



**INTERNATIONAL
BALKAN
UNIVERSITY**



UBAK

**20 – 21 August
ONLINE**

**the 11th International
Scientific Research Congress
Science and Engineering**

*11. Uluslararası Bilimsel
Araştırmalar Kongresi*

Tam Metin Kitabı

Full Text Book

www.ubaksymposium.org



11. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi

- *Fen ve Mühendislik Bilimleri-*

the 11th International Scientific Research Congress

- *Science and Engineering-*

(UBAK)

(20 – 21 Ağustos / August 2021)

Online / Ankara

-Fen ve Mühendislik Bilimleri-

- *Science and Engineering-*

- *Bildiri Tam Metin Kitabı-*

- *Proceeding Book -*

-

Editor

Doç. Dr. Berrin TOPUZ



Ankara 2021

YayınYönetmeni / General Publishing Director •
Muhammet ÖZCAN

Editör / Edited by •
Doç. Dr. Berrin TOPUZ

Bu kitapta yayınlanan Bildiri Tam metinleri “Bookcites Kitap Atıf Dizini” tarafından
taranmaktadır



KapakTasarım / Cover Design
Bekir TURAN

İçTasarım / Interior
Bekir TURAN

BirinciBasım / First Edition • ©
Ağustos 2021 // August 2021-Ankara

ISBN: 978-625-7813-92-1

ASOS YAYINEVİ

1st Edition / 1.baskı: Ağustos/August 2021

Address / Adres: ÇaydaçıraMah. HacıÖmerBilginoğlu Cad. No: 67/2-4/MERKEZ/ELAZIĞ

Mail: asos@asosyayinlari.com

Web: www.asosyayinlari.com

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

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

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



KURULLAR

Düzenleme Kurulu

Prof. Dr. Fatih SEYİS, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Prof. Dr. Bahri BAYRAM, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Hülya BALKAYA, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Adem KAYA, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Berrin TOPUZ, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Kemal ÇİFTYILDIZ, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Emine YURTERİ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Bilim Kurulu

Prof. Dr. Ayla ALTINTEN, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Yerlan ANDEASBAYEV, Zhetysu State University, Kazakhstan
Dr. Öğretim Üyesi Çağlar ARPALI, Çankaya Üniversitesi
Doç. Dr. Abdullah ASLAN, Fırat Üniversitesi
Doç. Dr. Füzün ASLAN, Kırklareli Üniversitesi
Prof. Dr. Hülya BAYRAK, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Bahri BAYRAM, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nurcan BERBER, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet BONA, İstanbul Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Emel CANPOLAT, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Doç. Dr. Hakan ÇAĞLAR, Ankara Bilim Üniversitesi
Doç. Dr. Doç. Dr. Hüseyin COLAK, Northeastern Illinois University
Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Duran ÇELİK, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA, Karabük Üniversitesi
Doç. Dr. Nuray DEMİR, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Selin Kınalı DEMİRCİ, Amasya Üniversitesi
Prof. Dr. Aysun ERGENE, Kırıkkale Üniversitesi
Dr. Yaşar GENEL, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi
Prof. Dr. Irshad HUSSAIN, The Islamia University of Bahawalpur
Doç. Dr. Rita ISMAİLOVA, Kyrgyz-Turkish Manas University
Dr. Öğretim Üyesi Meryem Yeşilot KAPLAN, İskenderun Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Salih KARABÖRKLÜ, Düzce Üniversitesi
Doç. Dr. İlknur KESKİN, İstanbul Metropol Üniversitesi
Doç. Dr. Ali KİBAR, Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. Bissebayeva K.T, Caspian State University
Dr. Öğretim Üyesi Fahrettin KOYUNCU, Burdur Mehmet Akif Rısoy Üniversitesi
Dr. Parveen KUMAR, Maharishi Markandeshwar (Deemed) University
Dr. Öğretim Üyesi Şenol MERT, Düzce Üniversitesi
Prof. Dr. Jose Miguel Molina JORDA, Universidad de Alicante
Dr. Burhanettin OZDEMİR, Prince Sultan University
Doç. Dr. Erhan Burak PANCAR, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Dr. Rafiq Abduləli Oğlu RASULOV, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
Dr. Öğretim Üyesi Senem SALLAN, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Oleg SYNYUK, Khmelnytsky National University, Ukraine
Doç. Dr. Deniz ŞAHİN, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Erkin TOKPANOV, Zhetysu State University, Kazakhstan
Dr. Öğretim Üyesi Hümeysra Bolakar TOSUN, Aksaray Üniversitesi
Prof. Dr. Ali URAL, Aksaray Üniversitesi
Prof. Dr. Can ÜNAL, Tekirdağ Namıkkemal Üniversitesi
Doç. Dr. Hakan YALÇINER, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Doç. Dr. Övgü Ceyda YELGEL, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Ümit YIRTICI, Kırıkkale Üniversitesi

SEKRETERYA

Doç. Dr. Nuray DEMİR

ÖNSÖZ / PREFACE

Değerli bilim insanları,

20-21 Ağustos 2021 tarihleri arasında Çevrimiçi olarak düzenlenen 11. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi'ne gösterdiğiniz ilgiye çok teşekkür ediyoruz. Kongre, fen ve mühendislik bilimlerde çalışan araştırmacıları bir araya getirmeyi ve aralarında etkin bir iletişim platformu oluşturmayı hedeflemektedir. Kongre kapsamında sunulan, tam metinlerin basılmasını talep eden katılımcıların göndermiş olduğu ve hakem değerlendirmeleri sonucunda kabul edilen bildiriye Tam Metin Bildiri Kitabında yer verilmiştir. Yayına kabul edilen tüm çalışmaların içeriğinden yazarların sorumlu olduğunu belirtmeliyiz.

Kongrede yaptıkları değerli araştırmalarını sunan araştırmacılara; kongre düzenleme kuruluna; bildirileri değerlendiren hakemlerimize ve kongrenin gerçekleştirilmesine katkısı olan herkese teşekkürü borç biliriz.

Saygılarımızla.

Doç. Dr. Berrin TOPUZ

İÇİNDEKİLER – CONTENTS

KURULLAR.....	IV
ÖNSÖZ / PREFACE.....	VI
Geçmişten Günümüze: Gen Terapi.....	1
Investigation of The Tensile Strength Properties of Samples Produced With Different Parameters From ABS, HIPS, TPU(Flex) Materials.....	9
Utilization of Surfactants in Bitumen Modification.....	15
Ön Gerilmenin Düz Dokuma Tek Katmanlı Karbon/Epoksi Kompozitin Çekme Özellikleri Üzerine Etkisi.....	22
Sürdürülebilirlik Bağlamında Ulaşım Araçlarının Mimari Olarak Yeniden İşlevlendirilmesi... 29	
Kuzu Eti Üretiminde Kaliteyi Etkileyen Faktörler.....	34
Gri Kurt Optimizasyon Algoritmasını Kullanarak Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Üretimini Tahmini.....	42
Sodyum Aljinat/Grafen Nanoplatelet Nanokompozit Membranların Hazırlanması ve Karakterizasyonu.....	49
Kışlık Yetiştirilen Fiğ-Arpa (<i>Vicia sativa- Hordeum vulgare L.</i>) Karışımının, Farklı Yöntemlerle Toprağa Karıştırılmasından Sonra, Yetiştirilen Pamukta (<i>Gossypium hirsutum L.</i>) Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi.....	58
Yalın, Çevik, Esnek ve Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi: Bir Vaka Analizi.....	67
The Structural and Electronic Analysis of L-Prolinol.....	76
Arama Motoru Optimizasyonu.....	82
Binalar İçin Sonlu Elemanlar Temelli Hasar Tespit Metodu, Ölçekli 6 Katlı Bina Modeli Üzerinde Doğrulama Testleri.....	89
Sakınşehir Seferihisar'da Çevreyle Uyumlu Ulaşım Seçeneklerinde Bisikletin Yeri.....	95
Kitosan Bazlı Hibrit Malzemelerin Gıda Raf Ömrüne Etkileri ve Uygulamaları.....	107
Derivation of Parametric Kinematic Equations of Planar 3R Manipulator.....	115
Sıçan Siyatik Sinir Kesilmelerinde Adipöz Kaynaklı Mezenkimal Kök Hücrelerin İntratubal Enjeksiyonunun Etkilerinin Deneysel Olarak Kıyaslanması.....	120
Araç Taşımacılığında Demiryolu Kullanımı ve Yenilikçi Bir Tasarım Araç Taşıma Vagonları.....	129
Kurakçıl Peyzaj Tasarımı ve Parklar İçin Önemi.....	136
Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Kayseri, Nevşehir and Çiçekdağı Precipitation-Temperature Interactions.....	142
Isı Borusuna Yerleştirilen Bükümlü Bant Hatve Uzunluğu ve Gözyaşı Damlası Çukurlu Yüzey Formunun Termal ve Hidrodinamik Özellikler Üzerindeki Etkinliğinin CFD Yöntemi İle Araştırılması.....	151
Kaolen Numunesinin Bilyalı Değirmendeki Kırılma Hızına Silpeps Boyutunun Etkisinin İncelenmesi.....	160
Selekoksisib Üzerine Kuantum Kimyasal Hesaplamalar.....	167
Dalgacık Dönüşümü Temelli Şebeke Kalkışı Daimi Mıknatıslı Senkron Motorda Rotor Çubuk Kırığı Arızası Teşhisi.....	175
Evrimleşmiş Yıldızların Asterosismoloji İle Yaş Hesabı.....	183



**FEN
VE
MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ**

SCIENCE AND ENGINEERING

Presentation ID / Sunum No= 56

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-6742-8595

Geçmişten Günümüze: Gen Terapi

F. Azize Budak Yıldırım¹, Büşra Küçükekmeçci²

¹*Kırıkkale Üniversitesi, Yahşihan, Kırıkkale, azizebudak@kku.edu.tr*

²*Kırıkkale Üniversitesi, Yahşihan, Kırıkkale, bsrakckmkci@gmail.com*

Özet

Günümüzde moleküler biyolojideki hızlı gelişmeler ve yapılan çalışmalar, genetik ve diğer hastalıkların terapötik çalışmalarında gen terapi yönteminin önemini ortaya koymaktadır. Gen terapisi kavramını FDA aktarılan genetik materyalin transkripsiyon mekanizması ya da translasyon mekanizması aracılığıyla konakçı genomuna entegre olarak etkilerini gösteren nükleik asitler, virüsler veya genetik mühendisliği ile oluşturulmuş mikroorganizmalar aracılığıyla aktarımı yapılan ürünler olarak tanımlanmaktadır.[1] Gen transferi ile istenilen bir genin işlevi engellenebilir, gen eski formuna döndürülerek iyileştirilebilir ya da genin yeni bir fonksiyon kazanması sağlanabilir.[2-4]Gen tedavisi kavramı ilk kez 1970 yılında, retrovirüslerin RNA'ları üzerinde çalışan, Martine Cline tarafından ortaya konmuştur. Cline, 1980'lerin başında retroviral tabanlı gen transferinin geliştirilmesine önemli katkıda bulunmuş ve genlerin yüksek verimlilikte transfer edilebileceğini göstermiştir. Bu gelişmelere dayanarak 1982'de, ilk insan gen tedavisi, Talasemi hastalığı için, aynı kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. [6, 7] Günümüze kadar artarak devam eden bu tür çalışmalar, Fransız mikrobiyolog Emmanuelle Charpentier ile ABD'li biyokimyacı Jennifer A. Doudna ve ekibinin 2012'de çalışmalarını yoğunlaştırdıkları ve 2020'de Nobel Kimya Ödülü'nü aldıkları "CRISPR-Cas9" sistemi ile yeni bir boyuta taşındı. Bu sistem; DNA üzerinde ekleme, çıkarma yapma ya da DNA dizilimini değiştirmeye olanak tanıyan özgün bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Bu tür gen terapi yöntemleri birçok hastalık için umut vaat etmektedir. Ancak çalışmalarda öngörülemeyen sonuçların ortaya çıkma olasılıkları açısından oldukça dikkatli çalışılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Gen terapisi, genetik, DNA, CRISPR.

From Past to Present: Gene Therapy

Abstract

Today, rapid developments and studies in molecular biology reveal the importance of gene therapy in therapeutic studies of genetics and other diseases. The concept of gene therapy is defined by the FDA as products transferred through nucleic acids, viruses or genetically engineered microorganisms that integrate the transferred genetic material into the host genome through the transcription mechanism or translation mechanism.[1] With gene transfer, the function of a desired gene can be prevented, the gene

can be restored to its old form, or the gene can gain a new function.[2-4] The concept of gene therapy was first introduced in 1970 by Martine Cline, who worked on the RNAs of retroviruses. Based on these developments, the first human gene therapy for Thalassemia was performed by the same person in 1982. [6, 7] Such studies, which have increasingly continued until today, are based on the “CRISPR-Cas9” system, for which the French microbiologist Emmanuelle Charpentier and the US biochemist Jennifer A. Doudna and their team intensified their work in 2012 and received the Nobel Prize in Chemistry in 2020. moved to a new dimension. This system; It is considered as a unique technology that allows adding, removing or changing the DNA sequence on DNA. Such gene therapy methods show promise for many diseases. However, it should be studied very carefully in terms of the possibility of unpredictable results in studies.

Keywords: Gene therapy, genetics, DNA, CRISPR.

GİRİŞ

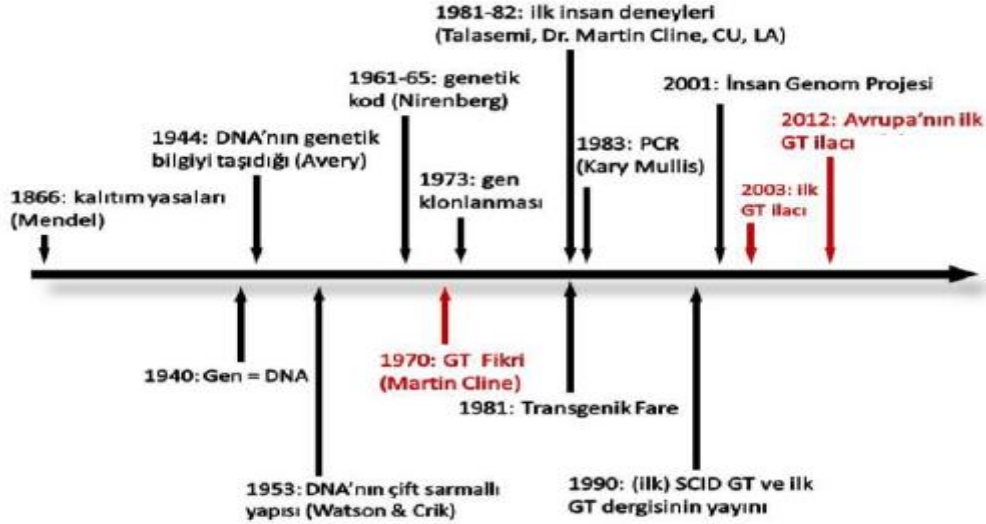
1. Gen Terapisi

Rekombinant DNA teknolojisinin, insan genom Projesinin ve moleküler biyolojideki hızlı gelişmelerin genetik ve diğer hastalıkların tedavisine günümüzde ve ilerleyen yıllarda büyük katkı sağlayacağı açıktır. Genetik hastalıklarda edinsel hastalıklardan farklı olarak sadece hastanın değil ailenin diğer bireylerinin de risklerinin araştırılması ve bilgilendirilmeleri gereklidir. Tek gen hastalıkları tedavisinde temel prensip hatalı proteinin değiştirilmesi, fonksiyonun iyileştirilmesi ve eksik ya da fazlalığın etkilerinin giderilmesidir. Söz konusu olan bu hastalıkların geleneksel tedavisi oldukça yetersizdir. Bu nedenle son yıllar da hastalığın oluş mekanizaması ve ortaya çıkığı dönemde yaptığı geri dönülmez patolojileri nedeni ile tek gen hastalıkları için ümit verici bir yöntem olan gen terapisi çalışmaları geliştirilmektedir.

Gen terapisi kavramını Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Kurumu(FDA) aktarılan genetik materyalin transkripsiyon mekanizması ya da translasyon mekanizması aracılığıyla konakçı genomuna entegre olarak etkilerini gösteren nükleik asitler, virüsler veya genetik mühendisliği ile oluşturulmuş mikroorganizmalar aracılığıyla aktarımı yapılan ürünler olarak tanımlamıştır.[1] Bu ürünlerin hücreye aktarımı in vivo ya da ex vivo şekilde gerçekleştirilebilir. Genel olarak in vivo yöntemde hücrelerin modifiye edilmesi için ex vivo yöntemde ise bir uygulama öncesi olarak hücrelere aktarımı sağlanmaktadır. Gen transfer yöntemleri ile aktarımı yapılan ürünler ile istenilen bir genin işlevi engellenebilir, gen eski yapısına geri döndürülerek iyileştirilebilir ya da genin yeni bir fonksiyon kazanması sağlanabilir.[2-4]

Çok uzun zamandan beri bilim adamlarının hedefi olan genetik hastalıkların tedavisi ve bununla paralel gelişen gen tedavisi, genetik hastalıkların nükleotidler düzeyinde tedavi edilmesini sağlar. Ancak gen tedavisi fikri ilk kez 1970 yılında, retrovirüslerin RNA’ları üzerinde çalışan, Martine Cline tarafından ortaya konmuştur. Martine Cline, virüslerin transformasyon mekanizmalarını incelediğinde, virüslerin genetik materyallerini konak hücre genomuna aktardığını keşfederek, hücrelere gen transfer işlemlerini gerçekleştirmek için bir araç olarak kullanılabileceklerini belirtmiştir.[5] Rekombinant DNA teknolojisinin gelişmesi ile genlerinin izolasyonu ve manipülasyonu mümkün olmuştur. Martin Cline, 1980’lerin başında retroviral tabanlı gen transferinin geliştirilmesine önemli katkıda bulunmuş ve genlerin *in vitro* ve *in vivo* olarak yüksek verimlilikte transfer edilebileceğini göstermiştir. Bu gelişmelere dayanarak 1982 yılında, ilk insan gen tedavisi, talasemi hastalığı için, aynı kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. [6, 7]

Daha sonra 1990 yılında gen terapisinin babası olarak bilinen pediatrist ve genetikçi olan Dr. W.French Anderson ve arkadaşları tarafından Adenozin deaminaz (ADA) enziminin eksikliğinden kaynaklanan bağışıklık yetmezliği hastalığına(SCID) sahip iki çocukta uygulanmıştır. Uygulama ex vivo stratejiler ile gerçekleştirilmiş ve doğru ADA proteini kodlaması yapan gen retrovirüsler aracılığı öncelikle T hücrelerine daha sonrada vücutlarına enjekte edilmiştir. Dr. French ve arkadaşları uzun süren aşılama işlemleri sonucunda başarıya ulaşmışlardır.[2, 8]



Şekil 1: Gen tedavisi (GT) yöntemi ile ilgili tarihsel gelişmeler.

FDA'ya göre gen terapisi yöntemi iki özellik taşımaktadır. İlk olarak bu yöntem canlıya uygulandığında herhangi bir gen dizisinin düzenlenmesi, onarılması, değiştirilmesi, yeni bir işlev eklenmesi ya da silinmesinde görev alacak nükleik asitlerden oluşan aktif bileşenler içermelidir. İkinci olarak ise uygulanan ürünün etkisinin direkt olarak aktarılan genin dizisinden ya da bu genin eksprese ettiği proteinden kaynaklanması gerekmektedir.[1]Uygulama yapılacak hücrelerin türüne göre eşey (germline) hücresi gen tedavisi ve somatik hücresi gen tedavisi olmak üzere iki farklı gen terapi yaklaşımı bulunmaktadır.

2.1. Eşey (Germline) Hücresi Gen Tedavisi

Germline gen tedavisi yöntemi yumurta ve sperm hücrelerine işlevsel genin aktarılması ile gerçekleştirilen oldukça başarılı bir yöntemdir. Eşey hücresi gen tedavisi yöntemi, vücudun tüm hücrelerini oluşturabilen erken dönem embriyo, gamet ve zigotta yapılan genetik değişikliklerle uygulandığı için bu değişiklikler gelecek nesillere aktarılabilir. Bu uygulama sonucunda hem hastalık etkeni ortadan kaldırılmış hem de düzgün genotipe sahip gametler meydana getirilerek sonraki nesillerin sağlıklı olması sağlanacaktır. Meydana gelen değişikliklerin kendinden sonra gelen tüm nesilleri etkilemesi, kalıtsal kusurluluk riski açısından birçok etik problemleri de beraberinde getirmektedir. Oldukça başarılı bir yöntem olmasına rağmen etik ve teknik nedenlerden dolayı birçok ülkede uygulanması yasaktır.[9, 10] Bazı durumlarda sadece laboratuvar düzeyinde çalışılacak olan genetik hastalıklar için hücre kültürü ya da hayvan modelleri üzerinde çalışılmaktadır.

Teorik olarak yöntem hatalı bir genin tedavi edilmesinde ve sonraki nesillere düzgün genin aktarılmasında oldukça başarılı olsa da genom düzeyinde meydana gelen değişiklikler geri dönüşümsüz olduğu için riskleri de büyüktür ve sonraki nesilleri olumsuz yönde etkileyebilir.[9, 11]

2.2. Somatik Hücre Gen Tedavisi

Somatik hücre gen tedavisinde, tedavi edici genler hastanın vücut hücrelerine aktarılır. Aktarım ex vivo (laboratuvar koşullarında, canlı dışında), in vivo (doğrudan hastanın kanına) ve in situ (doğrudan hastalıklı hücreye) olarak gerçekleştirilebilir.

Hangi aktarım yönteminin kullanılacağı hedeflenen hücrenin yapısına, tedavi edici gene ve aktarım materyalinin seçimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.[11] Somatik hücre gen tedavisinde sadece vücut hücrelerinde değişiklik gerçekleştirildiği için yapılan değişiklikler ve tedavinin farklı etkileri sadece vücut hücreleri düzeyinde kalır ve gelecek nesillere aktarılmaz. Bu yüzden etik kurallar açısından daha uygun ve tercih edilebilir olduğundan dolayı günümüzdeki gen tedavisi denemeleri ve yöntemleri somatik hücreler içindir.[12]

Somatik hücrelerde tedavi birkaç yolak ile gerçekleştirilebilir. Bu yollar 4 ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar: genin ilavesi, genin değiştirilmesi, genin ifadesinin(ekspresyonunun) engellenmesi, özgün hücrelerin öldürülmesidir.

a) **Genin ilavesi:** Hasarlı genin işlevsel bir kopyasının aktarılması amaçlanmaktadır. Doku içerisinde hasarlı gen halen kalmaktadır ancak bu hasarlı geve fonksiyonel gen ilave edilmektedir. Bu yöntem fonksiyon kaybına neden olan genetik hastalıkların tedavi edilmesinde kullanılmaktadır. Ancak kalıcı bir hasar meydana gelmişse başarılı bir sonuç alınamamaktadır. Kanser tedavisinde tümöre karşı immün cevabı artırmanın veya kusurlu tümör baskılayıcı genin işlevsel kopyasının ilavesinin amaçlandığı durumlarda da etkili bir yöntemdir.

b) **Genin Değiştirilmesi:** Burada amaç hasarlı genin işlevsel bir kopyası ile değiştirilmesi veya mutasyonun in situ olarak düzenlenmesidir. Hasarlı gen ürününün hücreye zarar verdiği işlevin geri kazanılabilmesi ile düzeltilebilecek genetik hastalıklarda tercih edilen bir yöntemdir.

c) **Genin ifadesinin engellenmesi:** amaç hastalığa neden olan işlevsel mekanizmanın engellenmesidir. Kanserli hücrelerde aktif halde bulunan onkogenlerin susturulmasında, bağışıklık sisteminden kaynaklı (otoimmün) hastalıklarda ve fonksiyon kazanımına bağlı ortaya çıkan genetik hastalıklarda kullanılabilen bir yöntemdir. Genellikle enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır.

d) **İntihar gen tedavisi:** bu yöntem özellikle kanserli hücrelerin tedavisinde kullanılmaktadır. Bu nedenle toksik kemoterpötik ajan, non-toksik bir ön ilaç şeklinde vücuda aktarılırken ön ilacın (prodrug) aktifleşmesini sağlayan enzimi eksprese eden gen de kanser hücrelerine verilmektedir. ön ilaç hedeflenmemiş yan hücreleri de etkilediğinden güçlü bir etki oluşturmaktadır. Bu mekanizma gen güdümlü enzim prodrug tedavisi (gene directed enzyme prodrug therapy-GDEPT) olarak da adlandırılmaktadır.[13]

3. Genin Aktarımında Kullanılan Ajanlar

Gen terapisi hücredeki hasarın dışarıdan aktarılan bir gen vasıtasıyla tedavi edilmesini hedefleyen bir yöntemdir. Tedavinin gerçekleştirilebilmesi için sağlıklı genin hastanın hedeflenen hücresine taşınması gerekmektedir. Gerekli olan bu taşınım vektör adı verilen taşıyıcı moleküller ile gerçekleştirilmektedir. Taşınım için farklı vektör grupları ve çeşitli aktarım teknikleri kullanılmaktadır. İdeal bir gen aktarım ajanının sahip olması gereken özellikler minimal yan etki, hedef hücreye özgünlük, immün sistem saldırılarına karşı direnç, metabolik parçalanmaya karşı direnç ve terapötik geni gerekli olan süre boyunca belirli seviyede ifade etme yeteneği olarak özetlenebilir.

Gen aktarım vektörleri:

- Biyolojik vektörler
- Fiziksel veya kimyasal vektörler olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır.

Biyolojik vektörler enfeksiyon olarak adlandırılan plazmid veya viral-aracılı sistemleri ifade eder. Fiziksel veya kimyasal vektörler ise non-viral vektörler olarak adlandırılır ve geni hücrelere kimyasal veya fiziksel yolla aktarır. Non-viral vektör olarak sadece DNA'nın kullanıldığı, lipid-DNA kompleksinin kullanıldığı ya da insan yapay kromozomlarının kullanıldığı vektörler tasarlanabilir.[14]

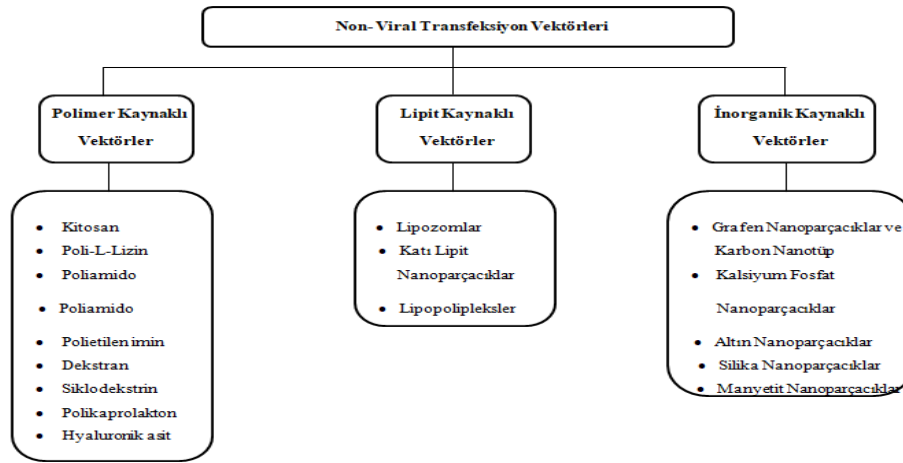
3.1. Viral Vektörler

Viral vektörler genin tedavisinde, konakçı hücreye genetik olarak değiştirilmiş virüsler aracılığı ile tedavi edici genleri taşıyarak aktarılması ile uygulanır. Vektör olarak retrovirüsler, adenovirüsler, lentivirüsler ve herpes virüsleri sıklıkla kullanılmaktadırlar. Bu virüslerin kendi genomunu konakçı hücreye veren doğal stratejilerden yararlanır.[15] Viral vektörlerin yüksek bir aktarım verimliliği vardır ancak sadece kısıtlı büyüklükte bir yük taşıyabilirler.

Doğru şekilde modifiye edilmedikleri durumda, kendileri de viral kökenli oldukları için hastayı enfekte edebilir ve immün sistem tarafından öldürülebilirler. Retrovirüsler yalnızca bölünen hücreleri enfekte edebilmektedirler, adenovirüsler olumsuz immünolojik yanıt oluşturmaktadırlar, herpesvirüslerin sitotoksik etkisi vardır ve adenovirüsler ise kısıtlı yabancı genetik materyal taşıyabilme kapasitesine sahiptirler. Bütün viral vektörlerin ortak dezavantajı ise genin yanlış bir yere aktarılma tehlikesidir. Nedeni ise virüslerin rastgele olarak genomu entegre olmasıdır. Rastgele entegre olan virüs konakçı hücrenin herhangi bir genini keserek kansere ya da başka hücrel bozukluklara yol açabilir. Fakat günümüzde bunlar gibi dezavantajları ortadan kaldırmak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaya devam etmektedir.[16, 17]

3.2. Non-viral Vektörler

Viral vektörlerin aksine virüs gibi doğal taşıyıcılar kullanılmadan polimerik, lipit ve inorganik biyomalzemelere nükleik asitler gibi çeşitli terapötik ajanların yüklenmesi ile sentezlenen nanoboyuttaki taşıyıcılar non-viral vektör olarak nitelendirilmektedirler. Polimerik nano vektörlerde nükleik asitler uzun polimer zincirleri arasına, lipitlerde hidrofilik özellik gösteren iç boşluğa, inorganik biyomalzemelerde ise terapötik ajan genellikle yüzeye hapsolmaktadır.[18-20] yapılan çalışmalara göre non viral vektörler için en uygun boyutların 10-100nm arasında olduğu bulunmuştur. İlaç taşımında; pasif hedefleme, aktif hedefleme manyetik alanla doğrultulu olarak hedefleme olarak üç temel yaklaşım ele alınmaktadır. Bu yaklaşımlar sayesinde uygulanacak yöntem öze özgü, nanotaşıyıcı sentezlenebilmesi özelliği sayesinde non-viral vektörler umut vaat etmektedir.[21] Non-viral vektörlerde gözlenen düşük transfeksiyon verimi, PEGilasyon, aptamer veya ligand konjugasyonu gibi bazı yüzey modifikasyonları ile artırılmaya çalışılmaktadır.[22, 23]



Şekil 2: Non-viral transfeksiyon vektörleri ve bu vektörlerin sentezinde kullanılan organik ve inorganik bazlı biyomalzemeler.[23]

Non-viral vektör tipleri ve bu vektörlerin sentezinde kullanılan biyomalzemeler şekilde gösterilmiştir. Non-viral vektörlerin avantajları olduğu gibi dezavantajı da bulunmaktadır. Non-viral vektörlerin viral vektörlere göre transfeksiyon potansiyelleri daha düşüktür. Lipozomlar yüksek düzeyde toksisiteye sahiptir. Katyonik polimerler ise yüklerinden dolayı sitotoksikite oluşturlar ve doğal polimerlerin hücre içindeki endozomal kaçışı çok düşük olması gibi dezavantajlara sahiptirler.[21]

4. İnsanda Gen Tedavisi

Klinik gen tedavisi denemelerinde yukarıda bahsedilen yöntemlerle insanlara 200'den fazla gen aktarım çalışması yapılmıştır. Klinik gen tedavisi denemelerinde insanlara aktarılan genlerin çoğunluğunu onkogenler oluşturmaktadır. Özellikle bağışıklık sistemini tetikleyici tümör antijeni kodlayan genler, sitokin genleri, tümör baskılayıcı genler, kanser hücrelerini intihar etmeye iten genler klinik gen tedavisi denemelerinde tercih edilen genlerin başında yer almaktadır. Üreme faktörü kodlayan genlerin hemen hemen tamamı kalp ve damar hastalıklarını tedavi etmeye yöneliktir. Kalıtsal tek gen hastalıkları için de birçok çalışma yapılmaktadır.

5. İdeal Vektörün Özellikleri

- DNA parçalarını aktarabilmesi için yeterli kapasiteye sahip olmalı,
- Kolaylıkla yüksek konsantrasyona ulaşabilmeli,
- Hedef dokuya spesifik olmalı,
- Stabil olmalı,
- İmmun yanıt oluşturmamalı, toksik olmamalı,
- Etkinliği yüksek olmalı,
- Uzun süreli gen ifadesi sağlamalı.

Şu ana kadar, bu özelliklerin tümüne sahip olan mükemmel bir vektör bulunmamıştır. Hasta doku özellikleri ve bozuk genin büyüklüğüne göre her hastalık için özel bir vektör tasarlamak gerekir. Çünkü her vektör, belli ölçülerde, dışardan verilen DNA parçasını taşıyabilir. Genlerin büyüklüğü de vektör seçimi için önemlidir. Öte yandan her vektör özel bir hücre tipine girebilir.

6. Gen Tedavisinde Hedef Alınan Hastalıklar

Gen tedavisi ile tıropatik yaklaşımın hedeflendiği hastalık türü elimizde mevcut çeşitli vektör sistemlerinin hangisinin kullanılacağına karar vermek için önem kazanır. Çeşitli hastalıkların tiplerine ve hedef dokularına göre, transgen aktarımının yapılacağı vektörün tasarımı gerçekleştirilir. Bugüne kadar, gen tedavi yaklaşımı ile tedavi edilen hastalıklar arasında en büyük pay kanser hastalığına aittir. Dünya çapında sürdürülen klinik gen tedavi denemelerinin %60'dan fazlasına konu olan bu hastalığı monogenetik ve kardiyovasküler hastalıklar takip etmektedir. Günümüze kadar dünya çapında yapılmış tüm gen tedavi çalışmalarında en büyük başarının yakalandığı hastalık grubu ise monogenik hastalıkları hedeflendiği denemeler olmuştur.

7. Klinik Gen Tedavi Çalışmaları Yapılan Ülkeler

Bugüne dek dünya çapında yapılan gen tedavi klinik denemeleri toplamda 5 kıtadan 31 ülkede gerçekleştirilmiştir. Yapılan denemelerin kıtalar arası dağılımı son bir kaç yılda pek değişkenlik göstermemiş; denemelerin, %64.7'si Amerika, %24.5'i Avrupa ve %5.1'i Asya ülkelerinde yapılmıştır. ABD hala dünyada en çok denemenin yapıldığı ülke olarak birinci sırada yer almaktadır (1359 deneme ile %63.4). Avrupa'da ise; İngiltere toplam 206 deneme ile %9,6'luk payı alırken, Almanya 84 deneme ile %3.9, İsviçre 50 deneme ile %2.3, Fransa 51 deneme ile %2.4, Hollanda 33 deneme ile %1.5'luk bir pay almaktadır. Asya'da; en çok veri sağlayan ülke 43 deneme ile Çin iken bunu 35 deneme ile Japonya takip etmektedir. 2014 yılı itibariyle Avusturalya'da gen tedavi denemelerinde bir artış gözlenmiş ve toplam sayı 32'e yükselmiştir. 83 deneme ise çoklu ülke çalışması olarak rapor edilmiştir.

8. Yeni Dönem Gen Terapi: CRISPR-Cas9

Günümüzde gen terapiye yeni bir boyut kazandıran "CRISPR-Cas" sistemi ile Fransız mikrobiyolog Emmanuelle Charpentier ile ABD'li biyokimyacı Jennifer A. Doudna ve ekibinin 2020 yılında Nobel Kimya Ödülü'nü almaya hak kazanmışlardır. Bu sistem; DNA üzerinde ekleme, çıkarma yapma ya da DNA dizilimini değiştirmeye olanak tanıyan özgün bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir.

CRISPR- Cas sistemi (kümelenmiş düzenli aralıklarla kısa palindromik tekrar CRISPR ilişkili nukleaz) özellikle fajlara karşı oluşturulan adaptif doğal bağışıklık sistemidir. Prokaryotik canlıların immün sistemden adapte edilmiş olan CRISPR/Cas sistemi genom mühendisliği araçlarının arasına en son eklenen RNA/protein kompleksidir. CRISPR/Cas9 teknolojisi, endonukleaz Cas ve kılavuz RNA (sgRNA) aracılığı ile genomun istenen bir bölgesinde çift zincir kırıklarının oluşumunu katalizler. Bu kırıkların DNA tamir mekanizmaları kullanılarak, genom düzenlemesi gerçekleştirilmektedir. CRISPR/Cas teknolojisi;

- Bakteri suşlarının tanımlanması,
- Gen ve miRNA fonksiyonlarının belirlenmesi,
- Genoma DNA fragmenti eklenmesi/çıkartılması,
- Gen susturma,
- Transkripsiyonel ve epigenetik hedefleme
- Hastalık modellerinin oluşturulması gibi çok geniş bir platformda kullanılmaktadır.

CRISPR bölgeleri; palindromik tekrar bölgeleri, aralık bölgeler (spacer) içerir. Bağışıklık sisteminin belleğini bu aralık bölgeler oluşturmaktadır; bu bölgeler tekrar aynı prokaryot ile karşılaşıldığında tanıma bölgesi olarak hedef gösterici olarak işlev gösterir. Bu aralık bölgelerin uzunlukları 21-72 baz çifti (bç), tekrar dizileri ise 21-48 bç uzunluğundadır. CRISPR lokusunun yukarısında yer alan lider dizi ise transkripsiyonun yönünü belirlemektedir. [24, 25]

CRISPR Cas sisteminde farklılıklar dikkate alınarak Tip I, Tip II ve Tip III olarak sınıflandırılmıştır. Bunlardan en çok çalışılan Tip II sistemidir. Bu sistem ilk defa Streptococcus thermophiles'de tanımlanmıştır. Tip II CRISPR-Cas sisteminde; crRNA (CRISPR RNA) ve kodlanmayan trans-aktive

edici RNA (tracrRNA) bir yapı oluşturur. Bu yapı cas9 uyumuna yardımcı olur ve DNA'nın kesilmesini sağlar. [25, 26]

Son on yıl içerisinde yeni nesil gen terapi CRISP- Cas sistemi ile Huntington Hastalığı, Orak hücre anemisi, kolorektal kanser, melonama, Hepatit B, HIV (insan bağışıklık yetmezliği virüsü) gibi birçok hastalık; bitki biyoteknolojisi ve gıda endüstrisi olmak üzere birçok alanda çalışma yapılmıştır. [26-30] Bu çalışmalar birçok alanda artarak devam etmektedir. Ancak çalışmalarda öngörülemez sonuçların ortaya çıkma olasılıkları açısından eşey (germline) hücre çalışmaları birçok ülkede yasal değildir. Bu sistemin uygulanmasında etik kurallar çerçevesinde çalışılması ve öngörülemez sonuçların ortaya çıkma olasılığının göz önünde bulundurulması büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

1. <https://www.fda.gov/>. [cited 2021, 12 Mart].
2. Aalbers, C.J., P.P. Tak, and M.J. Vervoordeldonk, *Advancements in adeno-associated viral gene therapy approaches: exploring a new horizon*. F1000 Med Rep, 2011. **3**: p. 17.
3. Yarınlı, G.T.D.B.V., *Bilim ve Teknik*. Şanlıoğlu, S., 2009: p. 39-43.
4. Ding, Y., et al., *Gold nanoparticles for nucleic acid delivery*. Mol Ther, 2014. **22**(6): p. 1075-1083.
5. Baltimore, D., *Viral RNA-dependent DNA polymerase: RNA-dependent DNA polymerase in virions of RNA tumour viruses*. Nature, 1970. **226**(5252): p. 1209.
6. Wade, N., *Gene therapy caught in more entanglements*. Science, 1981. **212**(4490): p. 24-25.
7. Wolff, J.A. and J. Lederberg, *An early history of gene transfer and therapy*. Hum Gene Ther, 1994. **5**(4): p. 469-80.
8. Edelstein, M.L., M.R. Abedi, and J. Wixon, *Gene therapy clinical trials worldwide to 2007--an update*. J Gene Med, 2007. **9**(10): p. 833-42.
9. Smith, K.R., *Gene Therapy: The Potential Applicability of Gene Transfer Technology to the Human Germline*. Int J Med Sci, 2004. **1**(2): p. 76-91.
10. Erdmann, V.A. and J. Barciszewski, *From nucleic acids sequences to molecular medicine*. 2012: Springer Science & Business Media.
11. Haritha, P.N., et al., *Gene therapy-a review*. Int J Biopharmaceutics, 2012. **3**(1): p. 55-64.
12. Ginn, S.L., et al., *Gene therapy clinical trials worldwide to 2017: An update*. J Gene Med, 2018. **20**(5): p. e3015.
13. Günel Özcan, A., *Gen Tedavisi Ve Biyogüvenlik*. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 2007. **64**(1): p. 35-50.
14. Attar, A., *Gen terapisi yöntemleri: fiziksel ve kimyasal metotlar*. Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji, 2017. **74**(1).
15. Wang, X., et al., *A novel triple-regulated oncolytic adenovirus carrying p53 gene exerts potent antitumor efficacy on common human solid cancers*. Mol Cancer Ther, 2008. **7**(6): p. 1598-603.
16. Clark, D. and N. Pazpernik, *Biotechnology—Academic Cell Update*. 2012, APCell Press.
17. Aslanidi, G.V., et al., *Optimization of the capsid of recombinant adeno-associated virus 2 (AAV2) vectors: the final threshold?* PLoS One, 2013. **8**(3): p. e59142.
18. Eroglu, E., et al., *A nonviral pHEMA+chitosan nanosphere-mediated high-efficiency gene delivery system*. Int J Nanomedicine, 2013. **8**: p. 1403-15.
19. Zhang, J., et al., *Polycation liposomes combined with calcium phosphate nanoparticles as a non-viral carrier for siRNA delivery*. Journal of Drug Delivery Science and Technology, 2015. **30**: p. 1-6.

20. Mohammadi, M., et al., *Single-walled carbon nanotubes functionalized with aptamer and piperazine-polyethylenimine derivative for targeted siRNA delivery into breast cancer cells*. *Int J Pharm*, 2015. **485**(1-2): p. 50-60.
21. Yang, Y. and C. Yu, *Advances in silica based nanoparticles for targeted cancer therapy*. *Nanomedicine*, 2016. **12**(2): p. 317-32.
22. Suk, J.S., et al., *PEGylation as a strategy for improving nanoparticle-based drug and gene delivery*. *Advanced drug delivery reviews*, 2016. **99**: p. 28-51.
23. Pamukcu, A., H.S. Portakal, and E. Eroğlu, *Terapötik Moleküllerin Aktarımında Kullanılan Yeni Nesil Biyomalzemeler*. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. **11**(3): p. 524-542.
24. Horath, P., et al., *Diversity, Activity, and Evolution of CRISPR Loci in Streptococcus thermophilus*. *Journal Of Bacteriology*, Feb. 2008. p. 1401–1412.
25. Nidhi, S., et al., *Novel CRISPR–Cas Systems: An Updated Review of the Current Achievements, Applications, and Future Research Perspectives*, *Int. J. Mol. Sci.* 2021. 22:3327.
26. Savic, N., Schwank, G., *Advances in therapeutic CRISPR/Cas9 genome editing*. *Translational Research*, 2016.p:15-21.
27. Khosravi, M.A.; Abbasalipour, M.; Concordet, J.-P.; Berg, J.V.; Zeinali, S.; Arashkia, A.; Azadmanesh, K.; Buch, T.; Karimipoor, M. Targeted deletion of BCL11A gene by CRISPR-Cas9 system for fetal hemoglobin reactivation: A promising approach for gene therapy of beta thalassemia disease. *Eur. J. Pharmacol.* 2019. 854, 398–405.
28. Monteys, A.M.; Ebanks, S.A.; Keiser, M.S.; Davidson, B.L. CRISPR/Cas9 editing of the mutant huntingtin allele in vitro and in vivo. *Mol. Ther.* 2017, 25, 12–23.
29. Cho, S.W.; Kim, S.; Kim, J.M.; Kim, J.-S. Targeted genome engineering in human cells with the Cas9 RNA-guided endonuclease. *Nat. Biotechnol.* 2013. 31: 230–232.
30. Tian, X.; Gu, T.; Patel, S.; Bode, A.M.; Lee, M.-H.; Dong, Z. CRISPR/Cas9-an evolving biological tool kit for cancer biology and oncology. *NPJ Precis. Oncol.* 2019. 3: 8.

Presentation ID / Sunum No= 15

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-9640-2893

Investigation of The Tensile Strength Properties of Samples Produced With Different Parameters From ABS, HIPS, TPU(Flex) Materials

Çağlar SARIKAYA¹, HasanÇAKMAK², Selim BACAĞ³,

^{1,2} GEN Elektromekanik San. ve Tic. Ltd. Şti, İSTANBUL/ Türkiye

³Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO, Isparta / Türkiye

Özet

3B yazıcılar sanayi sektöründe kullanılan ve gelişen imalat sektöründe son yıllarda tercih edilen bir üretim yöntemi haline gelmiştir. Eklemeli imalat yöntemlerinden olan eriyik yığıma modelleme(FDM) düşük maliyet ve pratikliği açısından tercih edilen bir yöntemdir. FDM yönteminin yaygınlığı, kullanılan malzeme çeşitliğinin artmasına sebep olmakla beraber işlem parametrelerindeki uygun değerleri bulma yönünde çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Yapılan bu çalışmada %100 ve %30 doluluk oranında iki değişken seçilmiş bunlara ek olarak 225 ve 240°C yazma sıcaklıkları ile numunelerin üretimleri yapılarak çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda çekme dayanımları ile kopma uzaması değerleri incelenmiş, doluluk oranı ve yazma sıcaklığı farklılıklarının etkilerine bakılmıştır. Numuneler ABS, HIPS ve TPU(Flex) malzemelerden üretilmiştir. Deneyler sonucunda en yüksek çekme dayanımı ABS malzeme ile en iyi kopma uzaması TPU(Flex) malzemeden üretilmiş numunelerden elde edilmiştir. %100 doluluk oranına sahip numuneler, üç malzeme çeşidi içinde en iyi sonuçların çıktığı oran olmuştur. Yazma sıcaklığının artması ile ABS malzemeli numunelerin çekme dayanımı ve kopma uzaması değerleri artarken diğer iki malzemede azalma gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ABS, HIPS, TPU(Flex), Çekme dayanımı, Kopma uzaması

Abstract

3D printers have become a preferred production method in the manufacturing sector, which is used and developed in the industrial sector in recent years. Fused Deposition Modeling (FDM), which is one of the additive manufacturing methods, is a preferred method in terms of low cost and practicality. Although the prevalence of the FDM method has led to an increase in the variety of materials used, it has been the subject of various studies to find the appropriate values in the process parameters. In this study, two variables with 100% and 30% fill rate were selected, in addition to these, samples were produced and subjected to tensile testing at 225 and 240 °C writing temperatures. As a result of the experiments, the tensile strength and breaking elongation values were examined, and the effects of fill rate and writing temperature differences were examined. As a result of the experiments, the tensile strength and breaking elongation values were examined, and the effects of fill rate and writing temperature differences were examined. Samples were produced from ABS, HIPS and TPU(Flex) materials. As a result of the experiments, the highest tensile strength ABS material and the best breaking elongation were obtained from the samples made of TPU (Flex) material. Samples with a 100% fill rate

were the rate at which the best results were obtained among the three material types. With the increase in writing temperature, the tensile strength and breaking elongation values of ABS material samples increased, while a decrease was observed in the other two materials.

