemin diğerinden daha iyi olduğunu tespiti için karşılaştırmalı çalışmalara ihtiyaç vardır. Sektörde sıklıkla kullanılan bu cihazın iyi performansı, üreticilerin kazançları için de önemlidir [6]. Zamanla değişen lineer olmayan sistemler arasında yer alan boost dönüştürücüler, kontrolü zor sistemlerdir. Bununla birlikte, kontrol çalışmalarında yaygın olarak ele alınmıştır [7,8].

Boost dönüştürücünün kontrol çalışmalarında, kontrolör parametrelerinin optimum değerlerini elde etmek için Ziegler-Nichols Metodu, Genetik Algoritma (GA) Optimizasyonu, Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), Gri Kurt Algoritması (GWA) ve Karınca Kolonisi Algoritması (KKA) gibi yöntemler kullanılmıştır. Boost dönüştürücü uygulamalarında bu yöntemlerle denetleyiciler tasarlanmış ve birbiriyle kıyaslanmıştır [4,9,10,11]

Bazı çalışmalarda yapay zeka algoritma yöntemleri Ziegler-Nichols Yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda yapay zeka algoritmalarının daha başarılı olduğu görülmüştür [1,2]. Bu çalışmada da PSO ile Ziegler Nichols Metodu'nu karşılaştırmanın önemli olacağı düşünülmüştür ve bu yöntemlerin performansları karşılaştırılmıştır. PI kontrolör performansı, değişken yük koşulları için değerlendirilmiş ve Ortalama Karese Hata (MSE) yöntemi ile analiz edilmiştir.

Çalışma, 5-15V giriş voltajı ve 25V çıkış voltajı ile sürekli iletim modunda çalışan boost dönüştürücünün kontrolünü ele almaktadır. Sistemin doğrusal modelini elde etmek için durum uzayı averaj modeli kullanılmıştır.

Burada, PI denetleyicinin parametrelerini ayarlamak için doğrusal modele iki farklı yöntem uygulanmıştır. Bunlar Ziegler-Nichols Metodu ve PSO algoritmasıdır. Benzetim çalışmaları PSIM ortamı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, PSO tabanlı PI kontrolörlerinin boost dönüştürücüler üzerindeki üstün kontrol performansını göstermektir; bu nedenle, değişken giriş gerilimi ve yük direnci durumları için kontrolörlerin performansları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, 20 parçacıklı PSO algoritması ile geliştirilen PI denetleyicinin gerilim ve yük direnci değişimlerinde diğer iki kontrolöre göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca Ziegler-Nichols Metodu ile tasarlanan kontrolcü, 10 parçacıklı PSO algoritması ile tasarlanan kontrolöre göre daha başarılı olmuştur. Bu da PSO yönteminde parçacık sayısının önemini göstermektedir.

Çalışmanın devamında aşağıdaki konular ele alınmıştır. Bölüm 2’de konverterin modeli sunulmuştur. Bölüm 3’te kontrolör tasarımları ele alınmıştır. Bölüm 4 benzetim çalışmalarını içermekte ve Bölüm 5 ise yorumları sunmaktadır.

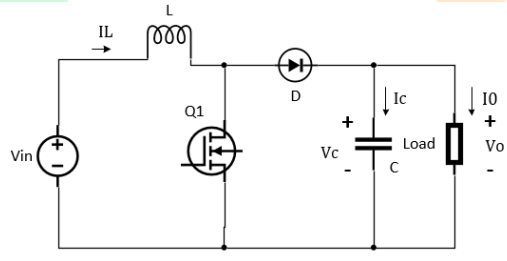
## 2.Yöntem

### 2.1.Kesintisiz İletim Modunda Boost Konverter Tasarımı ve Transfer Fonksiyonunun Elde Edilmesi

Bir boost kontrolörü, kesintisiz iletim veya kesintili iletim modunda çalıştırılabilir [8,13]. Kesintisiz iletim modunda çalışan bir DC-DC yükseltici dönüştürücü, sınırlı indüktör akım dalgalanması, daha küçük iletim kayıpları gibi avantajlara sahiptir. Bu avantajları göz önünde bulundurularak bu çalışma için hedef sistem olarak seçilmiştir.

#### 2.1.1.Kesintisiz İletim Modunda Çalışan Boost Konverterin Tasarımı.

Tasarım adımlarına geçmeden önce, Şekil 1’de boost dönüştürücü devresinin genel bir görünümü sunulmaktadır. Devre elemanları (R, L, C) tasarım kısıtları dikkate alınarak belirlenir. Dönüştürücü tasarım kısıtları, maksimum çıkış gücü 30W, giriş voltajı ( $V_{in}$ ) aralığı 5-15V, çıkış voltajı ( $V_o$ ) 25V ve anahtarlama frekansı 20 kHz olarak seçilmiştir.



Şekil 1: Boost konverter devresi

Maximum çıkış gücü  $P_{o,max} = 30 = V_o \cdot I_{o,max}$ , olarak yazılırsa maximum yük akımı 1.2 A olarak elde edilir. Minimum yük akımı, maximum yük akımının %5’i kadar olduğu varsayılarak,

$$R_{Lmin} = \frac{V_o}{I_{o,max}} = 20.833 \Omega \quad (1)$$

$$R_{Lmax} = \frac{V_o}{I_{o,min}} = 416.66 \Omega \quad (2)$$

Minimum ve maximum yük direnci ( $R_{Lmin}, R_{Lmax}$ ) elde edilir. Verilen eşitliklerde (1-2)  $I_{o,max}$ , maximum yük akımıdır,  $I_{o,min}$ , minimum yük akımıdır. Ayrıca DC voltaj için  $M_{DCmin}$ ,  $M_{DCmax}$  aşağıdaki gibi sunulur.



$$M_{VDCmin} = \frac{V_o}{V_{inmax}} = 1.6666 \quad (3)$$

$$M_{VDCmax} = \frac{V_o}{V_{inmin}} = 5 \quad (4)$$

Konvertörün verimi ( $\eta$ ) %90 olarak düşünölmüştür;

$$D_{min} = 1 - \frac{\eta}{M_{VDCmin}} = 0.46 \quad (5)$$

$$D_{max} = 1 - \frac{\eta}{M_{VDCmax}} = 0.82 \quad (6)$$

$$L_{min} = \frac{R_{Lmax} D_{min} (1 - D_{min})^2}{2f_s} = 1.40 \quad (7)$$

İndüktör değeri (7)'de gösterildiği gibi 1.40 mH olarak elde edilir. Eşitliklerde,  $D_{max}$ , maximum doluluk oranı,  $D_{min}$ , minimum doluluk oranı,  $L_{min}$ , minimum indüktör değeri,  $f_s$ , anahtarlama frekansı,  $C_{min}$ , minimum kapasitör değeri ve  $V_r$ , voltaj ripple faktörüdür.

$$\frac{V_r}{V_o} < \%1 \quad (V_r = 0.25) \quad (8)$$

olarak seçilir

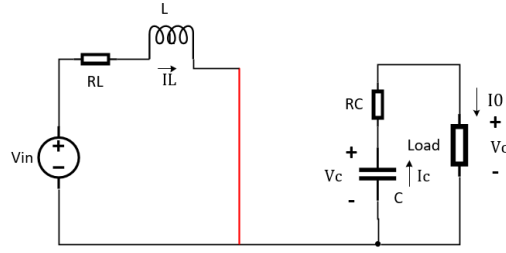
$$V_{cpp} = \frac{V_r}{2} = 0.125 \quad (9)$$

$$C_{min} = \frac{D_{max} V_o}{f_s R_{Lmin} V_{cpp}} = 393.6 \mu F \quad (10)$$

Son olarak piyasadaki kapasitörler dikkate alınarak 470  $\mu F$ 'lık bir sığaç seçilir.

### 2.1.2.Boost Konverterin Modellenmesi.

Boost dönüştürücünün anahtarlama döngüsü başına iki modu vardır. Bu modlar devrenin esas anahtarı olan MOSFET'in durumuna göre adlandırılır. Anahtar kısa devre modu: MOSFET iletimde ve diyot açık devredir. Anahtar açık devre modunda MOSFET kesintide ve diyot iletimdedir. Kısa devre ve açık devre modda yükseltici dönüştürücünün,  $D \cdot T_s$  ve  $(1-D) \cdot T_s$  zaman aralıkları ile ilintili olarak eşdeğer devresi sırayla Şekil 2 ve 3'de verilmiştir [15].  $D$ , iletim süresinin anahtarlama periyoduna ( $T_s$ ) oranıdır.



Şekil 2: Kısa devre mod için boost dönüştürücünün eşdeğer devresi

İki durum için de durum uzayı denklemleri Kirchhoff'un Gerilim Yasası (KGY) kullanılarak türetilebilir. Anahtarın kısa devre durumu için KGY denklemleri (11), (12) ve (13)'te verilmiştir.

$$L \frac{dI_L(t)}{dt} = V_{in} - I_L(t)R_L \quad (11)$$

$$C \frac{dV_C(t)}{dt} = \frac{-V_C(t)}{R+R_C} \quad (12)$$

$$V_0(t) = \frac{R}{R+R_C} V_C(t) \quad (13)$$

Eşitlikler durum uzayı formunda (14) ve (15) de sunulmuştur.

$$\begin{bmatrix} \frac{dI_L(t)}{dt} \\ \frac{dV_C(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_L}{L} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{C(R+R_C)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_{in}}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$V_0 = \begin{bmatrix} 0 & \frac{R}{R+R_C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} \quad (15)$$

Anahtarın açık devre durumu için KGY eşitlikleri (16), (17) ve (18)'de sunulmuştur.

$$L \frac{dI_L(t)}{dt} = V_{in} - V_D - \left( R_L + \frac{RR_C}{R+R_C} \right) I_L - \frac{R}{R+R_C} V_C(t) \quad (16)$$

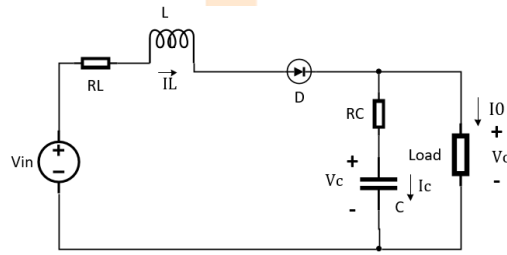
$$C \frac{dV_C(t)}{dt} = \frac{R}{R+R_C} I_L(t) - \frac{V_C(t)}{R+R_C} \quad (17)$$

$$V_0 = \frac{R}{R+R_C} V_C(t) + \frac{RR_C}{R+R_C} I_L(t) \quad (18)$$

Anahtarın açık devre durumu için eşitlikler durum uzayı formunda (19) ve (20)'de sunulmuştur.