Keywords: ABS, HIPS, TPU(Flex), Tensile strength, Breaking elongation

INTRODUCTION AND THEORETICAL FRAMEWORK

After the industrial revolution and the globalization of production, additive manufacturing applications have increased in various sectors. This method has also been interpreted as having the potential impact of transforming the manufacturing supply chain, distribution channel and business model [1]. With additive manufacturing, parts with geometric complexity are produced economically. With this method, three-dimensional parts are manufactured layer by layer. The increase in the use of manufactured products has led to the development of some parameters such as material diversity and writing speed within the sector [2].

Fused Deposition Modeling (FDM) method is the preferred method among additive manufacturing methods because it is cheaper and easier than other methods, and it is widely used in many industries [3]. The fact that the mechanical properties of the products obtained by Fused Deposition Modeling are worse than the products formed by plastic molding affects the developments on this method positively, and the need for mechanical and thermal improvements is examined by the researchers [4]. When the literature is reviewed, it is seen that the effect of various parameters in order to improve the mechanical properties of the products made with the FDM method is examined and the material diversity is compared.

ABS is a common thermoplastic with toughness that is amorphous in nature, has high impact resistance, low thermal conductivity and heat resistance, potentially applicable in civil engineering. In general, there are two types of ABS. It is classified as ABS, one for molding and the other for printing [5]. High-impact polystyrene (HIPS) is a low-cost polymer that is easy to manufacture and process. It is largely used for pre-production. It is a type of material largely used for pre-production because it has high dimensional stability, easy paint and adhesion properties [6]. In a study, the tensile strength of the samples produced at 100% coverage at two different printing speeds and at three different printing temperatures were investigated. It has been stated that the temperature difference affects the tensile strength more than the printing speed [7]. In another study with 3D printers, some mechanical properties of ABS and HIPS materials were compared with the composite material produced by mixing the two materials. When the values obtained from the samples they produced in different parameters were examined, it was concluded that the occupancy rate had an effect of 54.26% and the production angle had an effect of 8.33% [8].

In a study examining the tensile strength of various materials together with ABS and HIPS, the samples produced from HIPS material were compared using 5 different colors. As a result of the study, the difference between the tensile strengths of HIPS materials in 5 different colors occurred between about 3% and 5%, and ABS emerged as a more durable material than the HIPS samples in 5 colors [9]. In a study, a composite was formed from a mixture of ABS, HIPS, PLA materials, and its mechanical properties were compared with the samples produced separately from the other three materials. The highest tensile strength value was obtained from the composite formed [10].

MATERIAL and METHOD

In the study, samples were produced from ABS, HIPS and TPU (FLEX) materials with 100% and 30% fill rates. It is manufactured by FDM method using two different writing temperature values, 225 and 240 °C, during the production phase. By applying the tensile test to the samples, it is aimed to examine the effects of the changes between the fill rate and the writing temperature on different materials. The basic mechanical properties of ABS, HIPS and TPU (FLEX) materials produced from Zortrax brand filaments are given in Table 1.

Table 1. Mechanical properties of sample materials

Mechanical Properties	ABS	HIPS	TPU (FLEX)
Tensile stress	30.46 MPa	16.90 MPa	9.94 MPa
Breaking elongation	%11.08	%7.75	%3319.12
Bending stress	46.30 MPa	29.30 MPa	3.60 MPa
Fused flow rate	11.75 g/10 min.	7.14 g/10 min.	27.98 g/10 min

The process parameters used in the production of test samples made of ABS, HIPS and TPU (FLEX) materials used in the study by FDM method are given in Table 2.

Table 2. Sample production parameters

Parameter	ABS	HIPS	TPU (FLEX)
Fill rate	%30	%30	%30
	%100	%100	%100
Writing temperature	225	225	225
	240	240	240
Layer thickness (mm)	0.2	0.2	0.2
Table temperature (°C)	60	60	60
Ambient Temperature (°C)	24	24	24
Number of bottom shell layers	4	4	4
Number of upper shell layers	4	4	4
Number of outer walls	3	3	3
Support status	Yok	Yok	Yok
Writing Speed (mm/s)	10	10	10
Fan speed (%)	100	100	100

METHOD

The drawing of the samples to be used in the study for the tensile test was made with the help of the CAD program, and then the G codes required for the 3D printer were extracted. Tensile specimens were manufactured according to ASTM D638-IV standard. In Figure 1, the dimensions of the samples

produced in accordance with the standard are given. In the production of the samples, Zortrax M300 Plus brand 3D printer with 0.4mm nozzle diameter, 90-290 micron printing precision, 1.75mm filament diameter and 290 °C nozzle temperature.

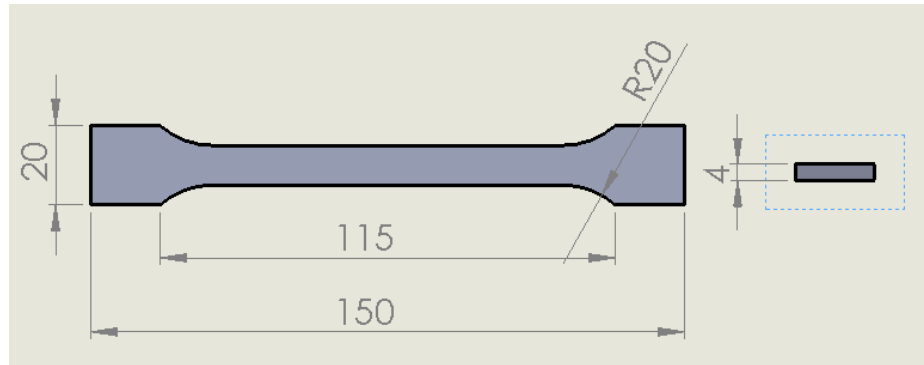


Figure 1. Tensile test experiment prepared according to ASTM D638-IV standard

The samples were subjected to tensile test in 20kN MARES brand test device. The experiments were carried out at a speed of 5 mm/s and at room temperature (~24 °C).

RESULTS

The samples produced for the experimental study were numbered according to each process parameter and material group. While the samples produced from the same material were evaluated in terms of the differences between the process parameters, a similar comparison was made among the material groups. In the production of materials, two different writing temperatures and fill rates were selected and their effects were examined. In Table 3, the tensile strength and breaking elongation values of the samples made of ABS, HIPS and TPU (Flex) materials are given.

Table 3. Experiment results obtained from the samples

Material	Temperature (°C)	Fill rates (%)	Tensile strength(MPa)	Breaking elongation (%)
ABS	225	100	23.32	11.95
ABS	225	30	16.91	3.21
ABS	240	100	29.9	12.41
ABS	240	30	17.97	4.15
HIPS	225	100	11.76	10.11
HIPS	225	30	10.68	2.96
HIPS	240	100	11.52	6.34
HIPS	240	30	10.05	2.75
TPU(Flex)	225	100	8.62	642
TPU(Flex)	225	30	6.71	512
TPU(Flex)	240	100	7.13	631
TPU(Flex)	240	30	6.29	498

When the test data were examined, the tensile strength of the samples at 100% fill rate was higher than those at 30% fill rate, while a similar result was also found in the breaking elongation values. For ABS material, the change in the temperature parameter had a positive effect on the tensile strength and breaking elongation. The values obtained from the samples produced at 240°C writing temperature showed an increase for both fill rates compared to those produced at 225°C.

When the samples made of HIPS material are examined, lower tensile strength and breaking elongation values were obtained compared to the samples made of ABS material, while the tensile strength was higher than the TPU(Flex) material. The tensile strength and breaking elongation at break values of the HIPS material decreased as the writing temperature increased.

The samples obtained from TPU (Flex) material had the lowest values in terms of tensile strength compared to the other two materials. In addition, the tensile strength and breaking elongation decreased with the increase in writing temperature. It was obtained from TPU (Flex) material with the highest breaking elongation in terms of its structural feature.

As a result of the experimental study, tensile tests were performed on 12 samples and tensile strength and breaking elongation values were examined in terms of material difference, filling ratio and writing temperature values (Figure 2). It has the lowest tensile strength of 6.29 MPa and is made of TPU (Flex) material with a 30% fill rate and a writing temperature of 240 °C.

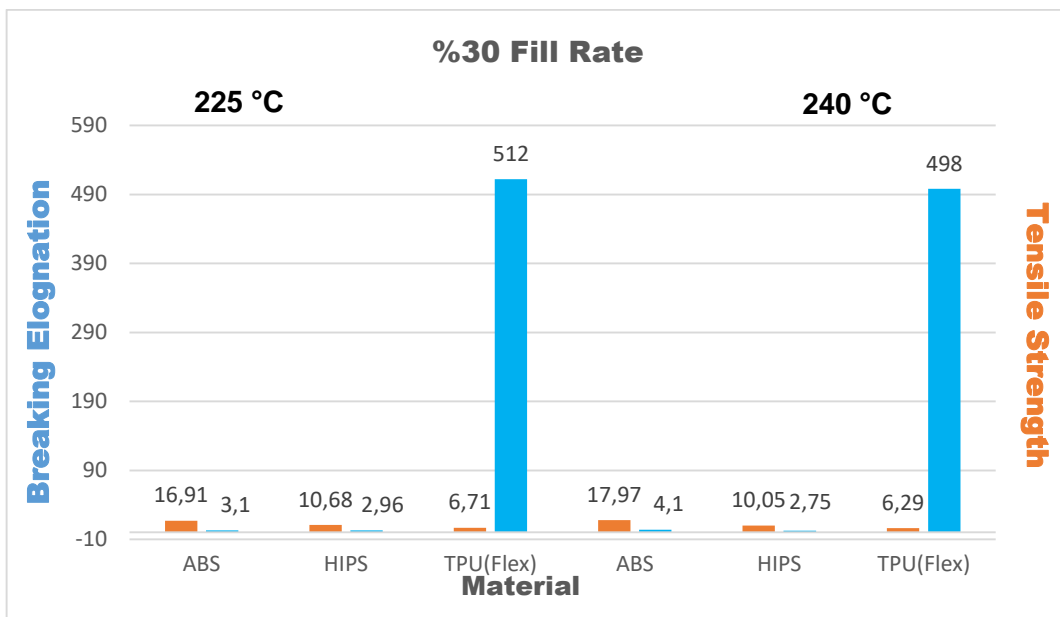


Figure 2. Examination of test samples according to 30% fill rate

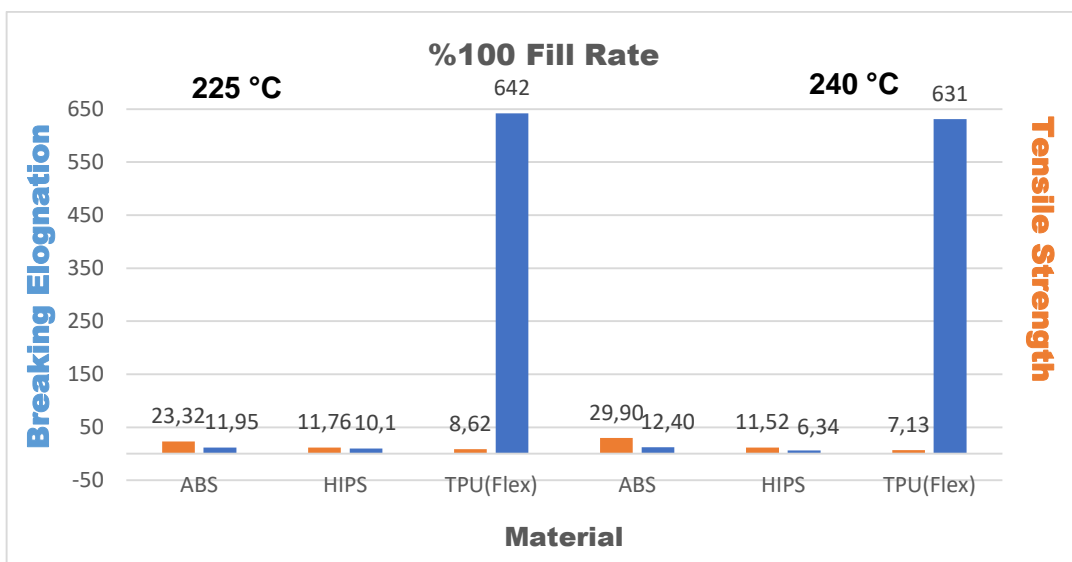


Figure 3. Examination of test samples according to 100% occupancy rate

When evaluated in terms of elongation at break, 30% fill rate of HIPS material and 2.75% elongation rate was obtained from the sample produced at 240 °C. writing temperature, while the highest value was

measured with 642% from the 100% fill rate sample produced from TPU (Flex) material at 225 °C. writing temperature.

With the increase of the writing temperature, the tensile strength and elongation at break increased only for the samples obtained from ABS material. The best increase occurred in the samples with 100% fill rate, approximately 28% in tensile strength value and approximately 4% in breaking elongation.

CONCLUSION

- The highest tensile strength was obtained from the samples made of ABS material compared to HIPS and TPU(Flex) materials.

- With the change in writing temperature, tensile strength and breaking elongation were increased in ABS material, while a decrease was observed in the other two materials.

- The material with the highest breaking elongation was TPU(Flex).

- It has been observed that HIPS material has better tensile strength than TPU(Flex) material.

- When the test samples are compared in terms of fill rate, the test results obtained from the samples with 100% fill rate of all materials were higher than the samples with 30% fill rate.

As a result of the study, the literature review and the obtained results showed that, especially the examination of the surface roughness of HIPS and TPU (Flex) materials, the investigation of the effects of the test samples produced with more variable parameters on the tensile strength and breaking elongation could be the subject of new studies.

REFERENCES

1. Kumar, R., Singh, R., Hui, D., Feo, L. and Fraternali, F. (2017b), "Graphene as biomedical sensing element: State of art review and potential engineering applications", *Composites Part B: Engineering*, Vol. 134, pp. 193-206.)
2. A.A. Aly, Heat treatment of polymers: a review *Int. J. Mater. Chem. Phys.*, 1, 132 (2015).
3. Y. Jia, H. He, X. Peng, S. Meng, J. Chen, and Y. Geng, Preparation of a new filament based on polyamide-6 for three-dimensional printing *Polym. Eng. Sci.*, 57, 1322 (2017).
4. Singh, R., Kumar, R. and Ranjan, N. (2018c), "Sustainability of recycled ABS and PA6 by banana fiber reinforcement: Thermal, mechanical and morphological properties", *Journal of the Institution of Engineers (India): Series C*, pp. 1-10, doi: 10.1007/s40032-017-0435-1.
5. Rutkowski, J.V. and Levin, B.C. (1986), "Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymers (ABS): pyrolysis and combustion products and their toxicity – a review of the literature", *Fire and Materials*, Vol. 10 Nos 3-4, pp. 93-105.
6. Barretta, R., Feo, L., Luciano, R., Marotti de Sciarra, F. and Penna, R. (2017), "Nano-beams under torsion: a stress-driven nonlocal approach", *PSU Research Review*, Vol. 1 No. 2, pp. 164-169.
7. Çantlı, E., Aydın, M., Yıldırım, F., Günay, M., Kaya, B., 2017. Investigation of the FDM process performance at different printing parameters, 2. 3B Baskı Teknolojileri Uluslararası Sempozyumu, İstanbul
8. Singh, S., Singh, N., Gupta, M., and Singh, R. (2018), "Mechanical feasibility of ABS/HIPS-based multi-material structures primed by low-cost polymer printer", *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 25 No. 1, p. 152-161.
9. Tanikella, G.N., Wittbrodt, B., Pearce, J.M. (2017), "Tensile strength of commercial polymer materials for fused filament fabrication 3D printing", *Additive Manufacturing*, Vol. 46, p. 40-47.
10. Kumar, R., Singh, R., Farina, I. (2018), "On the 3D printing of recycled ABS, PLA and HIPS thermoplastics for structural applications", *PSU Research Review*, Vol. 5, p. 115-137.)

Presentation ID / Sunum No= 61

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-1517-9405

Utilization of Surfactants in Bitumen Modification

Dr. Derya KAYA ÖZDEMİR

*Dokuz Eylul University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering
d.kaya@deu.edu.tr*

Abstract

The modification of bitumen is frequently insufficient to provide the desired properties for the asphalt pavement. There are many additives to be used for the modification of the bituminous material such as; polymers, dispersants, or rejuvenators. However, the authorities and researchers are suggesting new methods and materials regularly. Due to the new technological advancements, surfactants are become popular by their several advantages. Previous studies have shown that these materials can manage the asphaltene precipitations within the colloidal structure of the bitumen. Therefore, it results in contributing better rheological, structural, thermal, or mechanical properties of the final product (asphalt). However, utilization of surfactants requires precision, due to the fact that the amount of the surfactant used for modification sometimes yields undesirable properties. Beyond a certain concentration, the surfactant molecules attach to the asphaltene molecules, inhibiting the interaction and results in preventing them from evolving into larger structures. On the other hand, previous studies have also shown that a lower concentration of the surfactants can cause the association of asphaltenes into larger clusters and create various colloidal stability problems. This study aims to reveal the advantages and disadvantages of the utilization of surfactants, as a bitumen modifier by analyzing the previous available studies in the literature.

Keywords: Surfactant, Bitumen modification, Asphaltene precipitation, colloidal index

1. Introduction

The surfactants having long alkyl chains, together with sulfonic acid group, was used and investigated deeply for crude oil modification. The main motivation of the utilization is as follow: these type of surfactants' capability of asphaltene precipitation and providing increased colloidal index, which enhances the colloidal stability. However, although bitumen is also a petroleum-based material, there are very little studies utilizing the surfactants in order to have asphalt binder with a higher colloidal stability. This paper presents the studies conducted on the assessment of the surfactant in both petroleum industry and asphalt industry. Since the utilization of surfactants effect the colloidal index and yields better colloidal stability, the previous studies on the colloidal stability effects were also summarized.

2. Colloidal Structure of the Bitumen

Bitumen is the binder of an asphalt pavement. Bitumen can be classified as penetration grade or performance grade system, based on its physical properties, which can be investigated by conventional tests, such as penetration test, softening point test, viscosity tests etc. Bitumen consists of asphaltenes and maltenes, which also consists of saturates, aromatics and resins (Kaya et al., 2019). These four components create the colloidal structure of the bitumen. SARA (Saturates, aromatics, resins, asphaltenes) analysis is used to evaluate the colloidal structural properties of the bitumen.

Resins, the polar element of the maltenes, are responsible for the stabilization of the asphaltene components, which determines the microstructural and mechanical properties of the bitumen. Bituminous materials can be examined in three categories in terms of their colloidal properties: sol (viscous), gel (elastic) and sol-gel (viscoelastic). Sol-type bitumen has a Newtonian behavior, in which the viscosity value moves independently of the shear stress. On the other hand, gel-type bitumen exhibits elastic behavior that deforms under force, and returns to its initial shape, when the force is removed. The last group, sol-gel type behavior, is the material that shows elastic behavior after relatively small deformations (Barth, 1962; Bonemazzi and Giavarini, 1999). The following categorization can be made, if the colloidal behavior of bitumen is examined by evaluating the maltene and asphaltene contents (Read and Whiteoak., 2003).

- Sol type bitumen: The amounts of resin and aromatic has sufficient dissolving capacity in the bitumen content. The asphaltene micelles are dispersed in the colloidal system and thus the asphaltene micelles have the necessary mobility (Fig. 1a).
- In gel-type bitumens, asphaltene and resin contents does not have sufficient dissolution capacity and thus asphaltene micelles are in a bonded position (Figure 1b).

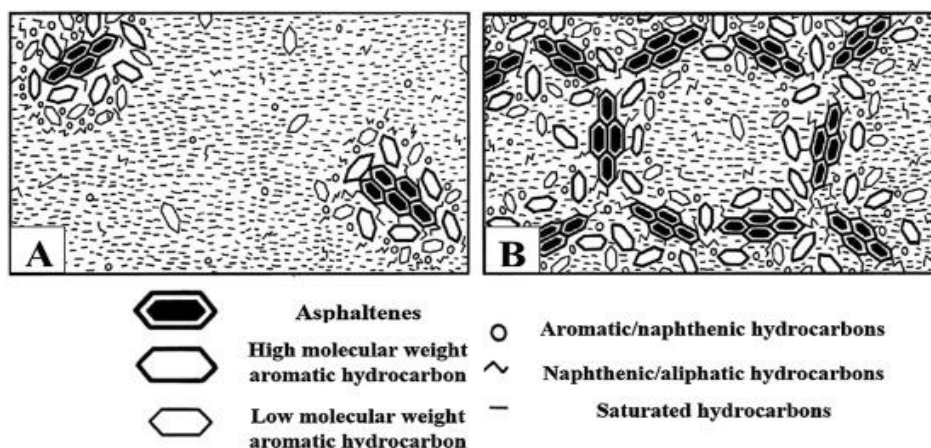


Fig 1. Colloidal structure of the bitumen a) sol-type bitumen b) gel-type bitumen

The distribution of the asphaltene and maltene fractions of the bitumen, within the colloidal structure has a direct impact on the colloidal stability of the sample. Because, the colloidal stability index is calculated with the ratio of flocculated fractions (saturates and asphaltenes) of bitumen to the dispersed constituents (resins and aromatics). Changes on one of these constituents affects the structural and rheological properties of the bitumen. Colloidal Index (CI) value should be between 0.2 and 0.5, in order to have a colloidal stable bitumen. Having the value of CI less than 0.2 or more than 0.5 results in colloidal stability problems, which is called colloidal instability (Alam and Hossain, 2017). Therefore, managing the asphaltene precipitation is extremely important for the performance of the final product (asphalt pavements), and it is possible to manage it by modifying it with polymers, anti-aging additives, rejuvenators or surfactants (Cai et al., 2019; Elkashef 2019).

2. 1. The Effects of Colloidal Index on the Properties of the Bitumen

Colloidal Index (CI) is an important parameter on the structural, rheological, thermal or mechanical properties of the bitumen. There are several studies, which investigated the effects of the CI value on the different properties of asphalt binders.

The linear correlation between the conventional physical properties, so does the aging characteristics and the CI values, was announced in the previous studies. The viscosity aging behavior of the bituminous materials are directly related with the colloidal microstructure of the sample (Feng et al., 2012).

Bary et al. studied the CI influence on the high temperature rheological characteristics of the bituminous materials, by investigating the rutting resistance of the samples. They announced that, by the increase in CI of the bitumen, an improvement was achieved on the rutting resistance of the samples. However, beyond a certain value of CI, colloidal instability problems occurred, therefore a decrease on the rutting resistance was obtained. Additionally the stability of the samples were increased for the samples with higher CI values (Bary et al., 2019).

Similarly, Pamplona and Faxina evaluated the Multiple Stress and Creep Recovery (MSCR) properties of the bitumen, with different CI values. As a result, they declared that, the more the CI value, the better the MSCR results are. However, bitumen samples with a higher specific CI value of the colloidal system, the MSCR results were affected negatively (Pamplona and Faxina, 2015).

Mansourkhaki et al. was investigated the intermediate temperature properties of the bitumen together with the CI values. The colloidal stability resulted in a decreased intermediate temperature of the sample, which is an advantage for the countries having hot climate. The researcher also investigated the correlation between the rheological characteristics and the CI values of the samples. As a result, they concluded that there is a strong relationship between these two parameters in revealing the rheological behavior of the samples affected by the CI values (Mansourkhaki et al., 2019).

Low temperature resistance of the bitumen is also related with the CI value of the samples. The more the CI, the better the colloidal stability of the bitumen. However, in the previous studies, it was concluded that having the value of CI more than 0.5 brings low temperature cracking problem. Additionally, the promising statistical correlations were found between colloidal indices and low-temperature performance of the bitumen (Mansourkhaki et al., 2020; Li et al., 2016).

3. The Effects of Surfactant Utilization for Petroleum Based Materials

3.1. Surfactant Utilization for Crude Oil

The importance of the colloidal stability, which is related with the CI value of the sample, was given in Section 2 and it can be managed by dealing the distribution of the fractions of the colloidal structure of the bitumen. Among the compounds of the bitumen, the properties of asphaltene is one of the most important parameter on this manner. Previous studies have proven that, asphaltene precipitation can be prevented and provides colloidal stability. Various additives, including polymers, rejuvenators, asphaltene stabiliser or commercial agents, can be used to avoid the asphaltene precipitation. Besides abovementioned additives, surfactants become to be popular for the stabilisation of asphaltenes within the bitumen structure.

Bitumen is a petroleum based material and obtained by the distillation of the crude oil, by specific processes. Therefore, the studies conducted on the crude oil, related to the asphaltene precipitation can be a good reference for the bituminous materials.

For the first time, Zhang et al suggested to use materials with long alkyl chain for petroleum based materials, to inhibit the aggregation of resin and asphaltene molecules (Zhang and Wang, 1995). Following, Rogel et al. completed a research on the asphaltene stability in crude oils. They used a commercial inhibitor to stabilize asphaltenes and the effectiveness of the additive was investigated through some characterisation tests (Rogel et al., 2001).

In another study of Rogel, the influence of the inhibitors in asphaltene aggregation is investigated, using a molecular thermodynamic test. The findings of the study revealed that, inhibitors can considerably reduce the number of asphaltenes per aggregate. Additionally, the importance of the

amount of inhibitor, used in the modification was emphasized. Because, the number of asphaltene molecules per aggregate was decreased, as more inhibitor was present in the system, up to a certain concentration. Beyond that amount, the addition of more inhibitor did not yield any more improvement on the aggregation of the asphaltenes (Rogel, 2011).

Hu and Guo assessed, for the first time, the usage of ionic and non-ionic amphiphiles, ionic liquids, alkyl benzene derived amphiphiles, alkyl benzene sulfonic acid and alkyl benzene sulfonate for the purpose of asphaltene precipitation. They concluded that the alkyl benzene derived amphiphiles had positive effect on asphaltene precipitation, however above the sufficient amount, the negative effects were observed. The mechanism worked in a way that the ionic liquids can effectively stop asphaltene precipitation from the reservoir oils by breaking the asphaltene associations (Hu and Guo, 2005).

Alternatively, additives having sulfonic acid group also presented desired results for the stabilization of asphaltenes, within the colloidal structure. The length of the alkyl chain and the polarity of the amphiphilic groups, are vital factors for the performance of the modification. Previous studies showed that, Dodecyl-Benzene Sulfonic Acid (DBSA) can stabilise the asphaltene fractions within the colloidal system and possibly inhibit the asphaltene precipitation. DBSA can also dissolve precipitated asphaltenes, when used at the optimum amount, therefore can help to change the colloidal stability from unstable form to stable form (Hashmi et al., 2012). Similar study was concluded by Goual and Firoozabadi, which investigates the effects of resins for asphaltene precipitation along with DBSA amphiphiles. They announced that, the resins also have significant impact on the asphaltene precipitation, by increasing the onset point. The amount of the prevented precipitated asphaltene increases first with increasing DBSA concentration. Beyond the sufficient amount, a decrease was observed in the improvement (Goual and Firoozabadi, 2004).

Wei et al., examined DBSA modification for asphaltene precipitation, by isothermal titration calorimetry. They declared that the final improvement depends on the asphaltene concentration and self-aggregation of DBSA, used in the modification (Wei et al., 2015). The optimum amount of DBSA to achieve the most efficient improvement, in terms of asphaltene precipitation, was suggested as 5% by Subramanian et al., since the crude oil samples including over 5% of DBSA, was resulted in undesirable electrostatic interactions, between surfactant and the asphaltene (Subramanian et al., 2015). Alhreez and Wen suggested that, the utilization of nano-emulsion, together with DBSA, for inhibiting the asphaltene precipitation. Based on their findings, nano-emulsion successfully controlled, the delivery of asphaltene inhibitors (Alhreez and Wen, 2018).

3.2. Surfactant Utilization for Bitumen Modification

For many years, surfactants have been used to inhibit or delay the asphaltene precipitations for crude oil in petroleum industry, in order to overcome the problems such as well-bore and pipeline clogging, during extraction and transportation or logistics stages. However, for asphalt industry, modification of the bitumen by surfactant is still a novel technology and the studies on this topic is not as much as it should be, therefore there is a literature gap for this research area.

Xu et al. assessed lignin, which a hydrocarbon and involves benzene rings with methoxyl and hydroxyl, carbonyl, and aliphatic bonds attached. The aromatic rings are connected by long alkyl chains. They evaluated the rheological properties of modified samples, by rotational viscometer (RV), MSCR, and low temperature cracking resistance. They concluded that, lignin presence brought the increased viscosity, improved rutting performance and better low temperature cracking performance (Xu et al., 2017).

Ortega et al. introduced the DBSA as a bitumen modifier for asphalt industry. They investigated the thermal, rheological and thermogravimetric properties of the DBSA modified bitumen, by considering the asphaltene precipitation enhancement. Modulated Differential Scanning Calorimetry (MDSC), Thin-Layer Chromatography coupled to a Flame Ionization Detector (TLC/FID) and Thermo-Gravimetric Analyser (TGA) were used, to evaluate the thermomechanical properties of the modified samples. They utilized the DBSA for different amounts, varying between 0.4% - 3%, where an enhancement was achieved by the increase of DBSA amount, within the modified bitumen. The modification took place through the protonation of hetero atomic asphaltene constituents, by the sulfonic acid group of DBSA.

They announced that, 3% of DBSA, as the optimum amount among the investigated ratios (Ortega et al., 2017).

In the study of Kwon et al. the effects of alkyl chain length of ionic surfactants, was assessed on removing the asphaltene from oil sand bitumen. They used three different types of anionic and four different types of cationic surfactants, having sulfate and pyridinium groups, respectively, and different lengths of alkyl chains. The findings of their study were as follow: surfactants are adsorbed onto the undesirable asphaltene-resin colloids. The level of the adsorption depends on the surfactant type and the length of the alkyl chains. Additionally, adsorption, so does the colloidal stability, depends on the interaction between the asphaltene and resin colloids (Kwon et al., 2018).

Kaya Ozdemir investigated the linear alkyl benzene sulfonic acid (LABSA), which is a constitutional isomer of DBSA, by evaluating the rheological characteristics, according to the Superpave criteria such as high temperature, intermediate temperature, low temperature properties, MSCR behaviour, Zero shear viscosity value etc. In the study, the amount of LABSA was between 1-3% of the bitumen weight used and the effects on the rheological characteristics were analysed by Dynamic Shear Rheometer (DSR) and Bending Beam Rheometer (BBR). According to the result, LABSA modification revealed increased rutting and fatigue cracking resistance together with improved low temperature susceptibility characteristics. Besides, it also assisted to serve heavier traffic levels compared to unmodified bitumen. The more improvement was achieved by the more surfactant content in the modified samples up to 2% of LABSA. However, when the 3% of LABSA was utilised, it had negative impacts on the rheological properties of the samples, it was interpreted as that amount of LABSA resulted in very increased CI that causes the colloidal instability. Therefore, 2% LABSA was announced as the optimum amount for bitumen modification (Kaya Ozdemir, 2021a). In another study of the same author, the physical properties of LABSA modified sample was investigated together with the temperature susceptibility of the modified samples, by calculating the penetration index (PI) value. As a result, LABSA enhanced the abovementioned properties and again 2% LABSA of the bitumen weight was announced as the optimum amount to obtain the best improvement (Kaya Ozdemir, 2021b).

Results and Discussion

The major effects of the utilization of surfactants in both petroleum industry and asphalt industry are as below:

- Utilization of surfactants effects on the Colloidal Index (CI) of the bitumen, by influencing the distribution of asphaltene and maltene fractions of the bitumen within the colloidal structure. CI should be between 0.2 and 0.5. The more the CI, the better the colloidal stability of the bitumen. However, having the value of CI more than 0.5 brings undesirable properties to the bitumen.
- Assessment of surfactants having sulfonic acid group can be used in the petroleum industry, since they achieve to prevent the asphaltene precipitation, which causes to overcome the problems, such as well-bore and pipeline clogging during extraction and transportation stages.
- The modified bituminous materials containing surfactants having long alkyl chains with sulfonic group, yields significant improvements on the rheological, structural, mechanical and physical characteristics of the sample. But there is still a literature gap, due to the lack of the studies done on this topic.
- The amount of the surfactant is crucial. Up to the optimum amount of surfactant within the modified bitumen, the improvement is increased by the increase of the surfactant, however presence of the surfactant more than its optimum level results in damaged rheological and mechanical characteristics.

References

Abdel Bary, E. M., Farag, R., Abdel-monem, R. M., Abo-Shanab, Z., & M Saleh, A. M. (2019). Colloidal Stability and Dynamic Mechanical Properties of Asphalt Modified with Unsaturated Polyester Prepared from Waste Polyethylene Terephthalate. *Egyptian Journal of Chemistry*, 62(11), 2003-2017.

Alam, S., & Hossain, Z. (2017). Changes in fractional compositions of PPA and SBS modified asphalt binders. *Construction and building materials*, 152, 386-393.

Alhreez M, Wen D (2018) Controlled releases of asphaltene inhibitors by nanoemulsions. *Fuel* 234:538-548

Barth, E.J. (1962) *Bitumen Science and Technology*, Gordon and Breach, New York. 4.
Bonemazzi, F. ve Giavarini, C. (1999). Shifting the bitumen structure from sol to gel, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 22(1-3), 17-24. [https://doi.org/10.1016/S0920-4105\(98\)00052-7](https://doi.org/10.1016/S0920-4105(98)00052-7)

Cai X, Zhang J, Xu G, Gong M, Chen X, Yang J (2019) Internal aging indexes to characterize the aging behavior of two bio-rejuvenated asphalts. *Journal of Cleaner Production* 220:1231-1238

Elkashef M, Williams RC, Cochran EW (2019) Thermal and cold flow properties of bio-derived rejuvenators and their impact on the properties of rejuvenated asphalt binders. *Thermochimica Acta* 671:48-53

Feng, Z. G., Yu, J. Y., & Liang, Y. S. (2012). The relationship between colloidal chemistry and ageing properties of bitumen. *Petroleum science and technology*, 30(14), 1453-1460.

Goual L, Firoozabadi A (2004) Effect of resins and DBSA on asphaltene precipitation from petroleum fluids. *AIChE journal* 50 (2):470-479

Hashmi SM, Zhong KX, Firoozabadi A (2012) Acid–base chemistry enables reversible colloid-to-solution transition of asphaltenes in non-polar systems. *Soft Matter* 8 (33):8778-8785

Hu Y-F, Guo T-M (2005) Effect of the structures of ionic liquids and alkylbenzene-derived amphiphiles on the inhibition of asphaltene precipitation from CO₂-injected reservoir oils. *Langmuir* 21 (18):8168-8174

Kaya, D., Topal, A., & McNally, T. (2019). Correlation of processing parameters and ageing with the phase morphology of styrene-butadiene-styrene block co-polymer modified bitumen. *Materials Research Express*, 6(10), 105309.

Kwon EH, Go KS, Nho NS, Kim KH (2018) Effect of alkyl chain length of ionic surfactants on selective removal of asphaltene from oil sand bitumen. *Energy & Fuels* 32 (9):9304-9313

Li, P., Ding, Z., Xia Ma, L., & Gang Feng, Z. (2016). Analysis of viscous flow properties of asphalt in aging process. *Construction and Building Materials*, 124, 631-638.

Mansourkhaki, A., Ameri, M., & Daryaei, D. (2019). Application of different modifiers for improvement of chemical characterization and physical-rheological parameters of reclaimed asphalt binder. *Construction and Building Materials*, 203, 83-94.

Mansourkhaki, A., Ameri, M., Habibpour, M., & Underwood, B. S. (2020). Relations between colloidal indices and low-temperature properties of reclaimed binder modified with softer binder, oil-rejuvenator and polybutadiene rubber. *Construction and Building Materials*, 239, 117800.

Ortega FJ, Navarro FJ, García-Morales Ms (2017) Dodecylbenzenesulfonic acid as a Bitumen modifier: a novel approach to enhance rheological properties of bitumen. *Energy & Fuels* 31 (5):5003-5010

Özdemir, D. K. (2021a). High and low temperature rheological characteristics of linear alkyl benzene sulfonic acid modified bitumen. *Construction and Building Materials*, 301, 124041.

Özdemir, D. K. (2021b). Lineer Alkil Benzen Sulfonik Asit Modifikasyonunun Bitümün Sicaklik Hassasiyeti Ve Viskoelastik Davranışına Etkilerinin İncelenmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 26(2), 493-508.

Pamplona, T. F., & Faxina, A. L. (2015). Effect of polyphosphoric acid on asphalt binders with different chemical composition (No. 15-4635).

Read, J. ve Whiteoak, D. (2003) *The shell bitumen handbook*. Thomas Telford, New York

Rogel E (2011) Effect of inhibitors on asphaltene aggregation: A theoretical framework. *Energy & fuels* 25 (2):472-481

Rogel E, Leon O, Espidel Y, Gonzalez Y (2001) Asphaltene stability in crude oils. *SPE Production & Facilities* 16 (02):84-88

Subramanian D, Firoozabadi A Effect of surfactants and water on inhibition of asphaltene precipitation and deposition. In: Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, 2015. Society of Petroleum Engineers,

Wei D, Orlandi E, Simon S, Sjöblom J, Suurkuusk M (2015) Interactions between asphaltenes and alkylbenzene-derived inhibitors investigated by isothermal titration calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 120 (3):1835-1846

Xu, G., Wang, H., & Zhu, H. (2017). Rheological properties and anti-aging performance of asphalt binder modified with wood lignin. *Construction and Building Materials*, 151, 801-808.

Zhang F, Wang B (1995) Studies on the mechanisms involved in pour point depressant and viscosity deduction by some pour point depressants/viscosity reducers. *Oilfield Chem* 12:347-352

Presentation ID / Sunum No= 55

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-1500-7347

Ön Gerilmenin Düz Dokuma Tek Katmanlı Karbon/Epoksi Kompozitin Çekme Özellikleri Üzerine Etkisi

Dr. Öğr. Üyesi Doruk Erdem YUNUS

*Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği
erdem.yunus@btu.edu.tr*

Özet

Bu çalışmada üretim aşamasında elyaf takviye malzemesine çekme yönünde uygulanan bir ön gerilmenin üretilen tek katmanlı elyaf takviyeli polimer kompozitin çekme dayanımına olan etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Çekme testleri düz dokumalı karbon fiber takviyeli epoksi kompozit numunelere uygulanmıştır. Dikdörtgen kompozit plaka üretmek üzere 50 cm x 50 cm ölçülerinde kare temperli cam kalıp olarak kullanılmış ve ön gerilme mekanizması cam kalıbın ölçülerine uygun olarak boyutlandırılmıştır. Numuneler üretilirken reçine emdirilmeden önce kesilip mekanizmaya yerleştirilen dokuma kumaşlara ön gerilme oluşturulup reçine tamamen katılaşıncaya kadar mevcut ön gerilme sürekli uygulanmıştır. Çalışmada takviye malzemesi olarak 200 g/m² yüzey yoğunluğuna sahip düz dokuma karbon elyaf kullanılmıştır. Matris malzemesi olarak da LR160/LH260 epoksi reçine sistemi seçilmiştir. Cam kalıp üzerinde ön gerilme uygulanmış karbon elyaf takviyesine epoksi reçine karışımı emdirilerek herhangi bir ısı işlem uygulanmadan oda koşullarında kurlaştırılmıştır. Üretilen tek katmanlı karbon fiber takviyeli kompozit plakalardan ASTM D3039 standardında belirtilen ölçülerde numuneler kesilmiş ve çekme testine maruz bırakılmıştır. Test sonuçları incelendiğinde, uygulanan ön gerilme değerinin kritik bir değere kadar tabakanın çekme dayanımını artırdığı tespit edilmiştir. Bu kritik ön gerilme değeri uygulanan parametrelerle 4,5 MPa olarak tespit edilmiştir. Artan ön gerilme değerine bağlı olarak malzemenin çekmeye bağlı elastisite modülü artmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ön gerilme, Kompozit, Tek katman

Effect of Pre-stretching on the Tensile Properties of a Plain Weave Single-ply Carbon/epoxy Composite

Abstract

In this study, the effect of pre-stretching of the fabric reinforcement in the tensile load direction during the manufacturing process onto the tensile strength of the produced single-layer fiber reinforced

polymer composite was investigated experimentally. Tensile tests were applied to plain woven carbon fiber reinforced epoxy composite samples. Square tempered glass measuring 50 cm x 50 cm was used as a mold to produce composite plates and the pre-stretching mechanism was design according to the dimensions of the glass mold. The woven fabrics were cut and stretched with the mechanism before impregnation with the resin and pre-stretching was maintained until resin completely solidified. Plain woven carbon fiber with a surface density of 200 g/m² was used as reinforcement material for the study. LR160/LH260 epoxy resin system was chosen as the matrix material. The pre-stretched woven carbon fiber reinforcement was impregnated on the glass mold with the epoxy resin mixture and cured at room conditions without any heat treatment. Produced single-layer carbon fiber reinforced composite plates were cut to the dimensions specified in the ASTM D3039 standard and specimens were subjected to the tensile test. When the test results were examined, it was observed that increasing pre-stretching value increases the tensile strength of the composite ply up to a critical value. This critical pre-stretching value was determined as 4.5 MPa with the applied parameters. With the increasing pre-stretching values, the elasticity modulus of the samples increases depending on the pre-stretching value.

Keywords: Pre-Stretching, Composite, Single-ply

1. GİRİŞ

Fiber ve örgü takviyeli polimer kompozitler otomotiv, havacılık, uzay, denizcilik, enerji vb endüstrilerde sıklıkla kullanılmaktadır (Demir, 2019; Mohamed ve Wetzel, 2006; Orth vd., 1993; Rayhan, 2019; Sheno ve Wellicome, 1993). Özellikle karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) kompozitler yüksek dayanım ve düşük ağırlıkları nedeniyle yüksek performans uygulamalarında öne çıkmaktadırlar. Bu yapıların malzeme davranışlarının belirlenebilmesi, güvenli ve fonksiyonel bir tasarımda istenilen özelliklerin eldesi için oldukça önemlidir. Bu nedenle dokuma takviyeli kompozit malzemelerin dayanımlarını arttırmak için değişik yöntemler araştırmacılar tarafından denenmiştir. Bu yöntemler genelde takviye malzemesinin (Fiore vd., 2018; Li ve Xue, 2016) veya elyaf dokuma yapısının (Hasani vd., 2017; Hu, 2015) geliştirilmesini içermektedir. Ancak bu yöntemlerin dokuma kumaşın kalıp yüzeyinin şeklini alma yeteneğinin azalmasına neden olduğu bilinmektedir.

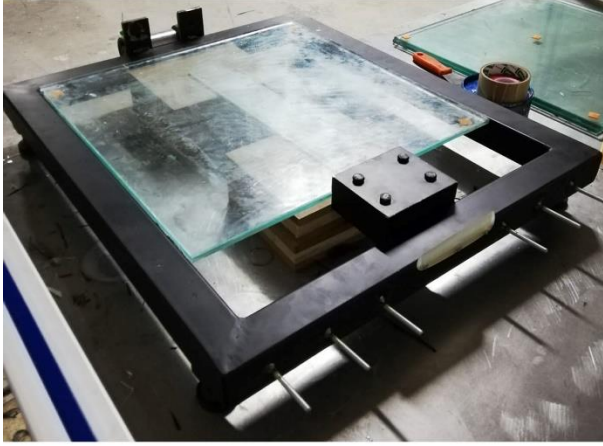
Diğer yöntemlere ek olarak kompozit imalatından önce elyaf takviyesinin aksenal olarak ön gerilmeye maruz bırakılması da literatürdeki çalışmalarda uygulanmış bir metottur (Bayraktar ve Guldas, 2019; De Haan ve Peijs, 1996; Ramakrishna, 1998; Verpoest ve Dendauw, 1992). Bu çalışmalarda ön gerilme yönünde kompozitin çekme dayanımında belirgin bir artış rapor edilmektedir. Ek olarak öngerilme, kullanılan üretim yöntemine bağlı olarak diğer yöntemlere kıyasla kolay uygulanabilir ve önemli bir parametredir. Değişik yöntemlerde bilinçli olarak ya da üretim hataları sonucu istem dışı olarak oluşturulan öngerilmeler üretilen parçanın dayanım özelliklerini etkilemektedir. Bu etkilerin katmanlar arası etkileşimden bağımsız olarak tek katmanda incelenmesi, tasarımların doğru ve fonksiyonel olarak modellenmesine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, tek aksenli gerilmenin tek katmanlı dokuma bir kumaşın çekme dayanımına olan etkisi incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

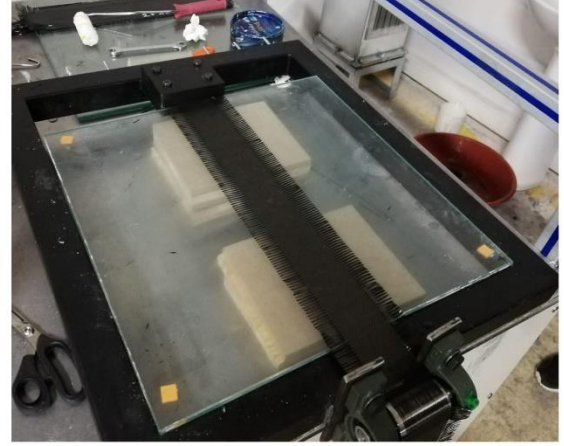
2.1. Malzeme

MGS Laminasyon Epoksi Seti L160/H160 ve düz dokuma karbon elyaflar Dost Kimya'dan temin edilmiştir. Temin edilen düz dokuma karbon fiber elyaf yüzey yoğunluğu 200 g/m²'dir. Epoksi setinin ağırlıkça karışım oranı 100:25 ±2g'dır.

Şekil 1. a) Ön Gerilme Mekanizması ve Cam Kalıp, b) Elyafıara Mekanizma ile Ön Gerilme Uygulanması



(a)

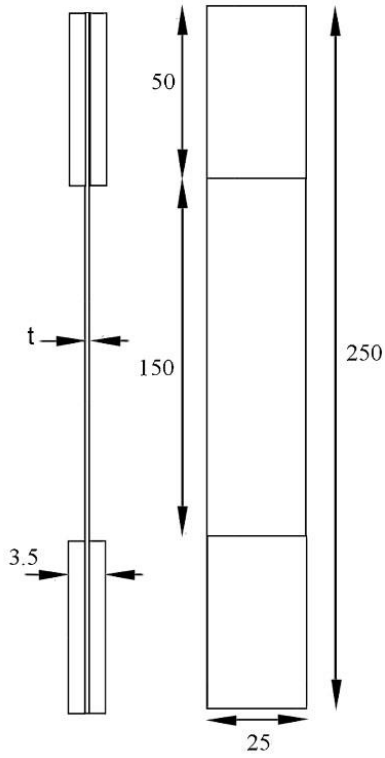


(b)

2.2. Test Numunesi Üretimi

Çalışmada kompozit üretimi sırasında kalıp olarak 50 cm x 50 cm ölçülerinde kare temperli cam kullanılmıştır. Ayrıca ön gerilme mekanizması cam kalıp içerisine yerleştirilecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 1a). İlk önce üretilen numunelerin kalıp yüzeyinden ayrılabilmesi için temperli camın üst yüzeyine kalıp ayırıcı uygulanmıştır. Sonra kesilen karbon fiber elyaflar mekanizmaya yerleştirilerek ön gerilme oluşturulmuştur (Şekil 1.b). Epoksi seti ağırlıkça 100:25 oranlarında karıştırılarak kumaşa el yatırması yöntemiyle emdirilmiş ve reçine tamamen katılaşına kadar mevcut ön gerilme sürekli uygulanmıştır. Üretim oda koşullarında tamamlanmış ve herhangi bir ısıl işlem uygulanmamıştır. Katılaşma sonrası dikdörtgen şeklinde tek katmanlı düz dokuma karbon fiber takviyeli epoksi kompozit plakalar üretilmiştir.

Şekil 2. a) Çekme Testi Numune Ölçüleri , b) Shimadzu AG-Xplus 250 kN Çekme Testi Cihazı



(a)

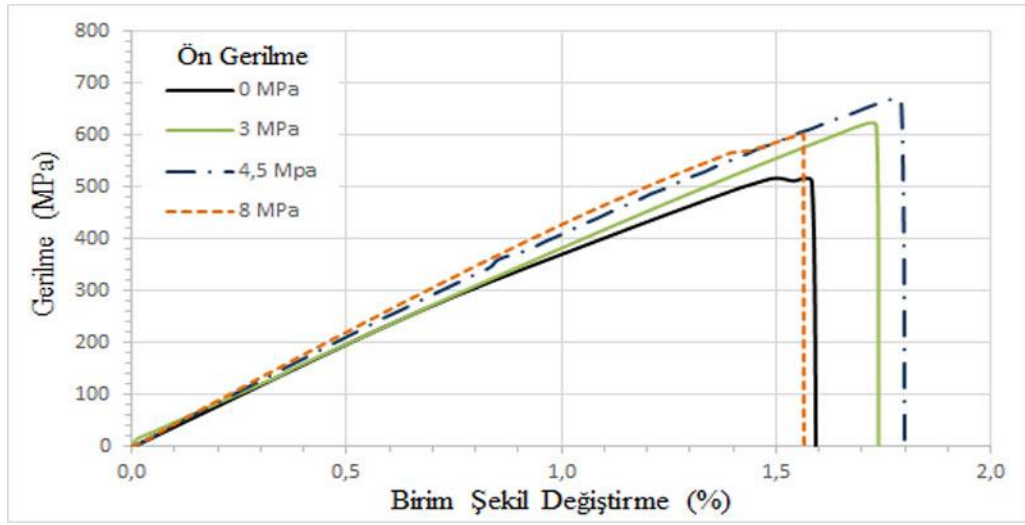


(b)

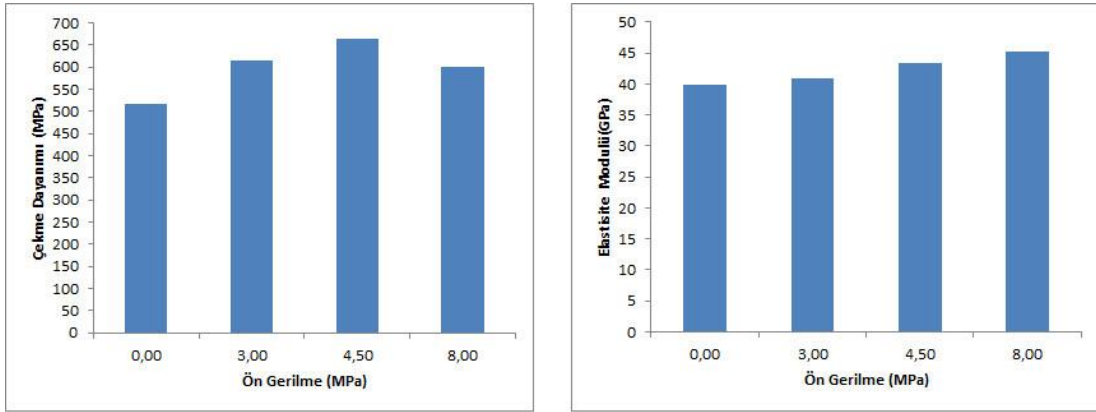
2.3. Çekme Testi

Üretilen kompozit plakalar ASTM D3039 standardına göre Şekil 2a'da gösterilen 250 mm × 25 mm ölçülerinde numuneler olarak kesilmiştir (ASTM, 2017). Çekme testi 250 kN kapasiteli Shimadzu AG-Xplus universal test cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2b). Tüm testler ASTM D3039 standardında belirtildiği şekilde 2 mm/dk ilerleme hızında yapılmıştır.

Şekil 3. Eksenel Çekme Yükü Altında Kompozit Numunelerin Şekil Değişirme-Gerilme Grafikleri

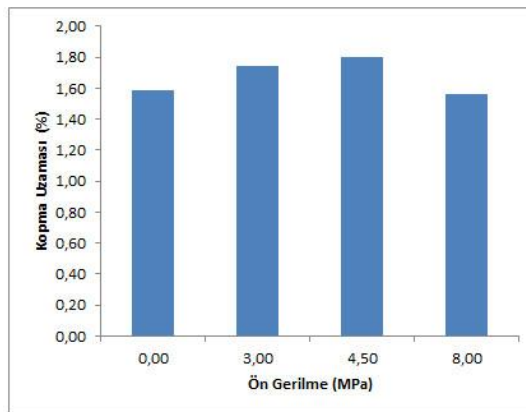


Şekil 4. Ön Gerilmeye Bağlı Numunelerin a) Çekme Dayanımı Karşılaştırması , b) Elastite Modülü Karşılaştırması c) Kopma Uzaması Karşılaştırması



(a)

(b)



(c)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Öngerilmemiş ve öngerilme uygulanmış kompozit numunelerinin eksenel çekme yükü altında şekil değişirme-gerilme eğrileri Şekil 3'de gösterilmektedir. Testlerde elde edilen sonuçlar literatürle uyumludur. Ancak kompozit numuneler el yatırması yöntemi ile üretildiği için çekme dayanımı değerleri literatürden biraz farklılık göstermektedir. Öngerilmemiş CFRP numunesinin çekme dayanımı

516,3 MPa olarak tespit edildi. Öngerilmenin çekme dayanımına etkisi en yüksek olarak 4,5 MPa ön gerilme uygulanan CFRP numunesinde 28.8% iyileşme ile 664,8 MPa olarak gözlemlendi ve sırasıyla 3 MPa ön gerilmeli numunede 19.3% iyileşme ile 616,2 MPa ve 8 MPa ön gerilmeli numunede ise 16.3% iyileşme ile 600,5 MPa olarak ölçüldü (Şekil 4a). Elastisite modülü ise öngerilmesi numune için 39,8 GPa, 3MPa ön gerilmeli numune için 40,8 GPa, 4,5 MPa ön gerilmeli için 43,3 GPa ve 8 MPa öngerilmeli numune için 45,2 GPa olarak hesaplandı (Şekil 4b). Bunlar sırasıyla 2.5%, 8.8% ve 13.6% artışa karşılık gelmektedir. Numunelerin kopma uzamaları birbirlerine benzer değerler göstermektedir. Ancak kopma uzaması 4,5 MPa ön gerilme değerine kadar ufak bir artış gösterirken 8 MPa öngerilme değerinde ön gerilmemiş numunenin kopma uzaması değerinin altına düşmüştür (Şekil 4c).

Öngerilme uygulanması kompozit malzemenin mekanik davranışlarını önemli ölçüde etkilemiştir. Yapılan uygulamada öngerilmenin kritik 4,5 MPa değerine kadar çekme dayanımını ve kopma uzamasını arttırmakta ve kritik değerden sonra artan öngerilme mekanik özellikleri olumsuz etkilemektedir. Öngerilme uygulaması reçine emrilmeden önce elyafların serilmesi aşamasında takviyenin çekme yükü doğrultusunda yönelmesini sağlamış ve ayrıca düzlüğünü arttırmıştır. En yüksek çekme dayanımı artışı 4,5 MPa öngerilme değerinde 28.8% olarak elde edilmiştir. Ancak bu değer gerçek kritik öngerilme değeri olduğunu gösterir yeterli veri yoktur. Elaste modülü artan ön gerilmeyle 4,5 MPa değerininin üzerinde de artış göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Bayraktar, Ö., ve Guldaz, A. (2019). A new approach to fabricate carbon fiber reinforced polymer with roller pre-stretching method and characterization of their mechanical properties. *Polymer Composites*, 40(2), 489-495.
- De Haan, J., ve Peijs, T. (1996). Mechanical properties of flexible knitted composites. *Advanced Composites Letters*, 5(1), 096369359600500102.
- Demir, A. (2019). *Otomotiv sektörüne yönelik bitki esaslı kompozit malzeme üretimi ve mekanik karakterizasyonu* Bursa Teknik Üniversitesi.
- Fiore, V., Scalici, T., ve Valenza, A. (2018). Effect of sodium bicarbonate treatment on mechanical properties of flax-reinforced epoxy composite materials. *Journal of Composite Materials*, 52(8), 1061-1072.
- Hasani, H., Hassanzadeh, S., Abghary, M. J., & Omrani, E. (2017). Biaxial weft-knitted fabrics as composite reinforcements: A review. *Journal of Industrial Textiles*, 46(7), 1439-1473.
- Hu, F.C. (2015). Mechanical properties of 3D-structure composites based on warp-knitted spacer fabrics. *Autex Research Journal*, 15(2), 127-137.
- ASTM (2017). ASTM D3039/D3039M-17, standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials. *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*.
- Li, Y., ve Xue, B. (2016). Hydrothermal ageing mechanisms of unidirectional flax fabric reinforced epoxy composites. *Polymer degradation and stability*, 126, 144-158.
- Mohamed, M. H., ve Wetzel, K. K. (2006). 3D woven carbon/glass hybrid spar cap for wind turbine rotor blade.
- Orth, F., Hoffmann, L., Zilch-Bremer, H., ve Ehrenstein, G. (1993). Evaluation of composites under dynamic load. *Composite structures*, 24(3), 265-272.
- Ramakrishna, S. (1998). Effect of fabric pre-stretching on the tensile properties of knitted fabric composites. *Advanced Composites Letters*, 7(3), 096369359800700304.
- Rayhan, S. (2019). A comprehensive study on the buckling behaviour of woven composite plates with major aerospace cutouts under uniaxial loading. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 13(2), 4756-4776.
- Shenoi, R. A., ve Wellicome, J. F. (1993). *Composite Materials in Maritime Structures: Volume 1, Fundamental Aspects* (Vol. 1). Cambridge University Press.

Verpoest, I., ve Dendauw, J. (1992). Mechanical properties of knitted glass fibre/epoxy resin laminates. Proc. 37th International SAMPE Symposium and Exhibition,

Presentation ID / Sunum No= 50

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-3024-2591

Sürdürülebilirlik Bağlamında Ulaşım Araçlarının Mimari Olarak Yeniden İşlevlendirilmesi

Dr. Öğr. Üyesi Elif Tuğba YALAZ

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, etyalaz@erbakan.edu.tr

Özet

Sürdürülebilirlik kavramı birçok meslek dalıyla olduğu gibi mimarlık ile yakından ilişkilidir. Geri dönüşüm ve yeniden işlevlendirme mimari sürdürülebilirlik bağlamında ele alınan kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapıların geri dönüşümü ve bina yapım sürecinde geri dönüşümlü malzemelerin kullanımının tercih edilmesi bu anlamda büyük önem taşımaktadır. Benzer şekilde mevcut işlevini yitirmiş olan yapıların yeniden işlevlendirilerek kullanıma sunulması yapıların sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Ulaşımında yaşanan gelişmelerle birlikte ulaşım araçlarının çeşitliliği artış gösterirken hizmet ömrünü tamamlayan araçlar ulaşım sürecinden geri çekilmektedir. Bu araçların bazıları hurda olarak geri dönüşüme kazandırılırken, bazılarının iç mekân tasarımında düzenlemeye gidilerek yeni işlevleri ile mimariye kazandırılmaktadır. Günümüzde hizmet ömrünü tamamlayan uçak, tren gibi ulaşım araçlarının yapılan düzenlemeler ile restoran, kafe, vb. olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu tür işlevlendirmelerin sonucunda kullanıcıların ilgisini çeken yeni mekânlar oluşturulmaktadır. Türkiye’de ve Dünya’da çeşitli örneklerine rastlanılan, ulaşımında ömrünü tamamlamış olan ulaşım araçlarının mimari işlev kazandırılarak yeniden kullanımı çalışma kapsamında incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeniden işlevlendirme, Yeniden kullanım, Geri dönüşüm, Uçak restoran, Sürdürülebilirlik.

Architectural Re-Functioning of Transportation Vehicles in the Context of Sustainability

Abstract

The concept of sustainability is closely related to architecture as it is to many professions. Recycling and re-functioning are the concepts discussed in the context of architectural sustainability. In this sense, recycling of buildings and preferring the use of recycled materials in the building construction process are of great importance. Similarly, re-functioning the buildings, which have lost their current function and putting them into use, contributes to the sustainability of the buildings. With the developments in transportation, while the variety of transportation vehicles increases, vehicles that have completed their service life are withdrawn from the transportation process. While some of these vehicles are recycled as scrap, some of them can be used as architecture with their new functions by making arrangements their

interior design. Nowadays, with the arrangements made of transportation vehicles, such as airplanes and trains that have completed their service life, can be used as restaurants, cafes, etc. As a result of such functions, new spaces that catches the users' attention can be designed. Architectural reuse of transportation vehicles by re-functioning, which have completed their service life in transportation and which have various examples in Turkey and in the World, are examined within the scope of the study.

Keywords: Re-functioning, Reusing, Recycling, Airplane restaurant, Sustainability.

1.GİRİŞ

Geçmişten günümüze yaşanan gelişmelerle birlikte pek çok konuda yeniliklerle karşılaşmıştır (Gökdağ, 2019:114). Kentleşmeyi beraberinde getiren bu yenilikler, doğanın zarar görmesine ve çevreyle ilgili problemlerin ortaya çıkmasına zemin oluşturmaya başlamıştır (Gökdağ, 2019:114). Doğal kaynaklarımızın sınırlı olması nedeniyle gün geçtikçe geri dönüşüm ve enerji verimliliği gibi konular gittikçe artan bir öneme sahip olmaktadır (Tandoğan, 2018:189). Sürdürülebilir bir yaşam çerçevesinde atıkların geri dönüşümü çevre ve iklimsel açıdan ortaya çıkabilecek sorunların azaltılmasında etkili bir rol oynamaktadır (Şahin ve Hatunoğlu, 2016:74).

Sürdürülebilir mimarlık, yapıların tasarımında doğal kaynakların kullanıldığı, ekosistem ve canlılar üzerindeki çevresel etkiyi en aza indirebilecek nitelikte yapıların tasarlanması olarak ifade edilebilmektedir (Chust, 2014:232). İnşaat sektörü kaynakların kullanımında etkili olurken, binalar enerji tüketiminde büyük bir rol oynamaktadır (Karaca ve Çetintaş, 2015:1054). Bu nedenle sürdürülebilirlik kavramı binaların tasarım aşamasından başlayarak sürece dahil edilmelidir (Özen Yavuz ve Bayrak, 2015:249).

Sürdürülebilir mimarlık kapsamında bina yaşam döngüsü tasarımı yapım öncesi, yapım süreci ve yapım sonrası olmak üzere üç aşamada ele alınabilmektedir (Baysan, 2003:28). Sev (2009)'a referansla Evran (2012) çalışmasında yaşam döngüsü tasarım ilkelerini;

- Yapım öncesi
 - İnşaat alanının seçilmesi
 - Sürdürülebilir tasarım, uzun ömürlü yapı tasarımı
 - Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen, geri dönüştürülebilen, bakım-onarım ihtiyacı düşük, yerel ve yakın bölgelerden malzemelerin seçilmesi
- Yapım süreci
 - Şantiye işlerinin etkilerinin en aza indirmesi
 - Atık yönetiminin sağlanması ve kirliliğin önlenmesi
- Yapım sonrası
 - Yapıların yeniden kullanılması
 - Malzeme ve bileşenlerin yeniden kullanım ve geri dönüştürülmesi olmak üzere genel başlıklar altında ifade etmektedir (Evran, 2012:31).

Whole Building Design Guide Sustainable Committee (WBDG) bina alanlarının ve malzeme kullanımının optimize edilmesi başlığı altında tasarım sürecindeki bakış açısının, farklı kullanımlara uyarlanabilir esnek tesislerin üretilmesi ve sökülebilen, yeniden kullanılabilen ve geri dönüştürülebilen yapı bileşenlerinden yararlanılması olması gerektiğini ifade etmektedir (WBDG, 2021). Yapılan çalışmalarda da ifade edildiği üzere geri dönüşüm ve yeniden kullanım mimari sürdürülebilirlik açısından önemli kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Güncel Türkçe Sözlükte geri dönüşüm, “atıkların yeniden değerlendirilmesi durumu” olarak tanımlanmaktadır (Türk Dil Kurumu, 2021). Koca (2010) çalışmasında geri dönüştürülebilen özellikteki atıkların hammadde olarak imalat sürecine dahil edilmesini geri dönüşüm olarak ifade etmektedir (Koca, 2010:16). Geri dönüşüm sayesinde hammadde ihtiyacı, çevreye verilen zarar ve enerji tüketimi azalma göstermektedir (Koca, 2010:16). Bu nedenle bileşenlerin ya da malzemelerin yeniden kullanılabilmesi ve geri dönüştürülmesi mimari sürdürülebilirlik açısından büyük öneme sahiptir (Tavşan ve Bektaş, 2021:34).

Mimari sürdürülebilirlik bağlamında önemli olan bir diğer kavram yeniden işlevlendirme ve yeniden kullanımdır. Türkiye’de ve Dünya’da mevcut işlevini yitirmiş olan tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesi ile bu yapıların günümüze kazandırılmasına katkı sağlanmaktadır (Tanrısever, Saraç ve Aydoğdu, 2016:1068). Korunmaya değer olan yapıların yeniden işlevlendirilmesiyle yapı ve çevresinin ekonomik anlamda gelişmesine katkı sunulurken aynı zamanda yapının çevreye vereceği zararın önüne geçilmesi ya da asgari düzeyde tutulmasına katkı sağlanabilmektedir (Büyükarıslan ve Güney, 2013:36). Sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirildiğinde, yapıların özgün ya da yeni bir işlev ile kullanıma sunulması sosyal ve kültürel niteliklerin gelecek kuşaklara aktarılmasına katkı sağlamaktadır (Dikmen, 2017:421).

Mimari sürdürülebilirlik kapsamında literatürdeki çalışmalar incelendiğinde yalnızca yapıların değil farklı işlevlere sahip nesnelere geri dönüşüm, yeniden kullanım ve yeniden işlevlendirme ile mimari işlev kazandırılarak kullanıldığı örnekler rastlanılmaktadır. Tavşan ve Bektaş (2021) çalışmalarında nakliye amacıyla kullanılan konteynerlerin ev olarak yeniden kullanımını ele almıştır. Sevim Koşan (2020) çalışmasında nakliye konteynerlerinin mimari hacim olarak ısı performanslarının incelenmesi konusunu ele almıştır. Benzer şekilde Türkiye’de ve Dünya’da çeşitli ulaşım araçlarının yeniden işlevlendirilmesi ile farklı işlevlere sahip olarak kullanıldığı örnekler rastlanılmaktadır. Çalışma kapsamında mimari sürdürülebilirlik bağlamında ulaşım araçlarının mimari anlamda yeniden işlevlendirilerek kullanımı ele alınmıştır.

2. ULAŞIM ARAÇLARI

Tümertekin ve Özgüç (2007) ve Taşlıgil (2010)’a referansla Doğanay ve Deniz (2014)’in çalışmasında ulaşım insanların ya da nesnelere karayolu, denizyolu, demiryolu ve havayolları ile bölge, ülke ve kıtalar arasında yer değiştirmesi olarak tanımlanmaktadır (Doğanay ve Deniz, 2014:2). Birçok farklı disiplin tarafından ele alınan ulaşım faaliyetlerinin (Deniz, 2016:137) gerçekleştirilmesinde çeşitli ulaşım araçları kullanılmaktadır. Gün geçtikçe araçların çeşitliliği artış gösterirken hizmet ömrünü tamamlayan ulaşım araçları hurdaya ayrılmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018) araçlardan kaynaklanan atıkların önlenmesi ve hizmet ömrünü tamamlamış olan araçların ve parçalarının geri dönüşümünün sağlanmasıyla ilgili çalışmalar sürdürmektedir. Bu araçların bir kısmının farklı şekillerde yeniden kullanımı da mümkün olabilmektedir. Rende, Karaman ve Altındal (2017) hurdaya ayrılan bir aracın elektrikli bir araca dönüştürülmesi üzerine yaptıkları çalışmada aracın bu sayede daha çevre dostu ve ekonomik hale geldiğini, aynı zamanda yeniden kullanımının sağlanması açısından büyük katkı sağladığını ifade etmektedir. Ayrıca sergi ve eğitim amacıyla da ulaşım araçlarının kullanıldığı örnekler rastlanılmaktadır.

3. MİMARİ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ULAŞIM ARAÇLARININ YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİ

Ulaşım araçlarının farklı özellikler kazandırılarak çalışır duruma getirilmesi ya da geri dönüşüme aktarılmasının yanı sıra mevcut işlevlerinin değiştirilerek farklı amaçlarla kullanılması mümkün olmaktadır. Araçların iç mekânında yapılan düzenlemelerle birlikte mimari işlevler kazandırılabilir. Türkiye’de ve Dünya’da kafe, restoran gibi işlevler kazandırılan tren vagonları, uçaklar, minibüsler, vb. ait örnekler bulunmaktadır. Mimari bir işlev kazandırılan bu araçlar sürdürülebilirlik bağlamında katkı sağlarken, Özbay (2020:64) yaşadığı korku nedeniyle uçak gibi araçlara binemeyen kişilerin de bu mekânları deneyimleme imkânı bulduğunu ifade etmektedir. Ayrıca bu tür temalı restoranlar/kafeler kullanıcılara yalnızca yemek yeme değil aynı zamanda eğlenceli vakit geçirme imkânı sağlamaktadır (Weiss, Feinstein ve Dalbor, 2004). Türkiye’de farklı şekillerde restorana, kafeye dönüştürülen ulaşım araçlarına ait örnekler yer almaktadır.

İncelendiği tarihte kapalı olan uçak restoran ve kafe, Konya’da havacılık temasına sahip olan Türk Yıldızları Parkında yer almaktadır. Konya Büyükşehir Belediyesi (t.y.)’nin açıklamasına göre, Airbus A300 tipi uçak iç mekânlarında yapılan düzenlemelerle birlikte alakart restorana dönüştürülmüş olup, uçağın bulunduğu açık alan ise cam iskele olarak düzenlenerek kafe hizmetine sunulmuştur (Şekil 1) (Konya Büyükşehir Belediyesi, t.y). Yine Konya’nın Meram ilçesi, Yeni yol civarında bir minibüs kahveci/kafe olarak hizmet vermektedir (Şekil 2).

Şekil 1. Konya Uçak Restoran (Kişisel Arşiv)



Şekil 2. Minibüs Kahveci/Kafe (Kişisel Arşiv)



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mimari sürdürülebilirlik, bina yaşam döngüsünün iyi planlanmasını gerektirmektedir. Bu süreçte geri dönüşüm ve yeniden işlevlendirme büyük bir öneme sahiptir. Bir çok konuyu kapsayan mimari sürdürülebilirlik bağlamında hizmet ömrünü tamamlayan ulaşım araçlarının geri dönüşümlerinin sağlanarak bu sürece dahil edilmesinin yanı sıra restoran, kafe olarak yeniden işlevlendirilerek günümüze kazandırılmasının da mümkün olduğu görülmektedir. Belirli bir temaya/konsepte uygun olarak tasarlanan bu araçlar kullanıcıların ilgisini çeken mekânlar haline dönüşürken, aynı zamanda buldukları bölgeye turizm ve ekonomik açıdan katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

BAYSAN, O. (2003). Sürdürülebilirlik Kavramı ve Mimarlıkta Tasarıma Yansıması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

BÜYÜKARSLAN, B. ve GÜNEY, E. D. (2013). “Endüstriyel Miras Yapılarının Yeniden İşlevlendirilme Süreci ve İstanbul Tuz Ambarı Örneği”, Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6 (2), 31-58.

CHUST, P. P. (2014). “Towards a Sustainable Architecture (Hacia Una Arquitectura Sostenible)”, Art and Identity Policies, 10-11, 227–250. Erişim adresi: <https://revistas.um.es/reapi/article/view/219301/171751>.

ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI (2018). “2017’de 14 Bin 645 Hurda Araç Ekonomiye Geri Kazandırıldı”, <https://www.csb.gov.tr/2017de-14-bin-645-hurda-arac-ekonomiye-geri-kazandırildi-bakanlik-faaliyetleri-22108>, 19.08.2021.

DENİZ, T. (2016). “Türkiye’de Ulaşım Sektöründe Yaşanan Değişimler ve Mevcut Durum”, Doğu Coğrafya Dergisi, 21 (36), 135-156.

DİKMEN, Ç. B. (2017). Geleneksel Konutların Yeniden İşlevlendirilerek Kullanımı: Yozgat Örneği, Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, s. 421-431.

DOĞANAY, H. ve DENİZ, M. (2014). “Ulaşım Sistemleri ve Uşak”, Doğu Coğrafya Dergisi, 19(32), 1-26.

EVRAN, A. (2012). Sürdürülebilir Yapım ve Eğitim Binaları Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

GÖKDAĞ, B. (2019). Tarihi Yapıların Sürdürülebilir Mimarlık İlkelerine Göre Yeniden İşlevlendirilmesi: Boğaziçi Üniversitesi Erkek Yurdu (Hamlin Hall) Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.

KARACA, Ü. B. ve ÇETİNTAŞ, K. F. (2015). Sürdürülebilir Yapı Tasarımının Türkiye’deki ve Dünyadaki Yasal Düzenlemeler Açısından İncelenmesi. 2nd International Sustainable Buildings Symposium, s.1053-1061, Ankara.

KOCA, S. (2010). Prefabrike Beton Endüstrisinde Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

KONYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ (t.y). “Türk Yıldızları Parkı Uçak Restaurant & Cafe”, <https://konya.bel.tr/sayfaayrinti.php?sayfaid=1097>. 19.08.2021.

ÖZBAY, G. (2020). “Yiyecek İçecek Sektöründe Postmodern Pazarlama Yaklaşımı Olarak Üstgerçeklik Uygulamalarına İlişkin Bir Değerlendirme”, Journal of Tourism Intelligence and Smartness, 3(1), 53-71.

ÖZEN YAVUZ, A. ve BAYRAK, S. (2015). Mimari Tasarım Eğitiminde Sürdürülebilirlik Kavramı Üzerine Bir Deneme: Geri Dönüşebilen Malzemelerle Tasarım Üretimi, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, s.248-252, Ankara.

RENDE, H., KARAMAN, E. ve ALTINDAL, E. (2017). “Hurdaya Ayrılmış Bir Aracın Elektrikli Araca Dönüştürülmesi”, Mühendis ve Makina, 58 (688), 79-94.

SEVİM KOŞAN, N. (2020). “Nakliye Konteynerinin Mimari Hacim Bağlamında Isıl Performansı Üzerine Bir Araştırma”, s.87-126, (Ed.) DAL, M., Geleneksel ve Çağdaş Mimari Yapılar Üzerine Akademik Çalışmalar, İksad Publishing House, Ankara.

ŞAHİN, S., ve HATUNOĞLU, Z. (2016). “Geri Dönüşüm Sistemlerine Yönelik Algı Düzeyi, Finansmanı ve Muhasebeleştirilmesi: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Örneği”, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 12(2), 73-93.

TANDOĞAN, O. (2018). “Atık Malzemelerinin Mimaride Kullanımı”, Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(4), 189-202.

TANRISEVER, C., SARAÇ, Ö. ve AYDOĞDU, A. (2016). “Yeniden İşlevlendirilen Tarihi Yapıların Sürdürülebilirliği”, Akademik Bakış Dergisi, 54, s. 1068-1082.

TAVŞAN, F., ve BEKTAŞ, U. (2021). “Recycling in Architectural Sustainability: Container Houses”, Journal of Interior Design and Academy, 1(1), 34-48.

TÜRK DİL KURUMU (2021). Güncel Türkçe Sözlük, <https://sozluk.gov.tr/>, 19.08.2021.

WEISS, R., FEINSTEIN, A. H. ve DALBOR, M. (2004). “Customer Satisfaction of Theme Restaurant Attributes and Their Influence on Return Intent”, Journal of Foodservice Business Research, 7(1), 23-41.

WHOLE BUILDING DESIGN GUIDE (WBDG), (2021). “Optimize Building Space and Material Use”, <https://www.wbdg.org/design-objectives/sustainable/optimize-building-space-material-use>, 19.08.2021.

Presentation ID / Sunum No= 7

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-1525-0371

Kuzu Eti Üretiminde Kaliteyi Etkileyen Faktörler

Dr. Engin YARALI

*¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Çine Meslek Yüksekokulu
eyarali@adu.edu.tr*

Özet

Kırmızı et, dünyada en önemli protein kaynaklarından biridir ve bazı ülkelerde çok yüksek tüketim oranları ile vazgeçilmez bir ürün olarak kabul edilmektedir. Kırmızı et denilince öncelikle sığır, koyun, keçi ve manda gibi hayvanların iskeletini saran çizgili kas dokusu anlaşılmaktadır. Genel kimyasal bileşimi ise ortalama olarak %75 su, %20 protein, %3 yağ, %1 mineral ve %1 diğer kimyasal unsurlardan oluşmaktadır. Koyun yetiştiriciliğinde de et üretimi büyük ölçüde kuzu eti üretimine dayanmaktadır. Kuzu eti kalitesi total olarak, karkas kalite özellikleri (karkas parçalarının oranları ve dağılımı), et kalite özellikleri (kimyasal kompozisyon, mikrobiyal özellikler) ve panelistler tarafından değerlendirilen etin yenme kalitesi (yumuşaklık, sululuk, lezzet, toplam kabul edilebilirlik) gibi parametreleri kapsamaktadır. Türkiye’de olduğu gibi birçok Akdeniz ülkesinde de çoğu tüketici tarafından tercih edilen kuzu etinin kalitesini birçok unsur etkilemektedir. Bunlar kesim öncesi ve kesim sonrasına ait faktörlerdir. Hayvanların genetik yapısı, hayvanın ırkı ve cinsi, cinsiyeti, yaş ve kesim ağırlığı, hayvanın bakım-besleme koşulları, üretim sistemleri ve kesim öncesi uygulanan işlemler, o hayvandan elde edilen karkas ve et kalitesini büyük oranda etkilemektedir. Kesim ve kesim sonrasına ait faktörler içinde de kesim yöntemi ve kan akıtma, kesim prosedürleri, kesim sonrası depolama koşulları, olgunlaştırma ve muhafaza yöntemleri etkili olurken, pazarlama ve tüketim aşamasında etin pişirme usulü ve şekli ile tüketici tercihleri ve alışkanlıkları öne çıkmaktadır. Kaliteli bir kuzu eti üretiminde, üretimin her aşaması aynı derecede öneme sahiptir. Bu anlamda, kaliteli hayvanların yetiştirilmesi, hayvanların nakliyesi, hijyenik ve standart şartlarda kesimin yapılması ve ürünün uygun şekilde tüketiciye ulaştırılması aşamalarında gerekli özenin gösterilerek hijyenik ve standart koşulların sağlanması büyük önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Kuzu eti, üretim, kalite faktörleri

Factors Affecting Quality in Lamb Meat Production

Abstarct:

Red meat is one of the most important sources of protein in the world and in some countries, it is considered an esseantial product with very high consumption rates. When it comes to red meat, it is

understood the striated muscle tissue that surrounds the skeleton of animals such as cattle, sheep, goats and buffaloes. It's general chemical composition is on average 75% water, 20% protein, 3% fat, 1% mineral and 1% other chemical elements. Meat production in sheep farming is largely based on lamb production. Lamb meat quality includes parameters such as carcass quality characteristics (proportions and distribution of carcass parts), meat quality characteristics (chemical composition, microbial properties) and meat eating quality (softness, juiciness, flavor, total acceptability) evaluated by the panelists. Many factors affect the quality of lamb meat, which is preferred by most consumers in many Mediterranean countries as it is in Turkey. These are pre-slaughter and post-slaughter factors. Genetic structure of animals, breed of animal, sex, age and slaughter weight, animal care-feeding conditions, production systems and pre-slaughter processes important affect the carcass and meat quality obtained from that animal. While slaughtering method and bleeding, slaughter procedure, post-slaughter storage conditions, maturation and preservation methods are effective among the factors related to slaughter and post-slaughter, in the marketing and consumption phase, the cooking method and shape of the meat and consumer preferences and habits stands out. In the production of a quality lamb meat, every stage of production is equally important. In this sense, it is of great importance to provide hygienic and standard conditions by showing the necessary care in the stages of raising quality animals, transportation of animals, slaughtering under hygienic and standard conditions and delivering the product to the consumer in an appropriate manner.

Keywords: Lamb meat, production, quality factors

1. GİRİŞ

Koyun yetiştiriciliği, Akdeniz kuşağında yer alan ülkelerde önemli ve geleneksel bir tarımsal faaliyettir. Bu faaliyette elde edilen gelirler içinde kuzu eti üretimi birinci sırada yer almakta ve ülkeler arasındaki ticarete de önemli yer tutmaktadır. Kesim için pazara sunulan kuzular, farklı kaynaklardan gelmektedir. Bunlar; genel olarak süttten kesimden sonra pazarlananlar (süt kuzusu), süttten kesilen ve daha sonra besiyeye alınarak kesime gönderilenler (entansif besi), süttten kesilmeden ve/veya kesildikten sonra merada tutulan ve daha sonra besiyeye alınanlar (uzatılmış kuzu besisi veya toklu besisi) şeklinde sınıflandırılabilir. Bu anlamda her ülke veya bölge kendi üretim özelliklerine göre belirli bir karkas ağırlığı ve türü belirlemiştir. Dünya ortalama kuzu karkas ağırlığı 15 kg'dır. Ancak Bangladeş, Peru veya İtalya'da 6 ila 9 kg ve Mısır, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'da 27 ila 30 kg arasında değişen büyük farklılıklar bulunmaktadır. Avrupa ülkelerinde baktığımızda, karkas ağırlıklarının ortalama olarak Portekiz' de 8 kg, İtalya' da 9 kg, İspanya ve Yunanistan' da 11 kg, Danimarka' da 25 kg, Hollanda' da 23 kg, İrlanda ve Belçika' da 21 kg olduğu görülmektedir (Sanudo et al., 1998a).

Dünyada 2019 yılı itibariyle toplam 1.402 milyar baş koyun bulunmaktadır. Çin 163 milyonluk koyun varlığı ile dünyanın en çok koyun yetiştirilen ülkesidir (payı %12). Koyun varlığı bakımından Çin'i Hindistan (74 milyon), Avustralya (66 milyon), İran (52 milyon) ve Sudan (41 milyon) izlemektedir. Türkiye, yaklaşık 35 milyon başlık koyun varlığı ile dünyada önemli bir yere sahiptir. 2019 yılı verilerine göre dünyada mevcut koyunlardan yaklaşık olarak 10 milyon ton et üretilmektedir (FAOSTAT, 2019). Türkiye' de 2019 yılı itibari ile yaklaşık olarak 100000 ton et elde edilmiştir. Türkiye' de kişi başı kırmızı et tüketimi ise gelişmiş ülkelere göre daha düşüktür. Son beş yıllık kırmızı et tüketimi incelendiğinde, 2012 yılında 12.4 kg olan kişi başı yıllık tüketimin, 2014 yılında 12.9 kg olarak gerçekleştiği, 2017 yılında 14.1 kg seviyesine yükseldiği görülmektedir. 2018 yılında ise kişi başı kırmızı et tüketimi 14.84 kg seviyesinde gerçekleşmiş, bunun 13,3 kg'ını dana eti, 1,5 kg'ını ise küçükbaş eti oluşturmuştur (Anonim, 2021).

Günümüzde Akdeniz ülkelerinde gerçekleştirilen koyunculuk faaliyetleri temelde beş unsura dayanmaktadır. Bunlardan ilki, ihtiyaç ve kaynakların dengede tutularak hammadde veya teknoloji ithal etmeden yerli ırklar ile faaliyetlerin yapılabilmesidir. İkincisi, kuzu eti Avrupa ülkelerinde yüksek oranda tüketilmekte ve burası gelecek vaat eden bir pazar olarak görülmektedir. Üçüncü olarak, koyun yetiştiriciliği birçok ailenin geçim kaynağını oluşturmakta ve koyun yetiştiriciliği yapılan arazilerde erozyon, çölleşme ve çevresel bozulmaya karşı olumlu yönde gelişmeler sağlanmaktadır. Dördüncü olarak, koyunlar yedikleri yemi en iyi şekilde ürüne dönüştüren hayvanlardır ve bu sayede doğal beslenen kuzularda, doğal ürün imajı da öne çıkmaktadır. Son olarak, özellikle meraya dayalı yetiştirme

sistemlerinde, koyunculuk faaliyeti hayvan refahı ile olumlu yönde ilişkilendirilmektedir (Torrent, 1991).

Kuzu eti kalitesi, etin sahip olduğu kimyasal (pH, su tutma kapasitesi, yağ ve yağ asidi içeriği, protein içeriği vb.), mikrobiyolojik, fiziksel (tekstür ve yapı) ve duyuşsal özellikleri (renk, tat, koku, lezzet, doku) ile ilgilidir. Kaliteli et üretiminin esası kaliteli hayvanların yetiştirilmesine bağlıdır. Ayrıca hijyenik ortamlarda kesimi yapılan ve veterinerlerin sağlık kontrolünden geçen kaliteli hayvanlardan yüksek kaliteli etler elde edilir. Koyunlarda et kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan ilki hayvanla ilgili faktörler (ırk, cinsiyet, yaş vb.) ve diğeri çevresel faktörlerdir (besleme pratikleri, iklim, kesim hijyeni ve prosedürü vb.). Çevresel faktörler içinde et kalitesinin oluşumunda, uygulanan yetiştirme sistemi ve besleme koşulları önemli bir yere sahiptir (Priola et al., 2001). Çizelge 1’ de kuzu karkas ve et kalitesini etkileyen faktörler verilmiştir.

Genel olarak kuzu eti, tüketiciler tarafından doğal bir ürün olarak kabul görmekte, kendine özgü karakteristik özellikleri bulunmakta, insan sağlığına etkisi bilinmekte ancak fiyatı pahalı ve lüks olarak değerlendirilmektedir. Kuzu eti, bu anlamda özel bir pazar alanı da bulmaktadır. Koyun yetiştirme anlamında ulusal-bölgesel bazda olan bakım ve besleme koşullarının farklılığı yüzünden tüketiciler tarafından farklı istemlere sahip karkaslar da ortaya çıkmaktadır (Beraiin et al., 2000). Şekil 1’ de kuzu karkas ve karkastan elde edilen önemli parçalar gösterilmektedir.

Bunların yanında tüketici için fiyat faktörünü bir yana bırakırsak, et tercihinde yağ oranı ve besin içeriği oldukça etkilidir. Yapılan birçok araştırmada kuzu etinin besin madde içeriği ve kolesterol düzeyinin diğeri türlere göre çok farklı olmadığı belirtilmektedir. İlâveten özellikle kalp-damar rahatsızlıkları ile ilgili olarak yağ asitleri kompozisyonu ve konjuge linoleik asit gibi özelliklerin kuzu etinde olumlu seviyelerde olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır. (Özta, 2005).

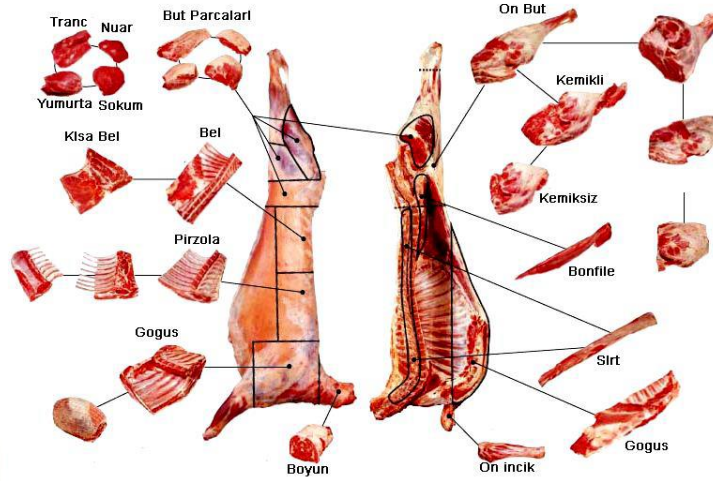
Çizelge 1. Kuzu karkas ve et kalitesini etkileyen faktörler (Sanudo et al., 1998a)

	Rand. (%)	Karkas Kalitesi			Et Kalitesi				
		Ağ.	Konf.	Yağ.	Sul.	Renk	Yum.	Ar.	T.
İç Faktörler									
İrk	**	***	****	***	*	*	*	0	*
Birey ve Genotip	**	**	****	**	0	*	***	0	**
Cinsiyet	**	***	**	***	0	*	*	*	**
Ağırlık-Yaş	***	****	*	****	*	***	**	**	***
Verim ve Çevresel Faktörler									
İklim	*	***	0	**	0	*	*	0	*
Besleme	***	***	*	****	*	**	*	**	**
İlave Yem ve Katkılar	*	**	**	****	***	*	***	*	***
Kesim Öncesi ve Kesim Faktörleri									
Stres ve Nakliye	****	*	0	0	**	***	**	*	***
Kesim koşulları	**	***	0	*	*	**	*	**	*
Bayılma	0	0	0	0	**	*	***	*	**
Kesim Sonrası ve Satış									
Muhafaza	0	0	0	0	**	****	****	**	***
Soğutma	**	*	0	0	*	*	***	*	**
Depolama	0	*	0	0	***	***	****	***	****
Tüketim Faktörleri									
Pişirme	0	0	0	***	****	****	****	****	****
Kültürel durum	0	***	**	****	*	**	*	****	****

0-Önemsiz, *-Az Etkili, **-Orta Derecede Etkili, ***-Çok Etkili, ****-Esas Etkili

Rand.: Randıman; Ağ.: Ağırlık; Konf.: Konformasyon; Yağ.: Yağlılık; Sul.: Sululuk; Yum.: Yumuşaklık; Ar.: Aroma;

T.:Toplam



Şekil 1. Kuzu karkas ve önemli parçaları

2. KESİM ÖNCESİ KUZU ET KALİTESİNİ ETKİLEYEN ETKENLER

Kesim öncesi et kalitesini etkileyen faktörler arasında hayvana ait ve çevresel faktörler etkilidir. Bunlar; ırk ve genotip, yaş, cinsiyet, bakım-besleme koşulları, yetiştirme sistemleri, kesim öncesi stres, kesim yaşı, kesim öncesi nakliye ve hayvanın kesim öncesi dinlendirme süresi gibi faktörler öne çıkmaktadır.

Kırmızı ette her türün kendine has özellikleri vardır ve ırk, karkas ve et kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yapılan araştırmalarda, koyun eti genel olarak sığır veya domuz etinden daha yumuşak bir yapıya sahip olduğu rapor edilmektedir. Ayrıca koyun eti, keçi etinden daha sulu, yumuşak, lezzetli ve yağlı olarak değerlendirilmektedir (Schonfeldt et al., 1993; Bickerstaffe et al., 1997). Yine yapılan araştırmalarda, sütçü ırkların yüksek ağırlıklarda etçi ırklara göre daha fazla yağa sahip olduğunu öne sürülmüştür (Wood et al., 1980; Butler-Hogg et al., 1986). Yağlı kuyruklu ırklar ise diğer ırklara göre bel bölgesinde daha fazla deri altı yağ biriktirdiği raporlanmıştır (Zygoiannis et al., 1990).

Et kalitesinde cinsiyetler arasındaki farklılıklar genel olarak çok önemli değildir. Bu anlamda, pH, su tutma kapasitesi, sululuk veya renkte cinsiyetler arasında farklılıklar önemsiz düzeyde bulunmuştur (Dransfield et al., 1990; Field et al., 1990; Koochmaraie et al., 1996). Ancak bazı çalışmalarda karkas yağ oranı açısından dişilerde yağlanmanın daha yüksek olduğu vurgulanmaktadır. Bu da etin pişirme kaybı ve gevrekliğini etkilemektedir (Santos et al., 2007).

Kuzularda yaş ve canlı ağırlık beraber ele alındığında, yaşın ilerlemesi ve ağırlığın artması ile yağlanma artmakta ve pigment miktarından dolayı et rengi koyulaşmaktadır (Field et al., 1990; Rashid and Faidhi, 1990; Sanudo et al., 1996; Rousset-Akrım et al., 1997). Farklı kesim ağırlıklarındaki kuzularda yapılan birçok çalışmada, kesim ağırlığının artması etin su tutma kapasitesi, kesme kuvveti, renk ve etin kimyasal bileşiminde önemli etkilerin meydana geldiği gösterilmiştir (Barkawi et al., 2009).