$$\begin{bmatrix} \frac{dI_L(t)}{dt} \\ \frac{dV_C(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{RR_C+(R+R_C)R_L}{L(RR_C)} & -\frac{R}{L(R+R_C)} \\ \frac{R}{C(R+R_C)} & -\frac{1}{C(R+R_C)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_{in}-V_D}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$V_0 = \begin{bmatrix} \frac{RR_C}{R+R_C} & \frac{R}{R+R_C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} \quad (20)$$



Şekil 3:Açık devre mod için boost dönüştürücünün eşdeğer devresi

Devre modlarının durum-uzay formlarına (21) 'deki gibi averaj model yaklaşımı uygulanır.

$$A = A_1 \cdot D + A_2 \cdot (1 - D) \quad (21)$$

Yukarıda, A1 kısa devre durumu için durum denklemdir, A2 açık devre durumu için durum denklemdir. Benzer bir yaklaşım B1-B2 ve C1-C2 vektörlerine de uygulanırsa, dönüştürücünün averaj modeli (22-23) deki gibi elde edilebilir.

$$\begin{bmatrix} \frac{dI_L(t)}{dt} \\ \frac{dV_C(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{RR_C}{L(R+R_C)}(1-D) - \frac{R_L}{L} & -\frac{R}{L(R+R_C)}(1-D) \\ \frac{R}{C(R+R_C)}(1-D) & -\frac{1}{C(R+R_C)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{V_D(1-D)}{L} + \frac{V_{in}}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (22)$$

$$y = \begin{bmatrix} \frac{RR_C}{L(R+R_C)}(1-D) & \frac{R}{L(R+R_C)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} \quad (23)$$

### 2.1.3.Boost Konverterin Küçük İşaret Modeli.

PI denetleyiciyi elde etmek için averaj modelin doğrusallaştırılması gereklidir. Doğrusallaştırma işlemi için Euler yöntemi uygulanır ve pertürbasyonlar aşağıdaki gibidir; küçük bir doluluk oranı artışı ( $\Delta d$ ), küçük bir kapasitör voltaj artışı ( $\Delta x_2$ ) ve küçük bir indüktör akımı artışı ( $\Delta x_1$ ) olduğu varsayılırsa.

$$\dot{x}_1 = \dot{x}_1 + \Delta\dot{x}_1 \quad (24)$$

$$\dot{x}_2 = \dot{x}_2 + \Delta\dot{x}_2 \quad (25)$$

$$D = D + \Delta d \quad (26)$$

$$v_o = y = y + \Delta y = V_o + \Delta v_o \quad (27)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\dot{x}_1 \\ \Delta\dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{RR_C}{L(RR_C)}(1-D) - \frac{R_L}{L} & -\frac{R}{L(R+R_C)}(1-D) \\ \frac{R}{C(R+R_C)}(1-D) & -\frac{1}{C(R+R_C)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{R(R_C X_1 + X_2)}{L(R+R_C)} + \frac{V_D}{L} \\ -\frac{R_L}{C(R+R_C)} \end{bmatrix} \Delta d \quad (28)$$

$$\Delta y = \begin{bmatrix} \frac{RR_C}{(R+R_C)}(1-D) & \frac{R}{(R+R_C)} \end{bmatrix} \Delta x + \begin{bmatrix} \frac{RR_C X_1}{R+R_C} \end{bmatrix} \Delta d \quad (29)$$

Küçük işaret modeli (28) ve (29)'daki gibi elde edilmiştir. Bölüm 2.1'de elde edilen tasarım parametreleri, sayısal modeli elde etmek için (28) ve (29) da kullanılmıştır.

$$A = \begin{bmatrix} -74 & -257.13 \\ 765.919 & -10.637 \end{bmatrix} \quad (30) \quad B = \begin{bmatrix} 19766.9266 \\ -796.981 \end{bmatrix} \quad (31)$$

$$C = \begin{bmatrix} 0.0036 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (32) \quad D = [0.003745] \quad (33)$$

Son olarak geliştirilen yükseltici devresinin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$G(s) = \frac{V_o(s)}{d(s)} = \frac{0.003745s^2 - 725.5s + 1.508e07}{s^2 + 84.64s + 1.977e05} \quad (34)$$

## 2.2 Ziegler-Nichols Metodu ve Parçacık Sürü Optimizasyonu Yöntemi

Literatürde sunulan Ziegler-Nichols Yöntemi, matematiksel modeli bilinen dönüştürücü için PI kontrolörün  $K_p$ ,  $T_i$  değerlerinin ayarlanmasına yönelik bazı kurallar önermektedir.

$$G_C = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right) \quad (35)$$



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

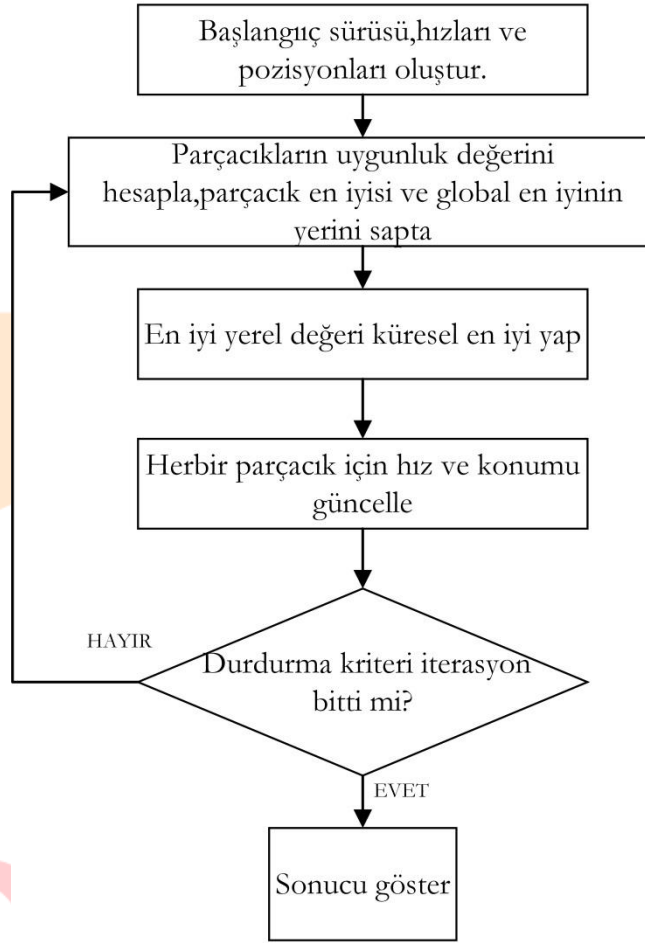
ISBN: 978-605-72864-2-0

Denklem 35'te orantısal kazanç  $K_p$ , integral zaman sabiti  $T_i$  olarak verilmiştir. Ziegler-Nichols Yöntemi ayarlama kuralları adı verilen iki yöntem vardır: Sistem entegratör veya baskın kompleks eşlenik kutupları içermiyorsa kontrolör parametrelerini ayarlamak için ilk yöntem kullanılır. Açık döngü transfer fonksiyonu birinci dereceden bir sistem özelliği göstermez ise bu durumda, Ziegler-Nichols'un ikinci yöntemi kullanılabilir [15]. İkinci yöntemde, kritik kazanç  $K_{cr}$  ve sürekli salınımların frekansı  $\omega_{cr}$  'yi bulmak için root-locus yöntemi kullanılır. Bu çalışmada bu değerler sırasıyla 0.017 ve 6.28 rad/s 'dir

PSO, doğadaki bazı hayvanların yiyecek bulmak için yaptığı hareketlerin sürüdeki diğer bireyleri etkilemesi ve sürünün yiyeceğe daha kolay ulaşmasını sağlamasından esinlenerek geliştirilmiş bir algoritmadır. Sürü popülasyona karşılık gelir ve parçacıklar popülasyondaki bireylerdir. Her parçacık olası bir çözümü temsil eder. Her parçacık akış halindedir ve konumunu her parçacığın deneyimine ve komşu parçacığın deneyimine göre ayarlar.

Hız vektörü bu optimizasyon sürecine rehberlik eder. Bir parçacığın kendi bilgisi, bilişsel bir bileşen olarak tanımlanır. Sürüdeki diğer parçacıkların parçacığın hareketine etkisi sosyal bileşendir. PSO optimizasyon adımları Şekil 4'de gösterildiği gibidir, iterasyon devam ettikçe parçacıkların konumları ve hızları güncellenir. PSO algoritması için konum ve hız güncelleme prosedürü denklemlerde (36-37) verilmiştir.

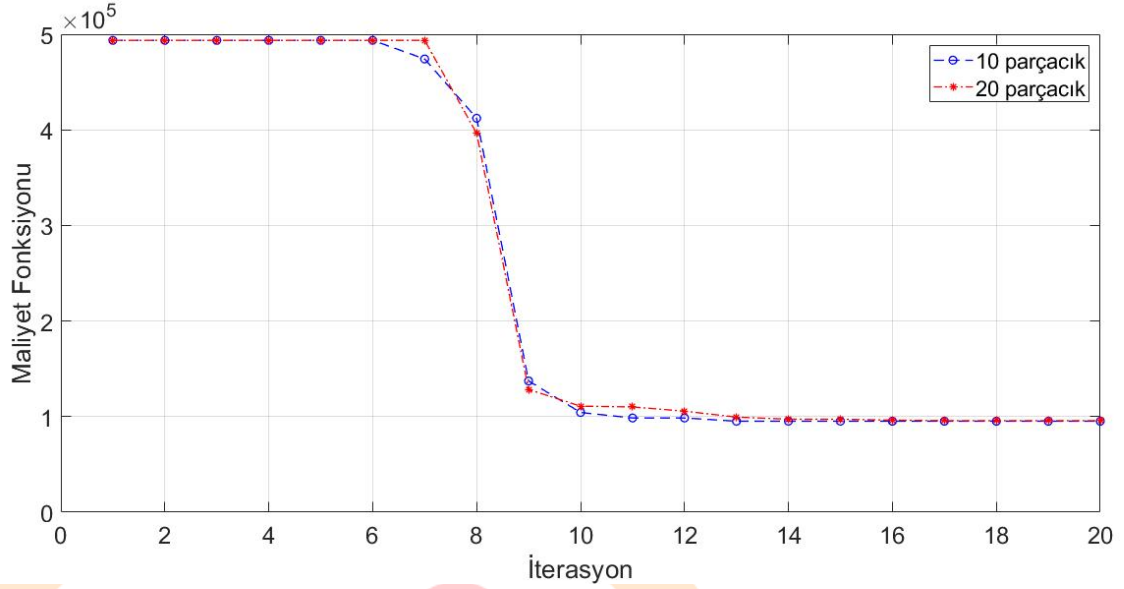
ICOMNAS



Şekil 4: PSO Algoritma Şeması

$$v_{ij}(t + 1) = r_1 v_{ij}(t) + c_1 r_2 (x_{ij}^{pb} - x_{ij}) + c_2 r_2 (x_j^{sb} - x_{ij}) \quad (36)$$

$$x_{ij} = x_{ij} + v_{ij} \quad (37)$$



Şekil 5: 10 Parçacıklı ve 20 Parçacıklı PSO için Maliyet Fonksiyonu

Denklemlerde,  $x_{ij}$ , parçacığın konumu,  $c_1, c_2$ , bilişsel sabit,  $v_{ij}$ , parçacık hızı,  $r_1, r_2$  [0,1] arasında oluşturulan rastgele sayılardır.