Kuzularda bakım-besleme koşulları ve üretim sistemleri et kalitesi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Yetersiz ve kalitesiz yemle yapılan beside hayvanın potansiyel ağırlığına ulaşamadığı ve karkas kalitesini olumsuz yönde etkilediği, yüksek enerjili yemlerin de yağlanmaya neden olduğu bildirilmektedir. Kuzularda süttan kesim yaşı etin pH, su tutma kapasitesi ve et pişirme kayıplarını etkilemektedir. Süt emme döneminde olan çok genç hayvanlar kesime alındığında, pigment sayısının az olmasına bağlı olarak daha soluk renkli et elde edilir. Bu durum sütte, meraya nazaran daha az miktarda bulunan demir içeriğinin, kaslarda daha az miyogloblin sentezlemesiyle sonuçlanmaktadır. Sonuç olarak, süt emen hayvanlar süttan kesilmiş hayvanlara nazaran daha az parlaklığa ve kırmızılığa sahiptir. İlâveten, genel olarak merada beslenen hayvanlar, yoğun yemle beslenen hayvanlara göre, pigment konsantrasyonunun yüksek olmasına bağlı olarak daha koyu olmaktadır (Sanudo et al., 2007). Konsantre yem ve merada beslenen hayvanlarda ise etin renk, koku ve diğer duyuşal özelliklerinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Burada rasyondaki yem içeriği ve ayrıca meradaki otların çeşitliliği etkili olmaktadır (Resconi et al., 2009).

Kesime gönderilecek olan kuzularda kesim öncesi dinlendirme ve hayvanların kesim yerine nakliyesi gibi durumlar da et kalitesi üzerinde etkili faktörler arasındadır. Nakliye süresinin uzaması ve hayvanların strese girmesi veya kesim öncesi dinlendirmeden kesilen hayvanlarda et kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Kesimden önce hayvanların strese sokulması kesim sonrası et kalitesinin düşmesine yol açmaktadır. Kesim öncesi kas glikojen rezervi aşırı yorgunluk, açlık ve korku nedeniyle azalmışsa, glikojenin laktik aside dönüştürülme süreci kesintiye uğramaktadır. Bu nedenle daha koyu renkli, su tutma kapasitesi yüksek, anormal lezzete sahip, yumuşak ve mikroorganizmaya duyarlı etler elde edilmektedir (Maria et al., 2003; Villarroel et al., 2003).

3. KESİM VE KESİM SONRASI KUZU ET KALİTESİNİ ETKİLEYEN ETKENLER

Kesim ve kesim sonrası etkili olan faktörler içinde kesim metodu, kesim prosedürleri, kesim hijyeni, kan akıtma işlemi, kesim sonrası depolama koşulları, rigor mortis, pazarlama koşulları ve muhafaza koşulları ile tüketim şekli gibi faktörler etkilidir. Kuzuların kesimi sırasında uygulanan kesim yöntemleri ve kesim sonrası uygulanan işlemler karkas kalitesiyle birlikte dolaylı olarak et kalitesi üzerine önemli etkiye sahiptir. Doğrudan bıçakla yapılan kesimde karkastan uzaklaşan kan miktarı, şok uygulayarak yapılan kesime göre daha fazladır. Kesimden sonra karkasta kalan kan miktarı arttıkça et kalitesi düşmekte ve bu etlerin muhafazası süresi de kısalmaktadır. Kesimden sonra seri olarak yüzüm gerçekleştirilmelidir. Kesimden hemen sonra etlerin dinlendirme odalarına (0-4 °C'de) alınması et kalitesinin korunması açısından önemlidir (Anonim, 2013).

Canlı hayvanda kas pH sı 7.0-7.3 arasındadır. Kesimden yaklaşık 40 dak. kadar sonra pH biraz düşüş göstermekte, kesimden 24 saat sonra ise 5.4-5.7 arasında kalmaktadır. Kesim sonrası pH, anaerobik glikolizis süresince glikojenden üretilen laktik asit miktarına bağlı olarak değişmektedir. Eğer kas glikojeni aşırı yorgunluk, açlık ve korku nedeni ile azalmış ise bu süreç kesintiye uğramaktadır. Kas pH sınırın ulaşacağı son değer, etin raf ömrünü, tüketici beğenisini ve et tüketim kalitesini etkilemektedir. Bu anlamda et pH sınırın ulaşacağı son değer, kesim öncesi hayvanın fizyolojik durumuna, genotip, yaş, cinsiyet, canlı ağırlık, yağlanma, beslenme ve üretim sistemi gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Young and West, 2001; Sanudo et al, 2007). Bir önemli özellik olan mermerleşme ise yağın kas içinde dağılımı olup ete mozaik bir yapı kazandırmasıdır. Etin lezzet ve olgunluğu mermerleşme ile ilgili olup iyi bir mermerleşme yapısı gösteren etler daha lezzetli ve olgundur (Öztan, 2005).

Kasın ete dönüşümü sırasında uğradığı en önemli değişikliklerden birisi rigor mortis yani ölüm sertliği veya katılığıdır ve bu olayda pH da düşüş gözlenir. Kesimi takiben 24-48 saat arasında ölüm sertliği sonlanır. Rigor mortis sürecinde et proteinlerinin su tutma kapasitesi azalır. Vücuttaki glikojen ve tüm karbonhidratlar laktik aside parçalanır ve ortam asidik olur. Rigor mortisten sonra et yumuşamaya başlar, gevrek ve yumuşak bir hâl alır ve lezzeti artar (Anonim, 2016).

Kuzularda yaşın ve kesim ağırlığının artması ile karkasta yağ oranı artmaktadır. Kesimi takiben yapılan standart bir parçalama ile de elde edilen karkas parçalarının ağırlıkları ve oranları karkas üretiminde üzerinde durulan konulardır. Kaliteli bir karkas üretiminde değerli karkas parçalarının (but, bel, sırt) oranlarının yüksek olması istenirken, karkasın fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinin uygun olması ve uygun ortamda soğukta muhafazası önemlidir (Johnstone, 1983; Sanudo et al., 1998a, 1998b). Kesimden sonra karkasların kısa sürede soğuk hava deposuna alınması gerekir. Buradaki koşullar etin yumuşaklık, tekstür yapısı, su kaybı, renk ve kokusu ile yakından ilgilidir. Sıcaklık ve nem kontrolü, et kalitesinin korunmasında hayati öneme sahiptir. Burada dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi karkasların pH sınırın 6.0 seviyesine inmeden hızlı bir soğutma yapılır ise soğuk katılaşmasının meydana gelebileceğidir. Soğutma için önerilen sistemde, karkasların sıcaklığının önce 10-15 °C ye düşürülmesi ve sonrasında normal soğuk hava deposuna (0-4 °C) alınmasıdır (Öztan, 2005).

Elde edilen kuzu etlerinde raf ömrünü uzatmak ve ürünü korumak için üzerinde durulacak diğer konuda ambalajlama ve paketlemedir. Bu anlamda çeşitli paketleme teknikleri geliştirilmiştir. Örneğin Medel et al. (2002), kuzu eti üzerine, dokusal ve duyuşal özelliklerini olumsuz yönde değiştirmeden etin özelliklerini uzun süreler boyunca (29 güne kadar) korumak için vakumlu paketlenmiş ürünleri (kesim sonrası 1-2 gün) tavsiye etmektedir. Yine uygun bir gaz karışımında modifiye atmosferde paketleme ile etin duyuşal özellikleri korunabilmektedir (Ripoll et al., 2013).

Tüketici açısından baktığımızda ise, tüketici davranış ve istekleri ile etin tüketim şekli, et kalitesi üzerinde etkili olmaktadır. Tüketim aşamasında pişirme süresi ve pişirme yöntemi (fırında, ızgarada

veya haşlama vb.) etin lezzetini ve dokusal yapısını direkt olarak etkilemektedir (Guerrer et al., 2013). Bu durum aynı zamanda tüketicilerin alışkın oldukları yöntem ve tat ile de ilgilidir. Ülkeden ülkeye hatta yöresel olarak da etin pişirme sıcaklığı ve istenilen lezzet yönünden bir çok farklılıklar söz konusudur (Bernues et al., 2012).

4. SONUÇ

Et kalitesi üzerinde kesim öncesi ve sonrası pek çok faktör rol oynamaktadır. Tüm bu faktörler, kaliteli bir ürün elde etmek için tüm üretim-pazarlama tüketim aşamalarının dikkatli bir şekilde takip edilmesi gerektiğini göstermektedir. Kesim öncesi faktörler bakımından istenilen kalitede etlerin üretilebilmesi genotip, yetiştirme yöntemleri, bakım-besleme koşulları, yaş, cinsiyet gibi faktörlere bağlı olarak şekillenmektedir. Bu anlamda yetiştirme sistemleri ve idarenin et sektörünün ihtiyaçlarına uygun hammadde sağlayacak şekilde planlanması gerekmektedir. Kesimde ve kesim sonrası faktörler arasında, uygun kesim prosedürlerinin uygulanması, hayvanların strese sokulmaması, kesimi takiben karkasların soğuk hava deposunda dinlendirilmesi gibi hususlar oldukça önemlidir. Tüm bu faktörler göz önüne alındığında, kuzu eti üretiminde tarladan sofraya gıda güvenliği kavramının benimsenmesi ve hem üreticilerin hem de tüketicilerinde bu noktada dikkat etmesi gereken durumların olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

Anonim. (2013). Gıda Teknolojisi. Et ve Ürünleri Analizleri I. TC Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara, 2013.
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Et%20Ve%20C3%9Cr%3%BCnleri%20Analizleri%201.pdf, 14.06.2021.

Anonim. 2016. Gıda Teknolojisi. Et ve Et Ürünleri Teknolojisi. . TC Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara, 2016.
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Et%20ve%20Et%20C3%9Cr%3%BCnleri%20Teknolojisi.pdf, 14.06.2021.

Anonim. (2021). Tarım Ürünleri Piyasası. Küçükbaş Eti. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%20C4%B1m%20C3%9Cr%3%BCnleri%20Piyasalar%20C4%B1/2021-Ocak%20Tar%20C4%B1m%20C3%9Cr%3%BCnleri%20Raporu/K%20C3%BC%20C3%A7%20C3%BC%20C5%9F%20Eti,%20Ocak%202021,Tar%20C4%B1m%20C3%BCr%3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu.pdf>, 13.06.2021.

Barkawi, A.H., El-Asheeri, A.K., Hafez, Y.M., Ibrahim, M.A. and Ali, M.M. (2009). Growth and carcass characteristics of lambs in relation to plasma IGF-I and some histological traits of *Longissimus lumbarum* and *Biceps femoris* as affected by breed and age at slaughter. *Livest. Sci.*, 124:9-14.

Beriain, M.J., Horcada, A., Purroy, A., Lizaso, G., Chasco, J. and Mendizabal, J.A., (2000). Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. *J. Anim. Sci.*, 78: 3070-3077.

Bernues, A., Ripoll, G. and Panea, B. (2012). Consumer segmentation based on convenience orientation and attitudes towards quality attributes of lamb meat. *Food Quality and Preference*, 26(2): 211-220.

Bickerstaffe, R., Le Couteur, C.E. and Morton, J. D. (1997) Consistence of tenderness in New Zealand retail meat. 43th International Congress of Meat Science and Technology, pp. 196-197.

Butler-Hogg, B. W., Whelehan, O. P. and Mummery, P. (1986) Carcass quality of dairy sheep. *Animal Production*, 42, 461 (Abstr.).

Dransfield, E., Nute, G.R., Hogg, B.W. and Walters, B.R. (1990). Carcass and eating quality of ram, castrated ram and ewe lambs. *Animal Production* 50, 291-299.

FAOSTAT. (2019). Livestock Primary. <http://www.faostat.fao.org.tr/site/569>, 10.06.2021.

Field, R.A., Maiorano, G., McCormick, R J., Riley, M.L., Russell, W.C., Williams, F.L. and Crouse, J. D. (1990) Effect of plane of nutrition and age on carcass maturity of sheep. *Journal of Animal Science* 68, 1616-1623.

Guerrer, A., Velandia Valero, M., Campo, M.M. and Sañudo, C. (2013). Some Factors That Effect Ruminant Meat Quality: From the Farm to the Fork: Review. *Acta Sci., Animal Sciences*. 35(4): 335-347.

Johnstone, R.G. (1983). Introduction to sheep farming. William Collins Sons and Co. LTD. London.

Koohmaraie, M., Shackelford, S.D. and Wheeler, T.L. (1996) Effects of a S-adrenergic agonist (L-644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of callipyge lambs. *Journal of Animal Science* 74, 70-79.

Medel, I., Sanudo, C., Martínez-Cerezo, S., Panea, B., Roncalés, P. and Beltrán, J.A. (2002). Quality of vacuum packaged lamb meat after different ageing times. *Book of Abstract of 48 International Congress of Meat Science and Technology*, v. 1, n. 1, p. 346-347.

Öztan, A. (2005). Et bilimi ve teknolojisi. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yay. Kitap Serisi. Yayın No:1. Ankara.

Priola, A., Micol, D. and Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat color and flavour. A review. *Animal Research*, 50: 185–200.

Rashid, N.H. and Faidhi, A.A. (1990) Quality characteristics of meat from Awassi lambs as affected by slaughter weight and feeding level. *36th International Congress of Meat Science and Technology*, pp. 134-141.

Resconi, V.C., Campo, M.M., Font Furnols, M., Montossi, F. and Sanudo, C. (2009). Sensory evaluation of castrated lambs finished on different proportions of pasture and concentrate feeding systems. *Meat Science*, 83: 31-37.

Ripoll, G., Albertí, P., Casasús, I. and Blanco, M. (2013). Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. *Meat Science*, 93, 336-343

Rousset-Akrim, S., Young, O.A. and Berdague, J.L. (1997) Diet effects and growth effects in panel assessment of sheepmeat odour and flavour. *Meat Science* 45(2), 169-181.

Santos, V.A.C., Silva, S.R., Mena, E.G. and Azevedo J.M.T. (2007). Live weight and sex effects on carcass and meat quality of “Borrego terrincho–PDO” suckling lambs. *Meat Sci.*, 77:654-61.

Sanudo, C., Santolaria, M.P., Maria, G., Osorio, M. and Sierra, I. (1996) Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. *Meat Science* 42(2), 195-202.

Sanodu, C., Sanchez, A. and Alfonso, M. (1998a). Small Ruminant Production Systems and Factors Affecting Lamb Meat Quality. *Meat Science*, Vol. 49, No. Suppl. I, S29-S64.

Sanudo, C., Nute, G. R., Campo, M. M., Maria, G., Baker, A., Sierra, I., Enser, M.E. and Wood, J.D. (1998b). Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Science*, 48: 91–100.

Sanudo, C., Campo, M., Olleta, J.L., Joy, M. and Delfa, R. (2007). Evaluation of carcass and meat quality in cattle and sheep. Methodologies to evaluate meat quality in small ruminants. Wageningen Academic Publishers, EAAP. No: 123, The Netherlands. 225.

Schonfeldt, H.C., Naud C.R.T., Bok, W., van Heerden, S. M., Sowden, L. and Boshoff, E. (1993). Cooking and juiciness related quality characteristics of goat and sheep meat. *Meat Science* 34, 381-394.

Torrent, M. (1991) La oveja y sus producciones. Ed. Agrícola Aedos S.A., Barcelona, pp. 1543 (in Spanish).

Wood, J.D., MacFie, H.J.H., Pomeroy, R.W. and Twinn, D.J. (1980). Carcass composition in four sheep breeds: the importance of type of breed and stage of maturity. *Animal Production* 30, 135-152.

Villarroel, M.; María, G. A., Sañudo, C., Olleta, J. L. and Gebresenbet, G. (2003). Effect of transport time on sensorial aspects of beef meat quality. *Meat Science*, 63(3): 353-357.

Young, O.A. and West, J. (2001). Meat color. *Meat Science and Applicatipons*. (Ed.:Y.H.Hui, Wai-Kit Nip, R.W. Rogers, O.A. Young). Marcel Dekker Inc. U.S.A. 704.

Zygoyiannis, D., Stamataris, K., Kouimtzis, S. and Doney, J.M. (1990) Carcass composition in lambs of Greek dairy breeds of sheep. *Animal Production* 50, 261-269.

Presentation ID / Sunum No= 2

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-2394-179X

Gri Kurt Optimizasyon Algoritmasını Kullanarak Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Üretimini Tahmini

Dr. Öğretim Üyesi Ergun UZLU

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
ergunuzlu@ktu.edu.tr*

Özet

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'nin gelecekteki hidroelektrik enerji üretimini (HEÜ) tahmin etmek için gri kurt optimizasyon algoritması ve regresyon fonksiyonlarından oluşan hibrit bir model geliştirmektir. Regresyon fonksiyonu olarak lineer, eksponansiyel, hiperbolik ve ikinci dereceden fonksiyon kullanılmıştır. Nüfus, gayri safi yurtiçi hasıla, kurulu güç, enerji tüketimi, brüt elektrik enerjisi talebi ve ortalama yıllık sıcaklık verileri geliştirilen modellerde bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. Geliştirilen modellerin doğruluğunu test etmek için veriler eğitim ve test olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Gri kurt optimizasyon algoritması ile optimize edilmiş ikinci dereceden fonksiyon hem eğitim hem de test seti için en küçük hata değerlerine sahip olduğundan en iyi model olarak belirlenmiştir. En iyi model kullanılarak Türkiye'nin HEÜ projeksiyonu 2030 yılına kadar yapılmıştır. Oluşturulan projeksiyona göre, Türkiye'nin HEÜ değerinin 2030 yılında 137.68 TWh olması beklenmektedir. Mevcut sonuçlar, Türkiye'nin gelecekteki HEÜ değerlerinin, önerilen model ile kabul edilebilir bir doğrulukta tahmin edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Gri kurt optimizasyon algoritması, Hidroelektrik enerji üretimi, Enerji modellemesi, Türkiye

Prediction of Turkey's Hydroelectric Generation Using Grey Wolf Optimizer Algorithm

Abstract

The main purpose of this study is to develop a hybrid model consisting of grey wolf optimizer algorithm and regression functions to predict Turkey's future hydroelectric energy generation (HEG). Linear, exponential, hyperbolic and quadratic functions have been used as regression functions. Population, gross domestic product, installed power, energy consumption, gross electrical energy demand and average annual temperature data are selected as independent variables in the developed models. In order to test the accuracy of the developed models, the data have been divided into two groups as training and testing. The quadratic function optimized with the grey wolf optimizer algorithm has been determined as the best model since it has the smallest error values for both the training and the test set. Turkey's HEG projection was made until 2030 by using the best model. According to the obtained

projection, Turkey's HEG value is expected to be 137.68 TWh in 2030. The present results show that Turkey's future HEG values can be estimated with acceptable accuracy with the proposed model.

Keywords: Grey wolf optimizer algorithm, Hydroelectric energy generation, Energy modeling, Turkey

1.GİRİŞ

2016 yılında dünyadaki enerji tüketiminin %81'i (11.340 Mtoe) fosil yakıt kaynaklarından karşılanmıştır (GAZBİR, 2020). Fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olduğu ve enerji talebinin sürekli arttığı göz önüne alındığında enerji kullanımında fosil yakıt kaynaklarına bağımlılık sürdürülebilir değildir. Ayrıca, fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının neden olduğu çevresel zararlar konusunda da Dünyada artan bir farkındalık oluşmaya başlamıştır.

2018 yılında Türkiye'de elektrik üretiminin 37.2%'si kömürden, 30.3%'ü doğal gazdan % 19,7%'si hidroelektrikten, 6.5%'i rüzgardan, 2.5%'i güneş ve 2.5%'i jeotermal enerjiden elde edilmiştir (ETKB, 2020; TEİAŞ, 2020a). Hidroelektrik enerji yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde elektrik üretimine ne fazla katkı sunan enerji türüdür. Türkiye'de 2018 yılında 59,9 milyar kWh hidroelektrik enerji üretimi (HEÜ) gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin yıllık 160 milyar kWh üretim potansiyeline sahip olduğu göz önüne alındığında, HEÜ sürdürülebilir ve yerli enerji politikalarının geliştirilmesinde hayati bir rol oynayabilir (ETKB, 2020).

Türkiye'de HEÜ tahminleri Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından yapılmakta ve genellikle gerçek değerlerden oldukça yüksektir (Uzlu vd., 2014). Enerji güvenliği, alternatif enerji kaynakları ve iklim değişikliği ile ilgili politikaların geliştirilmesine rehberlik etmek için gerçekçi HEÜ projeksiyonlarına ihtiyaç vardır.

Türkiye'de enerji tüketiminin modellenmesine yönelik çok sayıda çalışma vardır. Ancak enerji üretimi ve özellikle yenilenebilir enerji üretimi ile ilgili modeller oldukça azdır. Aşağıda Türkiye'nin en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olan HEÜ ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalar sunulmuştur. Çınar vd. (2010) Türkiye'nin HEÜ'yü tahmin etmek için yapay sinir ağlarını (YSA) genetik algoritma (GA) ve geri yayılım (GY) algoritmaları ile eğitmişlerdir. GA ile eğitilen YSA modellerinin GY ile eğitilmiş YSA modellerinden daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır. Modellerinde, elektrik enerjisi tüketimi, birincil enerji tüketimi, kurulu güç, nüfus ve gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Geliştirdikleri YSA-GA modelini kullanarak 2007-2012 yılları için HEÜ tahminleri elde etmişlerdir. Uzlu vd. (2014) Türkiye'nin 2012-2021 yılları arasındaki HEÜ projeksiyonunu geliştirmek için GY ve yapay arı kolonisi algoritması (ABC) tarafından eğitilmiş YSA modelleri geliştirmişlerdir. YSA-ABC modeli YSA-GY modelinden daha iyi performans göstermiştir. Modelde girdi verileri olarak brüt elektrik enerjisi talebi (BEET), nüfus, enerji tüketimi ve ortalama yıllık sıcaklık (OYS) kullanılmıştır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin gelecekteki HEÜ değerlerini tahmin etmek için gri kurt optimizasyon algoritması (GWO) ve regresyon fonksiyonlarına dayalı hibrit bir model geliştirilmiştir. Modelde bağımsız değişken olarak GSYİH, nüfus, OYS, kurulu güç, BEET ve enerji tüketimi kullanılmıştır. Geliştirilen model ve önerilen iki senaryo kullanılarak Türkiye'nin 2019-2030 dönemi için HEÜ projeksiyonu gerçekleştirilmiştir.

2.MATERYAL VE METOT

2.1.Gri Kurt Optimizasyon Algoritması

GWO algoritması Mirjalili vd. (2014) tarafından 2014'te geliştirilmiştir. GWO algoritması, avlarını yakalamak için en uygun yolu arayan doğadaki gri kurtlardan esinlenmiştir. GWO'da kurtlar avlanma sürecinde üstlendikleri rollere göre (α) alfa, (β) beta, (δ) delta ve (ω) omega olarak adlandırılırlar (Mirjalili vd., 2014). Alfa adlı kurt sürünün lideridir ve sürüyü yönlendirir, önemli kararları alır. Beta alfanın yardımcısıdır ve sürü hiyerarşisinde alfadan sonra ikinci sırada gelir. Karar verme süreçlerinde ve sürü faaliyetlerinde alfaya yardımcı olur. Sürü hiyerarşisinde en düşük sırada yer alan kurt omegadır. Omegalar sürü içerisinde önemsiz gibi gözükselerde sürünün en önemli elemanlarından biridir. Omegaların olmaması durumunda sürüde şiddet ve karışıklıklar baş göstermektedir. Bir kurt alfa, beta

veya omega değilse, ona delta denir. Delta kurtları hiyerarşik sıralamada alfa ve beta kurtlarından sonra, omega kurtlarından ise önce gelirler.

GWO'da, alfa, beta ve deltanın her zaman şimdiye kadar elde edilen en iyi üç çözüm olduğu varsayılmaktadır. Optimizasyon problemlerinin küresel optimumu bilinmemektedir, bu nedenle alfa, beta ve deltanın optimum çözümün konumu hakkında iyi bir fikre sahip olduğu varsayılmıştır. Çünkü bunlar tüm popülasyondaki en iyi çözümlerdir. Bu nedenle, diğer kurtların pozisyonlarını α , β ve δ 'ya göre şu şekilde güncellemeleri gerekir Mirjalili (2015):

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot |\vec{C} \cdot \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t)| \quad (1)$$

Denklem 1'de, t mevcut iterasyonu gösterir. $\vec{X}(t)$ ve $\vec{X}(t+1)$ sırasıyla bir gri kurdun mevcut ve yeni konumunu gösterir. $\vec{X}_p(t)$ ise avın konumunu gösterir. \vec{A} ve \vec{C} katsayı vektörleridir (coefficient factor). \vec{A} ve \vec{C} vektörleri denklem 2 ve 3 aracılığı ile hesaplanır.

$$\vec{A} = 2 \cdot \vec{a} \cdot \vec{r}_1 - \vec{a} \quad (2)$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r}_2 \quad (3)$$

Denklem 2'de \vec{a} vektörünün bileşenleri optimizasyon sırasında 2'den sıfıra doğru lineer olarak azalır. \vec{r}_1 ve \vec{r}_2 ise $[0, 1]$ aralığında rastgele vektörlerdir. Bir gri kurt denklem 1'i kullanarak konumunu, avın etrafındaki rastgele bir yer olarak değiştirebilir Mirjalili vd. (2014).

GWO algoritması diğer sürü tabanlı algoritmalar gibi optimizasyona başlamadan önce bir başlangıç popülasyonu kullanır. Popülasyon içindeki kurtların av yerleri başlangıçta rastgele olarak belirlenir. GWO algoritmasının iliklendirilmesiyle birlikte alfa, beta ve delta çözüm uzayında konumları rastgele olarak belirlenen avlara doğru hamlelerini yaparlar. İliklendirme aşamasında rastgele olarak seçilen ilk av konumları optimum çözüm olamayacağından, bulunan çözümler avın kalitesine göre en iyiden en kötüye doğru sıralanır. İlk üç en iyi çözüm sırasıyla α , β ve δ olarak kabul edilir. Daha sonra, popülasyondaki diğer kurtlar ω olarak kabul edilir ve α , β ve δ 'ya göre yeniden konumlandırılır (Mirjalili vd., 2014; Mirjalili, 2015). ω kurtlarının konumu α , β ve δ 'ya göre denklem 7 kullanılarak güncellenir.

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \cdot |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\alpha - \vec{X}| \quad (4)$$

$$\vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \cdot |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\beta - \vec{X}| \quad (5)$$

$$\vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \cdot |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\delta - \vec{X}| \quad (6)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (7)$$

yukarıda $\vec{A}_1, \vec{A}_2, \vec{A}_3, \vec{C}_1, \vec{C}_2,$ ve \vec{C}_3 rastgele vektörlerdir, t ise iterasyon sayısını gösterir. $\vec{X}_\alpha, \vec{X}_\beta$ ve \vec{X}_δ sırasıyla alfa, beta ve deltanın konumunu gösterir. \vec{X} mevcut çözümün konumunu $\vec{X}(t+1)$ ise mevcut çözümün yeni konumu temsil eder (Mirjalili vd., 2014; Mirjalili, 2015).

\vec{A} ve \vec{C} vektörleri algoritma içerisindeki kurtların, doğadaki gerçek kurtların davranışlarını en iyi şekilde taklit etmelerini sağlamaktadır. Doğadaki kurtlar avları hızla hareket ederken onlara saldırmazlar. Ya başka avlara yönelirler yada avları yeterince yavaşladıktan sonra harekete geçerler (Muro vd., 2011). GWO algoritmasındaki kurtların doğadaki gerçek kurtların bu davranış biçimini taklit etmesi \vec{A} katsayı vektörü ile sağlanmıştır. $|\vec{A}| < 1$ olması kurtları avlarına saldırmaya yani bu çözümün komşuluğunda yeni çözümler bulmaya zorlarken, bu değer 1'den büyük olması ise kurdu başka avlara yani daha iyi bir çözüme yönelmeye iter. \vec{A} vektörü GWO algoritmasının çözüm uzayının her noktasında arama yapmasına imkan sağlar.

\vec{C} katsayı faktörü ise \vec{A} vektörünün aksine doğrusal olarak değişmez ve $[0, 2]$ arasında rastgele değerler alır. Bu sayede \vec{C} vektörü yerel bir minimuma takılma yada ezberleme gibi bir problemle karşılaşıldığında, rastgele değerler sağlayarak yeni avlar bulunmasını sağlar ($|\vec{C}| > 1$). Tıpkı doğadaki kurtların avlanırken üstesinden gelemeyecekleri zorluklarla karşılaştıklarında kendilerine tehlikeye atmamak ve enerjilerini boşa harcamamak için yeni avlara yönelmesi gibi.

2.2. Hidroelektrik Enerji Üretimi Tahmin Modelinin Oluşturulması

HEÜ tahmin modelinin geliştirilmesi için GWO algoritması dört farklı regresyon fonksiyonuna uygulanmıştır. Modellemede kullanılan regresyon fonksiyonları doğrusal (DF), hiperbolik (HF), eksponansiyel (EF) ve ikinci dereceden (İF) fonksiyondur. DF, HF, EF ve İF'nin genel formları literatürde sıklıkla kullanıldığından tekrara düşmemek için burada sunulmamıştır. Denklem 8'de eşitliği verilen ortalama karesel hata (OKH) modellerin geliştirilmesi sırasında amaç fonksiyonu olarak kullanılmıştır. GWO algoritmasının görevi modellerin eğitimi sırasında en küçük amaç fonksiyonu değerini veren regresyon fonksiyonu katsayılarını bulmaktır.

$$OKH = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_k - o_k)^2 \quad (8)$$

Denklem 8'de o_k modelin tahmin ettiği HEÜ değerini, y_k ise gerçekleşen HEÜ değerini göstermektedir. n veri sayısını temsil etmektedir. Geliştirilen modellerin doğruluğunu test etmek için ortalama karesel hataların karekökü (OKHK), ortalama mutlak hata (OMH) ve ortalama rölatif hata (ort. RH) gibi farklı hata kriterleri kullanılmıştır. OKHK, OMH ve ort. RH değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir.

$$ort. RH = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{y_k - o_k}{y_k} \right)}{n} \times 100 \quad (9)$$

$$OKHK = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_k - o_k)^2 \right]^{1/2} \quad (10)$$

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |(y_k - o_k)| \quad (11)$$

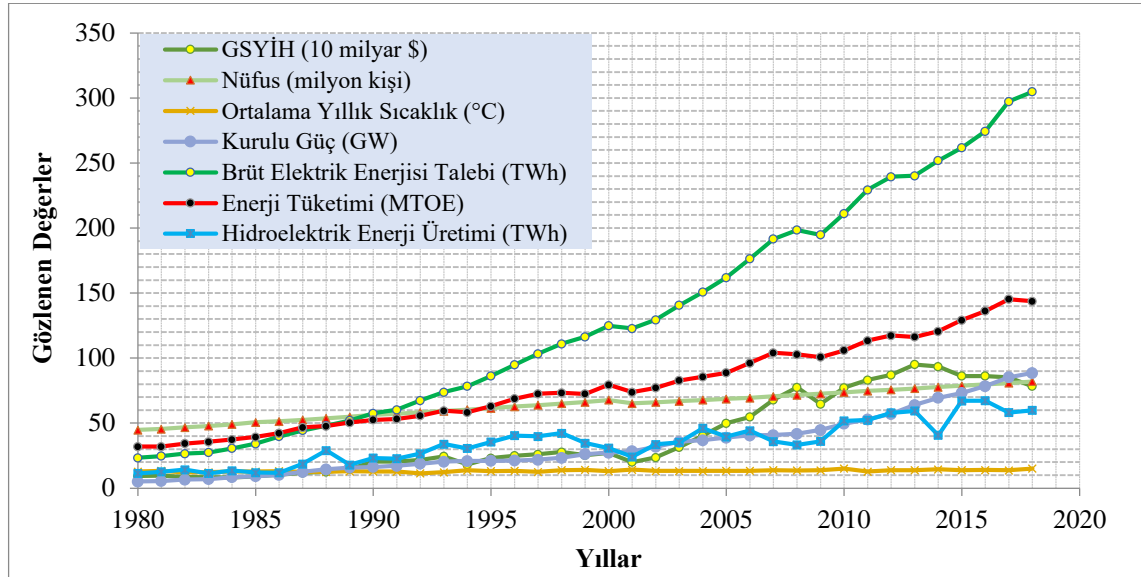
GWO algoritmasının kontrol parametreleri olan maksimum iterasyon sayısı ve popülasyon hacmi, öncü çalışmalardan edinilen tecrübelerle dayalı olarak sırasıyla 10000 ve 100 olarak ayarlanmıştır. Amaç

fonksiyonun hedef değeri 8×10^{-8} 'dir. Regresyon fonksiyonlarının katsayıları $[-1, 1]$ aralığında optimize edilmiştir. Her bir regresyon fonksiyonu için 20 farklı koşma yapılmıştır.

2.3.Kullanılan Veriler

Türkiye'nin HEÜ değerlerini tahmin etmek için bağımsız değişkenler olarak GSYİH, nüfus, OYS, kurulu güç, BEET ve enerji tüketimi verileri kullanılmıştır. Veri setleri 1980–2018 dönemini kapsamaktadır. Veriler, modeli geliştirmek için kullanılan eğitim seti ve geliştirilen modelin doğruluğunu belirlemek için kullanılan test seti olmak üzere ikiye bölünmüştür. Eğitim seti 1980–2010 yıllarına ait verilerden ve test seti 2011–2018 yıllarına ait verilerden oluşmaktadır. Her bağımsız değişken için farklı kaynaklardan toplanan veriler Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1. Bağımlı ve Bağımsız Değişkenlerin Yıllar İtibariyle Değişimi



GSYİH, nüfus ve OYS verileri sırasıyla Türkiye Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB, 2020), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2020) ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM, 2020) alınmıştır. Kurulu güç, BEET ve HEÜ verileri TEİAŞ'tan (TEİAŞ, 2020b) elde edilmiştir. Enerji tüketim verileri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında (ETKB, 2020) alınmıştır. Optimizasyon sürecini kısaltmak ve modelinin geliştirilmesini kolaylaştırmak için tüm veriler $[0.1, 0.9]$ aralığına indirgenmiştir.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

GWO algoritması, dört farklı regresyon fonksiyonuna (İF, EF, DF ve EF) uygulanarak Türkiye için hibrit HEÜ tahmin modelleri geliştirilmiştir. GSYİH, nüfus, OYS, kurulu güç, BEET ve enerji tüketimi verileri modellerin giriş verileridir. HEÜ ise modelin tahmin ettiği değer yani çıkış verisidir. Her bir fonksiyon için elde edilen en iyi modeller aşağıdaki gibidir.

$$y_{DF} = -0.0235 + 0.0097x_1 + 0.6783x_2 + 0.1826x_3 + 0.158x_4 + 0.3617x_5 + 0.4154x_6 \quad (12)$$

$$y_{HF} = x_1^{0.0009} x_2^{0.8243} x_3^{0.1326} x_4^{0.1058} x_5^{-0.0843} x_6^{-0.25} \quad (13)$$

$$y_{EF} = -0.71 + \exp(-0.3109 - 0.0731x_1 + 0.7583x_2 + 0.2355x_3 - 0.0282x_4 + 0.5666x_5 + 0.7345x_6) \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
y_{IF} = & -0.06 + 0.6940x_1 + 0.4442x_2 - 0.3324x_3 + 0.6693x_4 - x_5 - 0.2512x_6 \\
& - 0.0685x_1x_2 + 0.3438x_1x_3 + 0.1463x_1x_4 + 0.7457x_1x_5 + 0.0974x_1x_6 \\
& + 0.2632x_2x_3 + 0.0863x_2x_4 - 0.8378x_2x_5 - 0.0847x_2x_6 \\
& - 0.1032x_3x_4 - 0.1216x_3x_5 - 0.14x_3x_6 - 0.1584x_4x_5 - 1769x_4x_6 - 0.1953x_5x_6 \\
& - 0.2137x_1^2 - 0.2322x_2^2 - 0.2506x_3^2 - 0.2690x_4^2 - 0.2874x_5^2 - 0.3059wx_6^2
\end{aligned} \tag{15}$$

Her bir fonksiyon için eğitim seti verileri kullanılarak elde edilen en küçük yakınsama değerleri Tablo 1’de sunulmuştur. Tablo 1’deki verilere göre en iyi yakınsama (en küçük OKH değeri) değeri İF’den elde edilmiştir.

Tablo 1. Eğitim Seti Hata Değerleri

	OKH ((TWh) ²)
İF	19.7802
EF	23.3244
DF	26.2152
HF	36.4914

Tablo 1’de sunulan OKH değerleri geliştirilen modellerin eğitim seti için hesaplanan hata değerleridir. Modellerin eğitim performansları yüksek olmasına rağmen, algoritma sınırlamaları nedeniyle (örneğin yerel bir çözüme takılıp kalma ve ezberleme) tahmin güçleri düşük olabilmektedir. Bu nedenle, geliştirilen modelin tahmin gücüne karar verebilmek için test seti hata değerleri de dikkate alınmalıdır. Test seti hata değerleri Tablo 2’de sunulmuştur. Tablo 1 ve Tablo 2’deki değerlere göre en iyi model hem eğitim hem de test seti için en küçük hata değerlerine sahip olan İF’dir.

Tablo 2. Test Seti İçin Hesaplanan Hata Değerleri

	Ort. RH (%)	OKHK (TWh)	OMH (TWh)
İF	3.868	11.606	8.510
EF	5.654	16.963	12.439
DF	6.004	18.014	13.209
HF	6.355	19.065	13.981

Uzlu vd. (2014) ve Çınar vd. (2010) tarafından Türkiye için geliştirilen HEÜ tahmin modellerinin test setleri için ort. RH değerleri sırasıyla 4.60% ve 5.76%’dir. Bu değerler, bu çalışmada önerilen modelin hata değerlerinden daha büyüktür. Bu durum önerilen modelin doğruluğunun kabul edilebilir bir seviyede olduğunu teyit etmektedir.

Türkiye’nin HEÜ değerleri, önerilen model ve senaryo kullanılarak 2019–2030 yılları için tahmin edilmiş ve Tablo 3’te sunulmuştur. Senaryoda kullanılan nüfus verileri Türkiye İstatistik Kurumu nüfus projeksiyonundan (TÜİK, 2020) alınmıştır. Kurulu kapasite ve BEET değerleri, TEİAŞ’ın 10 yıllık talep tahmin raporundan (TEİAŞ, 2020c) temin edilmiştir. Enerji tüketim verileri Tefek vd., (2019) çalışmasından alınmıştır. GSYİH için 6.82%’lik büyüme oranı kullanılmıştır. OYS değerleri ise regresyon analizi ile elde edilmiştir. Önerilen model ve senaryoya göre Türkiye’nin 2030 yılındaki HEÜ değerinin 137.68 TWh olması beklenmektedir

Tablo 3. 2019-2030 Dönemi için Türkiye HEÜ projeksiyonu

Yıllar	HEÜ (TWh)	Yıllar	HEÜ (TWh)	Yıllar	HEÜ (TWh)	Yıllar	HEÜ (TWh)
2019	80.832	2022	91.47	2025	106.908	2028	129.108
2020	84.072	2023	95.85	2026	114.168	2029	134.232
2021	87.588	2024	100.92	2027	121.968	2030	137.682

4.SONUÇ

HEÜ değerlerinin tahmini, enerji politikalarının geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, Türkiye'nin HEÜ değerleri, regresyon fonksiyonları ve GWO algoritmasından oluşan hibrit bir modele dayalı olarak 2019-2030 dönemi için tahmin edilmiştir. Ort. RH, OKHK ve OMH gibi hata kriterlerine göre modelin doğruluğu kabul edilebilir seviyededir. Geliştirilen model ve senaryoya göre Türkiye'nin 2030 yılındaki HEÜ değerinin 137.68 TWh olması beklenmektedir. Bu sonuçlar, Türkiye'nin yenilenebilir enerji hedeflerinin gerisinde olduğunu ve enerji politikalarını revize etmesi gerektiğini göstermektedir.

Kaynakça

1. Cinar, D., Kayakutlu, G., ve Daim, T. (2010). "Development of future energy scenarios with intelligent algorithms: case of hydro in Turkey", Energy, 2010, 35:1724–1729.
2. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2020). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik-en>, 19.03.2021.
3. Muro, C., Escobedo, R., Spector, L., ve Coppinger, R.P. (2011). "Wolf-pack (Canis lupus) hunting strategies emerge from simple rules in computational simulations", Behavioural Processes, 2011, 88: 192–197.
4. Mirjalili, S., Mirjalili, S.M., ve Lewis, A. (2014). "Grey wolf optimizer", Advances in Engineering Software, 2014, 69:46-61.
5. Mirjalili, S. (2015). "How effective is the grey wolf optimizer in training multi-layer perceptrons", Applied Intelligence, 2015, 43:150–161.
6. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2020). Türkiye'nin meteorolojik parametrelerinin istatistiksel analizi, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/yayinlar/parametre-analiz.pdf>, 19.03.2021.
7. Tefek, M.F., Uğuz, H., ve Güçyetmez M. (2019). "A new hybrid gravitational search–teaching–learning-based optimization method for energy demand estimation of Turkey", Neural Computing and Applications, 2019, 31:2939–2954.
8. Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği (GAZBİR). (2020). Türkiyede ve Dünyada Enerji Görünümü <https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Dunya-ve-Turkiye-Enerji-Gorunumu.pdf>
9. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ). (2020a). <https://www.teias.gov.tr/en-US>, 19.03.2021.
10. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ). (2020b). Türkiye brüt elektrik enerjisi talebi <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, 19.03.2021.
11. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ). (2020c). 10 yıllık talep tahmin raporu. <https://www.teias.gov.tr>, 19.03.2021.
12. Türkiye Cumhuriyeti Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) (2020). <http://www.sbb.gov.tr/ekonomik-ve-sosyal-gostergeler/#1540021349004-1497d2c6-7edf>
13. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2020). Temel istatistikler, Nüfus ve Demografi, Nüfus istatistikleri <http://www.turkstat.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, 19.03.2021.
14. Uzlu, E., Akpınar, A., Öztürk, H.T. Nacar, S. ve Kankal M. (2014). "Estimates of hydroelectric generation using neural networks with artificial bee colony algorithm for Turkey", Energy, 2014, 69:638-647.

Presentation ID / Sunum No= 16

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-7564-9777

Sodyum Aljinat/Grafen Nanoplatelet Nanokompozit Membranların Hazırlanması ve Karakterizasyonu

Dr. Öğr. Üyesi Gülşen TAŞKIN ÇAKICI¹, Dr. Öğr. Üyesi Gökhan GÜVEN BATIR²

*^{1,2} Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Yıldızeli Meslek Yüksekokulu
gtaskin@cumhuriyet.edu.tr*

Özet

Sodyum aljinat (NaAlg), hidrofiliklik özelliği, biyobozunabilir ve toksik olmaması gibi özelliklerinden dolayı çok fazla tercih edilen bir polimerdir. Grafen nanoplateletler diğer geleneksel nano takviye malzemelerine göre düşük kütle yoğunluğuna, üstün elektriksel, ısıl ve mekanik özelliklere sahiptir. Bu çalışmada sodyum aljinat/grafen nanoplatelet (NaAlg/GNP) nanokompozit membranları hazırlanmış ve membranların geçirgenlik özelliklerini belirlemek için rodamin- b'nin (RB) sulu çözeltileri kullanılmıştır. Hazırlanan nanokompozit membranların şişme yüzdesi, su buhar geçirgenliği ve RB geçirgenlik özellikleri incelenmiştir. Nanokompozit membranlar FTIR ve SEM ile karakterize edilmiştir. En fazla şişme yüzdesi ve RB geçirgenliği sırasıyla %5 GNP ve %3 GNP ilaveli membranlarda elde edilmiştir. Bu çalışma, grafen bazlı malzemelerden çevre dostu ve uygun maliyetli membranlar üretme konusunda umut vericidir.

Anahtar Kelimeler: Grafen nanoplatelet; sodyum aljinat; rhodamine -B, nano kompozit membran

Preparation and Characterization of Sodium Alginate/Graphene Nanoplatelet Nanocomposite Membranes

Abstract

Sodium alginate (NaAlg) is a highly preferred polymer due to its hydrophilicity, biodegradability and non-toxicity. Graphene nanoplatelets have low bulk density, superior electrical, thermal and mechanical properties compared to other conventional nano reinforcement materials. In this study, sodium alginate/graphene nanoplatelet (NaAlg/GNP) nanocomposite membranes were prepared and aqueous solutions of rhodamine-b (RB) was used to determine the permeation characteristics of the membranes. Swelling percentage, water vapor permeability and RB permeability properties of the prepared nanocomposite membranes were investigated. Nanocomposite membranes were characterized by FTIR and SEM. The highest percentage of swelling and RB permeability were obtained in

membranes with 5% GNP and 3% GNP, respectively. This work is promising in producing environmentally friendly and cost-effective membranes from graphene-based materials.

Keywords: Graphene Nanoplatelet; Sodium Alginate; Rhodamine -B, Nanocomposite Membrane

1.GİRİŞ

Nanoteknoloji, tüm teknik disiplinlerin araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde popüler çalışma alanıdır. Son yıllarda çeşitli uygulama alanlarında (biyomedikal, membran ayırma prosesleri, farmasötik, gıda endüstrisi...vb) nanoteknolojinin önemi daha da artmıştır. Bu bağlamda, grafen ve grafen esaslı yeni polimer nanokompozit sınıfının keşfedilmesi, nanobilim ve nanoteknoloji alanlarına oldukça önemli katkılar sağlamaktadır (Das ve Prusty, 2013).

Biyopolimerlerin biyolojik olarak parçalanabilmesi çevre kirliliğine etkisini azaltan bir özelliktir (Heredia-Guerrero vd., 2017). İyi film oluşturma yeteneğine sahip biyopolimer sodyum aljinat (NaAlg), ilaç salımı, hücre kapsülleme sistemleri, doku ve organ rejenerasyonu, gıda endüstrisi, gıda paketleme, membran ayırma yöntemleri gibi çeşitli uygulama alanlarında tercih edilmektedir (Mozaffari vd., 2021; Rasmussen vd., 2003; Reyes vd., 2006). NaAlg; doğal ve yenilenebilir özellikte, kimyasal kararlılığı iyi, geniş yüzey alanı, yüksek su tutma kabiliyetine sahip bir polimerdir. Buna rağmen düşük mekanik ve termal özellikler gibi dezavantajları da vardır. Bu biyopolimer bazlı nanokompozitlerin mekanik performanslarını daha da iyileştirmek ve dezavantajları ortadan kaldırmak için, çoklu tek boyutlu (1D) fiberler (örn., karbon fiberler,(Mar, ve Ángel, 2018) karbon nanotüpler (Sa ve Kornev, 2011)), iki boyutlu (2D) nanotabakalar (örn., kil (Wu vd., 2012), alümina (Chen vd., 2019), grafen (Potts vd., 2011), ve grafen oksit (GO)(Ionita vd., 2013)), yüksek performanslı takviye edici nano maddeler kullanılmaktadır. Kim ve ark. (2010) biyobozunur nanokompozit polimerlerin mekanik ve termal özelliklerinin grafen nanoparçacıkları kullanılarak iyileştirildiğini bildirmiştir. Yun ve ark. (2016) nanokompozit bir film hazırlamak için kitosan, poli(vinilalkol) (PVA) ve TiO₂ nanoparçacıklarını kullanmış ve bunların mekanik ve termal özellikler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Işık ve ark. (2019) ticari olarak elde edilen ZnO ve TiO₂ nanoparçacıklarını kalsiyum aljinat taneciklerine hapsederek, Reactive Red 180'in rengini gidermek için adsorpsiyon ve fotokimyasal deneyler gerçekleştirmiştir. Grafen bazlı nanokompozitler gelişmiş malzemeler alanında önemli rol oynar (Das ve Prusty, 2013). GNP'lerin üstün mekanik özellikleri, yeni nesil polimerik malzemelerin geliştirilmesine yol açmıştır (Hu vd., 2016). GNP'ler diğer nano malzemelere göre düşük yoğunlukta, iyi ısı, elektriksel ve mekanik özelliklere sahip bir nano malzemedir.

Bu çalışmada çözücü buharlaştırma yöntemi ile basit ve düşük maliyetli, doğa dostu “yeşil” nanokompozit NaAlg/GNP membranlar hazırlanmıştır. Hazırlanan membranlar FTIR ve SEM ile karakterize edilmiştir. Membranların hidrofilitliğini ve su emme eğilimini belirlemek için şişme ve su buhar geçirgenlikleri çalışmaları yapılmıştır. Basit difüzyon hücresi ile rodamin-b (RB) boyar maddesi kullanılarak geçirgenlik özellikleri kıyaslanmıştır. NaAlg/GNP nanokompozit membranlar, tıbbi, biyomedikal, membran ayırma prosesleri ve gıda endüstrisi gibi çeşitli uygulama alanlarına alternatif sağlayacak bir yeniliktir.

2.MATERYAL VE METOD

2.1. Kimyasallar

Sodyum aljinat (NaAlg) polimeri Sigma marka (orta viskozite), grafen nanoplatelet (%99,5 saflıkta 6 nm boyutta) Nanografî Nanoteknoloji'den ticari olarak temin edildi. Merck firmasına ait rodamin-b (RB) geçirgenlik özelliklerinde, CaCl₂ ise çapraz bağlama işleminde kullanıldı. Plastikleştirici olarak EVYAP (Cas No:56-81-5) marka gliserin kullanıldı.

2.2. Membran Formülasyonu

Sabit oranda gliserin ilaveli polimer / nanoplatelet (NaAlg/GNP) karışımından belirli hacimlerde alınarak petri kaplarına dökümü sonrasında 40°C'de kurutuldu. Membranlar CaCl₂ çapraz bağlayıcı çözeltisi ile çapraz bağlanarak hazırlandı.

2.3. Membranların Karakterizasyonunda Kullanılan Yöntemler

2.3.1. Membranların FTIR Analizleri

NaAlg ve NaAlg/GNP membranları infrared spektrumları, Bruker Mode: Tensor II FTIR spektrofotometresi kullanılarak elde edildi.

2.3.2. Membranların SEM Analizleri

Membran örneklerinin gözenek boyutu ve dağılımını incelemek amacıyla, JEOL JSM 6060 LV-USA marka taramalı elektron mikroskobu kullanıldı.

2.4. Hazırlanmış Membranların Şişme Yüzdelerinin Belirlenmesi

Çapraz bağlı membranların su emme eğilimlerini belirlemek için sudaki şişme değerleri incelenmiştir. Membranlar 24 saat oda sıcaklığında suya daldırıldı. Etüvde kurutulup sabit tartıma getirilen membranların şişme yüzdeleri (%SD) denklem (1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$SD\% = \frac{M_{islak} - M_{kuru}}{M_{kuru}} \times 100 \quad (1)$$

2.5. Su Buharı Geçirgenliği

Hazırlanan membranların su buharı geçirgenlikleri için 2 cm çapa sahip 100 mL'lik cam şişeler 75 mL saf su ile dolduruldu. Her test membranı şişeye sıkıca yapıştırıldı ve standart sıcaklıkta (25 °C) ayarlanmış inkübörde saklandı. 24 saat sonra cam şişenin ağırlık kaybı, bir analitik terazi (Weightlab Instruments, WSA-224T) kullanılarak kaydedildi. Su Buhar Geçirgenliği (SBG), Eşitlik 2 ile hesaplandı. Eşitlikte m (g) test şişelerinin ağırlık kaybı, A (cm²) membranın maruz kalan yüzey alanı ve t (24 saat) süre şeklindedir (Anirudhan vd., 2018).

$$SBG = \frac{m}{A \times t} \quad (2)$$

2.6. Geçirgenlik Çalışması

RB (50 ppm) sulu çözeltisi için iki bölmeli dikey difüzyon hücresi kullanılarak sabit sıcaklıkta (25°C) damıtılmış suya karşı geçirgenlik çalışmaları yapıldı. Hazırlanan membranlar difüzyon hücresine yerleştirildi. Belirli zaman aralıklarında örnekleme 1 mL numune alınarak, örnekleme hacmine eşit hacimde (1 mL) su örnekleme ortamına ilave edildi. Alınan örneklerin analizleri 553 nm dalga boyunda spektrofotometrik (Thermoscientific, Genesys 150- UV visible spektrofotometre) yöntem kullanılarak yapıldı.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Nanokompozit Membranların Hazırlanması

İlk aşamada farklı NaAlg kütlelerine sahip membranlar, kuru polimer miktarının %5'i oranında GNP ilavesi ile hazırlanan sulu çözeltilerden hazırlandı. 15 dk sonikasyon işlemi sonrasında, çözeltiden belirli hacimlerde alınarak petri kaplarına döküm yapıldı. 40°C sıcaklıkta 24 saat süre ile tam kuruluğa kadar membranlar kurutulup, CaCl₂ çözeltisinde 1 saat süre ile çapraz bağlandı.

İkinci aşamada NaAlg/GNP membranları, sabit polimer miktarında, kuru polimer kütlelerinin %1, %3 ve %5 oranlarında GNP ilaveli çözeltisi hazırlandı. 15 dk sonikasyon işlemi sonrası çözeltiden belirli hacimlerde petri kaplarına dökümü yapıldı ve 40°C sıcaklıkta 24 saat tam kuruluğa getirildi. CaCl₂ çözeltisine 1 saat süre daldırılan membranların çapraz bağlanması gerçekleştirildi.

Hazırlanan membranların bileşimleri ve isimleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo1. İncelenen Membranların Bileşimi

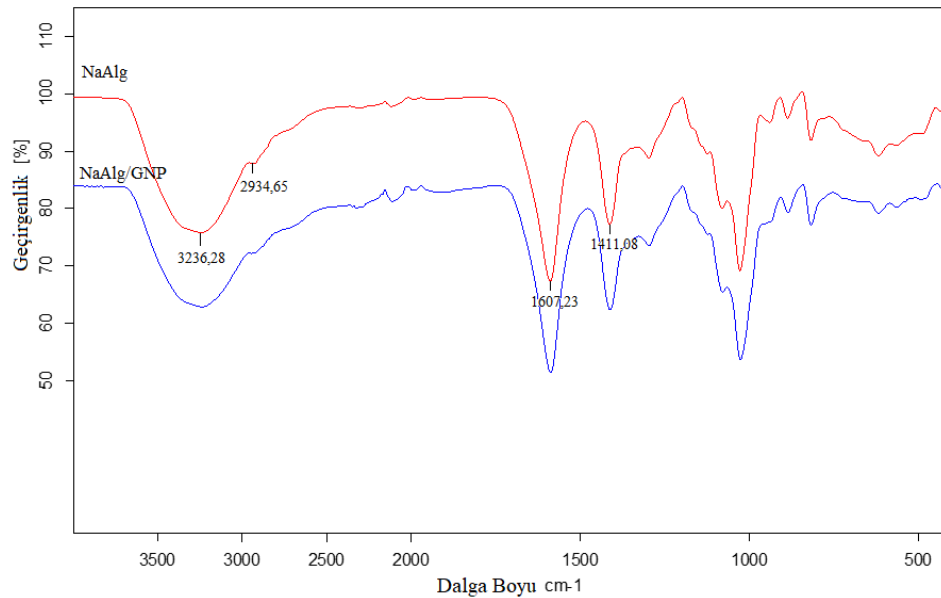
Membran	NaAlg (g)	% GNP	Gliserin (g)	Membran Kalınlığı (µm)
NaAlg-1-GNP-5	1	5	1,5	55
NaAlg-1,5-GNP-5	1,5	5	1,5	20
NaAlg-2-GNP-5	2	5	1,5	55
NaAlg-2-GNP-1	2	1	1,5	55
NaAlg-2-GNP-3	2	3	1,5	30
NaAlg-2-GNP-5	2	5	1,5	55

3.2. Membran Karakterizasyonu

3.2.1. FTIR Analizi

Şekil 1 NaAlg ve NaAlg/GNP membranlarının spektrumlarını göstermektedir. NaAlg'a kıyasla NaAlg/GNP'de gözlemlenen tepe konumlarında önemli bir değişiklik olmaması, grafen nanoplateletlerin dahil edilmesinin NaAlg kimyasal yapılarında herhangi bir değişiklikte sonuçlanmadığını göstermektedir. GNP'lerde görünür bir tepe gözlemlenmediği literatürde de ifade edilmektedir (Geng vd., 2009; Patole vd., 2010).

NaAlg membranının spektrumunda, $3236,28 \text{ cm}^{-1}$ geniş bandın $-\text{OH}$ gerilmesine, $2934,65 \text{ cm}^{-1}$ bandın ise alifatik C-H gerilmesine ait olduğu görülmektedir. $1607,23$ ve $1411,80 \text{ cm}^{-1}$ 'deki bantların COO^- (asimetrik) ve COO^- (simetrik) gerilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Yadava vd., 2014). Patole ve arkadaşları su bazlı yerinde mikroemülsiyon polimerizasyonu ile polistiren (PS) nanoparçacık işlevli grafen levhalar için büyük ölçekli nanokompozit üretimi çalışmalarında, bozulmamış polistirenin nanoparçacıklarının, grafen polimerizasyonu sonrasında elde edilen grafen/PS nanoparçacık kompozitinin tepe konumlarında önemli bir değişiklik olmadığını ifade etmişlerdir (Patole vd., 2010). Mahmoudian ve arkadaşları rejenere selüloz (RC)/grafen nanoplatelet (GNP'ler) nanokompozitlerinin FTIR spektrumlarında, RC'ye GNP'lerin eklenmesinin kimyasal yapısında gözle görülür bir değişiklik olmadığını belirtmişlerdir (Mahmoudian vd., 2012).

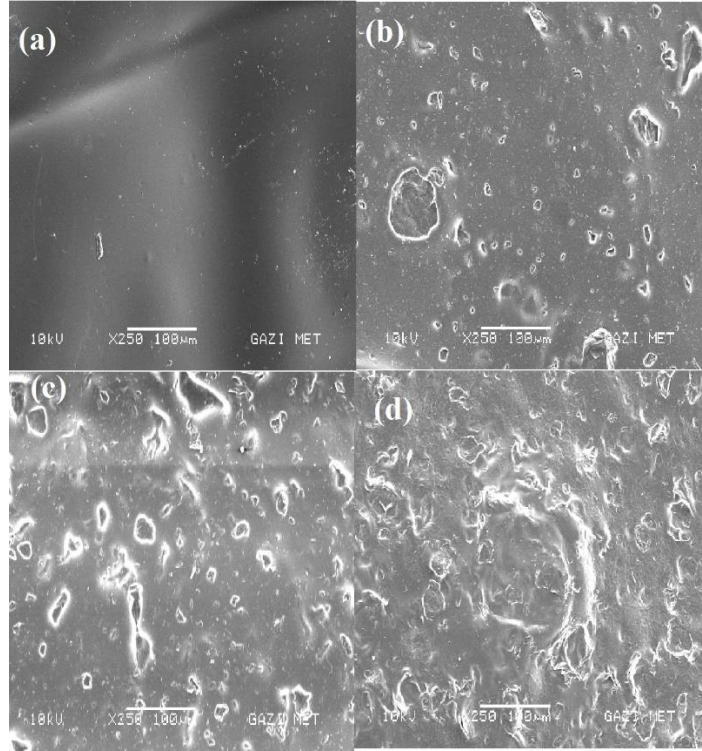
Şekil 1. NaAlg ve NaAlg/GNP Nanokompozit Membranların FTIR Spektrumları


3.2.2. SEM Analizi

NaAlg, NaAlg-2-GNP-1, NaAlg-2-GNP-3, NaAlg-2-GNP-5 nanokompozit membranlarını SEM mikrografları sırasıyla Şekil 2a-d' de gösterilmektedir. Kompozit bir membranın morfolojisini etkileyen iki önemli faktör vardır: farklı fazların uyumluluğu ve hazırlama koşulları. Özellikle inorganik materyallerin ve polimerlerin yüzeyi arasında bir yapışma sorunu meydana gelebilir. Bu sorun arayüzey boşluklarına neden olabilir. Bu sorun, buharlaşma periyodu sırasında gerilme oluştuğundan, çözelti

döküm yöntemiyle hazırlanan membranlarda sıklıkla görülür (Ugur Nigiz, 2020). NaAlg membranının SEM görüntüsünde (Şekil 2a), homojen ve pürüzsüz bir morfolojiyi gözlemlendi. Şekil 2b-d, Tablo 1'de verildiği gibi çeşitli miktarlarda GNP kullanılarak hazırlanan yüzey membranların SEM mikrograflarını göstermektedir. Görüntülerdeki beyaz bölümler, GNP'nin varlığını ifade etmektedir. GNP'lerin yüksek konsantrasyonunda, nanopartiküllerin kolayca aglomere olduğu (Şekil 2(d)) ve homojen olmayan bir yüzey oluştuğu görülmektedir. Bu, çözücünün buharlaşması sırasında meydana gelmesine atfedilebilir (Ebrahimzadeh vd., 2016). GNP içeriği ile kırılma yüzeylerinin pürüzlülüğünün arttığı gözlemlenmiştir (Ashori, 2014; Prolongo vd., 2014). Grafen nanoplateletler, iki boyutlu yapısının kırılma mekanizmasında etkili olduğu söylenebilir (Prolongo vd., 2014).

Şekil 2. (a) NaAlg, (b) NaAlg-2-GNP-1, (c) NaAlg-2-GNP-3, (d) NaAlg-2-GNP-5 Membranların SEM Mikrografları



3.3. Membranların Şişme Yüzdeleri

NaAlg ve farklı oranlarda GNP içeren NaAlg/GNP nanokompozit membranların şişme yüzdeleri Eşitlik 1 kullanılarak hesaplandı. Tablo 2'de farklı polimer miktarına karşılık hazırlanan membranların şişme yüzdeleri verildi.

Tablo 2. Farklı Polimer Miktarına Sahip Membranların % Şişme Değerleri

Membran	Çapraz Bağlayıcı	Çapraz Bağlama Süresi (saat)	%Şişme
NaAlg-2	CaCl ₂	1	148,78±2,03
NaAlg-1-GNP-5	CaCl ₂	1	145,63±1,02
NaAlg-1,5-GNP-5	CaCl ₂	1	133,01±2,54
NaAlg-2-GNP-5	CaCl ₂	1	130,60±1,98

Tablo 2'de artan polimer oranı ile %şişme değerinin azaldığı görülmüştür. Literatürde benzer sonuçlar mevcuttur (Zhang vd., 2014). Polimerlerin su emme davranışları, polimerik ağdaki serbest hacim ve çapraz bağlanma derecesi, morfolojisi, penetran ve membranın kimyasal afinitesi olmak üzere birçok faktörden etkilenmektedir (Starkova vd., 2013). Artan NaAlg miktarı ile viskozitenin artması, dolayısıyla polimer zincirlerinin hareketlerinde azalma ile şişme değerlerinde azalmanın gerçekleşmesine atfedilebilir (Pourjavadi, 2006).

Tablo 3. Farklı GNP Miktarına Sahip Membranların % Şişme Değerleri

Membran	Çapraz Bağlayıcı	Çapraz Bağlama Süresi (saat)	%Şişme (m/m)
NaAlg-2-GNP-1	CaCl ₂	1	131,21±1,08
NaAlg-2-GNP-3	CaCl ₂	1	115,90±2,85
NaAlg-2-GNP-5	CaCl ₂	1	130,60±1,52

Tablo 3’de polimer miktarı sabit tutulup GNP miktarının değiştirilmesi ile hazırlanan membranların şişme yüzdeleri verildi. Nanoplateletlerin su alım seviyesi üzerindeki etkisi farklı olabilir: neredeyse değişmeden kalma, saf polimerinkinden daha düşük veya ara yüzey etkisine bağlı olarak artan (Glaskova ve Aniskevich, 2009). Zayıf veya var olmayan bağlanma durumunda, nanokompozitlerde hapsolmalar, polimer ve nanopartiküller arasındaki ara yüz bölgesinde su moleküllerinin göçü için ayrıcalıklı bir yol haline gelir. Güçlü bağlanma durumunda, yüksek özgül alana sahip nanopartiküller, partikül çevreleyen polimer zincirinin moleküler dinamiklerini kısıtlayarak polimer zincirlerinin gevşemesini geciktirir. Nanoplateletlerin eklenmesiyle şişme yüzdesinde ki azalma NaAlg polimerinin engellenmiş moleküllerarası hareketleriyle açıklanabilir.

3.4. Membranların Su Buharı Geçirgenliği

Hazırlanan membranların su buharı geçirgenlikleri Bölüm 2.5’de anlatıldığı gibi belirlendi. Sonuçlar Tablo 4’de verildi.

Tablo 4. Hazırlanan Membranların Su Buharı Geçirgenliği

Membran	SBG (g/cm ² x saat)
NaAlg	0,152
NaAlg-1-GNP-5	0,140
NaAlg-1,5-GNP-5	0,145
NaAlg-2-GNP-5	0,150
NaAlg-2-GNP-1	0,134
NaAlg-2-GNP-3	0,076
NaAlg-2-GNP-5	0,150

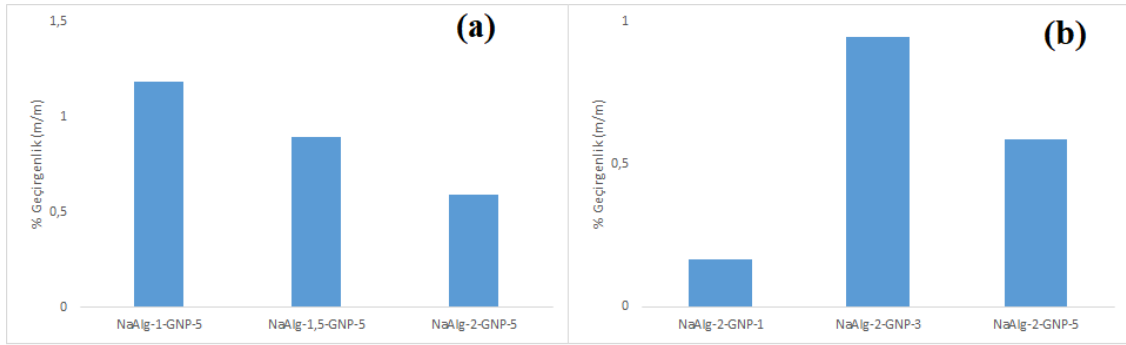
Su buharı geçirgenliği membranların neme karşı dayanıklılığını ifade etmektedir. Düşük SBG, nemli ortamda kompozit membranların dayanımının artışının bir ölçüsüdür (Ashori, 2014). Tablo 4’deki verilerin, Tablo 3’deki şişme değerleri ile tutarlı olduğu görülmektedir. Tablo 4’de GNP ilavesi ile SBG’nin azaldığı gözlemlendi. Bu durum; GNP’nin polimer matrisindeki su buhar geçirgenliğini engelleyen hidrofobik ve su itici doğasından kaynaklı olmasına atfedilebilir (Sheshmani vd., 2013).

GNP’lerin belirli seviyelerinin NaAlg filminin SBG’sinin azalmasıdaki etkisi, farklı mekanizmalara atfedilebilir; (1) film matrisinde grafen katmanları tarafından dolambaçlı ve daha uzun yol sağlanması, (2) GNP’ler ve NaAlg fonksiyonel grupları arasındaki etkileşim nedeniyle polimer matrisindeki hidrofilik grubun azalması, (3) matristeki boş alanların azalması ve bu da azalmaya neden olur zincir hareketliliğinde, (4) zincir düzeninin artması nedeniyle polimer matrisinde kristalliğin teşvik edilmesi (Yuan, 2011). Nano plateletlerin polimerin SBG’si üzerindeki etkinliği, partiküller ve polimer arasındaki etkileşimin derecesi gibi çeşitli faktörlere bağlı olabilir. Tabloda %3 GNP’li membranların su buhar geçirgenliğinin %5 GNP’li membranlarınkinden daha düşük çıkması, yüksek oranda GNP’nin membranda birikimin artmasına, dolayısıyla membranda boş alanları artmasına ve su buharı iletiminin kolaylaşmasına atfedilebilir (Ebrahimzadeh vd., 2016). Ma ve ark. (2013) plastikleştirilmiş nişasta (PS) ve grafen oksit/indirgenmiş grafen oksit (RGO) bazlı kompozitin özelliklerini incelemişler ve nano dolgu içeriğinin artmasıyla SBG oranının azaldığını gösterdi. Daha az GO içeriğine sahip ile daha fazla RGO içeriğine sahip kompozit karşılaştırıldığında su buharına karşı daha iyi bariyer özellikleri olduğunu ifade etmişlerdir.

3.5. Membranların Geçirgenlik Özellikleri

Değişen NaAlg ve GNP miktarına göre hazırlanan membranların geçirgenlik özellikleri, Bölüm 2.6 da açıklandığı gibi 50 ppm RB çözeltisi kullanılarak yapıldı. RB geçirgen yüzdeleri (m/m) Şekil 3(a-b)’de verildi.

Şekil 3. Hazırlanan Membranların Geçirgenlik Performanslarının Kıyaslanması, (A) Farklı NaAlg Miktarına Sahip Membranlar, (B) Farklı GNP Miktarına Sahip Membranlar



Şekil 3(a)'da görüldüğü gibi polimer oranının artması ile membranların RB geçirgenlikleri azaldı. Tablo 2'de % şişme değerleri ile uyumlu olduğu gözlemlendi. Membranlarda düşük şişme yüzdesi ve artan polimer yoğunluğu aktarıma elverişli serbest hacimin azalmasına neden olmuştur (Otitoju vd., 2020). Şekil 3(b) de ise en yüksek geçirgenlik %3 GNP ilaveli membranlarda görüldü. GNP miktarındaki artışın geçirgenlikte artışa neden olduğu görülürken, GNP parçacıkları belirli bir miktara ulaştığında bu eğilim söz konusu değildir. GNP nin büyük yüzey alanına sahip olması ve membran kalınlığının %3 GNP içeren membranlarda daha az olması (Fick yasası ile uyumlu olarak) aktarımın artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Daha yüksek GNP miktarında, yeniden birleşmeler ve topaklanmaların aktarımı azaltacak bir etki göstermesine atfedilebilir.

4.SONUÇLAR

Biyolojik uyumlu NaAlg polimeri GNP ile modifiye edilmiş, çok geniş uygulama alanlarında kullanılacak alternatif NaAlg/GNP nanokompozit membranlar elde edildi. FTIR analizleri GNP ilavesinin polimer yapısında önemli bir değişim oluşturmadığını gösterdi. NaAlg/GNP membranlarında GNP oranının artışı ile membran yüzey mikrograflarında kümeciklerin ve kırılmaların oluştuğu, denge şişme değerinin de artan GNP ile azaldığı belirlendi. NaAlg/GNP membranlarında GNP'nin hazırlanan membranların geçirgenlik özelliği üzerine etkisi incelendiğinde, en iyi geçirgenlik %3 GNP ilaveli membranlarda gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR

1. Anirudhan T.S., Nair A. S., Gopika S.S. (2018). The role of biopolymer matrix films derived from carboxymethyl cellulose, sodium alginate and polyvinyl alcohol on the sustained transdermal release of diltiazem. *International Journal of Biological Macromolecules*, (107), 779-789.
2. Ashori A., (2014). Effects of Graphene on the Behavior of Chitosan and Starch Nanocomposite Films. *Polymer Engineering and Science*, 2258-2263.
3. Chen K., Ding J., Li L., Shang G., Yue Y., Guo L., (2019). Amorphous Alumina Nanosheets/Poly(lactic Acid) Artificial Nacre. *Matter*, (1),1385-1398.
4. Das T.K., Prusty S., (2013). Graphene-Based Polymer Composites and Their Applications. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, (52), 319-331.
5. Ebrahimzadeh S., Ghanbarzadeh B., Hamishehkar H., (2016). Physical properties of carboxymethyl cellulose based nano-biocomposites with Graphene nano-platelets. *International Journal of Biological Macromolecules*, (84), 16–23.
6. Geng Y., Wang S. J., and Kim J.-K., (2009). Preparation of graphite nanoplatelets and graphene sheets. *Journal of Colloid and Interface Science* (336), 592-598.
7. Glaskova T, Aniskevich A., (2009). Moisture absorption by epoxy/montmorillonite nanocomposite. *Composites Science and Technology*, (69), 2711-2715.
8. Heredia-Guerrero J.A., Bentez J.J., Cataldi P., Paul U.C., Contardi M., Cingolani R., Bayer I.S., Heredia A., Athanassiou A., (2017). All-natural sustainable packaging materials inspired by plant cuticles. *Advanced Sustainable Systems*, (1),1600024.

9. Hu, K., Kulkarni, D.D., Choi, I., Tsukruk, V.V. (2014). Graphene-polymer nanocomposites for structural and functional applications. *Progress in Polymer Science*, (39), 1934–1972.
10. Ionita M., Pandele M. A., Iovu H., (2013). Sodium alginate/graphene oxide composite films with enhanced thermal and mechanical properties. *Carbohydrate Polymer*, (94), 339-344.
11. Isik Z., Bilici Z., Konen Adiguzel S., Yatmaz H.C. and Dizge N., (2019). Entrapment of TiO₂ and ZnO powders in alginate beads: Photocatalytic and reuse efficiencies for dye solutions and toxicity effect for DNA damage. *Environmental Technology & Innovation*, (14), 100358.
12. Kim H.W., Abdala A.A. and Macosko C.W., (2010). Graphene/ Polymer nanocomposites. *Macromolecules*, (43), 6515-6530.
13. Ma T., Chang P.R., Zheng P., Ma X., (2013). The composites based on plasticized starch and graphene oxide/reduced graphene oxide. *Carbohydrate Polymers*, 94, 63–70.
14. Mahmoudian S., Wahit M. U., Imran M., Ismail A. F., and Balakrishnan H., (2012). A Facile Approach to Prepare Regenerated Cellulose/Graphene Nanoplatelets Nanocomposite Using Room-Temperature Ionic Liquid. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, (12), 5233–5239.
15. Mar L.-G., Ángel S.-A., (2018). Low-Cost Advanced Hydrogels of Calcium Alginate/Carbon Nanofibers with Enhanced Water Diffusion and Compression Properties. *Polymers*, (10) 405.
16. Mozaffari T., Vanashi A. K., Ghasemzadeh H., (2021). Nanocomposite hydrogel based on sodium alginate, poly (acrylic acid), and tetraamminecopper (II) sulfate as an efficient dye adsorbent. *Carbohydrate Polymers*, (267) 118182.
17. Otitoju T. A., Ahmadipour M., Li S., Shoparwe N.F., Jie L. X., Owolabi A. L. (2020). Influence of nanoparticle type on the performance of nanocomposite membranes for wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, (36),101356.
18. Patole A. S., Patole S. P., Kang H., Yoo J.-B., Kim T.-H., and Ahn J.-H., (2010). A facile approach to the fabrication of graphene/polystyrene nanocomposite by in situ microemulsion polymerization. *Journal of Colloid and Interface Science* ,(350), 530-537.
19. Potts J. R., Dreyer D. R., Bielawski C. W., Ruoff R. S., (2011). Graphene-based polymer nanocomposites. *Polymer*, (52), 5-25.
20. Pourjavadi, A., Barzegar, S.H., Mahdavinia, G.R., (2006). MBA-crosslinked Na-Alg/CMC as a smart full-polysaccharide superabsorbent hydrogels. *Carbonhydrate Polymer*, (66), 386-395.
21. Prolongo S.G., Moriche R., Jiménez-Suárez A., Sánchez M., Ureña A. (2014). Advantages and disadvantages of the addition of graphene nanoplatelets to epoxy resins. *European Polymer Journal*, (61), 206-214.
22. Rasmussen M.R., Snabe T. and Pedersen L.H., (2003). Numerical modelling of insulin and amyloglucosidase release from swelling Ca-alginate beads. *Journal of Controlled Release*, (91), 395–405.
23. Reyes N., Rivas-Ruiz I., Domínguez-Espinosa R. and Solís S.,(2006). Influence of immobilization parameters on endopolygalacturonase productivity by hybrid *Aspergillus* sp. HL entrapped in calcium alginate. *Biochemical Engineering Journal*, (32), 43–48.
24. Sa V., Kornev K. G., (2011). A method for wet spinning of alginate fibers with a high concentration of single-walled carbon nanotubes. *Carbon*, (49), 1859-1868.
25. Sheshmani S., Ashori A., and Arab Fashapoyeh M., (2013). Wood plastic composite using graphene nanoplatelets. *International Journal of Biological Macromolecules*, (58), 1-6 .
26. Starkova O., Chandrasekaran S., Prado L.A.S.A., Tölle F., Mülhaupt R., Schulte K. (2013). Hydrothermally resistant thermally reduced graphene oxide and multi-wall carbon nanotube based epoxy nanocomposites. *Polymer Degradation and Stability*, (98), 519-526.
27. Ugur Nigiz F. (2020). Graphene oxide-sodium alginate membrane for seawater desalination through pervaporation. *Desalination*, (485), 114465.
28. Wu C.-N., Saito T., Fujisawa S., Fukuzumi H., Isogai A., (2012). Ultrastrong and High Gas-Barrier Nanocellulose/Clay-Layered Composite. *Biomacromolecules*, (13), 1927-1932.
29. Yadava, S. K., Patil, J.S., Mokale, V. J., Naik, J. B., (2014). Sodium alginate/HPMC/liquid paraffin emulsified (o/w) gel beads,by factorial design approach; and in vitro analysis. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, (71), 60–68.

30. Yuan X., (2011). Enhanced interfacial interaction for effective reinforcement of poly(vinyl alcohol) nanocomposites at low loading of graphene. *Polymer Bulletin*, (67), 1785–1797.
31. Yun Y-H., Yun J-W., Yoon S-Do and Byun H-S., (2016). Physical properties and photocatalytic activity of chitosan-based nanocomposites added titanium oxide nanoparticles. *Macromolecular Research*, (24), 51-59.
32. Zhang Y., Yu Y., Akkouch A., Dababneh A., Dolatia F., and Ozbolat I.T. (2014). In vitro study of directly bioprinted perfusable vasculature conduits. *Biomaterials Science*, doi: 10.1039/c4bm00234b

Presentation ID / Sunum No= 47

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-1494-9212

Kışlık Yetiştirilen Fiğ-Arpa (*Vicia sativa- Hordeum vulgare* L.) Karışımının, Farklı Yöntemlerle Toprağa Karıştırılmasından Sonra, Yetiştirilen Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi

Halil ALDENİZ, Ahmet YILMAZ

Harran Üniversitesi Fen Bil. Enst. Tarla Bitk. Anabilim Dalı

Özet

Bu araştırma ekim nöbetine tabi tutulan arpa+fiğ karışımından sonra ekilen bazı pamuk çeşitlerinin verim ve verim unsurlarına ne kadar etkili olduğunu belirlemek amacıyla 2020 yılında Harran Ovasında, sulanabilir koşullarda yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemede üç konu ele alınmıştır. Konular X, Y ve Z konusu olarak isimlendirilmiştir. X konusu: Kontrol (geleneksel) fiğ-arpa karışımı ekimi yapılmamış parseller, Y konusu: Fiğ-arpa karışımı ekimi yapılarak yeşil gübre olarak değerlendirildiği ve toprağı işlenerek pamuk ekimi yapılmış parseller, Z konusu: Fiğ-arpa karışımı yetiştirilerek, biçilip ot olarak değerlendirildiği, köklerin toprağa karıştırılarak pamuk ekiminin yapıldığı parsellerdir. Çalışmada Lima, Candia ve Fiona olmak üzere 3 çeşit materyal olarak kullanılmıştır. Ekimde her bir parsel 12 m uzunluğunda 4 sıradan oluşturulmuştur. Ekim normu 75x15 cm olarak ayarlanmıştır. Çalışmada pamuğun verim ve verim unsurlarının yanında lif kalite özellikleri incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; en yüksek kütlü pamuk verimi; Candia çeşidinden ve Z uygulamasından; en yüksek bitki başına koza sayısı ve bitki boyu Fiona çeşidinden ve Y uygulamasından; en yüksek meyve dalı Fiona çeşidinden ve Z uygulamasından elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Harran Ovası, pamuk, fiğ, pamuk verim, lif kalite özellikleri

Determination of Yield And Yield Components of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Grown after Winter - Grown Vetch-Barley Mixture (*Vicia sativa-Hordeum vulgare* L.) is Mixed into the Soil By Different Methods

Abstract

This research was carried out in irrigable conditions in the Harran Plain in 2020 in order to determine how effective some cotton cultivars planted after the mixture of barley + vetch subjected to rotation., were on yield and yield components. The experiment was set up in a randomized block design with 3 replications. Three issues were addressed in the experiment; named as X, Y and Z. Control (traditional) plots that were not cultivated with a vetch-barley mixture (X), the plots where vetch-barley mixture was cultivated and evaluated as green manure and cotton was cultivated by cultivating the soil (Y) and the

plots where a mixture of vetch and barley is grown, cut and used as grass, and cotton is planted by mixing the roots into the soil (Z). In the study, 3 types of materials were used as Lima, Candia and Fiona. Each plot was formed from 4 rows of 12 m in length. The sowing norm is set as 75x15 cm. In the study, in addition to yield and yield components of cotton, fiber quality characteristics were also examined. According to the results obtained from the research; highest seed cotton yield were obtained from Candia variety and Z application; the highest number of bolls per plant and plant height from Fiona variety and Y application; and the highest fruit branch and fiber length were obtained from Fiona variety and Z application.

Keywords: Harran Plain, cotton, fiber characters, vetch, cotton yield

1.GİRİŞ

Pamuk, insanoğlunun doğumundan ölümüne kadar hayatının bir parçası olma özelliği ile diğer bitkilerden ayrı bir öneme sahiptir. Pamuk, %100 doğal selüloz içeren lifleri ile dokuma ve tekstil, %17-25 yağ içeren tohumu ile yağ, küspesi ile yem, linteri ile de kâğıt ve barut sanayisinin hammaddesini sağlayan önemli bir endüstri bitkisidir. Tarımı ile kırsal kesimde, lifleri ile tekstil sektöründe istihdam oluşturan yüksek katma değere sahip bir üründür. Pamuğun ülkemiz ekonomisinde önemli bir yeri vardır. Geniş üretici kitlesinin geçim kaynağı ve ulusal dokuma sanayisinin ham maddesi konumundadır. Diğer yandan nüfus artışı ve yaşam standardının yükselmesi, pamuk bitkisine olan talebi daha da arttırmaktadır. Bu yönleriyle pamuğa olan ihtiyaç, tüm dünyada artış göstermektedir.

Dünya Pamuk Üretimi 2019/20 yılı üretim sezonunda Ekolojisi pamuk tarımına elverişli olan Türkiye'nin de içinde bulunduğu dokuz ülke tarafından gerçekleştirilmiştir. 2015-2020 yılları arası 5 yıllık dönemin verileri incelendiğinde; dünyada ortalama 32.2 milyon hektar alanda pamuk ekimi yapılmakta olup dünyada en geniş pamuk üretim alanına sahip ülke Hindistan'dır. Ardından sırasıyla Çin, ABD, Pakistan, Özbekistan, Brezilya, Burkina Faso, Türkmenistan ve Türkiye gelmektedir. 2015/20 sezonu verilerine göre dünyada en çok pamuk üreten ilk 6 ülke sırasıyla; Hindistan, Çin, ABD, Brezilya, Pakistan ve Türkiye olmuştur. Tüketimde ise ilk beş sırayı, Çin, Hindistan, Pakistan, Türkiye ve Bangladeş paylaşmıştır. 2015/20 sezonunda pamuk üretiminde birim alandan elde edilen verimde ilk beş ülke; Avustralya, Çin, Brezilya, Meksika ve Türkiye olmuştur. Bu dönemde en çok pamuk ithalatı yapan ilk beş ülkenin; Çin, Bangladeş, Vietnam, Pakistan ve Türkiye olduğu en çok ihracat yapan ilk beş ülkenin ise sırasıyla; ABD, Brezilya, Hindistan, Yunanistan ve Mali olacağı tahmin edilmiştir (FAO,2021)

Uluslararası Pamuk İstişare Komitesinin (ICAC) verilerine göre, 2019/20 sezonunda Türkiye'nin, pamuk ekim alanı yönünden dünyada on birinci, birim alandan elde edilen lif pamuk verimi yönünden beşinci, pamuk üretim miktarı yönünden altıncı; pamuk tüketimi yönünden dördüncü, pamuk ithalatı yönünden beşinci ülke olduğu ifade edilmiştir (Anonim, 2020 a).

Pamukta verim; kullanılan çeşidin genetik yapısına, çeşidin sahip olduğu genetik verim potansiyeline ve bu potansiyelin ortaya çıkmasında etkili olan üreticilerin uyguladığı bakım işlerine ve yetiştirildiği yerin çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Kıllı ve Bölek, 2005). Kültürel uygulamalar içinde de gübreleme ve toprak verimliliği büyük önem arz etmektedir. Gübreleme suni gübrelerle olduğu gibi, sürdürülebilir tarım açısından organik gübrelerin gübrelemede kullanılması büyük önem arz etmektedir. Organik gübreler hayvan gübresi, yeşil gübre, kompost, yosun gibi değişik kaynaklardan elde edilebilmektedir.

GAP Bölgesi pamuk üretim alanları organik maddece fakir olup, bir bölümü kışın erozyon etkisi altındadır. Bölgenin doğal bitkisi olan tüylü fiğ (*Vicia villosa* L.) kış sezonunda gelişmesini tamamlayarak nisan ayında çiçeklenmekte ve 80-90 cm boylandırmaktadır. Tüylü fiğ yatık geliştiği için hasatta kayıplar artmaktadır. Fiğ+arpa karışımında, fiğin arpaya sarılarak biçime elverişli bir duruma gelmesi sağlanmaktadır. Fiğ hem hayvanlar için yem kaynağı hem de iyi bir yeşil gübre bitkisidir. Ayrıca bir baklagil bitkisi olduğundan, havanın serbest azotunu fikse ederek hem kendi ihtiyacı olan azotun önemli bir kısmını karşılamakta hem de toprağa organik madde ve azot sağlamaktadır. Son yıllarda uygulamaya geçen ve Tarım Bakanlığınca da destekleme kapsamına alınan kışlık fiğ+arpa karışımının, pamuk ekim öncesi toprağa hangi şekilde karıştırılmasında farklı görüşler ortaya atılmış

olup, bu konuda hangi metodun pamuk üretim alanlarında daha yararlı olacağı, henüz bilinmemektedir.

Açıkgöz ve Çakmakçı (1986), Bursa koşullarında fiğ - arpa, fiğ - yulaf, fiğ - çavdar karışımlarının, ot miktarı ve ham protein miktarını incelediği çalışmalarında; en fazla yeşil ve kuru ot miktarı, fiğ + arpa karışımlarından elde edildiğini bildirmişlerdir.

Gerek ülkemizde ve gerekse bölgemizde pamuk genellikle üst üste ekilmektedir. Bölgede kışlık ara ürün olarak yer alabilecek baklagil yem bitkilerinin rahatlıkla yetiştirilebileceği birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir. Ancak biçim zamanını pamuk ekimine bağlı olarak düzenlemek gerekir (Soya ve ark., 1991).

Kılıç ve ark., 2001. Diyarbakır şartlarında, 3 yıl süre ile Kışlık ara ürün olarak tüylü (*Vicia villosa* Roth.) ve koca fiğ (*Vicia narbonensis* L.) pamuk üretim alanlarında yeşil ot ve yeşil gübre olarak değerlendirildiği çalışmalarında; pamuk tarımında fiğ bitkisinin ara ürün olarak yer alması ile pamukta incelenen tarımsal özellikler üzerine önemli bir etkisinin olmadığı, fiğ yeşil ot amaçlı uygulamasının yeşil gübreyle oranla önemli bir verim artışı sağladığı görülmüştür. Ayrıca yıllar arasında gerek fiğlerin gelişmesi ve gerekse kütlü pamuk verimleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Üç yıllık verilere göre kışın sert ve sıcaklığın düşük olduğu yıllarda fiğlerin kış dönemi boyunca gelişemediği ve toprağa devrilmesini gerektirecek yeterli vegetatif aksam oluşturmadığı görülmüştür. Sonuç olarak fiğlerin kışlık ara ürün olarak değerlendirilme şansının elverişli iklim şartlarına bağlı olduğu, aksi takdirde olumsuz sert iklim şartlarında söz konusu ara ürünlerden istenen faydanın elde edilemeyeceği kanaatine varılmıştır.

Pamuk tarımında yeşil gübre kullanılması ile toprağın faydalı fosfor, potasyum ve organik madde miktarında artış olacağı, azotlu gübre uygulamaksızın erken fiğ ekimi ile pamuk tarımı yapılabileceği, verim ve kalite kayıplarının olmayacağı, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde iyileşmeler sağlanacağı bildirilmiştir (Tosun, 1998).

Bedir ve Hatipoğlu (2010), 2008-2009 ekim sezonunda Karaman'da yetiştirilen Macar fiği+arpa karışımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında; karışım oranlarının boy, yeşil ot ve kuru ot verimi, ortalama verim, yeşil ve kuru ot ve protein miktarı istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ayrıca tohum karışımında arpa miktarı arttıkça yeşil ve kuru ot verimi ve protein miktarının arttığı belirtilmiştir.

Demirtaş ve Şimşek (2015), Nazilli'de 2012 ile 2014 yılları pamuk ekim sezonlarında GSN-12 pamuk çeşidini, "geleneksel toprak işleme yöntemi ve fiğ üretimi yapılmayan", "toprak işlenmeden anıza pamuk ekimi yapılan ve fiğ ot olarak değerlendirildiği" "fiğ ot olarak kullanıldığı" ve "fiğ üretimi yapılarak bitki aksamının tamamının yeşil gübre olarak kullanıldığı" çalışmalarında; en fazla brüt karın geleneksel pamuk üretim modelinden elde edildiği belirtilmiştir.

Deniz ve Polat (2021), Fiğ ile bazı buğdaygil karışımlarını ve hasat zamanını karşılaştırdıkları çalışmalarında; Harran Ovası koşulları için ot kalitesi bakımından en ideal biçim zamanının 1 nisan ve en iyi ot kalitesinin karışimsız yetiştirilen fiğden elde edildiğini, en iyi hasadın 15 Nisan döneminde fiğ+tritikale ve yulaf ile oluşturulan karışımdan sağlandığını rapor etmişlerdir.

Kışlık yetiştirilen Fiğ+arpa karışımı parçalanmadan toprağa karıştırıldığı takdirde; kaba otların toprak altında kalarak iyi bir tohum yatağı hazırlanmasına engel olduğu söylenmektedir.

Bu durumda, ekilecek pamuk tohumunun, tarlada yer yer toprakla temasını keserek üniform bir çıkış olmadığı ileri sürülmektedir. Ancak, Oğur (2004), Tarla denemelerinde kış dönemini fiğ bitkisi ile geçiren tarlada fiğ yeşil gübre olarak Nisan ayı başında pullukla derin sürüm yapılarak, toprağa karıştırıldıktan sonra iki kez goble disk çekildiğinde, fiğ artıklarının sebep olduğu pamukta çıkış probleminin ortadan kalktığını bildirmiştir. Diğer yandan kışlık yem bitkisinin biçilerek kuru ot olarak yararlanıldığı durumda da sadece kökler toprağa karıştırılarak yeşil gübreleme miktarı azaltılmaktadır.

GAP bölgesinde üreticilerin büyük bir kısmı da kışlık yem bitkisi yetiştirmemekte ve kışın tarlaları boş bırakmaktadır. Bu durum kışı bitki örtüsüz geçiren topraklarda erozyona neden olmaktadır. Ayrıca bölge hayvancılığında kaliteli kaba yem sıkıntısı yaşanmaktadır. Oysa kışlık yem bitkisi yetiştirilerek, otunun yem, köklerinin toprağa organik madde olarak kazandırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada; kış sezonunda ekim nöbetine alınan baklagil yem bitkilerinin biçilerek veya biçilmeden tüm

yeşil aksamı ile birlikte toprağa karıştırılmasından sonra ekilen bazı pamuk çeşitlerinin verim ve verim unsurlarına ne kadar etkili olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

2.MATERYAL VE METOT

Araştırma 2020 yılında Harran Ovası'nda bulunan ve ilçe merkezine 8-9 km uzaklıktaki Cepkenli Mahallesi 159 ada 2 nolu parselde yürütülmüştür. Deneme yerinin konumu 36° 83' Kuzey Enlemi 39° 13' doğu boylamında olup, denizden yüksekliği 369 m' dir.

Deneme yeri toprakları killi bünye sınıfında, derin profilli, drenaj ve tuzluluk sorunu olmayan, killi-tınlı potasyumca zengin, azot,organik madde ve fosfor miktarları orta düzeyde olan 1. sınıf tarım arazisi olduğu bilinmektedir. Deneme yerinde toprak numuneleri alınarak GAPTEAM analiz laboratuvarında toprak analizleri yapılmış olup, toprak özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Toprak yapısı killi-tınlı olup, toprak EC' si 0.76-1.2 dS/m, kireç miktarı % 21-24, Toprak pH'sı 7.70-7.80, Yarayışlı fosfor 3.44-4.60 mg/kg, Potasyum 123-133 mg/kg, organik madde % 0.90-0.98 arasında değişmektedir (GAPTEAM analiz laboratuvarı).