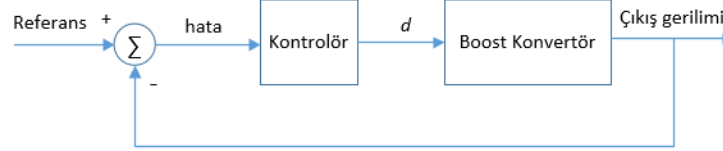
PSO algoritması, sonlandırma kriterine ulaşana kadar çalışmaya devam eder. Bu çalışmada, sonlandırma kriteri olarak iterasyon sayısı seçilmiştir. Sürüdeki parçacıklar, belirlenen performans indeksine göre en iyi değeri elde etmeye çalışırlar. PSO tabanlı optimizasyon çalışmasında parçacık sayısı 10 ve 20 olarak alınmıştır. iterasyon sayısı 20,  $c_1=0.707$ ,  $c_2=0.707$  olarak seçilmiştir ve maliyet fonksiyonu (IAE: Integral of the Absolute Error) Şekil 5'deki gibi elde edilmiştir. Son olarak, yukarıda sunulan yöntemlerle elde edilen kontrolörlerin parametreleri Tablo 1'de listelenmiştir.

Tablo 1: Her iki metotla elde edilen  $K_p$ ,  $K_i$  parametreleri

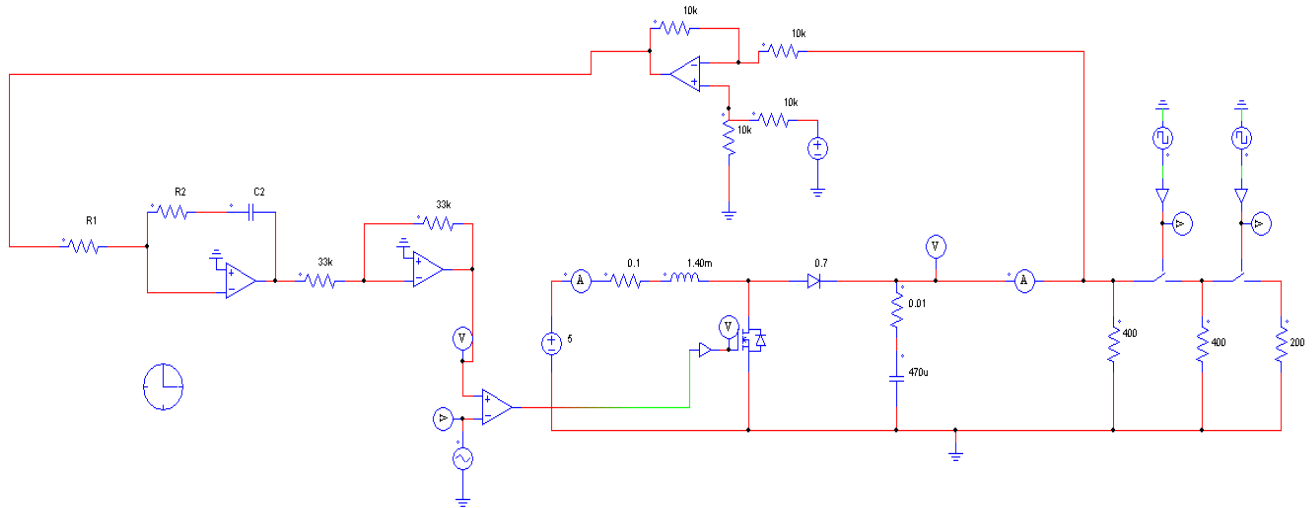
Yöntem	Parametreler	$K_p$	$K_i$
Ziegler-Nichols Methodu		0.01552	232.658
Parçacık Sürü Optimizasyonu (10 Parçacık)		$9 \times 10^{-3}$	349.025
Parçacık Sürü Optimizasyonu (20 Parçacık)		0.015	296.12

Benzetim çalışmalarında kullanılacak olan kapalı döngü sistem şeması Şekil 6'da sunulmuştur.

### 3.Simulasyon Sonuçları



Şekil 6: Kapalı Çevrim Kontrol Şeması

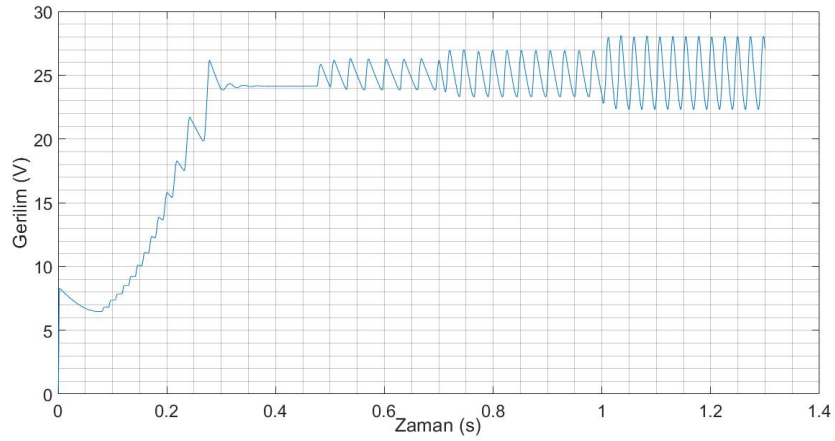


Şekil 7: Analog Devrenin PSIM Görüntüsü

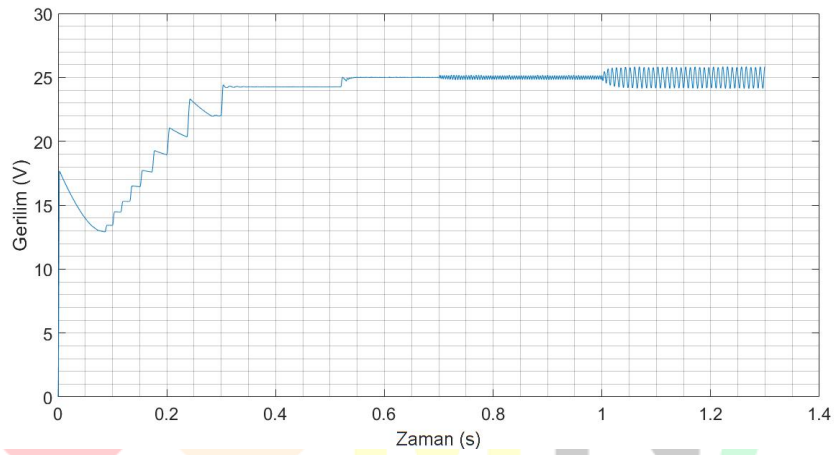
Analog devrenin PSIM görüntüsü Şekil 7'de sunulmuştur. Simülasyon çalışmalarında, 400, 200 ve 100 ohmluk dirençler sırasıyla devreye alınmıştır ve 5, 10, ve 15 volt giriş gerilimleri için konverterin çıkışı gözlemlenmiştir. Ziegler-Nichols Yöntemi ile tasarlanan PI kontrolör için bahsedilen giriş gerilimlerine karşı konvertörün çıkış voltajı Şekil 8-9-10'da gösterilmiştir. Aynı şekilde 10 parçacıklı ve 20 parçacıklı PSO ile tasarlanan kontrolör için yükselticinin çıkış gerilimi Şekil 10-11-12 ve Şekil 13-14-15'de sunulmuştur.

Konvertör 0 ile 0.7 saniye arasında 400 ohm yükü yüklenmiştir ve 0.7'inci saniyede paralelindeki 400 ohmluk direnç devreye alınarak yük 200 ohm haline getirilmiştir. Son olarak 1.0'inci saniyede bu iki yüke paralel olan 200 ohm devreye alınmıştır ve eşdeğer yük 100 ohm olmuştur. Yüklerin devreye alındığı 0.7'inci ve 1.0'inci saniyelerde çıkış gerilimlerindeki değişimler grafiklerde görülmektedir.

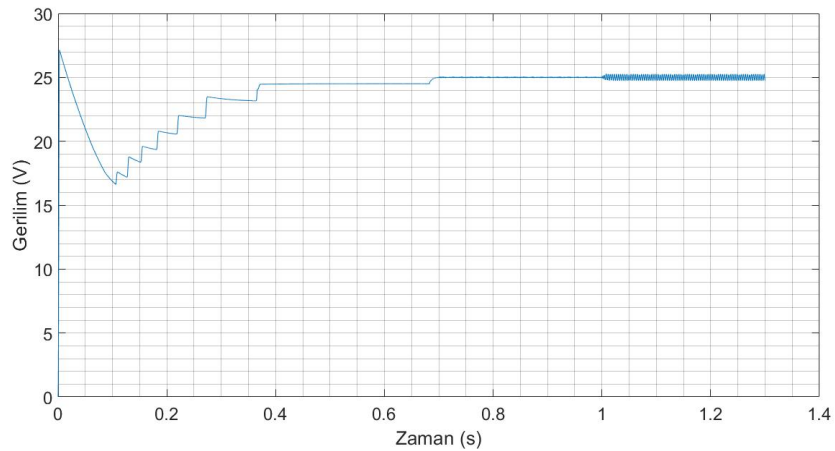




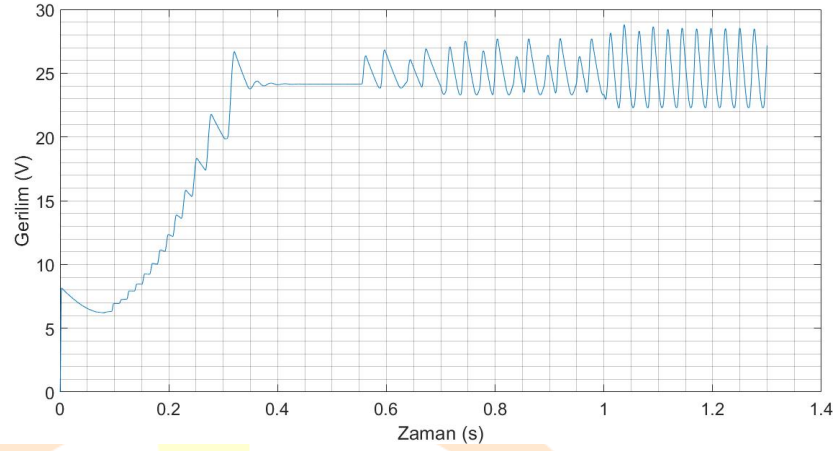
Şekil 8 : Ziegler-Nichols-PI ile Kontrol Edilen Devrenin 5 Volt Giriş için Çıkış Gerilimi



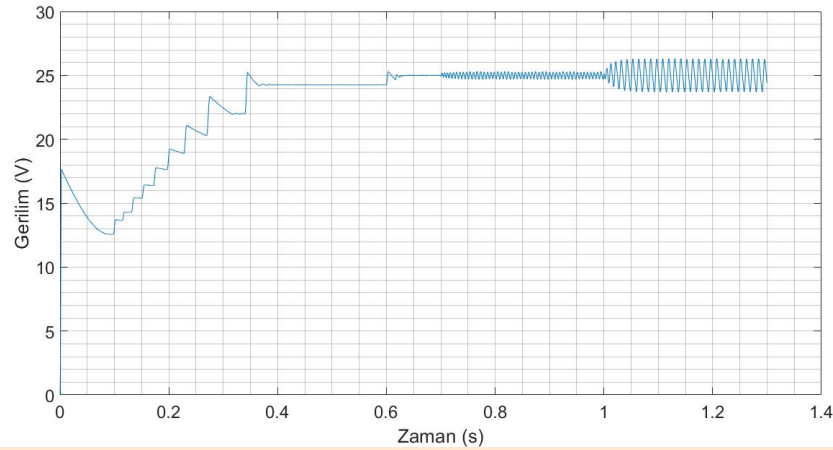
Şekil 9 : Ziegler-Nichols-PI ile Kontrol Edilen Devrenin 10 Volt Giriş için Çıkış Gerilimi



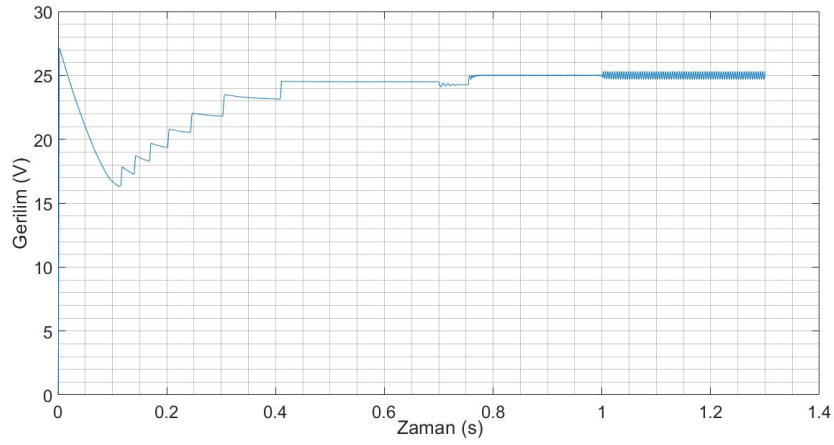
Şekil 10 : Ziegler-Nichols-PI ile Kontrol Edilen Devrenin 15 Volt Giriş için Çıkış Gerilimi



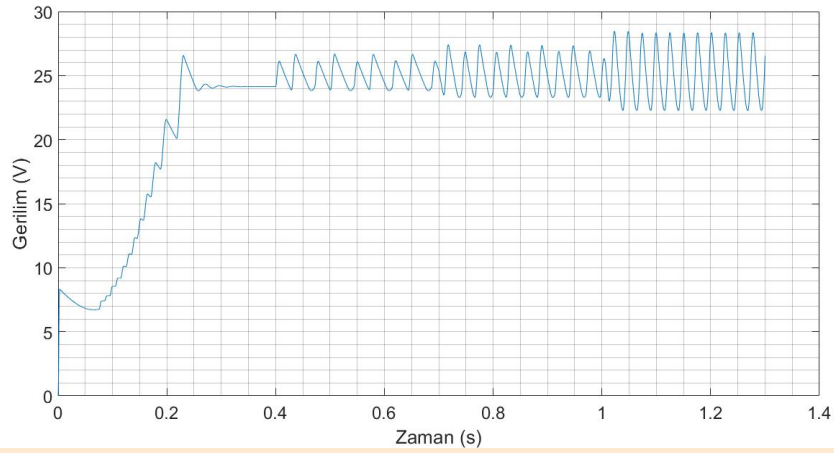
Şekil 11 : 10 Parçacık İçeren PSO-PI ile Kontrol Edilen Devrenin 5 Volt Girişe Karşı Çıkış Gerilimi



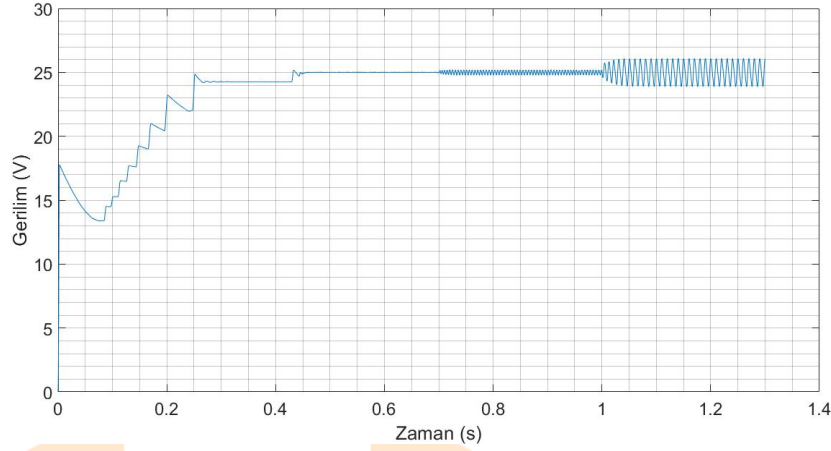
Şekil 12 : 10 Parçacık İçeren PSO-PI ile Kontrol Edilen Devrenin 10 Volt Girişe Karşı Çıkış Gerilimi



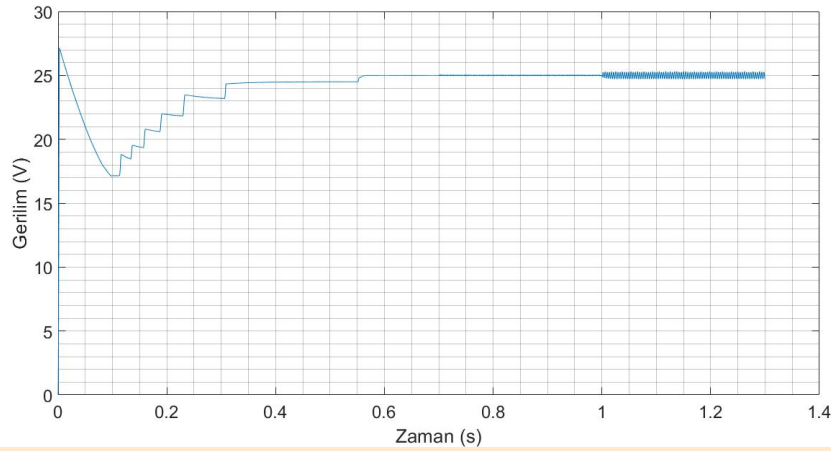
Şekil 13 : 10 Parçacık İçeren PSO-PI ile Kontrol Edilen Devrenin 15 Volt Girişe Karşı Çıkış Gerilimi



Şekil 14 : 20 Parçacık İçeren PSO-PI ile Kontrol Edilen Devrenin 5 Volt Girişe Karşı Çıkış Gerilimi



Şekil 15 : 20 Parçacık İçeren PSO-PI ile Kontrol Edilen Devrenin 10 Volt Girişe Karşı Çıkış Gerilimi



Şekil 16 : 20 Parçacık İçeren PSO-PI ile Kontrol Edilen Devrenin 15 Volt Girişe Karşı Çıkış Gerilimi

Tablo 2 Her bir kontrolörün farklı gerilim değerleri için MSE indexi değerlerini gösterir. Ortalama Kareysel Hata (MSE), yukarıda sunulan çalışmalar için kontrol performans indeksi olarak kabul edilmiştir. MSE sonuçlarını elde etmek için örnekleme frekansı 500 kHz olarak seçilmiştir. Denklem (38) hata hesabını gösterir ve (39) MSE'nin temel denklemdir. Denklemde,  $n$  örnek sayısıdır,  $i$  örnekleme noktası için elde edilen hatadır. Ayrıca her bir kontrol için üst aşım ve yerleşme zamanları Tablo 3'de gösterilmiştir. Bu sistemde nominal yük 200 ohm ve nominal gerilimin 10 volt olarak modellenmiştir.

$$e = \text{referans değer} - \text{sistem çıkış değeri} \quad (38)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (39)$$

Tablo 2 : Kontrol çalışmaları için MSE kontrol performans indeksleri.

Gerilim (V)	5	10	15
Ziegler-Nichols Methodu ile Tasarlanan PI	45.4664	15.5139	6.2332
PSO ile Tasarlanan PI (10 Parçacık)	53.2688	18.2495	7.3055
PSO ile Tasarlanan PI (20 Parçacık)	37.2174	12.4921	5.0400

Tablo 3 : Üç Farklı Kontrolör için Üst Aşım ve Yerleşme Zamanı Değerleri

Giriş Gerilimi (V)	Üst Aşım (V)			Yerleşme Zamanı (s)		
	5	10	15	5	10	15
Ziegler-Nichols Methodu ile Tasarlanan PI	0.63	0.12	2.50	0.40	0.45	0.56
PSO ile Tasarlanan PI (10 Parçacık)	0.62	0.10	2.38	0.45	0.52	0.65
PSO ile Tasarlanan PI (20 Parçacık)	0.50	0.51	2.53	0.33	0.39	0.5

Daha düşük MSE performans endeksi, denetleyicinin görevini daha başarılı bir şekilde yerine getirdiğinin göstergesidir. Parçacık sayısı 20 olan PSO kontrolörün MSE değerleri diğer iki kontrolcüden daha azdır. Yani 20 parçacıklı kontrolör her bir gerilim değeri için daha iyi bir kontrol sağlamıştır. Örneğin nominal gerilim (10 volt) için her üç kontrolörün de MSE değerine bakıldığında en iyisinin 12.4921 ile 20 parçacığa sahip PSO-PI olduğu görülmektedir. İkinci sırayı da 15.5139 MSE değeri ile Ziegler-Nichols yöntemi almaktadır. Bu durum parçacık sayısının bu sistemin kontrolündeki önemini ortaya koymaktadır. Bu üç kontrolör üst aşım ve yerleşme zamanı açısından değerlendirildiğinde 20 parçacıklı PSO ile tasarlanan PI kontrolörün diğerlerine üstünlük sağladığı görülmektedir.