Şanlıurfa ili karasal iklim hâkimiyeti altında olup yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı yüksektir. Uzun yıllar iklim verilerine göre pamuk ekim dönemi olan Nisan-Kasım ayları arasındaki yıllık sıcaklık ortalamasına göre, deneme alanında en yüksek sıcaklık değeri 31.9°C olarak Temmuz ayında ölçülmüştür. En düşük sıcaklık ise 13.5 °C ile Kasım ayında ölçülmüştür. Genel olarak Nisan ve Mayıs aylarında bölgeye yağış düştüğü; 5 cm derindeki toprak sıcaklığının pamuk ekim dönemi olan Nisan ve Mayıs aylarında 18 °C'nin altına düşmediği saptanmıştır (Anonim, 2020 b).

2.1.Denemede Kullanılacak Pamuk Çeşitleri

Denemede; Candia, Fiona, Lima pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitleri bitki materyali olarak kullanılmıştır.

2.2.Denemede Kışık Yetiştirilen Fiğ+arpa Karışımının Toprağa Uygulama Metotları (X, Y ve Z)

X konusu: Kontrol: Tarla kışın boş bırakılmış ve 15 Nisan 2020 de pullukla sürülmüştür.

Y konusu: Fiğ+arpa karışımının biçilerek, köklerinin toprağa karıştırılması, (%75 fiğ + % 25 arpa) 2019'un ekim ayında ekilerek, 15 nisan 2020'de yetiştirilen fiğ+arpa karışımı, biçilmeden, pullukla sürülerek tarlaya karıştırılmıştır.

Z konusu: Fiğ+arpa karışımının biçilmeden sürülerek toprağa karıştırılması, (%75 fiğ + % 25 arpa) 2019'un ekim ayında ekilerek, 15 Nisan 2020'de fiğ+arpa karışımı, biçilerek, tarlada kalan kökler, pullukla sürülerek tarlaya karıştırılmıştır.

2.3.Metot: Deneme Tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemede üç konu ele alınmıştır. Konular X, Y ve Z konusu olarak isimlendirilmiştir. Tüm parseller 15 Nisan 2020 tarihinde pullukla derin sürülmüş bir hafta sonra sonra goble disk çekilerek ikileme yapılmış ve toprak tava geldiği bir sırada, yabancı ot ilacı uygulanarak goble disk ile ikinci yüzeysel işleme yapılmış ve tapan çekilerek toprak ekime hazır hale getirilmiştir. Yabancı ot ilacı olarak; 480 g/l Pendimethalin içeren herbisitten 300 g/da uygulanmıştır.

Ekime hazırlanan tarlaya 5 Mayıs tarihinde pnömatik mibzerle ekim yapılmıştır. Ekimde her bir parsel 12 m uzunluğunda 4 sıradan oluşturulmuştur. Ekimde sıra araları 75 cm tutulmuştur. Hasatta her bir parselin baştan ve sondan 1'er metrelik kısmı ile kenarlardaki sıralar kenar tesir olarak atıldıktan sonra ortada kalan 10 m uzunluğundaki 2'şer sıra (10x0.75 m x2=15 m²) hasat alanını oluşturmuştur.

Ekimle beraber tarlaya 8kg/da saf N ve P içeren (20-20-0) kompoze gübresi ve üst gübrelemelerde ise birinci sudan önce 8 kg/da saf azot üst gübre olarak uygulanmıştır (Haliloğlu ve ark., 2006). Çıkıştan sonra bitkilerin 10-15 cm olduğu bir dönemde bitkilere 1 kez el çapası ve seyreltme yapılmış ve sıra üzeri 15 cm olacak şekilde bitki sıklığı oluşturulmuştur. Daha sonra denemeye 3 kez traktör çapası uygulanmıştır.

Denemede, 2-4 gerçek yaprak döneminde el çapası uygulanmış ve seyreltme işlemi yapılmıştır.

Deneme parsellerinin sulanmasında arazinin yakınında bulunan sulama kanalından faydalanılıp damla sulama sistemi uygulanmıştır. Denemede gerek görüldükçe hastalık ve zararlılarla ekonomik eşik seviyesi dikkate alınarak kimyasal mücadele uygulanmıştır. Pamuklar hasat olgunluğuna geldiği bir dönemde elle 1. El ve bundan 14 gün sonra da ikinci el hasadı yapılmıştır.

Denemede verim ve verim ögelerine ilişkin değerler, Worley ve ark. (1976)'nın kullandığı yöntemler gereğince saptanmıştır. Denemeden her bir özellik için ölçme, sayma ve tartma sonucu elde edilen veriler tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deney desenine göre SAS istatistik programı kullanılarak istatistiksel analizlere tabi tutulmuş ve Duncan testine göre gruplandırılmıştır.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1.Kütlü Pamuk Verimi (kg/da): Çizelge 1'den, denemede çeşitler bakımından ortalama kütlü pamuk veriminin 487.98 kg/da ile 519.10 kg/da arasında değiştiği, ortalamanın ise 498.46 kg/da olduğu; uygulamalar yönünden kütlü pamuk veriminin 465.74 kg/da ile 526.31 kg/da arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek ortalama kütlü pamuk veriminin Candia çeşidinden, en düşük kütlü pamuk veriminin ise Fiona çeşidinden elde edilmiştir. Duncan testine göre çeşit ve uygulamalar bakımından farklı dekara kütlü pamuk verimi gruplarının oluştuğu görülmektedir. Aynı çizelgeden, çeşit x uygulama interaksyonunun önemli olduğu, kütlü pamuk veriminin hem çeşitlerden hem de uygulamalardan etkilendiği görülebilmektedir. En yüksek kütlü pamuk verimi, Candia çeşidinde ve Z (Kışlık yetiştirilen Fiğ+arpa karışımının 15 nisanda biçilerek otun tarladan alınması ve köklerin pullukla toprağa karıştırılması) uygulamasından elde edilmiştir. Bu sonuç; Soya ve ark. (1991), Tosun (1998), Kılıç ve ark., 2001, Deniz ve Polat (2021), Oğur, (2004) adlı araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir. İncelenen literatürler arasında Demirtaş ve Şimşek (2015) pamuk üretiminde kışlık yem bitkisi ekimini değil, geleneksel yöntemlerle üretilen pamuğun daha karlı olduğunu tespit etmiştir. Bu durum denemelerin yürütüldüğü bölgelerin farklı ekolojik faktörlerine, farklı bölgelerdeki üretim maliyetlerine ve denemelerde kullanılan çeşitlerin farklı genotiplerinden kaynaklanmış olabilir.

ÇİZELGE 1. 2020 YILINDA, KIŞLIK YETİŞTİRİLEN FİĞ-ARPA KARIŞIMININ FARKLI METOTLARLA TOPRAĞA KARIŞTIRILMASI SONUCU AYNI TARLADA ÜRETİLEN PAMUĞUN DEKARA VERİM VE MEYVE DALI SAYISINA İLİŞKİN ORTALAMA DEĞERLER VE DUNCAN TESTİNE GÖRE OLUŞAN GRUPLAR.

çeşitler	Kütlü Verimi kg/da				Meyve Dalı Sayısı			
	Uygulamalar				Uygulamalar			
	X	Y	Z	Ortalama	X	Y	Z	Ortalama
Lima	465.66	486.94	512.30	488.30 b	14.67	14.67	16.00	15.11 c
Fiona	464.67	486.98	515.32	487.98 b	20.00	20.67	19.67	20.11 a*
Candia	466.90	539.08	551.33	519.10 a	18.33	17.00	19.00	18.11 b
Ortalama	465.74 c	504.33 b	526.31 a	498.46	17.667 a	17.444 a	18.222 a*	17,777
%CV	4.545				9.46			

**. % 1'e göre önemli. *: % 5'e göre önemli. İnt.: İnteraksiyon, Aynı harf grubu içerisinde yer alan konular arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde (0.05) bir farklılık bulunmamıştır.

3.2.Bitki Başına Meyve Dalı Sayısı (adet): Çizelge 1'den, denemede çeşitler bakımından ortalama meyve dalı sayısının 15.1 ile 20.1 adet/bitki arasında değiştiği, ortalamanın ise 17.72 adet/bitki olduğu; uygulamalar yönünden ortalama meyve dalı sayısının 17.44 adet/bitki ile 18.22 adet/bitki arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek ortalama meyve dalı sayısının Fiona çeşidinden, en düşük ortalama meyve dalı sayısının ise Lima çeşidinden elde edildiği saptanmıştır. Duncan testine göre çeşit ve uygulamalar bakımından farklı ortalama meyve dalı sayısı gruplarının oluştuğu görülmektedir. En yüksek ortalama meyve dalı sayısı Fiona çeşidinde ve Z uygulamasından elde edilmiştir. Bu sonuç; Soya

ve ark. (1991), Tosun (1998), Kılıç ve ark., 2001, Deniz ve Polat (2021), Oğur, (2004) adlı araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir.

3.3.Bitki Başına Koza Sayısı (adet): Çizelge 2’den, denemeye alınan çeşitlerin ortalama bitki başına koza sayısının 21.33 adet/bitki ile 23.78 adet arasında değiştiği, ortalamanın ise 22,52 adet/bitki olduğu; uygulamalar yönünden ortalama bitki başına koza sayısının 21.66 adet/bitki ile 24.11 adet/bitki arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek ortalama bitki başına koza sayısı Fiona çeşidinden, en düşük bitki başına koza sayısı ise Lima çeşidinden elde edilmiştir. Duncan testine göre çeşit ve uygulamalar bakımından farklı gruplarının olduğu görülmektedir. En yüksek bitki başına koza sayısı, Fiona çeşidinde ve Y uygulamasından elde edilmiştir. Bu sonuç; Soya ve ark. (1991), Tosun (1998), Kılıç ve ark., 2001, Deniz ve Polat (2021), Oğur, (2004) adlı araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir.

ÇİZELGE 2. 2020 YILINDA, KIŞLIK YETİŞTİRİLEN FİĞ-ARPA KARIŞIMININ FARKLI METOTLARLA TOPRAĞA KARIŞTIRILMASI SONUCU AYNI TARLADA ÜRETİLEN PAMUĞUN KOZA SAYISI VE KOZA KÜTLÜ PAMUK AĞIRLIĞINA İLİŞKİN ORTALAMA DEĞERLER VE DUNCAN TESTİNE GÖRE OLUŞAN GRUPLAR.

Çeşitler	Koza Sayısı adet/bitki				Koza Kütlü Pamuk Ağırlığı (g)			
	Uygulamalar				Uygulamalar			
	X	Y	Z	Ortalama	X	Y	Z	Ortalama
Lima	21.00	20.00	23.00	21,33 c	4,88	4,87	4,88	4,87 a
Fiona	22,33	28,33	20,66	23,78 a	4,41	4,47	4,46	4,44 b
Candia	21,66	24,00	21,66	22,44 b	5,13	4,21	5,28	4,87 a
Ortalama	21,66 b	24,11 a	21,773 b	22,52	4,80 a	4,51 b	4,87 a	4,73
%CV	3.83				2.09			

** : % 1’e göre önemli. * : % 5’e göre önemli. İnt.: İnteraksiyon, aynı harf grubu içerisinde yer alan konular arasında istatistik olarak önemli düzeyde (0.05) bir farklılık bulunmamıştır.

3.4.Koza Kütlü Pamuk Ağırlığı (g):

Çizelge 2’den, denemede çeşitler bakımından ortalama koza kütlü pamuk ağırlığının 4,44 ile 4,87 g arasında değiştiği, ortalamanın ise 4,73 g olduğu; uygulamalar yönünden ortalama koza kütlü pamuk ağırlığı sayısının 4,51 g ile 4,87 g arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek ortalama koza kütlü pamuk ağırlığının Candia çeşidinden elde edildiği izlenmektedir. Duncan testine göre çeşit ve uygulamalar bakımından farklı ortalama koza kütlü pamuk ağırlığı sayısı gruplarının olduğu görülmektedir. En yüksek ortalama koza kütlü pamuk ağırlığı Candia çeşidinde Z uygulamasından elde edilmiştir. Bu sonuç; Soya ve ark. (1991), Tosun (1998), Kılıç ve ark., 2001, Deniz ve Polat (2021), Oğur, (2004) adlı araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir.

3.5.100 Tohum Ağırlığı (g): Çizelge 3’den, denemede çeşitler bakımından ortalama 100 tohum ağırlığının 9,38 ile 9,90 g arasında değiştiği, ortalamanın ise 9,68 g olduğu; uygulamalar yönünden ortalama 100 tohum ağırlığının 9,07 g ile 9,61 g arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek ortalama 100 tohum ağırlığının Candia çeşidinden, en düşük ortalama 100 tohum ağırlığı sayısının ise Lima çeşidinden elde edildiği saptanmıştır. Duncan testine göre çeşit ve uygulamalar bakımından farklı ortalama 100 tohum ağırlığı sayısı gruplarının olduğu görülmektedir. En yüksek ortalama 100 tohum ağırlığı sayısı Candia çeşidinde, Y uygulamasından elde edilmiştir. Bu sonuç; Soya ve ark. (1991), Tosun (1998), Kılıç ve ark., 2001, Deniz ve Polat (2021), Oğur, (2004) adlı araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir.

3.6.Bitki Boyu (cm): Çizelge 3’den, denemede çeşitler bakımından ortalama bitki boyunun 84,44 cm ile 102,22 cm arasında değiştiği, ortalamanın ise 94,96 cm olduğu; uygulamalar yönünden ortalama bitki boyunun 82,33 cm ile 86,67 cm arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek ortalama bitki

boyunun Fiona çeşidinden, en düşük ortalama bitki boyunun ise Lima çeşidinden elde edildiği saptanmıştır. Duncan testine göre çeşit ve uygulamalar bakımından farklı ortalama bitki boyu gruplarının olduğu görülmektedir. En yüksek ortalama bitki boyunun, Fiona çeşidinde ve Y uygulamasından elde edilmiştir. Bu sonuç; Soya ve ark. (1991), Tosun (1998), Kılıç ve ark., 2001, Deniz ve Polat (2021), Oğur, (2004) adlı araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir.

ÇİZELGE 3. 2020 YILINDA, KIŞLIK YETİŞTİRİLEN FİĞ-ARPA KARIŞIMININ FARKLI METOTLARLA TOPRAĞA KARIŞTIRILMASI SONUCU AYNI TARLADA ÜRETİLEN PAMUĞUN 100 TOHUM AĞIRLIĞI VE BİTKİ BOYUNA İLİŞKİN ORTALAMA DEĞERLER VE DUNCAN TESTİNE GÖRE OLUŞAN GRUPLAR.

Çeşitler	100 Tohum Ağırlığı (g)				Bitki Boyu (cm)			
	Uygulamalar				Uygulamalar			
	9.073	9.47	9.61	9.38 c	82.33	84.33	86.66	4.44 b
Lima	9.89	9.62	9.77	9.76 b	100.33	103.67	102.67	02.22 a
Fiona	10.15	10.61	8.95	9.90 a*	97.33	98.00	99.33	8.22 a
Candia	9.71 b	9.90 a*	9.44 c	9,68	93.33 a	95.33 a	96.22 a	94,96
Ortalama	9.07	9.47	9.61	9.38 c	82.33	84.33	86.67	4.444 b
%CV	0.82				5.69			

**. % 1'e göre önemli. *: % 5'e göre önemli. İnt.: İnteraksiyon, aynı harf grubu içerisinde yer alan konular arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde (0.05) bir farklılık bulunmamıştır.

3.7.Erkencilik Oranı (%):Çizelge 4'den, çeşitlere göre ortalama erkencilik oranının %81.54 ile %84.47 arasında değiştiği, ortalama erkencilik oranının %82.88 olduğu anlaşılmaktadır. Uygulamalar bakımından erkencilik oranının %81.07 ile %84.24 arasında değiştiği; en yüksek ortalama erkencilik oranı X uygulamasından, en düşük erkencilik oranı ise Z uygulamasından elde edilmiştir. Duncan testine göre çeşitler ve uygulamalar farklı istatistiksel gruplar oluşmuştur. Bu sonuç; Soya ve ark. (1991), Tosun (1998), Kılıç ve ark., 2001, Deniz ve Polat (2021), Oğur, (2004) adlı araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir.

ÇİZELGE 4. 2020 YILINDA, KIŞLIK YETİŞTİRİLEN FİĞ-ARPA KARIŞIMININ FARKLI METOTLARLA TOPRAĞA KARIŞTIRILMASI SONUCU AYNI TARLADA ÜRETİLEN PAMUĞUN ERKENCİLİ ORANI VE ÇIRÇIR RANDIMANINA İLİŞKİN ORTALAMA DEĞERLER VE DUNCAN TESTİNE GÖRE OLUŞAN GRUPLAR.

Çeşitler	Erkencilik Oranı (%)				Çırçır Randımanı (%)			
	Uygulamalar				Uygulamalar			
	X			Ort	X	Y	Z	Ort
Lima	83.66	1.52	9.45	81.54 b	45.40	44.20	43.87	44.49 a
Fiona	83.69	3.88	0.36	82.64 ab	45.27	45.27	46.13	46.01 a

Candia	85.38	4.63	3.42	84.47 a	45.33	44.23	43.77	44.44 a
Ortalama	84.24 a	3.34 a	1.07 b	82.88	45.33 a	45.02 a	44.59 a	44,98
%CV	6.89			3.61				

3.8.Çırçır Randımanı (%): Çizelge 4.'den, denemede çeşitler bakımından ortalama çırçır randımanı % 44,44 ile 46,01 arasında değiştiği, ortalamanın ise % 44,98 olduğu; uygulamalar yönünden ortalama çırçır randımanı % 44,59 ile 45,33 arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek ortalama çırçır randımanı Lima çeşidinden, en düşük ortalama çırçır randımanı ise Candia çeşidinden elde edildiği saptanmıştır. Duncan testine göre çeşit ve uygulamalar bakımından farklı ortalama çırçır randımanı gruplarının oluştuğu görülmektedir. En yüksek ortalama çırçır randımanı Lima çeşidinde, X uygulamasından elde edilmiştir. Bu sonuç; Soya ve ark. (1991), Tosun (1998), Kılıç ve ark., 2001, Deniz ve Polat (2021), Oğur, (2004) adlı araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir.

4.SONUÇLAR

Kışlık ara ürün olan fiğ+arpa karışımından sonra pamuk üretilmesinin toprağa sağladığı azot sebebiyle girdi masrafları azaltılabilmektedir.

Elde edilen veriler ışığında fiğ+arpa üretimi sonrası pamuk üretiminde verim ve verim ögeleri olumlu yönde etkilenmiştir

Ülkemizde tarla bitkileri içerisinde yaklaşık % 4,8' lik payla yer alan yem bitkilerinin üretim alanları ve ekimlerinin oldukça az olduğu bilinen bir gerçektir. Bu nedenle hayvanlarımıza kaliteli kaba yem temininde güçlük çekmekteyiz. Şanlıurfa ekolojik koşullarında pamuk üretilen alanlarda kışlık olarak bölgenin de doğal bitkisi olan fiğ+ buğday karışımı ekilmesi ve oluşan otun yeşil gübre olarak toprağa verilmesi hem verim, hem de toprakların besin maddelerince zenginleştirilmesi bakımından yararlı bulunmuştur. Ayrıca baklagil yem bitkileri olan fiğ, üçgül, tek yıllık yonca gibi bölgenin doğal bitki örtüsünde yer alan ve bölge ekolojisinde gelişmelerini sürdüren bitkilerin kışlık yetiştirilerek pamuk ekiminden önce biçilmesi ve köklerinin toprağa karıştırılması, kaba yem ihtiyacımızı karşılamakla birlikte, topraklarımızı da azot ve organik maddece zenginleştirecektir.

Diğer yandan çalışmamızda en yüksek kütlü pamuk verimi Candia çeşidinin Z uygulamasından, en yüksek bitki başına koza sayısı ve bitki boyunun Fiona çeşidinin Y uygulamasından, en yüksek 100 tohum ağırlığı değerinin Candia çeşidinin Y uygulamasından, en yüksek meyve dalı ise Fiona çeşidinin Z uygulamasından elde edildiği saptanmıştır.

KAYNAKLAR

AÇIKGÖZ E. VE S. ÇAKMAKÇI. 1986. Bursa koşullarında adi fiğ ve tahıl karışımlarının ot verimi ve kalitesi üzerinde araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 5: 67-73.

ANONİM, 2020 a.. International Cotton Advisory Committee, April Report, Washington DC. USA

BEDİR, S., HATİPOĞLU, R., 2010. "Karaman İli Şartlarında Yetiştirilecek Macar Fiği+Arpa Karışımında Uygun Karışım Oranının Saptanması Üzerine Bir Araştırma..," Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi , vol.23, no.1, pp.211-220, 2010

DENİZ, C.VE POLAT, T., 2021. Harran Ovası Koşullarında Kışlık Ara Dönemde Yetiştirilen Fiğ, Tahıl Karışımlarında Farklı Ot Hasat Dönemlerinin Verim Ve Kalite Özelliklerine Olan Etkisinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.2021.

DEMİRTAŞ, M. VE ŞİMŞEK, M.K., 2015.Kışlık Fiğ Üretimi Sonrası Pamuk (Gossypium Hirsutum L.) Tarımı İçin Uygulanan Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Karşılaştırılması Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 2015, 11 (2), 105-112

FAO,2021.Fao,Web Stes, Www.Fao.Org (22.03.2016)
Www.Fao.Org/Fshery/Statstcs/Globalaquaculture-Producton/Query/En

KHAN NU, MARWAT KB, HASSAN G, BATOOL S, FARHATULLAH, MAKHDOOM K, AHMAD W, KHAN H (2010). Genetic variation and heritability for cotton seed, fiber and oil traits in *Gossypium hirsutum* L. Pakistan Journal Botany, 42(1): 615-625.

KILIÇ, H., E. KARADEMİR, İ. ÖZBERK VE A. ALTİKAT, 2001. Diyarbakır şartlarında sürekli pamuk sisteminde kışlık ara ürün olarak fiğın yetiştirilme imkanlarının araştırılması. H.Ü.Z.F. Dergisi. 5(3-4):19-24

KILLI F, BÖLEK Y 2005. Timing of planting is crucial for cotton yield. Acta Agricultural Scandinavia Section B-Soil and Plant Science, 56: 155-160.

OGUR 2004. GAP Bölgesinde Fiğ Bitkisinin Pamuğın Kütlü Verim ve Lif Kalite Özelliklerine Etkisi T.C Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü GAP Eğiti Yayım ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü

SOYA, H., AVCIOĞLU, Ş., TAPSUN, M. 1991. Pamuk Tarımında Ara Ürün Olarak Fiğ Kültürü. Türkiye 2. Çayır Mer'a ve Yembitkileri Kongresi (28-31 Mayıs 1991. İzmir.) Ege Üniversitesi Basımevi s.no.224-233

SOYA H., 1991.Fiğ Kültürü. TYUAP Ege-Marmara Dilimi Tarla Bitkileri Grubu ABAV Toplantısı Bildirisi.24-26 Eylül.1991 Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Menemen.

TOSUN G. 1998. Bazı Baklagil Yeşil Gübrelerin Pamuğın Tarımsal ve Kalite Özelliklerine Etkileri Üzerine Araştırmalar (Doktora Tezi). Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü, yayın no:51, Nazilli.

TÜKEL, T. ve E. YILMAZ, 1987. Çukurova kıraç koşullarında yetiştirilebilecek fiğ+arpa karışımında en uygun karışım oranının saptanması üzerine bir araştırma. Doğa, 11: 171-178.

WORLEY, S. JR., HARMON H.R., HARREL, D.C. and CULP, T.W. 1976. Ontogenetic Model of Cotton Yield. Crop Science, 16: 30-34.

Presentation ID / Sunum No= 19

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-9904-0712

Yalın, Çevik, Esnek ve Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi: Bir Vaka Analizi

Hasan ÇEKE

*Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği (İng.)
hasanceke@gmail.com*

Özet

Günümüzde ticaretin ve buna bağlı olarak üretim hacminin artmasıyla birlikte tedarik zincirleri önemini artarak korumaktadır. Bundan ötürü, tedarik zinciri yönetimi kavramı da farklı yaklaşımların içerisine dahil olmasıyla kapsamı genişlemektedir. Yalın, çevik, esnek ve yeşil tedarik zinciri yönetimi, bu paradigmalardan arasındaki karşılıklı ilişkilerle ilgilenir. Bu anlayışın çok önemli olduğuna inanılmaktadır. Bunun nedeni, bu yaklaşımların imalat sektöründeki tedarik zincirinin tüm işlevsel alanlarında uyumlu olması gerektiğidir. Bu başarı, imalatçı firmalar için rekabetçi ve sürdürülebilir bir ortam için önemli bir katkı sağlayacaktır. Bu çalışma ile bu yaklaşımların Türkiye'deki bir imalat firmasına uygulanabilirliğini test edeceğiz. Seçilen firmaya özgü bir şekilde Analitik Ağ Süreci uygulanacaktır. Bunun yanı sıra, öncelik tablosunu elde etmek için bir uzmandan veriler toplanacaktır. Bu nedenle dört alternatif proje belirlenecektir. Ayrıca, bu yaklaşımların bu projelere entegre edilip edilemeyeceğini göstermek için altı yalın, yedi çevik, yedi esnek ve yedi yeşil uygulama sağlanacaktır. Bundan sonra bileşenleri buna göre önceliklendirebileceğiz ve tedarik zincirinin performansının artıp artmadığı konusunda derinlemesine bir anlayışa sahip olacağız.

Anahtar Kelimeler: Yalın, Çevik, Esnek, Yeşil, Tedarik Zinciri Yönetimi, Analitik Ağ Süreci

Lean, Agile, Resilient and Green Supply Chain Management: A Case Study

Abstract

Today, with the increase in trade and, accordingly, the production volume, supply chains maintain their importance increasingly. Therefore, the concept of supply chain management expands with the inclusion of different approaches. Lean, agile, resilient and green supply chain management deals with the interrelationships between these paradigms. This understanding is believed to be very significant. This is because these approaches must be compatible across all functional areas of the supply chain in the manufacturing sector. This success will make an important contribution to a competitive and sustainable environment for manufacturing companies. With this study, we will test the applicability of these approaches to a manufacturing company in Turkey. Analytical Network Process will be applied in a way specific to the selected company. In addition, data will be collected from an expert to obtain the priority table. Therefore, four alternative projects will be identified. In addition, six lean, seven agile,

seven flexible and seven green practices will be provided to demonstrate whether these approaches can be integrated into these projects. After that we will be able to prioritize components accordingly and have an in-depth understanding of whether the performance of the supply chain has been improved or not.

Keywords: Lean, Agile, Resilient, Green (LARG), Supply Chain Management (SCM), Analytic Network Process (ANP)

1. INTRODUCTION

There is a competition among firms. They try to earn money by selling their products or servicing. Companies look for new methods in earning money rather than by enhancing their market shares or profits. This makes the management of supply chains more important than the incomes solely. So, the meaning of performance of a company or a firm has changed from profit to the professional management of supply chains. There are also key drivers influencing positively or negatively the management of supply chains. Four strategies namely, lean, agile, resilient and green, emerged as innovative responses to the global competition. The competence changed dimension. As the supply chains grow enormously, the importance of those approaches increase. The combination of these paradigms is the formula to achieve competitiveness. To obtain sustainable competitive advantage in the market, firms need to make differences on their operational, economic and environmental perspectives. From this point of view, leanness, agility, resilience and greenness concepts are key drivers for improving the performance of the supply chains.

These four main paradigms regulate the performance of the supply chain. Lean, Agile, Resilient and Green Supply Chain Management (LARG SCM) is a new and broad issue which must be vital for any of the companies in today's industry. Going through the details of LARG paradigms will be better so as to clarify what these concepts are mentioning. First of them is the Lean paradigm. It mainly focuses on waste elimination and cost minimization. Lean approach tries to minimize inventory level. It aims to reduce work-in-process. The other one is the agile paradigm. It is about flexibility. Agility is the supply chain's capability to respond quickly to volatile marketplaces. Managers of the supply chain should consider the supply chains to be proactive. Agility is effective when the market is turbulent, and the variety of demand is high. Resilient paradigm is concerned about the unexpected disruptions. So, it deals with the systems' ability to return to its state or to a new more desirable state after experiencing disruptions such as earthquakes, pandemics etc. Last, but not least, green paradigm is about reducing the carbon footprint at all stages in the supply chain. Green concept deals with increasing the ecological efficiency by evaluating all the phases of manufacturing.

According to World Bank logistics performance index rankings in 2018, Turkey is 47th in the world. In today's market environment, being a competitive firm is so important that incomes solely are not enough to show a company's performance. That means supply chain management is significant in Turkey's near future. The upcoming events also support this idea. In this study, an investigation to indicate whether these four approaches (LARG) are applicable within a manufacturing firm in Turkish industry. The studies have been carried out together with the managers of the related firm. Moreover, a case study has been made by using Analytic Network Process method that is one of the multi-attribute decision-making methods.

2. LITERATURE REVIEW

Some of the researchers aim to increase the performance of the supply chain by using multi-criteria decision-making techniques such as, AHP, ANP, Fuzzy ANP and TOPSIS. They basically propose conceptual models to integrate LARG practices. Almost all the of them gave brief explanations for LARG paradigms. Most of the articles were related to manufacturing especially automotive industry. Some researchers used ANP technique with the objective of choosing the most appropriate alternative amongst LARG practices. Therefore, their models were based on LARG practices.

Researchers pointed out that resilience and sustainability might be a gap to be fulfilled in supply chain management. Also, lean and green paradigms may be integrated more and deeply in the future

works. The researchers propose making studies about different areas in both manufacturing and service sectors.

In 30 articles reviewed, Lean approach was mentioned 20 times, Agile paradigm was referred 18 times, Resilient and Green Paradigms were mentioned 24 and 20 times respectively. Resilience is the most researched paradigm among these four paradigms. Agile is the least researched one. In future studies, green, agile, resilient and green (together) should be focused according to analysis made. Here is a summary of the literature survey.

Azevedo et al., (2014) used an exploratory case study approach to identify the trade-offs in the automotive SC context. This paper intends to identify and provide the necessary of those paradigms.

Wiese et al., (2015) conducted a descriptive case study on Toyota South Africa Motors (TSAM) to learn that leanness and green concept are evaluated clearly in the company. Is there a culture on applying the best practices? At the implementation phase, do these approaches add any value to the firm? These questions are being answered. In this study a framework to integrate lean, green and best practice principles into an integrated business model was developed as a strategy for businesses to develop sustainable competitive advantages.

Dev and Kumar (2015) tell us about agile manufacturing techniques. This paper discusses about the different industrial point of views of several researchers on agile manufacturing.

Govindan et al., (2015) use the interpretive structural modeling approach. Aim is to identify the critical lean, green and resilient practices on which top management should focus in order to improve the performance of automotive supply chains.

Mumtaz et al. (2016) used scenario planning technique in this study to analyze different trade routes originating from central China. The primary objective of this research paper is to validate the conceptually proposed LARG paradigm, through Chinese's logistics case study.

Hallam and Contreras (2016) After covering a large research, 60 articles from 1996 to 2016 were found as relevant to this study. The purpose of this paper is to perform a literature review of peer-reviewed journal articles examining the relationship between Lean and Green management in the light of developing an integrated management model.

Duarte et al. (2016) provide a business model canvas perspective about the LARG paradigms. To contribute to the discussion on creating an ideal type of business models to be integrated the LARG paradigm.

Rachid (2017), in this paper, preferred experimental approach to measure risk, 81 experiments based on simulation with ARENA simulator are then operated. It presents a logistics academic case study based on simulation is used to illustrate all its stages.

Gruzauskas and Vilkas (2017) conducted the scientific literature analysis demonstrating several capabilities that affect supply chain resilience. Working as a team with flexibility, integrating the labor capacity are the most effective capabilities to supply chain resilience. The goal of the paper is to analyze the essential capabilities, which can help achieve resilience, and to provide an IT-based approach to limit the trade-offs in the process.

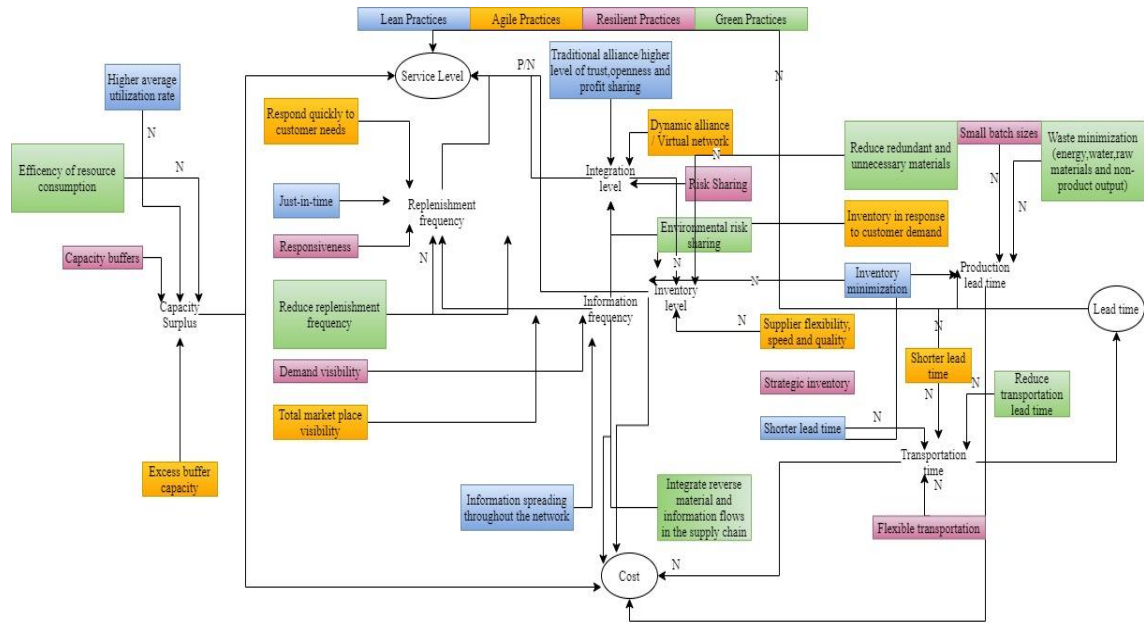
Singh et al. (2017) included selection and classification of 144 research articles in GSCM in this empirical research. The objective of the paper is to provide a critical analysis of empirical research content in GSCM.

Karutz et al. (2018) make an explorative and a qualitative research approach that uses theoretical notions from the SCM literature to explore practical perspectives. Through a case study, first thing to be done is to close the gap between theory and practice by integrating empirical information and the opinions of experts. Second thing is to improve the conceptual understanding of resilience and sustainability to some extent. The present paper aims to 1 explore the interplay of SSCM and RSCM practices from both a conceptual and a practical perspective 2 derive propositions that can be of guidance for future research.

3. MATERIALS AND METHODS

Firstly, data have been gathered from a pipe manufacturing firm. Data include, criteria, sub-criteria and practices and also pairwise comparisons from the experts. Thus, experts designated the problem according to their experiences, needs and judgments about the industry. Analytical Network Process is the method that will be used to solve the network created. In this study, research and publication ethics were followed. It is stated in this article that no legal/special permission is required.

Figure 1. Conceptual Model with LARG Practices And SC Performance (Carvalho and Cruz-Machado, 2011:42)



At this network, lean, agile, resilient and green practices have been evaluated in order to show their effect on the performance of the supply chain. The connections with the letter N mean negative effect. For example, if lead time increases, service level decreases which means that there is a negative correlation between two. All the arrows or lines without N indicate positive effect. P/N means both are possible.

3.1. Analytic Network Process

Analytic Network Process (ANP) is general form of AHP developed by Thomas L. Saaty. ANP was improved in order to be able to make evaluations and criticisms over the interrelationship of the clusters. In ANP, instead of a top-down one-way hierarchy, there is a network structure. As the criteria and alternatives in a cluster interact with each other, there may also be interactions between clusters. Therefore, it is a more powerful tool compared to AHP. ANP makes complex problems easier than AHP does. In fact, AHP is a useful technique where a hierarchy structure is constructed. In ANP, a model can begin with a control hierarchy and continue with a network or it can only consist of a network.

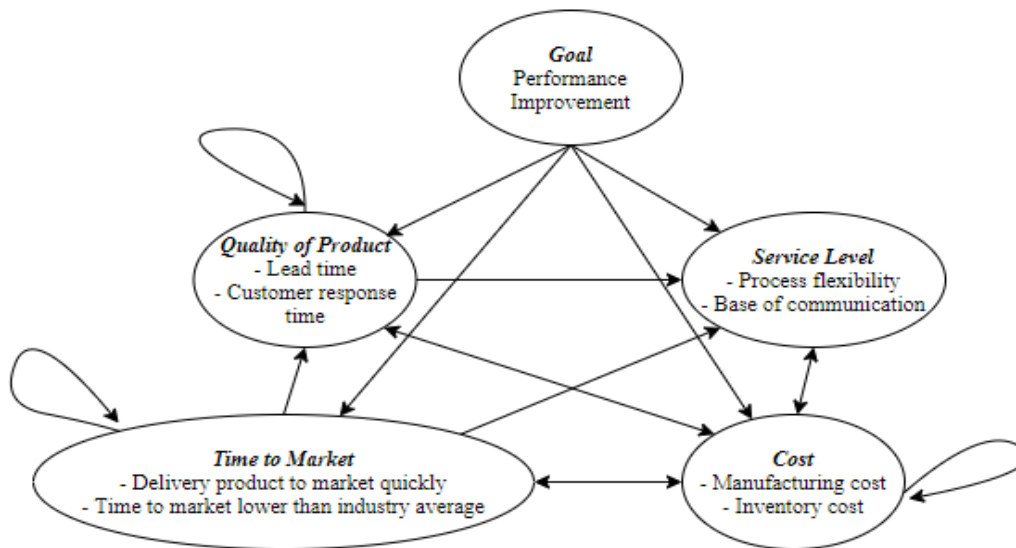
Our problem is to indicate whether LARG SCM is applicable within manufacturing industry in Turkey. Therefore, a real-life problem has been evaluated. Before getting into the details of ANP, the problem has been given. Alternatives A1, A2, A3 and A4 represents LARG projects which is going to have LARG practices solely or combined that will facilitate minimizing the cost and time aspect of the real-life problem.

Table 1. The Real-Life Problem

SUB-CRITERIA	Manufacturing Cost (thousand \$)	Inventory Cost (thousand \$)	Delivery product to market quickly (YEAR)	Time to market lower than industry average (YEAR)	Lead time (YEAR)	Customer response time (YEAR)	Process flexibility (%)	Base of communication (thousand \$)
MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MAX	MIN
A1	100	1.000	0,4167	1,0000	0,5833	0,0385	0,10	160
A2	670	350	0,5000	1,2500	0,7500	0,0192	0,30	190
A3	380	468	0,5833	1,4000	0,8333	0,0577	0,20	220
A4	250	770	0,6666	1,6000	0,9166	0,0769	0,40	250
A1	100	1.000	5 MONTHS	12 MONTHS	7 MONTHS	2 WEEKS	10	160
A2	670	350	6 MONTHS	15 MONTHS	9 MONTHS	1 WEEK	30	190
A3	380	468	7 MONTHS	17 MONTHS	10 MONTHS	3 WEEKS	20	220
A4	250	770	8 MONTHS	19 MONTHS	11 MONTHS	4 WEEKS	40	250

Step 1- Define the decision problem

Figure 2. Decision Network of the Problem



In the figure, goal, criteria and sub-criteria have been defined. It is a kind of network controlling the interdependencies among criteria and sub-criteria. Cost will be represented as C1, Time to Market as C2, Quality of Product as C3, Service Level as C4.

Step 2- Identifying dependencies

Inner dependency: Cost, Time to Market and Service Level have inner dependencies. That means there is a direct influence on one sub-criteria from another one.

One-direction dependency: The arrow showing the cluster affects the cluster from which it is coming.

Feedback: Each cluster influences the other one.

At the table below sub-criteria influences have been shown. X represents the sub-criteria in the row which has an effect on the sub-criteria in the column.

Accordingly, below schema was figured out as the network problem.

Step 3- Making pairwise comparisons

Pairwise comparisons were made by exploiting managers' experiences on the related field. All the weights have been calculated by using the same equations in AHP method. Scale of comparison table provided by Saaty and Kearns (1985) have been used to make all the comparisons.

If any of the sub-criteria in the same cluster has an influence on another sub-criterion, another pairwise comparison should be made so that the unweighted matrix can be provided. Below, e_{11} and e_{12} both have an effect on e_{21} and their weights are shown. Likewise, e_{22} and e_{32} .

In the end, all the criteria weights have been calculated with respect to goal.

Table 3. Weights With Respect to Goal

G	C1	C2	C3	C4
C1	0,4538	0,0000	0,5889	1,0000
C2	0,1959	0,6667	0,0000	0,0000
C3	0,2677	0,3333	0,2519	0,0000
C4	0,0826	0,0000	0,1593	0,0000

Step 4- Creation of the super matrix

Normalization is made by dividing the value to its sum in the related column of the weighted super matrix. All the column sums should be equal to 1.

Table 4. Normalized Super Matrix

NORMALIZED SUPERMATRIX							
0,0000	0,4538	0,0000	0,0000	0,5889	0,3926	1,0000	0,0000
0,3956	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1963	0,0000	1,0000
0,1281	0,0490	0,0000	0,6667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,1708	0,1470	0,6667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,2334	0,2677	0,2857	0,2917	0,0000	0,2519	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0476	0,0417	0,2519	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0531	0,0398	0,0000	0,0000
0,0720	0,0826	0,0000	0,0000	0,1062	0,1194	0,0000	0,0000
1	1	1	1	1	1	1	1

Step 5- Obtaining the limit super matrix

Table 5. Limit Super Matrix

LIMIT SUPERMATRIX							
0,2232	0,2232	0,2232	0,2232	0,2232	0,2232	0,2232	0,2232
0,1576	0,1576	0,1576	0,1576	0,1576	0,1576	0,1576	0,1576
0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389
0,1539	0,1539	0,1539	0,1539	0,1539	0,1539	0,1539	0,1539
0,1945	0,1945	0,1945	0,1945	0,1945	0,1945	0,1945	0,1945
0,0620	0,0620	0,0620	0,0620	0,0620	0,0620	0,0620	0,0620
0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128	0,0128
0,0571	0,0571	0,0571	0,0571	0,0571	0,0571	0,0571	0,0571

Sub-criteria weights have been found by taking the 79th power of normalized super matrix.

This has been done by exploiting a function written in Excel VBA. Afterwards, the weights have been gathered since all the column values are the same for the related row.

Table 6. Sub-Criterion Weights & Decision Alternatives

	Manufacturing Cost	Inventory Cost	Delivery product to market quickly	Time to market lower than industry average	Lead Time	Customer response time	Process flexibility	Base of communication
CRITERIA WEIGHTS	0,2232	0,1576	0,1389	0,1539	0,1945	0,062	0,0128	0,0571
A1	0,000010	0,000001	2,3998	1,0000	1,7143	25,974	0,1000	0,000006
A2	0,000001	0,000003	2,0000	0,8000	1,3333	52,083	0,3000	0,000005
A3	0,000003	0,000002	1,7143	0,7142	1,2000	17,331	0,2000	0,000005
A4	0,000004	0,000001	1,5001	0,6250	1,0909	13,003	0,4000	0,000004
SUM	0,000018	0,000007	7,6143	3,1392	5,3387	108,392	1,0000	0,000020

All the values in the above table divided by the sum of the related column.

Values are found by multiplying the criteria weight with the values in the previous calculation.

Table 7. Normalized Criteria Table

A1	0,12314	0,02161	0,04378	0,04902	0,06245	0,01486	0,00128	0,01780
A2	0,01838	0,06175	0,03649	0,03922	0,04857	0,02979	0,00384	0,01499
A3	0,03240	0,04618	0,03128	0,03502	0,04371	0,00991	0,00256	0,01295
A4	0,04926	0,02807	0,02737	0,03064	0,03974	0,00744	0,00512	0,01139

Step 6- Choosing the best alternative

The column values of the rows are added. And the scores are obtained as in table 8.

4. CONCLUSION

In this case study, operational and economical performances were evaluated by implementing ANP method. Criterion and sub-criterion weights have been found. Up to this point, for the performance

of the supply chain of the firm, it can be said that $e_{11} > e_{31} > e_{12} > e_{22} > e_{21} > e_{32} > e_{42} > e_{41}$ have the highest priority in the company’s decision-making process. Criteria weights have been provided in table 13.

After all the values have been calculated and related normalizations are done, firm can facilitate its decisions regarding the sequence of the alternatives. As it can be inferred from table, $A1 > A2 > A3 > A4$, this sequence constitutes of the firm’s priorities among the projects. While selecting one from the alternatives, the one with the lowest score implies that it is the most non-beneficial alternative. Alternative 1 should be selected first to have a better performance since it has the highest ranking.

Table 8. Score and Rankings

SCORE	RANKINGS	ALTERNATIVES
0,33394	1	A1
0,25302	2	A2
0,21401	3	A3
0,19902	4	A4
1		

Considering all the above, this study implied that it both filled a missing part in Turkish literature and provided a managerial point of view in the concept of LARG SCM. The present study investigated thoroughly a pipe manufacturing firm in Turkey. The company will be advised to benefit from ANP method as it provided a consistent outcome.

REFERENCES

Azevedo, S.G., Machado,V.C., Fazendeiro, P., (2013), “A Fuzzy LARG Index Model To The Automotive Supply Chain”, 1-18.

Azevedo, S.G., Carvalho, H., Machado, V.C., (2013) “An innovative agile and resilient index for the automotive supply chain”, *International Journal of Agile Systems and Management* 6(3):259 - 283 · January 2013.

AZFAR, Khan Rai Waqas Azfar Waqas; SHAHZAD, Naeem; MUMTAZ, Sadaf. “Application of Lean Agile Resilient Green Paradigm Framework on China Pakistan Economic Corridor: A Case Study”. *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*, [S.l.], v. 36, n. 3, p. 621-634, July 2017.

Carvalho H., Azevedo S., Machado V.C., (2014), “Trade-offs among Lean, Agile, Resilient and Green Paradigms in Supply Chain Management: A Case Study Approach”. *Proceedings of the Seventh International Conference on Management Science and Engineering Management: Focused on Electrical and Information Technology Volume II* (pp.953-968).

Dev, C.A.G., Kumar, V.S.S., (2015), “Industrial Perspective On Agile Manufacturing”. *International Journal of Technical Research and Applications* e-ISSN: 2320-8163, www.ijtra.com Special Issue 12 (Jan-Feb 2015), PP. 01-03.