#### 4.SONUÇLAR

Bu çalışmada 20 parçacıklı PSO ile tasarlanan kontrolörün Ziegler-Nichols Metodu ile tasarlanan kontrolöre göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Ziegler-Nichols Metodu ile tasarlanan PI'nda 10 parçacıklı PSO-PI'dan daha iyi olduğu ortaya konmuştur. Bu da Parçacık Sürü Optimizasyonunda parçacık sayısı tercihinin önemli bir unsur olduğunu göstermektedir.

Gelecekteki çalışmalarda aynı sistem için diğer yapay zeka optimizasyon algoritmalarının kontrol performansları kıyaslanabilir. Ayrıca gelecekteki çalışmalarda kontrolörler laboratuvar ortamında gerçekleştirilip bulgular simulasyonla elde edilen verilerle kıyaslanabilir.

A large, semi-transparent watermark of the ICOMNAS logo is centered on the page. It consists of a large orange circle with a white outline, containing four colored dots (blue, green, red, yellow) and the text 'ICOMNAS' in a bold, sans-serif font, with each letter in a different color (blue, orange, yellow, green, grey, red, yellow).

## Kaynakça

- [1] Navinchandran, S. ve Sujith, M. (2020). Bidirectional On-Board Single Phase Electric Vehicle Charger with High Gain Boost Converter for V2G Application. *IEEE Fourth International Conference on Inventive Systems and Control, Pichanur, India* 363-368, doi: 10.1109/ICISC47916.2020.9171133..
- [2] Samosir, A. S. ve Yatim, A. H. M. (2008). Dynamic evolution control of bidirectional DC-DC converter for interfacing ultracapacitor energy storage to Fuel Cell Electric Vehicle system. *IEEE Australasian Universities Power Engineering Conference, Sydney, Australia*, 1-6.
- [3] Başoğlu, M.E. (2019). Realization of a low cost and fast boost converter based MPPT for PV system. *IEEE 4th International Conference on Power Electronics and their Applications, Elazığ, Turkey*, 1-6, doi: 10.1109/ICPEA1.2019.8911155.
- [4] Mitra, L. ve Swain, N. (2014). Closed loop control of solar powered boost converter with PID controller. *IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems, IIT Bombay, Mumbai, India*, 1-5, doi: 10.1109/PEDES.2014.7041973.
- [5] Sel, A., Güneş, U. ve Kasnakoğlu, C. (2020). Design of output feedback sliding mode controller for SEPIC converter for robustness. *International Journal of Electronic*, 107, 239-249, doi: 10.1080/00207217.2019.1643040.
- [6] Kazmierkowski, M. P., Cichowlas, M. ve Jasinski M. (2003). Artificial intelligence based controllers for industrial PWM power converters. *IEEE International Conference on Industrial Informatics, Banff, AB, Canada*, 187-191, doi: 10.1109/INDIN.2003.1300268.
- [7] Santi, E., Monti, A., Li, D., Proddatur, K. ve Dougal, R.A. (2003). Synergetic control for DC-DC boost converter: implementation options. *Conference Record of the 2002 IEEE Industry Applications Conference, Pittsburgh, PA, USA*, 2, 1803-1813, doi: 10.1109/IAS.2002.1042730.
- [8] Nechadi, E., Harmas, M.N., Essounbouli, N. ve Hamzaoui, A. (2016). Optimal synergetic control based bat algorithm for DC-DC boost converter. *8th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM, Troyes, France*, 49, 698-703, doi:10.1016/j.ifacol.2016.07.792.
- [9] Singh, A.K., Patra, S., Singh, A., Shende, V., Ray, P.K ve Mohanty A. (2014). Interval system analysis and PID-PSO control of boost converter for uncertain load parameter. *IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems, Mumbai, India*, 1-6, doi: 10.1109/PEDES.2014.7042123.
- [10] Águila-León, J., Chiñas-Palacios, C.D., Vargas-Salgado, C., Hurtado-Perez, E., ve García, E. X. M. (2020). Optimal PID Parameters Tuning for a DC-DC Boost Converter: A Performance Comparative Using Grey Wolf Optimizer, Particle Swarm Optimization and Genetic Algorithms.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

*IEEE Conference on Technologies for Sustainability, Santa Ana, CA, USA, 1-6, doi: 10.1109/SusTech47890.2020.9150507.*

- [11] Mohamed, M.I., El-Saady, G. ve Yousef, A. M. (2021). Performance Analysis of Genetic Algorithm and Ant Colony Optimization Dependent on PID Controller for Matrix Converter. *2021 International Conference on Electronic Engineering (ICEEM), Menouf, Egypt, 1-6, doi: 10.1109/ICEEM52022.2021.9480640.*
- [12] Milani, M. M. R. A., Çavdar, T. ve Aghjehkand, V. F. (2012). Particle Swarm Optimization — Based determination of Ziegler-Nichols parameters for PID controller of brushless DC motors. *International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, Trabzon, Turkey, 1-5. doi: 10.1109/INISTA.2012.6246984.*
- [13] Park, S. ve Choi, S. (2009). Soft-Switched CCM Boost Converters With High Voltage Gain for High-Power Applications. *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, San Jose, CA, USA, 1999-2006 doi: 10.1109/ECCE.2009.5316009.*
- [14] Singh, G. ve Kundu S. (2020). An efficient DC-DC boost converter for thermoelectric energy harvesting. *International Journal of Electronics and Communications, 118,1-10. doi: 10.1016/j.aeue.2020.153132*
- [15] Abdel-Gawad H. ve Sood V. K. (2014). Small-signal analysis of boost converter, including parasitics, operating in CCM. *6th IEEE Power India International Conference, Delhi, India, 1-5, doi: 10.1109/POWERI.2014.7117622.*
- [16] Ogata, K.. (2002) *Modern Control Engineering*. Hindistan: Prentice hall.
- [17] Keskin, R., Aliskan, I., ve Das, E. (2021). Robust structured controller synthesis for interleaved boost converters using an  $H_\infty$  control method. *Transactions of the Institute of Measurement and Control, 43, 3169-3180 doi:10.1177/01423312211019560.*





# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## Assessment of the insulation material for the train envelope

*Mustafa Dönmez<sup>1</sup>  
M.Mete Öztürk<sup>2</sup>  
Bahadır Doğan<sup>3</sup>*

### Abstract

The energy efficiency is one of the hot topic in transportation across the World due to the energy crisis emerges in last decades. Furthermore, the rising environmental concern leads the researchers to improve the recent systems in order to descend the energy consumption which would help the reduction of CO<sub>2</sub> release during operation.

Rail transportation has an unavoidable role in passenger transportation all around the World. And HVAC has a major importance for a comfort ride for the passengers during their travel. It solely consumes almost %30 of the total energy per travel in railways.

In this particular work, the impact of insulation material type and thickness of it on the energy consumption is investigated numerically. A parametric work has been conducted with the help of a commercially available software which helps to figure out the optimum range and allows to obtain the right parameters for the train envelope.

**Keywords:** train envelope, insulation material, numerical analysis, railway, insulation material, energy efficiency

<sup>1</sup> Eskişehir Teknik Üni., Raylı Sist. Müh. ABD.

<sup>2</sup> Doç.Dr., Eskişehir Teknik Üni., Raylı Sist. Müh. ABD.

<sup>3</sup> Doç.Dr., Eskişehir Osmangazi Üni., Makine Müh.



# 2<sup>nd</sup> International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## INTRODUCTION

The importance of the railway transportation ascends since 1825 where it is first used in history. Though the major source for hauling was horse power at the beginning, there is an increasing attention to this mode by the invention of the steam powered engines and integration of them to railway. At the beginning the railway refers to a transportation of goods and passengers between two destinations over the steel rails which are constructed over the ballast and ties that hold rail on the ground and structures build such as stations. But by the developed technology and integration of it to the mode, it means more than before becomes richer.

Even though, railway transportation had an important share in overall transportation before, in 1950's, road transportation steps forward by the reachability and easy construction of it. It gains importance once again after 1964 among the far east Asian countries and some European countries by the development of high speed train in Japan. By the development of the high speed railway systems, not only the speed of the railway is improved but also the comfort of the transportation is improved as well in particular in passenger wise. As a further step the country's leading in the railway transportation pay more attention on the development of innovative technologies as well such as Maglev (magnetic levitation) systems. By the help of the maglev technology, trains can vaguely arise over the rail and run without any friction caused by body and rail interaction. By the help of this improvement the railway technology has tested to hit a speed of 600 km/h.

In last decades, as a consequence of the increasing demand on energy and environmental concerns -exclusively CO<sub>2</sub> emission issue-, leads the world for the better alternatives to the recent transportation technology. Since almost 30% of the overall energy consumption pertains to transportation across the world, the further precautions become necessary, the governments promulgated regulations for energy usage and alternate approaches. As a result of the encouragement and support, the share of the railway transportation ascends gradually and gains importance more in last years.

As noted before, the efficiency of the energy systems or energy consumption of the devices used in our daily lives becomes vital. Since the transportation is one of the most energy consuming branch, any effort for the reduction of it would be very valuable for the sake of the entire system. Though it is a vital and hot topic, there isn't enough studies in literature on this particular topic in particular railway technologies.

One of the studies about the energy consumption in the railway vehicles is reported by Vetterli et al. (Vetterli et al., 2015). In their study, they underlined the importance of the energy consumption by HVAC systems in railway cars. It is noted that, 20-40 % of the energy is consumed by HVAC systems in railways. They executed several tests in order to reveal the consumption in real and their findings confirm the estimated range. Liu et al. (Liu et al., 2011) built a mathematical model which can simulate dynamic cooling of an AC unit of railway car. Try to identify a more realistic cooling load by dynamic simulation instead of steady calculations as regard to China standards. The outcomes reveal that, steady energy consumption calculations over estimates the needs and dynamic simulation allows

to have a better result. In one other study, Ampofo et al. (Ampofo et al, 2004) investigated the underground metro tunnels air ventilation system. Since a serious amount of heat would be generated by the underground metros during their operation, it can cause temperature rise inside the tunnels which would be released or cooled in order to sustain reasonable metro operation inside them. They reported the major contributor of this rise in the study. In one other study, Durlinger et al. (Durlinger et al., 2015), simulated the energy consumption of a rail vehicle's HVAC unit at stabling hours. Marcos et al. (Marcos et al., 2014), investigated the thermal model of a car numerically and considered the possible thermal loads in order to picture the overall cooling load of a mid-size vehicle. Amiri et al. (Amiri et al., 2011), investigated the a more efficient design from energy aspect, and run their simulations, by considering a demand controlled heating and ventilation unit. They suggested a new control techniques by simulating a more realistic model.

As it could be seen, although a few studies could be found in open sources, it is not enough to reveal the recent status of energy consumption in the railway systems and particularly it is hard to address any work that reports the importance of the envelope over the energy consumption. In this particular work, thermal behavior of a train envelope is investigated numerically by a commercial software ANSYS. The thermal loss or gain which are necessary for the heating or cooling load for the HVAC systems of the passenger cars and compartments in the train is observed. The entire structure is split into four sections, the wall, roof base and window. The thermal reaction of these sections are investigated individually. As an ongoing study, the behavior at the wall among these sections is presented in here.

## METHODOLOGY

In this study, the impact of thickness and material of insulation over the heat transfer is investigated for 4 different materials and 4 different thicknesses of them. The railcar is designed by Autodesk Inventor, and the analyses has accomplished by Ansys in which the thermal module for steady state case is chosen. The thermo-physical properties of the materials used in the study has given in Table 1. The 3 D model of the rail car and the cross section of it can be seen in Figures 1 and 2 in detail.

Table 1. Material properties and thickness for each layer in train body

No.	Layer	Material	Thickness (mm)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Specific heat (kj/kg K)	Thermal conductivity (W/mK)
1	Outboard	Aluminum	2	2710	0.9	202.4
2	Middle	Insulation	50/70/80/90	50	1.22	0.097/0.08/0.046/0.03
3	Inboard	Wood	18	300	1.89	0.093/0.76/1.2
4	Glass	Glass	12	2500	0.792	

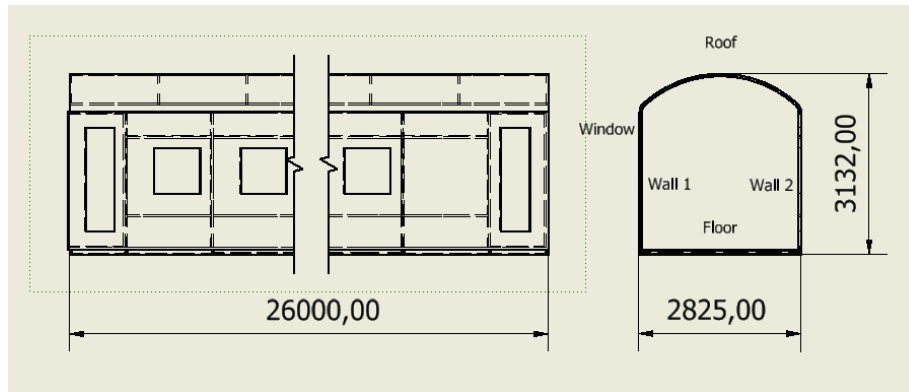


Figure 1. Body of TVS 2000 train compartment

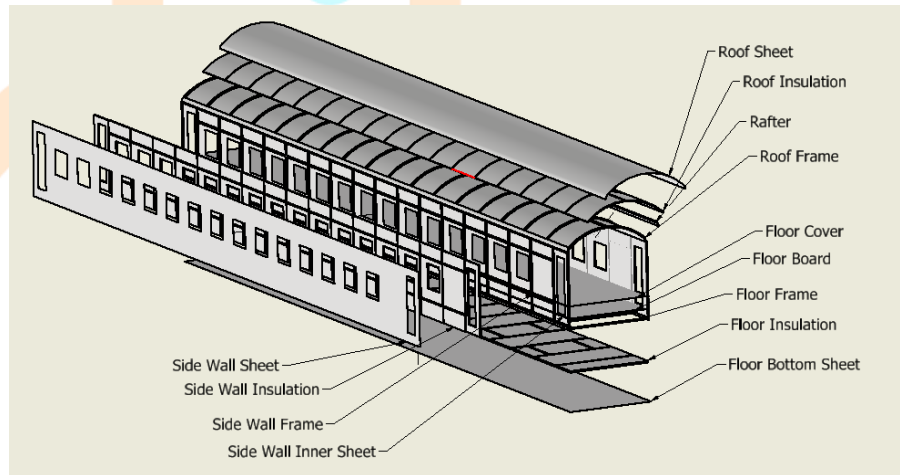


Figure 2. TVS 2000 train exploded technical drawing

The outer and inner sheets are made of Al and their thickness are 2 mm. In between four different insulators which differs by their conductivity from each as  $k=0.03$ ,  $0.046$ ,  $0.08$  and  $0.096$  W/mK. Varying thicknesses has been selected and located between the inner and outer shells which are 50 mm, 70 mm, 80 mm, 90 mm respectively. The width of the train envelope is 2825 mm and height is 3132 mm and the length is 26000 mm as presented in Figure 2. A cross section view of the envelope is also presented in Figure 3 in detail.

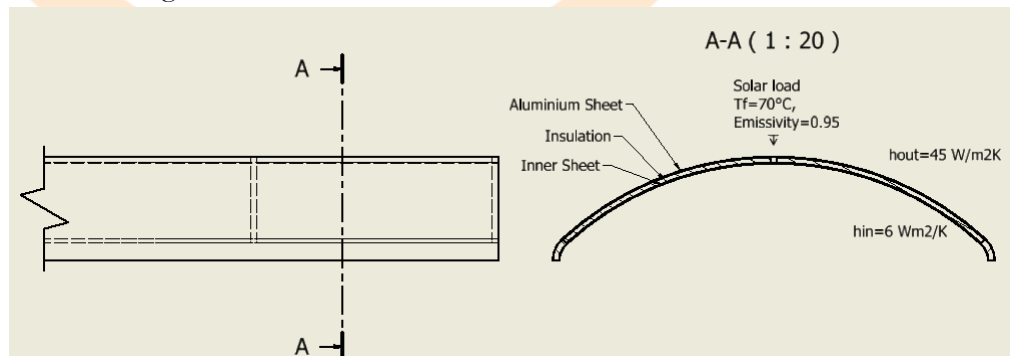


Figure 3. Roof section created for analysis

Parametric analysis has been conducted for 4 different ambient conditions which are demonstrated by varying temperatures as 0 °C - 10 °C and 30 °C - 35 °C, among these first two refers to winter conditions while last two refers to summer conditions. The convection coefficient is obtained as 45 W/m<sup>2</sup>K regard to Equation 1 when the velocity is assumed as 80 km/h which is the average velocity assumed for the conventional passenger trains while the convection coefficient in the rail car is 6 W/m<sup>2</sup>K which is a typical coefficient value for vehicles.

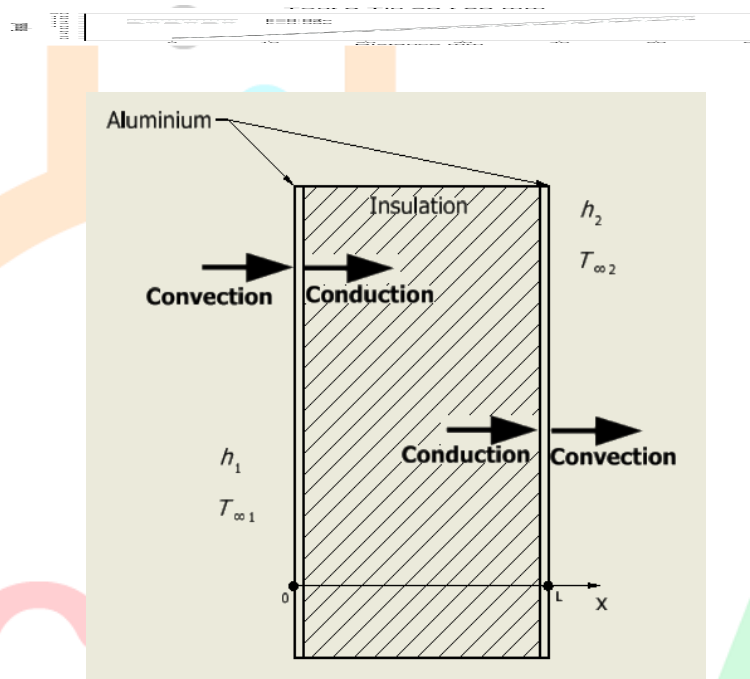


Figure 4. Convection boundary conditions on the train envelope

The governing equation for such problem can be noted for the direction of x as,

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (2)$$

Once the boundary conditions applied to this fundamental problem, the equations can be noted as in the following,

$$-k \frac{\partial T(0, t)}{\partial x} = h_1 [T_{\infty 1} - T(0, t)] \quad (3)$$

$$-k \frac{\partial T(L, t)}{\partial x} = h_2 [T(L, t) - T_{\infty 2}] \quad (4)$$

## RESULTS AND DISCUSSION

As noted before, among the investigated four sections, thermal behavior of the walls are investigated in this particular work. The investigation has been conducted to understand the optimum thickness and material that can be used in the car envelopes. In order to understand that, four different conductivity parameters ( $k=0.03, 0.046, 0.08$  and  $0.096$  W/mK) which correspond to 4 different materials is chosen and 4 different thickness (50, 70, 80 90 mm) for each is studied. As presented in previous chapters, the boundary conditions for the calculations are 0 C and 10 C for cold environment which simulates the winter conditions, while 30 C and 35 C simulates the summer environment during the calculations. The set temperature inside the carts for winter and summer ambient are chosen as 20 C and 25 C respectively.