Ghotbabadi, A.R., Gandae, S.T., Gandae, M.T., (2016), "Making LARG Supply Chain Management Smart and Identification of its Conditions with Management Tools of SWOT, BI, and RFID Technology," *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, Human Resource Management Academic Research Society, *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, vol. 6(9), pages 321-333, September.

Govindan, K., Azevedo S.G., Carvalho H., Machado, V.C., (2013), “Lean, green and resilient practices influence on supply chain performance: interpretive structural modeling approach”. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 12(1), 15-34.

Gružasuskas, V., Vilkas, M., (2017), "Managing capabilities for supply chain resilience through IT integration". *Economics and Business*, 30-43.

Hallam, C., Contreras, C., (2016), "Integrating lean and green management", *Management Decision*, Vol. 54 No. 9, pp. 2157-2187.

Karutz, R., Riedner, L., Vega, L.R., Stumpf, L. and Damert, M., (2018), "Compromise or complement? Exploring the interactions between sustainable and resilient supply chain management". *Int. J. Supply Chain and Operations Resilience*, Vol. 3, No. 2, pp.117–142.

Lotfi, M., Sodhi, M., Kocabasoglu, C., (2013), "How efforts to achieve resiliency fit with lean and agile practices", 1-9.

Mari, S.I., Lee, Y.H., Memon, M.S., (2014), "Sustainable and Resilient Supply Chain Network Design under Disruption Risks" in *Sustainability 2014* (6) : 6666-6686 · September 2014.

Özbek, A., (2021). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel İle Problem Çözümü, 249 3.Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Rachid, B., (2017) Supply chain improvement in LARG (Lean, Agile, Resilient, Green) context: A Risk Management Approach. 6th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT).

Sarkis, J., Dou, Y., (2017), "Green supply chain management: a concise introduction". 1 Edition. New York: Routledge, 2017.

Singh, P., Singh, N., Kumar, G., Kumar, V., Dwivedi, S., Dixit, S., Pandey, S., V.K., Mishra, (2017), "An era of changing the environmental condition by green supply chain management". *International Journal of Research - Granthaalayah*, 5(1), 144-162.

Wieland, A. and Wallenburg, C.M., (2013), "The influence of relational competencies on supply chain resilience: a relational view", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 43 No. 4, pp. 300-320.

Wieland, A. (2013), "Selecting the right supply chain based on risks", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 24 No. 5, pp. 652-668.

Wiese, A., Luke, R., Heyns, G.J., Pisa, N.M., (2015), "The integration of lean, green and best practice business principles". *Journal of Transport and Supply Chain Management*, Volume 9, Issue 1, Jan 2015, p. 1 – 10.

Presentation ID / Sunum No= 52

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-2636-5836

The Structural and Electronic Analysis of L-Prolinol

Hüseyin KARACA

Department of Chemistry, Sakarya University, 54187 Sakarya, Turkey

E-mail address: karaca@sakarya.edu.tr

Tel.: +90 264 295 60 49; fax: +90 264 295 59 50.

Abstract

L-prolinol is a chiral amino alcohol obtained from the proline that is one of the most important amino acid that is used in the structure of proteins. The structural and electronic parameters are investigated in this study. In this study, L-prolinol was studied theoretically at the level of B3LYP/6-311+G(d,p) in Density Functional Theory (DFT) methods. After calculating the geometric structure of the molecule, electronic energies, highest occupied molecular orbital (HOMO) and Lowest unoccupied molecular orbital (LUMO) energy values were calculated as -6.21 eV and -0.12 eV respectively. The HOMO LUMO band gap value, ΔE , was calculated and found to be 6.09 eV. This is a very high level that will prevent intramolecular electron transfer between HOMO and LUMO. This value makes the molecule very stable chemically.

1. Introduction

Among the molecules of great importance, amino acids occupy the most important place. There are hundreds of amino acids in nature, but there are 20 amino acids that make up proteins and are coded by DNA. Since the number and variety of amino acids in each living thing is different, the types of proteins also emerge with great differences from living to living thing. Knowing the structures of these proteins is very important in order to analyze the path to be followed in the repair of damage in tissues. Among these 20 amino acids, proline differs greatly from other amino acids in that it does not carry a primary amine group like other amino acids and that the three carbon atoms in the side chain form a ring and bind back to nitrogen in the peptide bond. With this structure, it exhibits a different structure by not carrying a primary amine group [1-3].

Prolinol is a chiral amino alcohol obtained from proline and used as a chiral building block in organic synthesis because it has a chiral structure. L-prolinol, which has a chiral structure, has two enantiomers: D-prolinol and L-prolinol, which have the D and L forms, respectively. Enantiomerically pure prolinol is also widely available, as optically pure proline is available at relatively low cost. Prolinol is used in a wide variety of chemical reactions as a chiral ligand, chiral catalyst and chiral co-reagent in many organic reactions [4,5].

Figure 1 shows the chemical structure of L-prolinol. In this study, L-prolinol from these two enantiomers will be examined. We will examine the orbital interactions of L-prolinol, which plays a very important role in many organic reactions, and make its structural analysis. Considering the many roles it plays in organic chemical reactions, its properties make it an ideal candidate for quantum chemical computing research. Neutral L-prolinol that has the nitrogen atom prolinol is capable of forming a quaternary ammonium salt. In this way it can be easily converted to the water-soluble ionic

quaternary ammonium salt. This makes L-prolinol usable as an organocatalyst in biological systems, as can be converted into a water-soluble molecule.

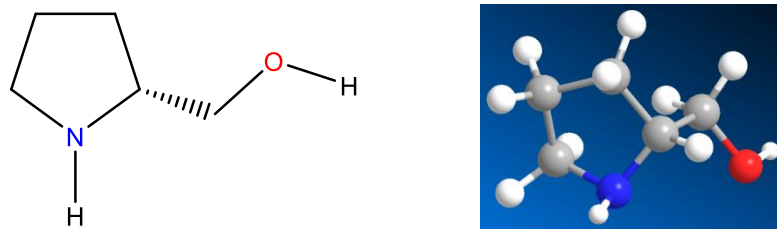


Figure 1. L-prolinol

2. The Calculation Method

The calculation of the energy and the geometry optimization for the L-prolinol were performed using the Density Functional Theory (DFT) integrated in the Gaussian 16W [6] program and the structure obtained from this calculation was visualized with the GaussView 6.0.16 [7]. The computational calculations of L-prolinol in gas phase were obtained by using Becke-3-Parameter-Lee-Yang-Parr (B3LYP) [8] method at the level of 6-311+G(d,p). The stabilization energy and orbital analysis of L-prolinol was elucidated with the help of NBO theory. The method was used as integrated in Gaussian 16W.

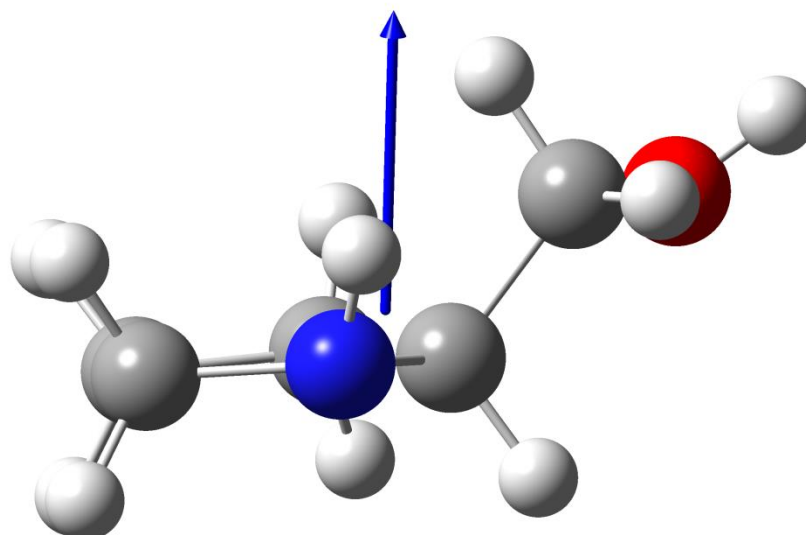


Figure 2. The geometry optimized (B3LYP/6-311+G(d,p)) structure and direction of the dipole moment of L-prolinol

3. The Results and Discussion

The three-dimensional geometry of this molecule in the gas phase was drawn in the GaussView 6 molecular imaging program. The geometry optimization and the locations and space structure of the atoms were made using the Density Functional Theory (DFT) method with the help of the B3LYP/6-311+G(d,p) basis set.

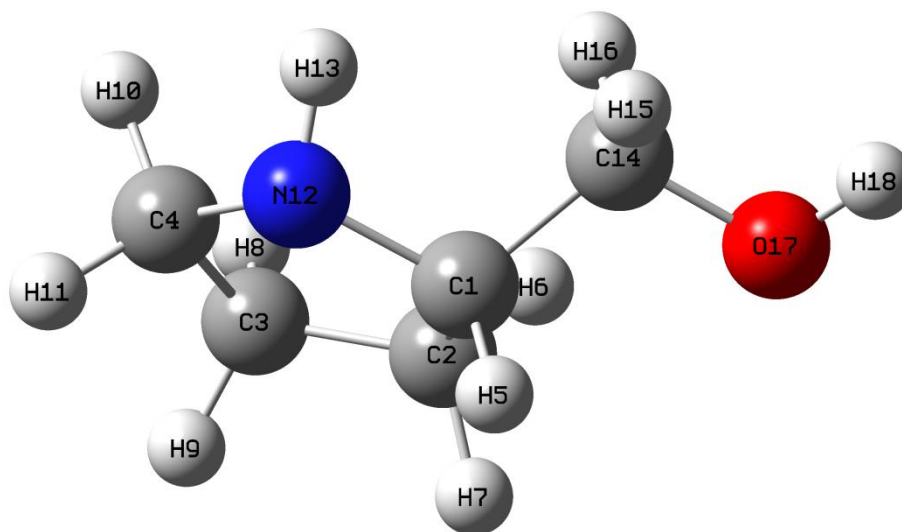


Figure 3. The numbering of atoms in L-prolinol compound

As shown in figure 3 molecule has a five membered heterocycle with nitrogen and a $-\text{CH}_2\text{OH}$ group attached to that cyclic group. This secondary amine group and hydroxide group in this molecule are highly reactive groups. Therefore, in the modifications to be made, which of these groups will not be studied, it should be protected. The bond lengths between the members forming the ring, which are N12-C1, C1-C2, C3-C3, C3-C4, N12-C4, were calculated as 1,522 Angstroms. The C1-C14 bond on the outside of the ring is calculated at 1,540 Angstroms and is longer than the ringed bonds. This ensures that the ring has a very stable and robust structure. The C14-O17 bond is shorter than these bonds due to the high electronegativity of oxygen. The C-H bonds on the ring are 1,119 Angstroms, while the C-H bonds outside the ring are 1,070 Angstroms. This is due to the long bond that the carbon atom makes with the neighboring C atom. In this way, it allows the orbitals of the carbon to contribute more to the bond it makes with the H. It is also expected that the N-H bond is 1,000 Angstroms and the O-H bond made by the O atom, which is much more electronegative, is calculated as 0.960 Angstroms.

After understanding the structural features, we begin to study electronic structures. Figure 4 shows the highest occupied molecular orbital (HOMO), lowest unoccupied molecular orbital (LUMO) and energy gap (eV). Obviously, the HOMO is dominated by the nitrogen atom, and the LUMO is mainly contributed by the oxygen atom. In addition, it exhibits a band gap (ΔE ; energy gap between HOMO and LUMO) in the 6.09 eV range. It is well known that the kinetic stability and chemical reactivity of a molecule is closely related to its band gap [19]. In addition, the hard soft acid-base character of the molecule is closely related to these values. As a general information, the compound with a wider band gap is known to be chemically stable in terms of molecular structure. From this point of view, it can be easily said that L-prolinol will not have intramolecular electron transfer (from electron donor site to electron acceptor site) in a chemical process.

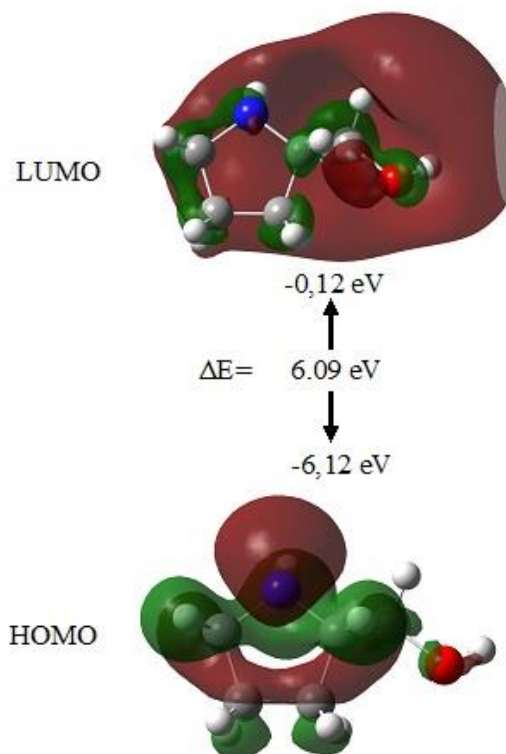


Figure 4. HOMO, LUMO and Band Gap (electron volt=eV)

Table 1. The quantum chemical parameters of L-prolinol calculated with B3LYP/6-311+G(d,p) (eV).

	L-prolinol
	B3LYP
E_{HOMO}	-6.21
E_{LUMO}	-0.12
Band Gap, ΔE	6.09
Chemical hardness, η	3.05
Global softness, σ	0.33
Global electrophilicity, ω	1.65
Ionization potential, I	6.21
Electron affinity, A	0.12
Electronegativity, χ	3.17

Table 1 shows the quantum chemical parameters of L-prolinol calculated with B3LYP/6-311+G(d,p) in electron volt unit. The calculated Chemical hardness (η) as 3.05 eV is well greater than global softness (σ) as 0.33 eV. This makes the compound a very hard compound. These values are in agreement with the homo lumo band gap.

Figure 5 show electrostatic potentials (ESP) of L-prolinol calculated with B3LYP method. The red colors show the negative surface and the blue colors show the positive surface of the molecule. The shape of the ESP along with the molecular surface is very important. This graph shows which atom on the surface of the molecule has the greater electron density. ESP gives information about the chemical

activity of any molecule. ESP is a boundary surface plot. This boundary surface plot gives you how and in what way a molecule will react. When looking at this graph, the molecule has an electron density on the nitrogen atom on its visible surface, while it shows an oxygen-dominated electron-dense region on the other surface. In this case, it explains the possibility of reactions that L-prolinol gives on both oxygen site and nitrogen site in the literature. Indeed, under different reaction conditions, L-prolinol can react from both sites.

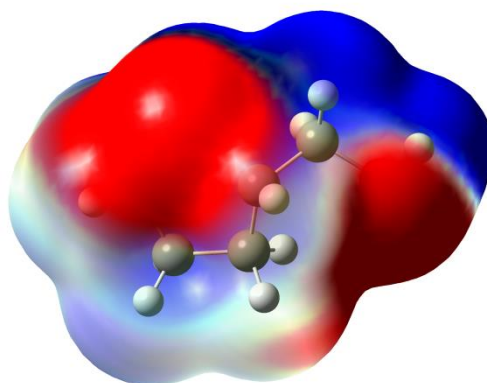


Figure 5. Electrostatic (ESP) potentials of L-prolinol. Colors for ESP are from red (negative) to blue (positive).

Figure 6 shows the calculated FTIR spectra of L-prolinol in the B3LYP/6-311+G(d,p) level. The peak at 3695 cm^{-1} is attributed to H (O-H) stretching. The peaks at 3286 and 3228 cm^{-1} are attributed to H's stretching on $-\text{CH}_2-$ bridge of OH. The peaks at 2859 and 2803 cm^{-1} are attributed to the H's stretching of CH_2 's on the ring. The other peaks appeared between 1500 and 1000 cm^{-1} are of typical C-C, C-N and C-O single bonds. All peaks are animated on GaussView 6.

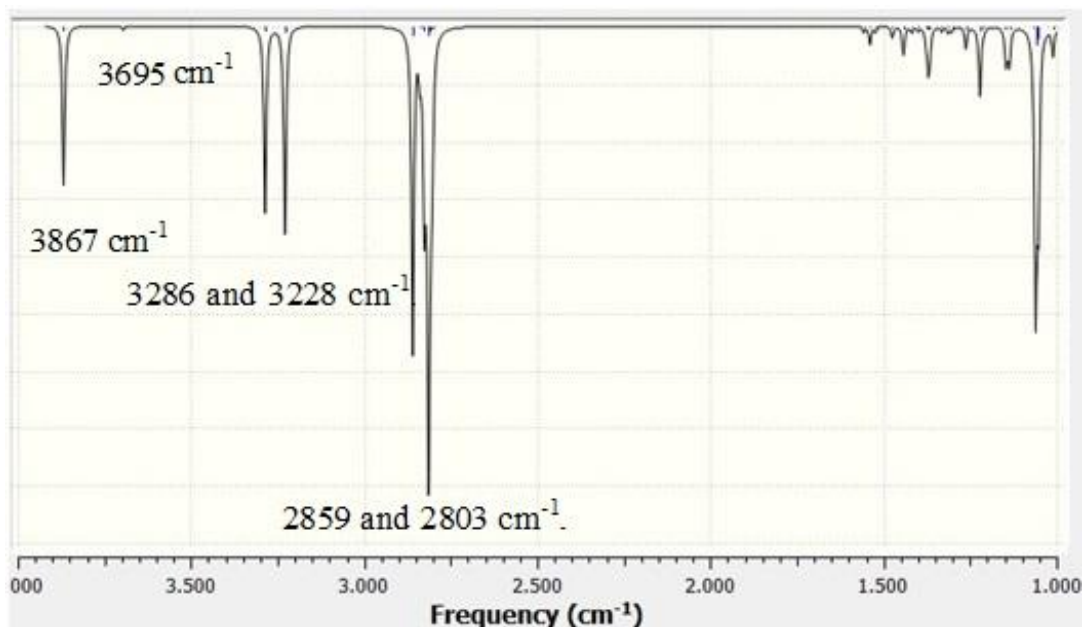


Figure 6. The calculated FTIR spectra of L-prolinol

4. Conclusion

In summary, in this study, the structural, electronic and spectroscopic properties of L-prolinol, which is used as a drug or additive in medicine and agriculture, and also as a starting material, intermediate or most importantly, chiral catalyst in very important organic reactions in chemistry, were investigated. When the ESP surface of the molecule is examined, it is seen that the nitrogen and oxygen

atoms are negatively charged on the surface part. HOMO energy level orbitals are seen on the nitrogen atom and as nitrogen atom-weighted molecular orbitals. LUMO orbitals were also seen as hydrogen atom-weighted orbitals bound to oxygen. The HOMO LUMO band gap is calculated as 6.09 eV. An energy of this magnitude is quite high in the energy required for the molecule to be kinetically stable. This ensures that the molecule remains unchanged during its action as a catalyst in the reaction medium.

5. References

[1] ILICAN S., KUŞ N., STRUCTURAL ANALYSIS AND ORBITAL INTERACTIONS OF PROLINE, Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A - Applied Sciences and Engineering, 2019, 20, 99 - 104.

[2] Polat S., Demiray B., Tekin B., Kardaş M., An Investigation of Polymorphism of Calcium Carbonate in the Presence of Proline, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2020, 20, 883 - 891.

[3] ÜSTÜN A.S., DOLAR F.S., Changes in the relative water content, dry matter and proline amount in the Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.) resistant and susceptible chickpea cultivars, Tarım Bilimleri Dergisi, 2001, 7, 1, 119 - 124.

[4] Juaristi E., Recent developments in next generation (S)-proline-derived chiral organocatalysts, Tetrahedron, 88, 2021, 132143.

[5] Milton J.P., Fossey J.S., Azetidines and their applications in asymmetric catalysis, Tetrahedron, 77, 2021, 131767.

[6] Gaussian 16, Revision C.01, M. J. Frisch, G. W. Trucks, H. B. Schlegel, G. E. Scuseria, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, X. Li, M. Caricato, A. V. Marenich, J. Bloino, B. G. Janesko, R. Gomperts, B. Mennucci, H. P. Hratchian, J. V. Ortiz, A. F. Izmaylov, J. L. Sonnenberg, D. Williams-Young, F. Ding, F. Lipparini, F. Egidi, J. Goings, B. Peng, A. Petrone, T. Henderson, D. Ranasinghe, V. G. Zakrzewski, J. Gao, N. Rega, G. Zheng, W. Liang, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, T. Vreven, K. Throssell, J. A. Montgomery, Jr., J. E. Peralta, F. Ogliaro, M. J. Bearpark, J. J. Heyd, E. N. Brothers, K. N. Kudin, V. N. Staroverov, T. A. Keith, R. Kobayashi, J. Normand, K. Raghavachari, A. P. Rendell, J. C. Burant, S. S. Iyengar, J. Tomasi, M. Cossi, J. M. Millam, M. Klene, C. Adamo, R. Cammi, J. W. Ochterski, R. L. Martin, K. Morokuma, O. Farkas, J. B. Foresman, and D. J. Fox, Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2016.

[7] GaussView, Version 6, R. Dennington, T. A. Keith, and J. M. Millam, Semichem Inc., Shawnee Mission, KS, 2016.

[8] C. Lee, W. Yang, R.G. Parr, Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density, Phys. Rev. B 37, 1988, 785-789.

Presentation ID / Sunum No= 60

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-9151-3199

Arama Motoru Optimizasyonu

Melike SARIKAYA¹, Dr. Öğretim Üyesi Mustafa YENİAD¹

¹Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Özet

Arama motoru, kullanıcıların bilgi almak veya bir sonuç bulmak için sorgu girmelerini sağlayan ve bu sorgulara göre sonuçları listeleyen bir sistemdir. İnsanlar ve veriler arasında köprü oluşturmak isteyen kişilerin internet üzerinden bilgi edinmelerini sağlar. Arama Motoru Optimizasyonu (SEO), web sayfalarını veya tüm siteleri arama motoru dostu hale getirmek ve böylece arama sonuçlarında daha üst sıralarda yer almak için optimize etme etkinliğidir. Arama motorlarının etkili bilgilere erişmesi için farklı yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada öncelikle arama motorlarının günümüze kadarki gelişim süreci, arama motoru türleri ve çalışma prensiplerinden bahsedilmiş; arama motoru optimizasyonunun aşamaları açıklanmıştır. Web taraması, indeksleme ve sıralamanın nasıl yapıldığı incelenmiş; arama motoru optimizasyonunda kullanılan algoritmalarından bahsedilmiştir. En çok kullanılan arama algoritmalarından Pagerank, Hilltop gibi algoritmalar ve arama motoru optimizasyon araçlarından Google Search Console, Ahrefs, Browseo gibi araçlar incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: SEO, Arama Motoru Optimizasyonu, Arama Motoru, Google, Arama Motoru Algoritmaları

Search Engine Optimization

Abstract

A search engine is a system that allows users to enter queries to get information or find a result, and lists the results according to these queries. It enables people who want to bridge between people and data to obtain information over the internet. Search Engine Optimization (SEO) is the activity of optimizing web pages or entire sites to make them search engine friendly and thus rank higher in search results. There are different methods for search engines to access effective information. In this study, primarily search engines are described in the development process, search engine types and working principles. Then, the stages of search engine optimization are explained one by one. How web crawling, indexing and sorting is done are examined. Then, algorithms used in search engine optimization are mentioned. The most commonly used search algorithms were compared to the algorithms such as Pagerank, Hilltop. Search Engine Optimization Tools from Google Search Console, Ahrefs, Browseo are examined and compared.

Keywords: SEO, Search Engine Optimization, Search Engine, Google, Search Engine Algorithms

1. GİRİŞ

İnternet kullanımının yaygınlaşması ile internet ortamındaki bilgilerin katlanarak artmasına yol açmıştır. Bilgi birikiminin gün geçtikçe artması da arama motorlarının ortaya çıkış nedeni olmuştur. Teknolojinin ilerlemesi ile bilgiye en hızlı şekilde ve kolay yoldan ulaşmak önem kazanmıştır. Arama motorlarının gelişmesi ve kendini sürekli olarak güncellemesi, insanlar tarafından bilgiye ulaşmak için ilk başvuru ortam olmasını sağlamıştır.

İnternet ortamında bilgi büyüklüğünün artması, arama motorlarının gelişmesi, bilgiye ulaşmak noktasında büyük kolaylık sağlamıştır. Ancak arama motorları aracılığıyla ulaşılan sonuçların, kullanıcının gerçekten aradığı bilgiler ile ne kadar ilişkili olduğu tartışılmaya başlandı. Bu soruna çözüm olarak, kullanıcıların aradığı sorgular ile en alakalı sonuçlara ulaşılabilmesi için arama motoru optimizasyon teknikleri geliştirildi.

Bu çalışma kapsamında arama motorlarının gelişim süreci incelenmiş, arama motoru türlerinden bahsedilmiş, arama motorları için geliştirilen optimizasyon teknikleri özetlenmiş ve hangi aşamalardan geçtiği tek tek açıklanmıştır. Sonuçları sıralamak için geliştirilen algoritmaların özellikleri belirtilmiş ve birbirlerine göre avantajlı dezavantajlı yönleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın temel amacı bu konuda araştırma yapacak kişilere temel olabilecek nitelikteki bilgileri vererek yeni bir arama motoru geliştirmek istediğinde katkı sağlamaktır. Bir diğer özelliği ise kişilerin veya kuruluşların kendilerine ait web sayfasını arama sonuçlarında üst sıralara taşıyabilmesi noktasında bilgi verici olmasıdır. Literatürde çok fazla çalışma bulunmadığından dolayı yeni yapılacak araştırmalara kaynak olabilecek niteliktedir.

1.2. Arama Motoru

Arama motoru, kullanıcıların bilgi almak veya bir sonuç bulmak için sorgu girmelerini sağlayan ve bu sorgulara göre sonuçları listeleyen bir sistemdir. İnsanlar ve veriler arasında köprü oluşturmak isteyen kişilerin internet üzerinden bilgi edinmelerini sağlar.

Arama motorları bir anlamda internette bulunan web sayfalarını indeksleyen yazılımlardır. Bir arama motorunun internet üzerindeki web sayfalarındaki verilere ulaşabilmesi ve indeksleyebilmesi için öncelikle internetteki tüm web sayfalarına ulaşması gerekmektedir. Bu amaçla farklı yaklaşımlar kullanan arama motorları geliştirilmiştir. Genel olarak arama motorlarında dört temel mimari kullanılmaktadır.

1.3. Arama Motoru Türleri

1.3.1. Tarayıcı Tabanlı Arama Motorları

En yaygın kullanılan arama motoru türü, tarayıcı tabanlı arama motorlarıdır. Tarayıcı tabanlı arama motorlarında ilk etapta örümcek veya tarayıcı adı verilen programlar bulunmaktadır. Bu programlar periyodik olarak İnternet'te gezinir, web sitesinin içeriğini okur ve tüm bağlantıları merkezi bir veri tabanında listeler. Web örümceği, internetteki web sayfalarını tarar ve kullanıcılar, web örümceği tarafından oluşturulan verilerde arama yapar. Bu listeler, arama motorunun dizin oluşturucusu tarafından yapılan kataloglardır. Bu indeksler, web örümceğinin web sayfalarını dolaşarak bulunduğu ve bu sayfaların içeriklerinin bulunduğu küme olarak düşünülebilir. Web örümceği, sürekli olarak internetteki sayfaları ve bu sayfaların içerisindeki bağlantıları ziyaret eden bir çalışma prensibi ile çalışmaktadır (Razbonyalı, 2011:5).

Sürekli çalışma prensibi çerçevesinde değişmeyen yöntemler kullanır. Bu nedenle, web sayfasında yapılacak herhangi bir değişiklik, o web sayfasının arama sonuçlarında görüntülenme önceliğini etkileyecektir. Bunlara ek olarak ziyaret edilen web sayfasının indekslenebilmesi için sayfanın arama örümceği tarafından ziyaret edilmesi gerektiği, bu işlemin belirli bir süre içerisinde gerçekleşebileceği unutulmamalıdır. İndekslenene kadar arama motorunun o web sayfasını hatırlaması ve sonuçlar arasında göstermesi mümkün değildir. Google ve Yahoo, tarayıcı tabanlı arama motorlarına örnektir.

1.3.2. Dizin Tabanlı Arama Motorları

Diğer bir ismi de İnsan Destekli Arama Motoru'dur. İndekslenecek web sayfasının faydalı olup olmayacağına bir insan karar vererek sistem indekslerine ekler. Resim, video gibi metin dışı içeriklerde tercih edilmektedir. Birçok arama motoru tarafından kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; MSN, LookSmart, AltaVista.

1.3.3. Hibrit Arama Motorları

Hibrit arama motoru birden fazla arama motoru yapısını bir arada kullanan arama motoru çeşididir. Arama sonuçlarının hem örümcek tabanlı, hem de dizin tabanlı arama motoru özellikleri kullanılarak elde edilen kayıtlarından görüntülenmesini sağlar. Arama yapısı diğer arama motorlarından farklı değildir. Kullanıcıdan alınan anahtar kelimeye göre arama yapılır. Hibrit arama motoru kullanan bir arama motoru ile herhangi bir kelime arandığında görseller, videolar ve metinler bir arada sonuçlanır (Razbonyalı, 2011:6).

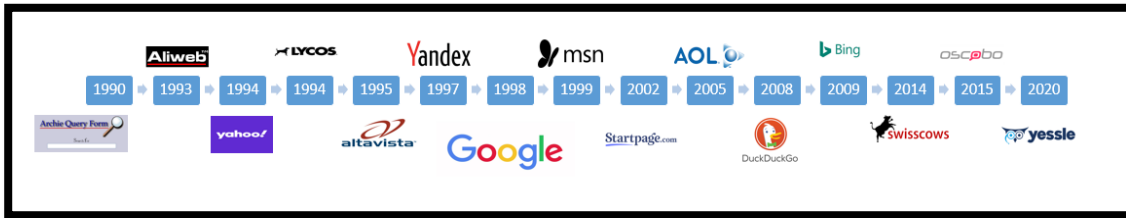
1.3.4. Dikey Arama Motorları

Dikey arama motoru, belirli bir konuda arama yapılmak istendiğinde, konu ile alakalı olmayan sonuçları ayıklayarak tamamen ilgili arama sonuçlarının görüntülenmesini sağlar. Arama motoru kapsamına giren konulara özel verileri indeksleyerek, kullanıcılara aradıkları bilgiyi içeren web sayfalarını görüntüler (Razbonyalı, 2011:19). Kullanıcılar yalnızca aradığı bilgiyi içeren sayfaları görüntülemek isterler ancak Yatay Arama Motorları bu noktada çok başarılı değildir. Bu probleme çözüm olarak Dikey Arama Motorları geliştirilmiştir. Kosmix, Scirus, Libra, MALDO, Trovit ve Medstroy bu arama motorlarına örnektir.

1.4. Arama Motoru Tarihçesi

Arama motorlarının gelişim süreci Şekil 1.1.'de gösterilmiştir. 1990 yılından bu yana birçok arama motoru geliştirilmiştir. 1998 yılında Google arama motoru hayatımıza girmiş ve en çok kullanılan arama motoru olmuştur.

Şekil 1.1. Arama Motoru Tarihçesi



2. ARAMA MOTORU OPTİMİZASYONU

Arama Motoru Optimizasyonu (SEO), web sayfalarını veya tüm siteleri arama motoru dostu hale getirmek ve böylece arama sonuçlarında daha üst sıralarda yer almak için optimize etme etkinliğidir. Arama motorlarının etkili bilgilere erişmesi için farklı yöntemler vardır.

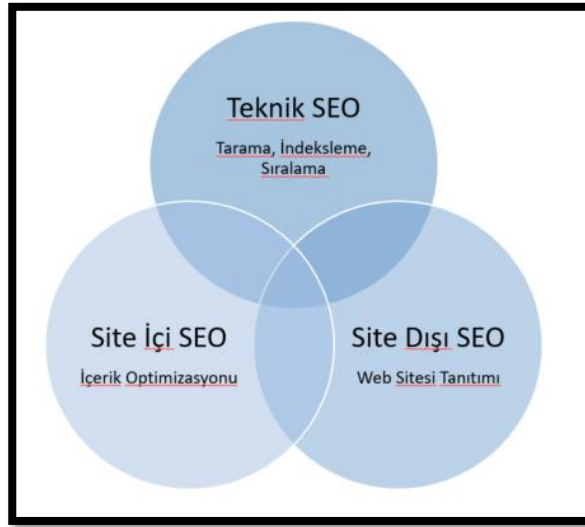
2.2. Arama Motoru Optimizasyon Teknikleri

Arama motorlarını optimize etme işlemleri için birçok farklı açıdan çalışma yapmak mümkündür. (Şekil 2.1) Temel işlem olarak site içi ve site dışı optimizasyonlar yapılmaktadır.

Site içi SEO, web sitesinin arama motoru tarafından bulunabilir hale getirme işlemidir. Anahtar kelimeler, meta etiketler, başlıklar, URL yapısı gibi birçok faktörü vardır (Optimist Hub, 2020).

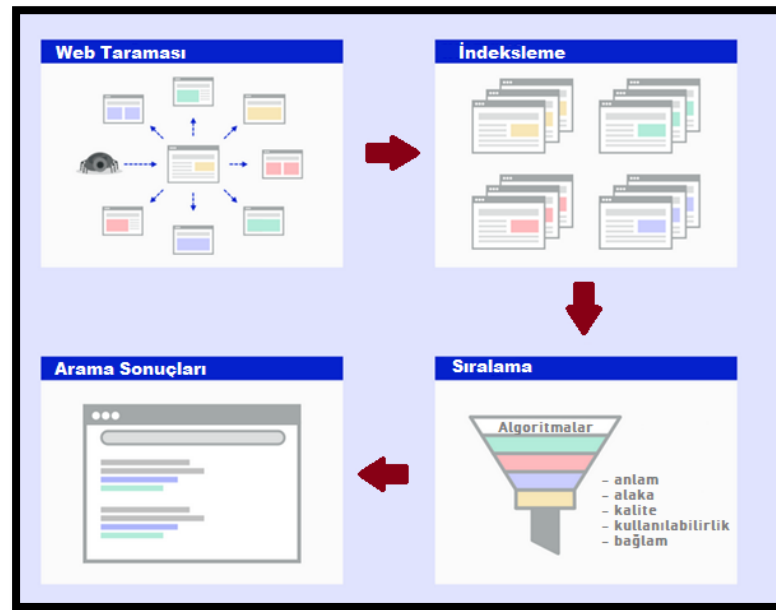
Site dışı SEO, web sitesinin site dışında yapılan her türlü tanıtım ve paylaşım çalışmalarıdır. Harici kaynaklı alınan linkler, sosyal medya kullanımı gibi faktörleri vardır (Optimist Hub, 2020).

Şekil 2.1. SEO Teknikleri



Arama motoru optimizasyonunun daha teknik kısmında ise üç farklı aşama vardır. Bunlar; web taraması, indeksleme ve listeleme işlemleridir (Şekil 2.2).

Şekil 2.2. SEO Teknik Aşamaları



2.2.1. Web Taraması

Arama motorlarının yeni ve güncel içerik bulmak amacıyla tarayıcılar veya örümcek adı verilen yazılımlar aracılığıyla yapılan keşif sürecidir. Resim, video, makale, dosya, müzik vb. birçok farklı format ve yapıdaki bilgiyi tarayıp farklı dizinler altında toplamaktadır (Muller, 2021).

Tarayıcı, bir web sitesindeki sayfaları getirir. Ardından bu sayfadaki bağlantıları takip ederek yeni web sitelerine ulaşırlar. Bu şekilde var olan trilyonlarca birbirine bağlı web sitesi sayfasına ulaşılması için bir yol oluşturur. Güvenilir web sitesiyle başlarlar ve ziyaret ettikleri sayfalarda gördükleri bağlantıları izleyerek web’deki taramalarını genişletirler.

2.2.2. İndeksleme

Bir web sayfası hakkında arama motorunun dizinine bilgi ekleme işlemidir. Dizin, arama motoru örümcekleri tarafından taranan sayfalarla ilgili bilgileri içeren bir veri tabanıdır.

Arama motorları dizinden hangi web sayfalarının hangi sırayla gösterileceğine karar vermeden önce bu web sayfalarını sıralamaya yardımcı olacak algoritmalar uygular.

2.2.3. Sıralama

Arama sonuçlarının alaka düzeyine göre sıralanmasıdır. Kullanıcının konumu, dili ve cihazı gibi birçok faktörü göz önünde bulundurularak en alakalı yanıtı bulmaya çalışır (Muller, 2021). Sıralama işlemi için birçok algoritma geliştirilmiştir.

3. ARAMA MOTORU OPTİMİZASYON ALGORİTMALARI

3.2. PageRank Algoritması

Google arama motorunun ortaya çıkış nedeni olan algoritmadır. Bir sayfanın önemini ölçme yöntemine dayalıdır. Belli faktörler göz önünde bulundurularak sayfalara verilen nümerik puanlama algoritmasıdır (Eğri, 2013:7). Sayfalara verilen bu puanlar, arama sorgusu ile sayfaların alaka seviyesini ölçmede ve kalitesine göre sitelerin sıralanmasında arama motorları tarafından temel alınır. Başlık etiketi ve anahtar kelimeler gibi diğer tüm faktörler yerine PageRank kullanımı daha verimli sonuçlar vermektedir.

3.3. TrustRank Algoritması

TrustRank, güvenilir siteler ile spam siteleri birbirinden ayırmaya yarar. Uzmanlar aracılığıyla güvenli olduğu düşünülen siteler işaretlenir ve bu siteler, kök site olarak isimlendirilir. Kök sitelerin içerisindeki linkler aracılığıyla işaret ettiği web sitelerin TrustRank değerleri hesaplanarak devam edilir. Sayfanın yaşı, sayfaya gelen linkler, sayfaya gelen linklerin yaşı gibi faktörlere göre hesaplama yapılır (Eğri, 2013:9).

3.4. HillTop Algoritması

PageRank algoritması ile birlikte çalışır. Diğer algoritmalarından ayrılan noktası, birbirlerine bağlantılı siteler arasında hangisinin uzman olduğuna karar vererek web sitesi sayfalarını tanımlar. Kaliteli geri bağlantılar oluşturularak en alakalı sayfaların üst sıralara çıkmasını sağlar (Montti, 2018).

PageRank, TrustRank ve HillTop algoritmalarının karşılaştırması Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1. PageRank, TrustRank ve HillTop Algoritmalarının Karşılaştırılması

	PageRank	TrustRank	HillTop
Bağlantı Kaynağı	İyi sayfaların birçok önemli bağlantısı vardır.	İyi sayfalar sadece iyi bağlantıları işaret eder.	Sadece uzman sayfalar iyi olan bağlantılara işaret eder.
İlk Puan Belirleme	Ortalama alınır.	1 veya 0	Algoritma uygulanır.

3.5. Google Algoritma Güncellemeleri

Google neredeyse her sene bir algoritma güncellemesi yayınlamaktadır. Google’ın algoritma güncellemelerine ait karşılaştırma tablosu Tablo 3.2’de yapılmıştır.

Tablo 3.2. Google Tarafından Geliştirilen Algoritma Güncellemeleri Karşılaştırması

	Panda (2011)	Penguin (2012)	Hummingbird (2013)	RankBrain (2015)	Mobile (2018)
Kapsamı	Web sitesinin içeriği	Geri bağlantılar	Anahtar kelimeler yerine soru cümleleri	Makine öğrenimine dayalı.	Mobil sürümler
Başarılı Yönleri	Kaliteli içerik	Doğal web sitesi bağlantıları	Doğal dil işleme yardımıyla oluşturulmuş sayfalar Sesli Arama	Kaliteli içerik Kaliteli kullanıcı deneyimi	Web sitesinin mobile uyumlu olması
Zayıf Yönleri	Kopya İntihal Zayıf içerik	Spam veya alakasız bağlantılar	Düşük kaliteli içerik Anahtar kelime doldurma	Sorguya özel alaka eksikliği Zayıf İçerik Zayıf kullanıcı deneyimi	Web sitesinin mobil versiyonunun olmaması

4. ARAMA MOTORU OPTİMİZASYON ARAÇLARI

Web sitelerinin teknik niteliklerini analiz eden yazılımlardır. Geri bağlantı analizi, içerik analizi, anahtar kelime analizi ve rakip analizi gibi pek çok yöntemi değerlendiren araç bütünüdür.

Arama motorları için site optimizasyonu yapmak oldukça önemlidir. Ancak, sitenin optimize edilmesine karşın arama motorundaki konumu belli bir süre geçmesine rağmen değişmiyorsa, web sitesinin yeniden analiz edilmesi gerekir. Bu noktada da devreye SEO araçları girer.

Ahrefs, en çok kullanılan çevrimiçi SEO araçlarından biridir. Ücretlidir. Site analizi yapar, geliştirilmesi gereken bölümleri vurgular. Anahtar kelime analizi, sıralama takibi, rakip analizi yapar (Korkmaz, 2021).

Google Search Console, Google tarafından geliştirilmiş bir SEO aracıdır. Ücretsizdir. Url Kaldırma, Site Haritası Gönderme, Bir url'in dizine eklenmesini istemek, URL'yi canlı test etmek gibi birçok özelliği bulunmaktadır (Korkmaz, 2021).

Moz, Google'ın düzenli olarak çıkardığı algoritma değişikliklerini en yakından takip etme ve verilere bunu hızlı bir biçimde yansıtılma özelliğine sahiptir. Kendini bu şekilde güncel tutması en önemli avantajlarından biridir.

Browseo, tüm grafik stilini kaldırarak, bir web sitesinin içeriğini hızlı bir şekilde kavramaya yardımcı olan güçlü bir web tabanlı araçtır.

5. SONUÇ

Arama sonuçlarında üst sıralara çıkabilmek ve daha çok kullanıcı tarafından erişilmek için web siteleri arasındaki rekabet giderek artmaktadır. Bu rekabette avantaj sağlayacak en önemli faktör ise arama motoru optimizasyon çalışmalarıdır.

Bu araştırma içerisinde arama motorunun tarihçesi incelenmiş, arama motoru çeşitlerinden bahsedilmiştir. Bir arama motoru geliştirilirken uygulanacak olan aşamalar anlatılmıştır. Tarama, indeksleme ve sıralamanın temel ilkelerini bilmek, web sitesi sahiplerinin, arama motorlarının okumasını ve anlamasını kolaylaştırmak ve onları doğru arama sonuçlarına yönlendirmek noktasında

son derece önemlidir. Sıralama için kullanılan algoritmaların özellikleri incelenerek, birbirlerinden farklı yönlerinin neler olduğu vurgulanmıştır.

Literatürde arama motorlarının analizi ile ilgili çalışmaların az olmasından dolayı bu çalışma yapılmıştır. Yeni bir arama motoru geliştirilmek istendiğinde tüm bu detaylar göz önünde bulundurularak, kullanıcının ihtiyacına göre süreç yönetilmelidir. Arama motoru optimizasyonu ile ilgili yapılacak çalışmalara kaynak olabilecek niteliktedir.

Web dinamik bir yapıya sahip olduğu için, arama motorlarının da kendisini sürekli güncel tutması gerekmektedir. Buna bağlı olarak günümüzün ihtiyacına dayalı algoritmalarını yenilemelidirler. Gelecek çalışmalar için diyalog yoluyla aramaya daha çok yoğunlaşılması önerilebilir. Kullanıcının gerçekten ulaşmak istediği bilgiye erişmek üzerine ortaya çıkan ‘Anlamsal Web (Semantic Web)’ kavramı üzerine araştırmalar yapılabilir. Anahtar kelime odaklı arama modelinden, anlamsal ve hedef bazlı arama modeline geçişe ihtiyaç olduğu değerlendirilmiştir.

6. KAYNAKÇA

RAZBONYALI, C. B. (2011). Dikey Arama Motorlarının İncelenmesi Ve Bir Dikey Arama Motoru Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

EĞRİ, G. (2013). Arama Motoru Optimizasyon Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

MONTTI, R. (2018). “Google’s Hilltop Algorithm – A Foundation for Modern SEO”, <https://www.searchenginejournal.com/hilltop-algorithm/253893>, 18.08.2018.

OPTIMIST HUB (2020). “Site İçi (On Page) SEO Nedir?”, <https://www.optimisthub.com/site-ici-on-page-seo-nedir.html>, 23.09.2020.

OPTIMIST HUB (2020). “Site Dışı (Off Page) SEO Nedir?”, <https://www.optimisthub.com/site-disi-off-page-seo-nedir.html>, 23.09.2020.

KORKMAZ, Y. (2021). “SEO Araçları”, <https://www.crmmedya.com/seo-araclari>, 15.08.2021.

MULLER, B. (2021). “How Search Engines Work: Crawling, Indexing, and Ranking”, <https://moz.com/beginners-guide-to-seo/how-search-engines-operate>, 16.08.2021.

Presentation ID / Sunum No= 31

Oral Presentation / Sözlü Sunum

Binalar İçin Sonlu Elemanlar Temelli Hasar Tespit Metodu, Ölçekli 6 Katlı Bina Modeli Üzerinde Doğrulama Testleri

Dr. Öğr. Üyesi Muammer ÖZBEK

*İstanbul Bilgi Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü
muammer.ozbek@bilgi.edu.tr*

Özet

Bu çalışmada yapılar üzerinde oluşabilecek çeşitli hasarların yerlerinin ve derecelerinin tespitini mümkün kılan bir dinamik analiz yöntemi ele alınmaktadır. Analizlerin ve yapılan hasar tahminlerinin güvenilirliği laboratuvar deneyleri ve sonlu elemanlar modeli temelli hasar benzetimleri yapılarak doğrulanmıştır. Ölçekli 6 katlı bir bina modeli üzerinde 16 adet ivmeölçer kullanılarak hassas dinamik testler ve titreşim ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen modal parametreler, SAP2000 programı kullanılarak oluşturulan sonlu elemanlar modelinin kalibrasyonunda kullanılmıştır. Doğrulan model daha sonraki hasar benzetimleri için referans olarak alınmıştır. Kat rijitliklerini adım adım azaltarak önceden belirlenen lokasyon ve derecelerde hasar benzetim senaryoları gerçekleştirilmiştir. Her analiz sonunda mod şekil değişimleri hesaplanmış ve sonraki hasar belirleme tahminlerde bir referans olarak kullanılmak üzere bir veritabanı oluşturulmuştur. Kullanılan algoritmayı doğrulamak adına yerleri ve dereceleri daha önce bilinen hasar durumları analiz edilmiştir. Hasarlı binalar için çıkarılan mod şekilleri veritabanındaki bilgilerle karşılaştırılarak hasar özellikleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen analizlerin sonuçları farklı katlarda aynı anda çoklu hasar durumunda bile hasar özelliklerinin yüksek bir doğrulukla belirlenebildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sistem tanılama, Dinamik analiz, Yapısal sağlık takibi, Titreşim ölçümü

A Finite Element Model Based Damage Detection Methodology for Buildings, Validation Tests on a Scaled 6 Story Building Model

Abstract

A dynamic analysis methodology, which enables location and degree of damage on a structure to be determined, is introduced. Reliability of the analyses and the corresponding damage estimations are validated through laboratory experiments and FEM based damage simulations. Extensive dynamic tests and vibration measurements are conducted on a scaled model of 6 story building by installing 16 accelerometers on the structure. The modal parameters are extracted and then used to calibrate a representative finite element model constructed by using SAP2000 program. The validated model is used as a reference for damage simulations. Successive damage scenarios with prescribed damage levels and locations are simulated by decreasing the stiffness of selected stories gradually. The corresponding changes in mode shapes are calculated and used to generate a damage library which will be used as a

reference for further estimations. In order to validate the utilized algorithm, damage cases with known location and degree are analyzed. The damage properties are re-estimated by comparing the obtained mode shapes with the reference records in the database. The results of the analyses reveal that even for multiple damage at different stories damage properties can be determined with very high accuracy.