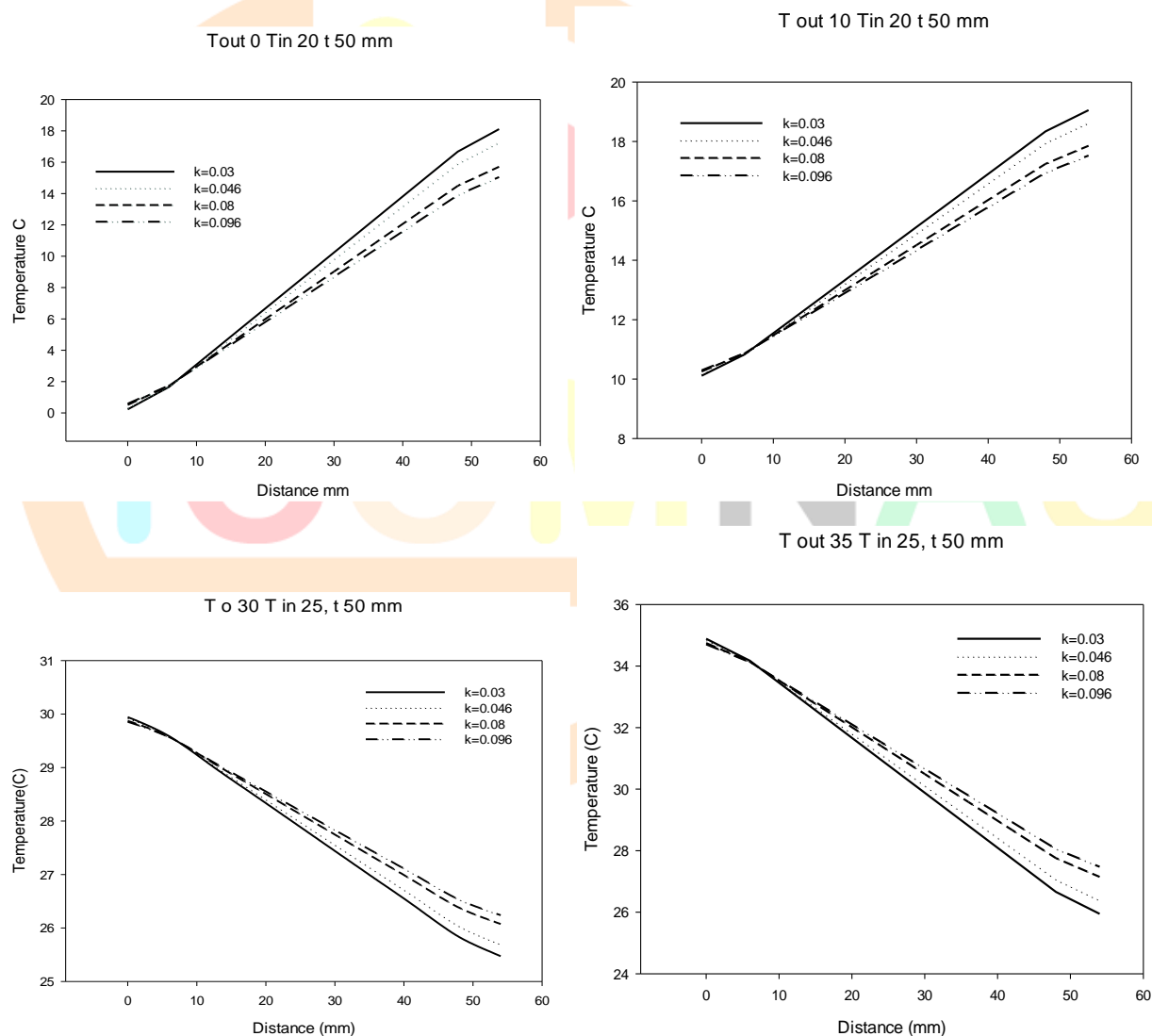
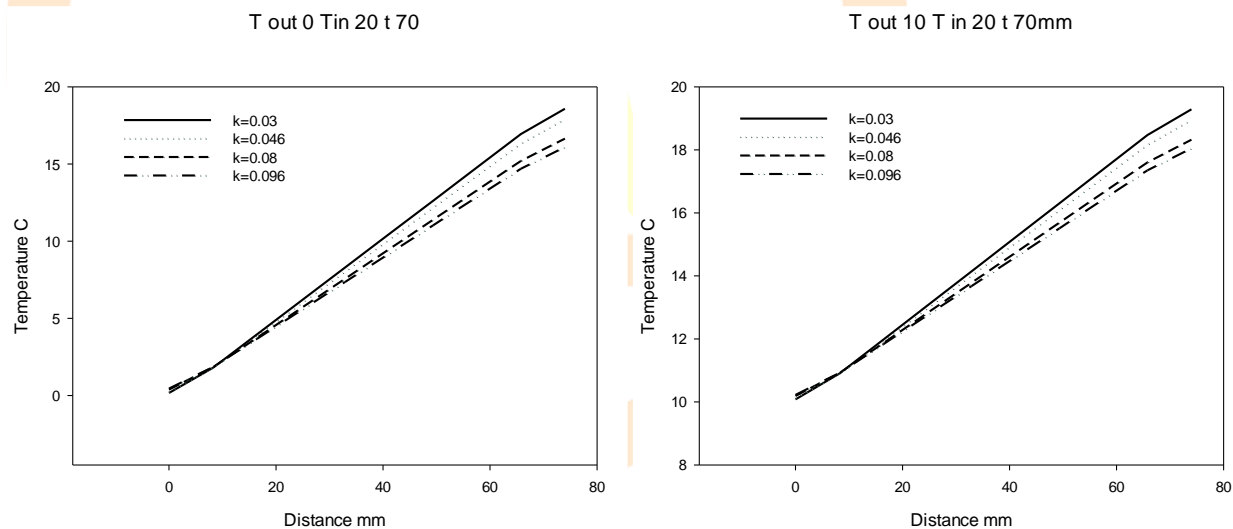


Figure 5. Temperature evolution along the wall for thickness 50 mm

The first group of figure represents the change for the thickness 50 mm for all four isolation materials (Fig. 5). As it could be seen from the figures, though they have the similar trend and ascends or descends from the outer Shell to the inner Shell depending on the interaction between the inner and outer ambient temperatures, there is a clear separation among each. As expected, when the conductivity increases, the envelope transfers the heat better and inner and outer ambient temperatures are closer than others. At the lower conductivity values which means a poor conductor or good insulator, the temperature change is worse and the difference becomes higher. At winter simulations, the solid line which refers to lowest k value, transmit the energy worse and as a consequence temperature inside the car could be kept higher. Vice versa, as the k rises, it starts to transmit the heat better which lets to cool the indoor temperature and have lower temperature value. On contrary, at the summer simulations, the lowest k isolates the indoor and prevents the excessive temperature rise inside when it is compared with the higher k valued materials. The highest curve pertains to highest thermal conductivity which is plotted by dash and two dots. And the curves gradually descends as the conductivity got worse. When the k is 0.096 W/mK, it is not easy to maintain the indoor temperature around 25 C which converges to 27, but as the k converges to 0.03 W/mK, the indoor temperature is closer to 25 C. Vice versa, when k is 0.096 W/mK at the winter conditions, the indoor temperature cannot be kept at 20 C and it is observed it can go down to 16 C range, while this changes by the substitution of the material by k=0.03 W/mK which allows to keep the temperature 18 C.



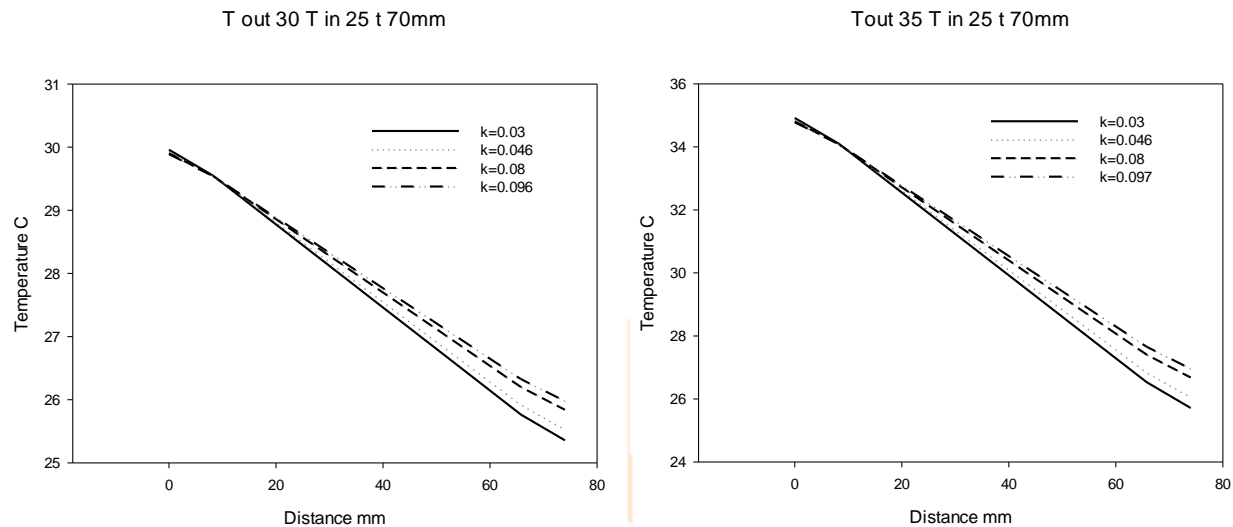


Figure 6. Temperature evolution along the wall for thickness 70 mm

The thermal response of a thicker insulation material is demonstrated in this group of figures which is 70 mm (Fig. 6). The overall trends of the curves is similar to plots displayed for the thickness 50 mm as it could be seen. While the temperature elevates from outer shell to inner shell in the winter simulations, it lowers in the summer time between the same regions. Among these elevation and lowering trends, the better insulator transmits the heat worse and it either keeps inside warmer or cooler in winter and summer conditions respectively. Since the best insulator ( $k=0.03$  W/mK), slows the transmission of the energy, from either side of the envelope better, the temperature difference between the regions is higher than other conductivity materials. This leads to higher temperatures inside cabinets for the case with  $k=0.096$  W/mK when ambient temperatures are  $30^{\circ}\text{C}$  and  $35^{\circ}\text{C}$  while exact opposite is observed for the ambient temperatures are  $10^{\circ}\text{C}$  and  $0^{\circ}\text{C}$  where the lowest cabin temperatures are obtained. The remaining two materials ( $k=0.046$  W/mK and  $k=0.08$  W/mK) ordered between these two from higher to lower conductivity values.



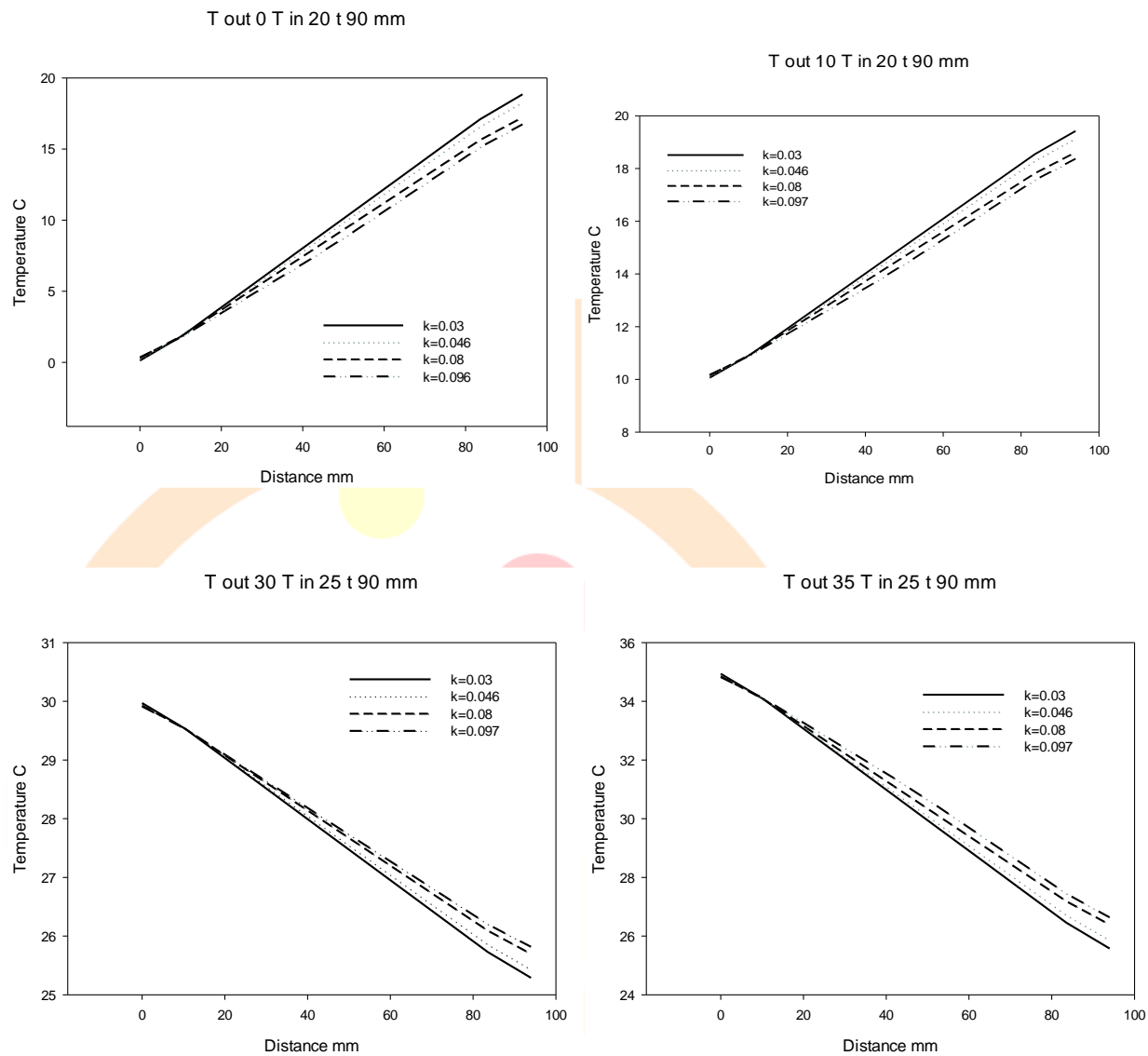


Figure 7. Temperature evolution along the wall for thickness 90 mm

In this group of figure, the temperature evolution by the distance is presented for the thickness 90 mm for all considered  $k$  values (Fig. 7). As it could be expected as regard to earlier findings, the material which is represented by  $k = 0.03$  W/mK shows better performance than the other to maintain the indoor temperature close to target temperature. The material with the highest conductivity transmits the heat better which leads a cooler ambient and warmer ambient inside the car at winter and summer simulations respectively. as the  $k$  values gradually ascends from 0.03 to 0.096, the curves are elevated gradually as well, though they a similar trend, there is clear distinction among the curves in particular when it is around the indoor. The major point that should be underlined, is the impact of the thickness, as it could be seen, even though  $k = 0.03$  W/mK conduct a better performance as

an insulator, as the thickness increases, the insulation that is provided is becoming better. But the range of this refinement can be displayed and interpreted in the next set of figures.

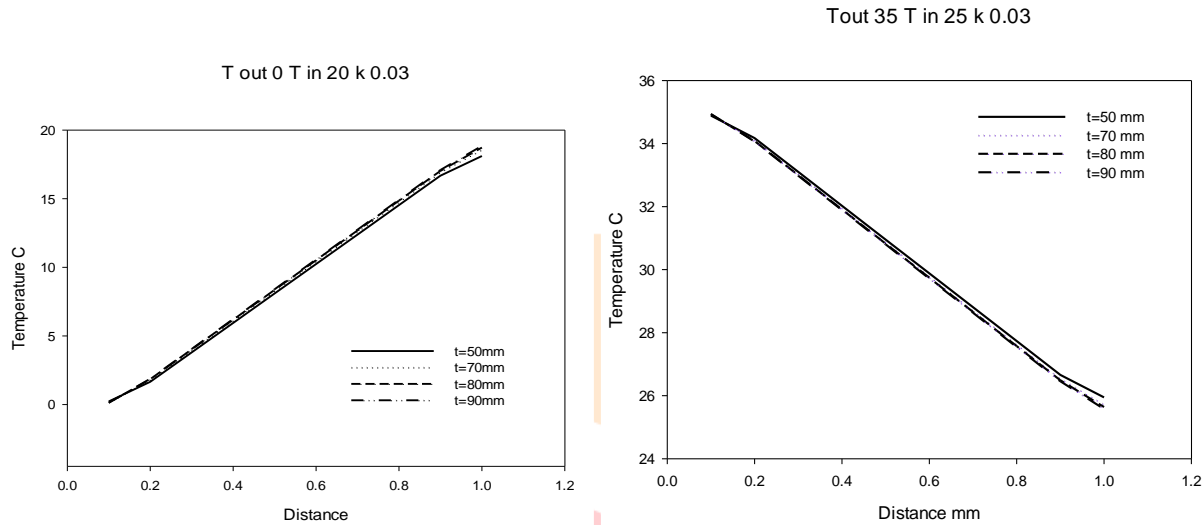


Figure 8. Temperature evolution along the wall for insulation  $k=0.03 \text{ W/mK}$

Among the investigated conditions listed before, two particular one is displayed to demonstrate the impact of it for the selected material of insulator. The first group (Fig. 8) is for the insulator with  $k=0.03 \text{ W/mK}$  which provides better performance for the isolation. As regard to the displayed outcomes, there is vague difference between the varying thickness of the same material. The only visible difference can be noted for  $t=50 \text{ mm}$  which is the lowest thickness among the others, other than, they almost present identical thermal reaction under the investigated conditions. In either winter and summer simulations, same observations can be reported. Though a barely noticeable difference exists, it won't be so wrong to say, the thickness change doesn't play a major role at this particular material beyond the thickness 50 mm. and thickness 50 mm can noted as a threshold for this conductivity value.

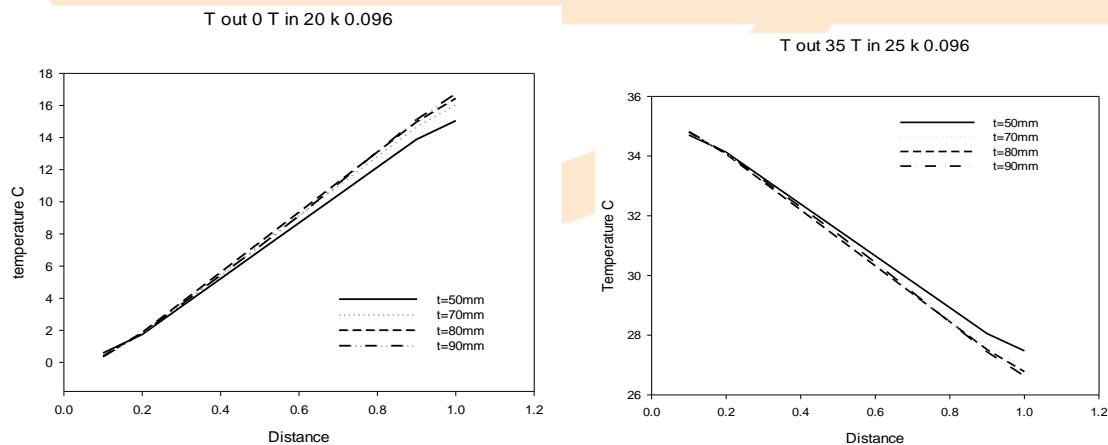


Figure 9. Temperature evolution along the wall for insulation  $k=0.096 \text{ W/mK}$

One other comparison is demonstrated in figure above (Fig. 9) . As regard to that, a similar temperature evolution can be observed where, solid line pertains to  $t=50$  mm is obviously behind the remaining thickness in the winter ambient scenario while the it is leading in the summer ambient scenario. Other than the investigated thicknesses are almost overlapping for this material as well which is the better conducting insulator among the studied ones. Ones again, a noticeable impact cannot be observed beyond the thickness 50 mm and this thickness can be marked as the threshold for this insulation material as well.

## CONCLUSION

In this study, the assessment of the insulation material for the train envelope has been conducted. Four different material has been investigated which are simulated by four different conductivity parameters ( $k=0.03, 0.046, 0.08$  and  $0.096$  W/mK) and 4 different thicknesses of them (50, 70, 80 90 mm) has been analyzed. A numerical investigation has been performed by commercial software ANSYS. The findings have been shared in the previous sections. As regard to them, for the particular thicknesses, the material change has an unavoidable impact over the temperature evolution. As the conductivity feature of the material evolves, the temperature difference between the outdoor and indoor temperatures lowers. From another aspect it can said that, when the insulation material becomes better, the cabin temperature can be kept closer to set value. With regard to these findings, the material with  $k=0.03$  W/mK, show better performance to maintain the expected indoor temperature while  $k=0.096$  W/mK shows worse.



# 2<sup>nd</sup>International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

ISBN: 978-605-72864-2-0

## ssREFERENCES

- Ampofo F., Maidment G., Missenden J. (2004). Underground railway environment in the UK Part 2: Investigation of heat load. *Applied Thermal Engineering*, (24), 633–645.
- Amri H., Hofstadter R. N., Kozek M. (2011, 6). Energy efficient design and simulation of a demand controlled heating and ventilation unit in a metro vehicle. *2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems*, 7-12.
- Dullinger C., \*, Struckl W., Kozek M. (2015). A modular thermal simulation tool for computing energy consumption of HVAC units in rail vehicles. *Applied Thermal Engineering*, (78), 616-629.
- Liu W., Deng Q., Huang W., Liu R. (2011). Variation in cooling load of a moving air-conditioned train compartment under the effects of ambient conditions and body thermal storage. *Applied Thermal Engineering*, (31), 1150-1162.
- Marcos D., Pino F. J., Bordons C., Guerra J. J. (2014). The development and validation of a thermal model for the cabin of a vehicle. *Applied Thermal Engineering* (66), 646-656.
- Vetterli N., Menti U.P., Sidler F., Thaler E., Zweifel G. (2015, 9). Energy efficiency of railway vehicles. *Csbat*, 955-960.

ICOMNAS