Keywords: System identification, Dynamic analysis, Structural health monitoring, Vibration measurement

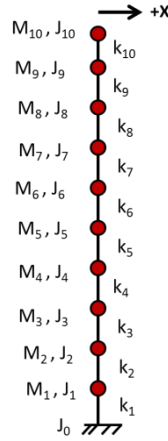
1. GİRİŞ

Yapısal sağlık takibi, izlenen yapının mevcut durumu ve hizmet verilebilirliği hakkında doğru ve hassas bilgi sağlamayı ve yapı üzerinde oluşması muhtemel hasarların yerini ve derecesini belirlemeyi amaçlar. Bu amaçla salınım frekansları (Wang vd., 2020:201; Gallipoli vd. 2020:19), mod şekilleri (Gara vd. 2021:147; González vd. 2021:233) gibi önceden belirlenmiş bazı dinamik özellik ve göstergeler sürekli veya düzenli olarak gözlenmektedir. Bu parametrelerde karşılaşılan beklenmedik ve ani değişimler yapıda meydana gelmiş hasarla ilişkilendirilebilir.

Bu çalışmada da yapılar üzerinde oluşabilecek çeşitli hasarların yerlerinin ve derecelerinin tespiti amacıyla kullanılacak bir dinamik analiz yöntemi ele alınmaktadır. Tartışılan yöntem, sağlam bir matematiksel metot üzerine kurulmuş ve yaygın bir şekilde kullanılan mod şekli eğriliği (mode shape curvature) yönteminin (Gorgin, 2020:27; Karami-Mohammadi vd. 2020:19, Chen vd. 2021:160) modifiye edilmiş bir versiyonudur. Çalışılan analiz tekniği de temel yöntemde olduğu gibi, sağlıklı referans bina ve hasarlı bina üzerinde hesaplanan mod şekillerinin karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. Yapılan karşılaştırmalarda göreceli modal yer değiştirmelerinin önemli ölçüde farklılaştığı yerlerin belirlenmesi ile hasar seviyesi ve yeri anlaşılabilir. Gerekli mod şekilleri, operasyonel modal analiz yöntemleri kullanılarak yapı üzerinde alınan titreşim ölçümlerinden çıkarılabilir veya doğrulanmış bir sonlu eleman modeli üzerinde yapılan Özdeğer Analizleri (Eigenvalue Analysis) ile hesaplanabilir.

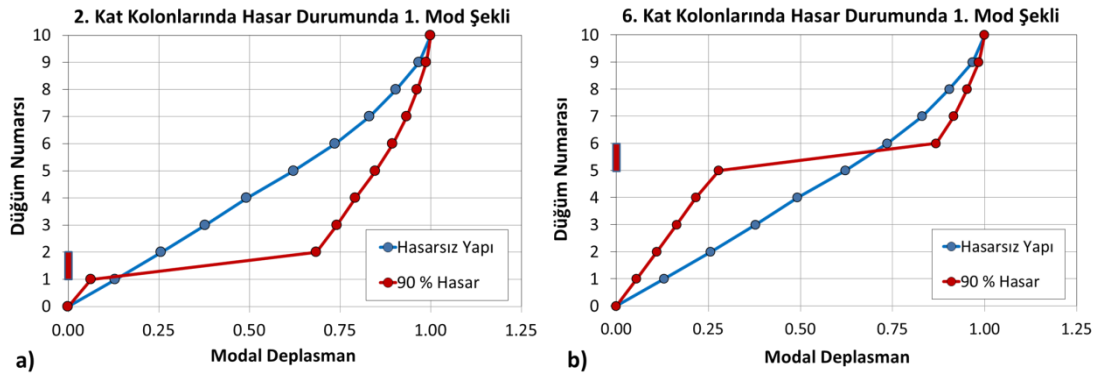
Bir sonlu eleman modelinin kullanılması, tasarımcının farklı lokasyonlarda aynı anda oluşabilecek hasar durumlarını içeren karmaşık senaryoları inceleyebilmesini sağlar. Bu nedenle model tabanlı analiz yaklaşımı, yapı üzerindeki karmaşık hasar mekanizmalarını çözmek için yeni fırsatlar sunmaktadır (Shittu vd., 2021:215; Chung vd., 2021:113). Çağdaş mühendislik yapılarının çoğu sonlu eleman modelleri kullanılarak tasarlandığından, mevcut bu modellerin ek bir düzenlemeye gerek kalmadan hasar tespiti amacıyla da kullanılacakları varsayılmaktadır.

Yapı üzerinde belirli bir katta hasar meydana gelirse, bu katta hesaplanan göreceli kat öteleme oranı, hasarlı katın altında veya üstündeki katlar için hesaplanan oranlardan daha büyük olacaktır. Eğer bu analizde mutlak yer değiştirmeler kullanılırsa, elde edilen değerler uyarıcı kuvvetin büyüklüğüne bağlı olacaktır. Bu nedenle, yukarıda belirtilen analiz, yapı üzerinde ölçülen gerçek yer değiştirmeler değil, modal yer değiştirmeler kullanılarak yapılmıştır. Çalışma kapsamında, Şekil 1'de gösterilen çok serbestlik dereceli (MDOF) model kullanılarak analizler yapılmış, seçilen katlarda önceden belirlenen seviyelerde hasarlar oluşturularak farklı senaryolar incelenmiştir. Şekil 1'de her kata ait düğüm numaraları, kat kütleleri ve rijitlikleri sırasıyla J, M ve k sembolleri ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Çok serbestlik dereceli yapı modeli

Sadece 2. veya 6. katlarında hasar oluşmuş bir yapı için hesaplanan mod şekillerinin, hasarın yerine bağlı olarak nasıl değiştiği aşağıda sırasıyla Şekil 2a ve b'de gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere hasarın 2. katla sınırlı olması durumunda 2. kattaki göreceli modal deplasman, hasarlı katın alt ve üstündeki katlara göre çok daha yüksek olmaktadır. Benzer şekilde 6. katın hasar görmesi durumunda bu kat için hesaplanan göreceli modal deplasman alt (5.kat) ve üstteki (7.kat) deplasmanlara göre farklılık göstermektedir. Şekilde hasarlı durum olarak kat rijitliğinin % 90 mertebesinde kaybedildiği bir durum incelenmektedir. Böyle yüksek bir hasar oranı pratikte mümkün olmasa bile mod şekillerinin nasıl farklılaştığını daha iyi gösterebilmek adına böyle yüksek bir değer analiz edilmiştir.



Şekil 2. Mod şeklinin hasarın lokasyonuna göre değişimi

Yapısal tepkide gözlemlenen bu değişimi ölçmek için öncelikle x koordinatları sağlıklı yapının, y koordinatları da hasarlı yapının modal deplasmanlarından gelecek şekilde yeni veri noktaları üretilerek yeni bir diyagram çizilir. Daha sonra ardışık mod düğüm noktaları arasında kalan doğru parçalarının birbirlerine göre oluşturduğu kırılma açıları hesaplanır. Bu kırılma açılarının, o kat için bilinen rijitlik kaybına göre değişimi incelenerek yeni bir referans eğrisi oluşturulur. Hasar analizleri sırasında, seçilen kattaki rijitlik her adımda kademeli olarak %1 azaltılır. İstenen aralıkta tüm hasar seviyeleri tek tek simüle edilir, incelenen rijitlik kaybına karşılık gelen açı değişimleri hesaplanır ve bir referans hasar eğrisi oluşturmak için kullanılır. Belirli bir kat için hesaplanan göreceli açı veya başka bir ifade ile kırılma açısı yalnızca bu katta meydana gelen hasara bağlıdır ve diğer katlarda oluşmuş hasarlardan etkilenmez. Bu nedenle, bu yeni yöntem, aynı anda farklı katlarda karşılaşılan çoklu hasarların doğrusal olarak toplanabilmesine de olanak tanır.

2. DİNAMİK TEST MODELİ

Laboratuvar testleri için kullanılan 6 katlı ölçekli bina modeli ve SAP2000 programı kullanılarak oluşturulan sonlu elemanlar modeli aşağıda Şekil 3'te görülmektedir. Modelde her kata 10 kg kütleyle sahip metal bloklar sabitlenmiştir. Dinamik testler ve titreşim ölçümleri için kullanılacak yapıya 16 adet tek eksenli ivmeölçer yerleştirilmiştir. Bu sensörler tarafından eş zamanlı olarak elde edilen titreşim verisi Artemis operasyonel modal analiz yazılımı kullanılarak çözümlenmiş ve dinamik özellikler

belirlenmiştir. Aşağıda Tablo 1, ölçekli modelin ana titreşim modları için hesaplanan periyotları ve sönümlenme oranlarını göstermektedir. Bu değerler, hasar simülasyonlarında kullanılan sonlu elemanlar modelini kalibre etmek için kullanılmıştır

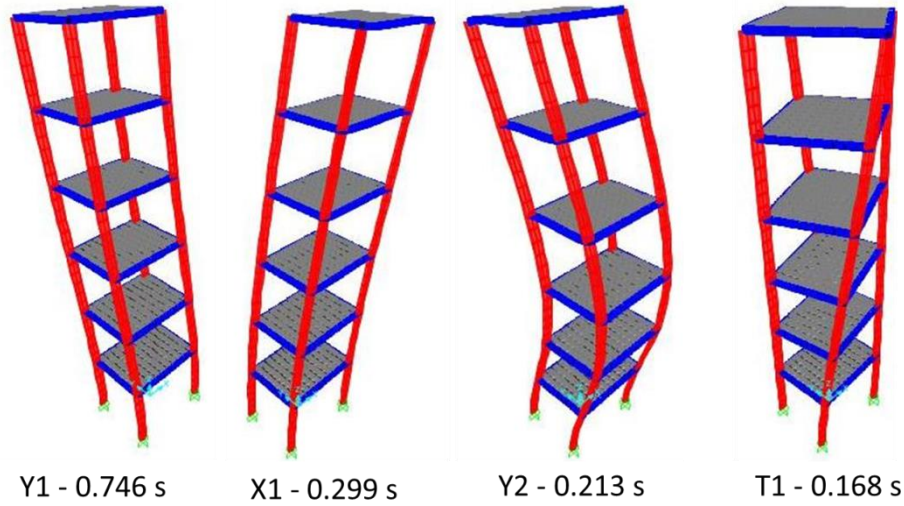


Şekil 3 Ölçekli 6 katlı bina modeli ve SAP2000 sonlu elemanlar modeli

Tablo 1. Deneysel olarak hesaplanan modal parametreler

Titreşim Modu	Periyot (sn)	Sönümlenme (%)
Y yönlü 1. Eğilme Modu	0.746	2.95
X yönlü 1. Eğilme Modu	0.299	2.52
Y yönlü 2. Eğilme Modu	0.213	1.93
1. Burulma Modu	0.168	2.37
Y yönlü 3. Eğilme Modu	0.110	2.09
X yönlü 2. Eğilme Modu	0.076	1.64
Y yönlü 4. Eğilme Modu	0.069	1.73
Y yönlü 5. Eğilme Modu	0.049	3.37
2. Burulma Modu	0.046	1.45

Elde edilen titreşim modlarına ait şekillerden bazıları aşağıda Şekil 4. de gösterilmektedir.



Şekil 4. SAP2000 programından elde edilen bazı mod şekilleri.

3. HASAR SİMÜLASYONU ve ANALİZ SONUÇLARI

Seçilen katların rijitlikleri önceden belirlenen değerlerde azaltılarak daha önce kalibre edilmiş ve doğrulanmış model üzerinde hasar analizleri yapılmıştır. Yapısal bileşenlerin rijitlikleri, elastisite modülü ile doğru orantılı olduğundan bu özellik, katlardaki hasarın derecesini ölçmek için seçilmiş ve farklı hasar seviyeleri modellenmiştir. Doğrulama amacıyla 2, 4 ve 6. katlarda eş zamanlı hasarı içeren çoklu hasar durumları analiz edilmiştir. Hasarlı yapının mod şekli SAP2000 programı kullanılarak elde edilmiş ve sağlıklı referans ile karşılaştırılmıştır. Hesaplanan mod şekli açılara karşılık gelen hasar değerleri, yukarıda açıklanan şekilde önceden çizilmiş referans eğrilerinden okunarak elde edilmiştir. Aşağıda sunulan Tablo 2, öngörülen ve hesaplanan hasar seviyelerini karşılaştırmaktadır. Tablodan da görüleceği üzere hasarın derecesi çok yüksek bir doğrulukla hesaplanabilmektedir. Yapılan tahminlerde maksimum hata % 2.5 mertebindedir. Bu değer yeterli olmakla beraber analizlerde yüksek modların da kullanılmasıyla daha da iyileştirilmesi beklenebilir.

Tablo 2. Belirlenen ve hesaplanan hasar durumlarının karşılaştırılması

Hasarlı Kat	Hasar Göstergesi Kırılma açısı	Modellenen Hasar % rijitlik kaybı	Hesaplanan Hasar % rijitlik kaybı	Tahmin hatası %
2	Kırılma Açısı 1	30	30.7	2.3 %
4	Kırılma Açısı 3	45	45.4	0.8 %
6	Kırılma Açısı 5	20	19.5	2.5 %

Sonlu elemanlar modeli üzerinde yapılan analizlerin ardından laboratuvarda ölçekli model üzerinde çeşitli hasarların tespit edilebilirliğine dair fizibilite testleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 2, 4 ve 6. kat kolonlarına kısmen kesmek suretiyle çeşitli zararlar verilmiş ve hasarlı yapının titreşim tepkisi ölçülmüştür. Laboratuvar deneyleri sadece hasarın yerinin dinamik testlerden belirlenip belirlenemeyeceğini kontrol etmek için kullanılmıştır. Ahşap kolonlar üniform ve izotropik mekanik özelliklere sahip olmadığından kısmen kesmek suretiyle kat rijitliğinde meydana getirilen hasarı büyük bir doğrulukla derecelendirmek mümkün görülmemiştir. Bu nedenle bu ölçümler, hasarın derecesinden ziyade yeri hakkında çok faydalı bilgiler sağlayan niteliksel analizlerin yapılması amacıyla değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Chen, Y., Escalera Mendoza, A.S., Griffith, D.T., (2021). Experimental and numerical study of high-order complex curvature mode shape and mode coupling on a three-bladed wind turbine assembly. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 160.
- Chung W.C., Pestana GR, Kim M., (2021). Structural health monitoring for TLP-FOWT (floating offshore wind turbine) tendon using sensors. *Applied Ocean Research*:113,1-15.
- Karami-Mohammadi, R., Mirtaheri, M., Salkhordeh, M., Hariri-Ardebili, M.A. (2020). Vibration anatomy and damage detection in power transmission towers with limited sensors. *Sensors (Switzerland)*: 20(6).
- Gallipoli, M.R., Stabile, T.A., Massolino, G., Mucciarelli M., Abu Zeid N., Chiauzzi L., Bignardi, S., Rebez, A., (2020). Structural health monitoring of the Ferrara University before and after the 2012 Emilia (Italy) earthquake, and after the damage repairs. *Structural Health Monitoring*: 19(3), 838-853.
- Gara, F., Arezzo, D., Nicoletti, V., Carbonari, S. (2021). Monitoring the Modal Properties of an RC School Building during the 2016 Central Italy Seismic Swarm. *Journal of Structural Engineering*: 147(7).
- González, W.M., Boroschek, R.L., Bilbao, J.A., (2021). Temperature measurement assisted modal tracking of an instrumented building. *Engineering Structures*: 233.
- Gorgin, R. (2020). Damage identification technique based on mode shape analysis of beam structures. *Structures*: 27, 2300-2308.
- Shittu A.A., Mehmanparast A., Hart P., Kolios A., (2021). Comparative study between S-N and fracture mechanics approach on reliability assessment of offshore wind turbine jacket foundations. *Reliability Engineering and System Safety*: 215:1-15.
- Wang, H., Mao, J.-X., Xu, Z.-D., 2020. Investigation of dynamic properties of a long-span cable-stayed bridge during typhoon events based on structural health monitoring. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*: 201.

Presentation ID / Sunum No= 35

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0860-1498

Sakinşehir Seferihisar’da Çevreyle Uyumlu Ulaşım Seçeneklerinde Bisikletin Yeri

Arş. Gör. Dr. Nermin Merve YALÇINKAYA¹

*¹Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
nbaykan@cu.edu.tr*

Özet

Ulaşım, bir alan kullanım tipi olarak, diğer kullanımların etkinliği ve işlevi üzerinde doğrudan etkili bir dinamikdir. Farklı peyzaj karakter alanları üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olan ulaşım, mekânsal planlama süreçlerinde özel amaçlı planlama gerektirmektedir. Korunan alanların, hassas biyotopların ve endemik açıdan zengin ekosistem bütünlüğüne sahip doğal yapının dikkate alındığı yer ve güzergâh seçimi vb. kararlar sürdürülebilir kalkınma adına oldukça önemlidir. Ulaşım politikalarının yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası ölçekte çevrenin tüm bileşenleri üzerindeki etkisi dikkate alındığında; ulaşımın kırsal ve kentsel alan kullanımları için yönlendirici nitelikte olduğu ifade edilebilir. Bu nedenle, ulaşım sistemlerinin niteliği, her ölçekte sürdürülebilirlik ve yaşam kalitesini doğrudan etkileyen bir aktördür. Etkin bir bisiklet yolu sisteminin kentsel ulaşım ağına entegrasyonu ve kullanıcıların teşviki, motorlu taşıt kullanımı, yüksek emisyon düzeyi, trafik sorunu ve park yeri yetersizliği gibi kentsel yaşam kalitesini olumsuz etkileyen faktörleri azaltmada ve kentsel sürdürülebilirliği desteklemede etkili olacaktır. Bu çalışmada, kentlerin sürdürülebilirliği üzerinde doğrudan etkili bir dinamik olan bisiklet yolunun alternatif bir ulaşım sistemi olarak kentsel ulaşım ağına entegrasyonu üzerine bir uygulama yürütülmüştür. Çalışma alanı olarak İzmir’in Seferihisar ilçesi seçilmiştir. Çalışmanın sonucunda, kentin alan kullanım yoğunlukları, güzergâh bağlantıları ve mevcut ulaşım ağının fiziki koşulları göz önüne alınarak bisiklet ulaşım sistemi önerisi sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Türkiye, sakinşehir, sürdürülebilir ulaşım

Bicycle as a Eco-friendly Transportation Option in Cittaslow Seferihisar

Abstract

Transportation as a land use type is a dynamic that affects the efficiency and functionality of other land uses. Transportation, which has a great impact on landscape character areas, need to be taken into consideration in spatial planning. Decisions on the selection of transport routes and location where protected areas, sensitive biotopes and natural structure with endemic-rich ecosystems are preserved,

provide sustainable development. Considering the impact of transportation policies on all components of the environment on a local, regional, national and international scale; it can be stated that transportation shapes the land uses in rural and urban areas. Therefore, the quality of transportation systems in cities is the actor that directly affect the sustainability and quality of urban life. Integration of an effective bicycle path system into the urban transportation network will be effective in reducing the factors that negatively affect the quality of urban life such as motor vehicle use, high emission level, traffic problems and lack of parking spaces; provide urban sustainability as well. In this study, a research is carried out on the integration of the bicycle path, which is a dynamic that has a direct effect on the sustainability of cities, as an alternative transportation system to the urban transportation network. İzmir-Seferihisar is chosen as the study area. As a result of the study, a bicycle transportation network is proposed considering the urban density, routes linking locations and the physical conditions of the existing motorized transportation network.

Keywords: Turkey, cittaslow, sustainable transportation

1. GİRİŞ

Ulaşım, kentlerin dolaşım sistemleri olarak, kentsel bileşenlerin işleyişinde oldukça önemli olan ve etkin rol oynayan bir dinamiktir (Litman ve Burwell, 2006; Özalp, 2007; Headciar, 2009; Yalçınkaya ve ark., 2018). Buna karşılık, ülkelerin CO₂ salınımına ilişkin raporlarında ise en yüksek paya sahip olan sektörlerin başında gelmektedir (EPA, 2018). Bu durum, bu denli önemli bir dinamik olan ve yoğun kullanılan ulaşım sektörü karar verme süreçlerinin doğal ve kültürel çevre bileşenlerine etkileri düşünülerek etkin yürütülmesi gerekliliğinin bir gerekçesi olarak ifade edilebilir. Ulaşım sektörünün, iktisadi ve sosyal diğer sektörlerin işleyişini desteklemesine karşılık, çevresel açıdan olumsuz etkileri bulunmaktadır (Yalçınkaya, 2019). Özellikle, kent merkezlerinde yaşayan nüfus için motorlu taşıt kullanımı ağırlıklı karayolu ulaşım sistemi farklı sosyal sorunlara neden olmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Karayolu Taşımacılığının Çevre Üzerindeki Olumsuz Etkileri (WHO, 2000; Yalçınkaya, 2019)

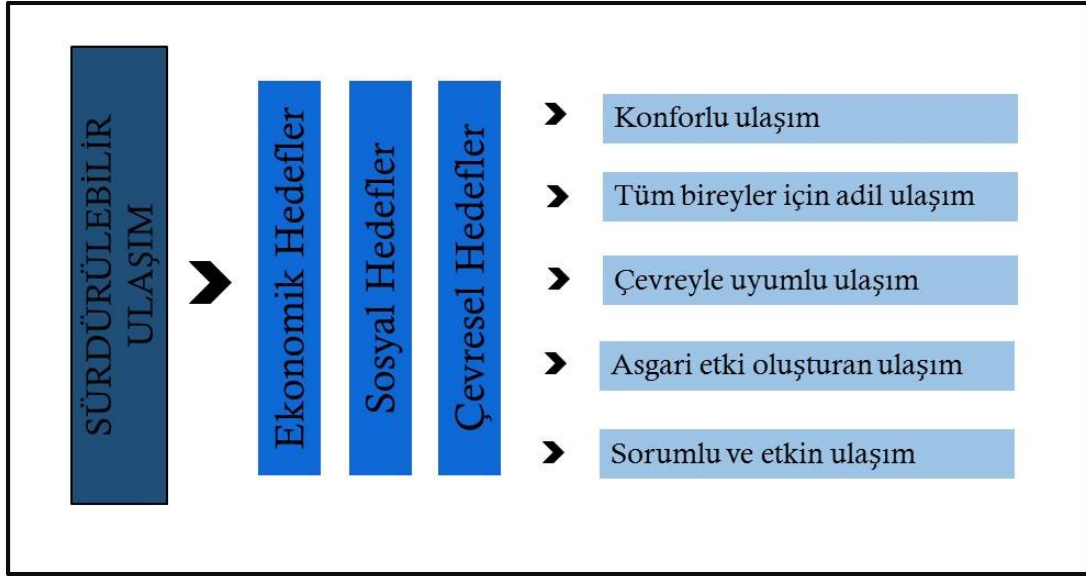
Hava kalitesine olumsuz etki	CO ₂ , NO _x , SO _x , CO, O ₃ , HC, VOC vb. salınımları görülmektedir.
Su kalitesine olumsuz etki	<ul style="list-style-type: none"> • Hidroloji ve morfoloji sisteminde değişikliklere neden olabilen hidroteknik işler (tarama, drenaj vb.), • Yük taşımacılığında malların yüklenmesi/boşaltılması esnasında ya da farklı nedenlerle meydana gelen kazalar sonucu dökülmeler, • Karayolu taşımacılığında kaynaklanan kontamine olmuş yağmur suları, • Trafikten kaynaklanan salınımlar ve su üzerindeki yolların geçişini sağlamak için yapılan köprüler/viyadükler gibi akarsu yataklarına etkisi olan yapılar.
Toprak kalitesine olumsuz etki (erozyon ve kirlilik)	<ul style="list-style-type: none"> • Yol yapımı için toprak yüzeyinin kazılması ve kaldırılması verimli toprakların kaybına neden olmaktadır. • Hava kirleticileri, petrol ürünleri ve kimyasal maddelerin meydana gelen kazalar sonucu dağılımları ve antifriz/kar temizleme ürünleri toprak kirliliğine neden olmaktadır. • Bunun yanı sıra, atmosferdeki kirletici salınımlarına yüksek oranda etkisiyle, yolların çevresindeki toprakların kirlilik düzeyi artmaktadır.
İklim değişikliği	Karayolu, sera gazı salınımına en fazla etkisi olan ulaşım modudur. Bu durumun başlıca nedenleri arasında, yıllara göre artış gösteren yolcu ve yük talebi, taşıma sürelerinin artması,

	otopark sayısındaki artış, ulaştırma altyapısının mevcut durumu, araçların durumu ve kullanılan yakıt türü yer almaktadır.
Gürültü kirliliği	Toplum üzerinde fizyolojik, sosyolojik ve psikolojik birçok etkiye neden olmaktadır.
Biyoçeşitlilik	Yaşam ortamlarının kaybedilmesi ve parçalanması, flora ve faunadaki belirli tür sayılarında azalma, yaban hayatındaki ölüm oranı gibi sonuçlar gözlenmektedir.
Arazi kullanımı	Karayolu ulaşım yapılarının kentsel ve kırsal peyzaj üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Bu yapılar, sosyo-ekonomik bütünlüğün bozulmasına, gürültü ve koku seviyelerinin artmasına ve de görsel etkiler ile farklı peyzaj karakterleri üzerinde bozulmalara neden olabilir.
Atık oluşumu	Ulaşım yapılarının inşa, modernizasyon, ıslah ve bakım süreçlerinde çeşitli atıklar oluşmaktadır.

Karayolu ulaşım faaliyetlerinin Çizelge 1’de verilen çevresel faktörler üzerindeki etkileri, peyzajlar üzerinde; mekânsal ve sektörel yönden değerlendirilebilir. Mekânsal yönden, alan kullanımları arasında en fazla yüz ölçümüne sahip karayolu ulaşım ağları, kentsel ve kırsal peyzajlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Planlanan yer ve güzergâhların, korunan alanlar, hassas biyotoplar ve endemik açıdan zengin ekosistemlere sahip doğal yapı üzerindeki muhtemel etkilerinin dikkate alınması; doğal potansiyelin öneri kullanımlara yönelik duyarlılığının tespitini sağlayacaktır. Bu doğrultuda, peyzaj karakter alanlarının yapısını olumsuz etkileyecek kullanım ve faaliyetlerin etki boyutunun analitik araçlar ile belirlenmesi ardından, alınacak önlemlere karar verilmesi sürdürülebilir kalkınma adına oldukça önemlidir. Bu doğrultuda ifade edilebilir ki; farklı peyzaj karakter alanları üzerinde ciddi boyutta etkiler oluşturabilecek potansiyeldeki ulaşım, mekânsal planlama süreçlerinde en temel alan kullanım tiplerinden biri olarak, özel amaçlı planlama gerektiren sektörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle, bütüncül planlama yaklaşımı gözetilerek ulaşım planlamasının ülkesel ölçekte hazırlanan ulaşım politikalarından yerel ölçekteki ulaşım ağlarına kadar hiyerarşik olarak uyumlu ve birbirini destekleyici süreçle gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Yalçınkaya, 2019).

Sektörel yönden değerlendirildiğinde, karakteristik yapısı nedeniyle, nitelik ve nicelik olarak ulaşım sektöründe yaşanan gelişmeler turizm, tarım, eğitim, sağlık vb. diğer sektörlerin işleyişi ve ülkelerdeki yaşam standartlarının yükselmesi adına büyük önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, ulaşımla ilgili faaliyetler, kentsel planlamanın diğer parametreleri ve sanayi, enerji vb. sektörler ile doğrudan ilişkilidir (Litman ve Burwell, 2006). Bu nedenle ifade edilebilir ki, ulaşım sektörünün doğrudan veya dolaylı olarak bütüncül çevre yönetimi sürecine etkisi oldukça fazladır (Yalçınkaya, 2019).

Bütüncül çevre yönetimini destekleyen bileşenler arasında en büyük payın ise sürdürülebilir ulaşım yaklaşımına sahip çevreyle uyumlu ulaşım alternatifleri olduğu ifade edilebilir. Küresel perspektifte yaşanan değişim sürecinin etkisiyle birçok sektörde gözlenen yeni yaklaşımlar, ulaşım eğilim ve önceliklerini de etkilemektedir. Böylelikle, özellikle küçük kentlerde, motorlu taşıt ulaşımına alternatif olarak bisiklet ulaşımı vb. çevreyle uyumlu ulaşım faaliyetleri tercih edilmeye başlanmıştır. Çevreyle uyumlu ulaşım, kavramsal çerçevede sürdürülebilir ulaşım yaklaşımı ile ortak paydada yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Sürdürülebilir Ulaşım Bileşenleri

Kentlerdeki farklı çevresel dinamikleri gözetererek koruma-kullanma dengesine dayalı ulaşım faaliyetlerini kapsayan sürdürülebilir ulaşımın kentsel sürdürülebilirliği destekleyici önemli bir araç olmasından yola çıkılarak ifade edilebilir ki; farklı ölçeklerde geliştirilen planlama çalışmaları ve takiben uygulama süreçlerinin niteliği oldukça önemlidir (Litman ve Burwell, 2006; Knoflacher ve Öcalır, 2011). Bu nedenle, kentlerin yönetim planları kapsamında çevreyle uyumlu ulaşım alternatiflerinin ağırlıklı olarak tercih edilmesi, sürdürülebilir kalkınma süreçlerini desteklemektedir.

Bu çerçevede, sürdürülebilir ulaşımı ve çevreyle uyumlu ulaşım faaliyetlerini destekleyen yaklaşımlar arasında “sakinşehir” öne çıkmaktadır. Sakinşehir hareketi, teknolojik gelişmelerin ve modern yaşam koşullarının etkisiyle kentlerin mekânsal kullanımlar ve standartlar açısından birbirine benzemelerini önlemeyi hedeflemektedir. Özgün değerlerini korumayı hedefleyen, nüfusu 50.000’in altındaki kentler için alternatif yaklaşımlar ve uygulamalar sunmaktadır. Bu hareket, kentlerin sahip olduğu tarihi, doğal ve kültürel kimlik öğelerini, kültürel baskılara karşın korumayı ve sürdürmeyi ilke edinmiştir (Keskin, 2012; Say ve ark., 2014; Yalçınkaya, 2021).

Uluslararası Sakinşehir Birliği’ne üye olmak için öncelikli koşullar arasında yer alan nüfus yoğunluk düzeyi, sakinşehir hareketinin küçük kentlerde (ilçeler ve kırsal alanlar) sürdürülebilirliği destekleyici bir yaklaşım olduğunun göstergesi olarak yorumlanabilir. Sürdürülebilir ulaşım ve sakinşehir hareketi kavramsal çerçevede incelendiğinde, hedef ve uygulamalar yönünden benzerlik göstermekte ve ortak anlayışla teşvik edilmektedir.

Bu çalışmada, sakinşehir hareketinin sürdürülebilirlik çerçevesinde çevreyle uyumlu ulaşım alternatiflerinin geliştirilmesine katkısı İzmir’in Seferihisar ilçesi örneğinde araştırılmıştır. Bu doğrultuda, kentlerin sürdürülebilirliği üzerinde doğrudan etkili bir dinamik olan bisiklet yolunun alternatif bir ulaşım sistemi olarak kentsel ulaşım ağına entegrasyonu üzerine bir uygulama yürütülmüştür. Çalışmada öncelikle, Türkiye’nin ilk sakinşehri olan İzmir-Seferihisar’ın ulaşım altyapısı incelenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, kentin alan kullanım yoğunlukları, güzergâh bağlantıları ve mevcut ulaşım ağının fiziki koşulları göz önüne alınarak bisiklet ulaşım sistemi önerisi sunulmuştur.

2. SAKİNŞEHİR KAVRAMI

Küresel perspektifte yaşanan gelişmeler, kentlerin çoğunda benzer kentleşme eğilimlerinin görülmesine ve yerel özgün değerlerin belirlediği kent kimliklerinin belirli ölçüde yok olmasına neden olmuştur. Sakinşehir (cittaslow) kavramı, konu üzerine geliştirilen çözüm önerileri kapsamında benimsenen yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Sakinşehir statüsünün, yerel ve kültürel değerlerin korunması temelinde özellikle yoğun turizm baskısı altında olan ve büyüme eğilimindeki küçük yerleşimler için uygun bir sürdürülebilir yerel kalkınma modeli kazandırdığı söylenebilir (Sırım, 2012; Say ve ark, 2014; Yalçınkaya, 2021). Birliğe üye olmak için 7 temel başlık altında, 72 adet ölçüt yer

almaktadır (Çizelge 1). Bu ölçütler, doğrudan ya da dolaylı olarak çevreyle uyumlu ulaşım seçenekleri arasında yer alan bisiklet ulaşımını teşvik etmektedir (Baykan, 2014).

Çizelge 1. Uluslararası Sakinşehir Ölçütleri (Uluslararası Sakinşehirler Birliği, 2021)

ÇEVRE POLİTİKALARI

1. Hava temizliğinin yasa tarafından belirtilen parametrelerde olduğunun belgelenmesi
2. Su temizliğinin yasa tarafından belirtilen parametrelerde olduğunun belgelenmesi
3. Halkın içme suyu tüketiminin ulusal ortalama ile karşılaştırılması
4. Kentsel katı atıkların ayrıştırılarak toplanması
5. Endüstriyel ve evsel kompostlamanın desteklenmesi
6. Kentsel ya da toplu kanalizasyon için atık su arıtma tesisinin bulunması *
7. Binalarda ve kamu kullanım alanlarında enerji tasarrufu
8. Kamunun yenilebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi
9. Görsel kirliliğin ve trafik gürültüsünün azaltılması
10. Kamusal ışık kirliliğinin azaltılması
11. Hane başına düşen elektrik enerjisi tüketimi
12. Biyoçeşitliliğin korunması

ALTYAPI POLİTİKALARI

1. Kamu binalarına bağlı verimli bisiklet yolları
2. Mevcut bisiklet yollarının araç yollarıyla kilometre üzerinden karşılaştırılması *
3. Metro ve otobüs durakları gibi aktarma merkezlerinde bisiklet park yerleri
4. Özel taşıt kullanımına alternatif olarak eko ulaşım planlanması ¹
5. Engellilere yönelik mimari engellerin kaldırılması
6. Aile hayatı ve hamile kadınlar için girişimler
7. Sağlık hizmetlerine onaylanmış ulaşılabilirlik
8. Kent merkezlerinde malların sürdürülebilir dağıtımı
9. Şehir dışında çalışan şehir sakinlerinin oranı

KENTSEL YAŞAM KALİTESİ POLİTİKALARI

1. Kentin direnci için planlama
2. Kente ait değerlerin iyileştirilmesi, kent merkezlerinin ve kamu binalarının değerlerinin artırılması için programlar
3. Verimli bitkiler ve meyve ağaçları kullanılarak sosyal yeşil alanların iyileştirilmesi ve/veya oluşturulması
4. Kentsel yaşanabilirliğin artırılması
5. Marjinal alanların tekrar değerlendirilip kullanılması *Bu koşullar, kentlerin yerel

yönetimleri tarafından yapılacak bir dizi çalışmaları kapsamaktadır. Dünyadaki sakin şehirlerin tarihsel gelişimleri incelendiğinde; sakin şehir kriterlerini bu statüyü devam ettirmek için uyguladıkları koşullar olarak değil, sürdürülebilir bir yerel kalkınma modeli olarak kent yönetimiyle içselleştirdikleri ifade edilebilir.

6. Vatandaşlara ve turistlere yönelik interaktif hizmetlerin geliştirilmesinde bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanılması
7. Sürdürülebilir mimari için hizmet masası oluşturulması
8. Kentin internet ağına sahip olması
9. Kirleticilerin izlenmesi ve azaltılması
10. Tele çalışmanın geliştirilmesi
11. Kişisel sürdürülebilir kentsel planlanmanın teşviki
12. Sosyal altyapıyı desteklemek
13. Kamusal sürdürülebilir kentsel planlamanın teşviki
14. Kent içindeki kullanışlı yeşil alanların verimli bitkiler ile değerlendirilmesi
15. Yerel ürünlerin ticarileşmesi için alanların yaratılması
16. Atölyelerin korunması ve değerlerinin artırılması-doğal/yerel alışveriş merkezlerinin yaratılması
17. Yeşil alanlarda kullanılan beton miktarı

TARIMSAL, TURİSTİK, ESNAF VE SANATKARLARA DAİR POLİTİKALAR

1. Agroekolojinin geliştirilmesi
2. El yapımı ve etiketli veya markalı esnaf/sanatkâr ürünlerinin korunması
3. Geleneksel iş tekniklerinin ve zanaatların değerinin artırılması
4. Kırsal bölgede yaşayanların hizmetlere erişimini arttırarak kırsal bölgelerin değerini arttırmak
5. Kamuya ait restoranlarda (okul kantinleri, aş evleri vb) yerel, mümkünse organik ürünlerin kullanılması
6. Kişisel kullanımda ve yemek sektöründe tat eğitimlerinin verilmesi ve mümkünse organik yerel ürünlerin kullanılmasının teşvik edilmesi
7. Yerel ve geleneksel kültürel etkinliklerin korunması ve değerlerinin arttırılması
8. Otel kapasitelerin arttırılması
9. Tarımda GDO kullanımının yasaklanması
10. Önceden tarım için kullanılmış alanların kullanımı hakkındaki imar planları için yeni fikirlerin varlığı

MİSAFİRPERVERLİK, FARKINDALIK VE EĞİTİM İÇİN PLANLAR

1. İyi karşılama
2. Esnafın ve operatörlerin farkındalıklarını arttırmak
3. Yavaş güzergâhların mevcut olması
4. Önemli yönetsel kararlara tabandan tavana katılım sürecini sağlayacak aktif tekniklerin benimsenmesi
5. Eğitimciler, yöneticiler ve çalışanların sakin şehir temaları hakkında sürekli eğitim görmesi
6. Sağlık eğitimleri
7. Yöre halkına sakin şehir kavramının anlamı hakkında sistematik ve kalıcı eğitim vermek
8. Sakin şehir üzerine yerel yönetim ile çalışan derneklerin aktif varlığı
9. Sakin şehir kampanyalarının desteklenmesi
10. Sakin şehir logosunun internet sayfasında ve antetli kağıt üzerinde kullanımı

SOSYAL UYUM

1. Azınlıklara yönelik ayrımcılığa karşı çalışmalar
2. Farklı etnik kökene sahip insanların aynı mahallede yaşamaları
3. Engelli kişilerin entegrasyonu
4. Çocuk bakımının desteklenmesi
5. Genç neslin istihdam durumu
6. Yoksulluk
7. Toplumsal ortaklıklar/sivil toplum kuruluşların mevcudiyeti
8. Farklı kültürlerin entegrasyonu
9. Politikaya katılım
10. Belediyenin kamu konut yatırımı

ORTAKLIKLAR

1. Slow food aktiviteleri ve kampanyaları için destek
2. Doğal ve geleneksel yiyecekleri slow food veya diğer kurumlar ile desteklemek
3. Eşleştirme projelerini desteklemek ve gelişmekte olan ülkelerin sakin şehir ve slow food felsefelerinin yayılmasını da sağlayacak şekilde gelişmeleri için işbirliği yapmak

Uluslararası Sakinşehirler Birliği'nin merkezi İtalya'nın Orvieto kentinde bulunmaktadır. Birliğe ilişkin resmi ve güncel verilerde 30 ülkeden 278 kentin, Türkiye'den ise 18 kentin üyeliği yer almaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Türkiye’de Bulunan Uluslararası Sakinşehir Birliği Üyesi Kentler

BAĞLI OLDUĞU İL	SAKİNŞEHİR	ÜYELİK TARİHİ
İzmir	Seferihisar	2009
Muğla	Akyaka	2011
Sakarya	Taraklı	2011
Çanakkale	Gökçeada	2011
Aydın	Yenipazar	2011
Ordu	Perşembe	2012
Kırklareli	Vize	2012
Isparta	Yalvaç	2012
Şanlıurfa	Halfeti	2013
Artvin	Şavşat	2015
Erzurum	Uzundere	2016
Sinop	Gerze	2017
Bolu	Göynük	2017
Isparta	Eğirdir	2017
Bolu	Mudurnu	2018
Muğla	Köyceğiz	2019
Bitlis	Ahlat	2019
Ankara	Güdül	2020

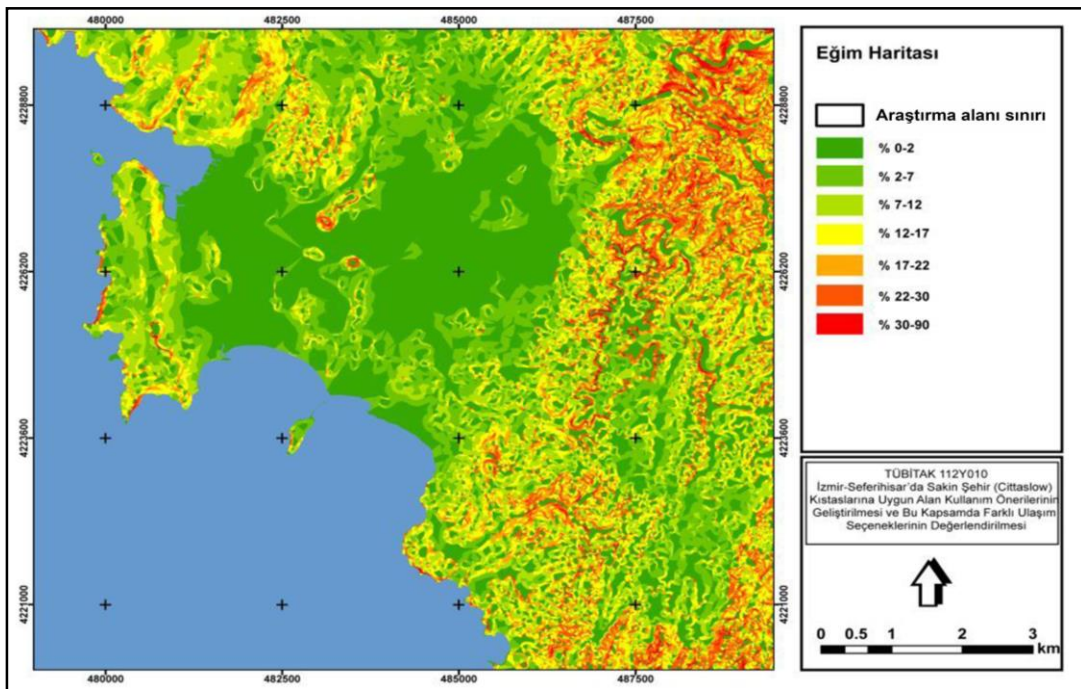
3. SAKİNŞEHİR SEFERİHİSAR’DA BİSİKLET ULAŞIMI

Çalışma alanı Seferihisar, sakinşehir statüsüne sahip bir kenttir. Deniz kenarında konumlanması, biyoçeşitlilik yönünden önemli biyotoplarının bulunması, iklim koşullarının elverişli olması, kültürel miras yönünden zengin olması vb. faktörler, kentin doğal ve kültürel yönden tercih edilebilirliğini etkilemekte ve önemli bir turizm destinasyonu olmasının gerekçelerini oluşturmaktadır.

Seferihisar’ın batıda konumlanan bir mahallesi olan Sığacık, kente yönelik gelişen algının şekillenmesinde önemli bir etkidir ve kentin odak noktası olarak tanımlanabilir. Sakinşehir statüsü kazanılmasının ardından, yaz aylarında daha yoğun olmak üzere yıl boyu kentte çeşitli kültürel etkinlikler düzenlenmektedir. Bu etkinliklerden Müzik Festivali, Tiyatro Festivali, Yazar Atölyeleri, Şiir Geceleri ve Uluslararası Suluboya Festivali hâlihazırda Sığacık’ta düzenlenen etkinlikler arasındadır. Bunun yanı sıra, Sığacık’ta pazar günleri kurulan Sığacık Köy Pazarı da gerek yerel ürün çeşitliliği gerekse kurulduğu alan bakımından yoğun ilgi görmekte ve kentin ziyaretçi sayısını yükseltmektedir. Bu kapsamda, Seferihisar, Türkiye’nin ilk sakinşehri olmasının da etkisiyle, Birliğe katıldığı 2009 yılından bu yana tanınırlığı ve ziyaretçi sayısı ciddi artış gösteren bir kenttir. Özellikle sakinşehir statüsü ile tanınırlığı git gide artan kentteki bu organizasyonlara katılım medyanın da etkisiyle yalnız yerleşik halktan değil, çevre ilçeler ve illerden de büyük oranda gerçekleşmektedir. Bu nedenle ifade edilebilir ki, kentin sakinşehir statüsü almasının ardından medyadaki tanıtıcı yayınların da etkisiyle kent, turizm için önemli bir cazibe mekânı olmuştur. Yukarıda sıralanan çeşitli gerekçelerin etkisiyle Sığacık’taki günlük nüfusun yanı sıra mevcut ulaşım ve otopark sorunu önemli oranda artmaktadır.

Kentte ulaşım ile ilgili gözlenen sorunlar, çevresel boyutun yanı sıra, sosyoekonomik boyutta da oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Ulaşım ağlarının kentlerin dolaşım sistemleri olması gereği, Seferihisar'daki ulaşım ağının etkinliği çevresel, ekonomik ve kültürel anlamda kentin kalkınmasında rol oynayacaktır.

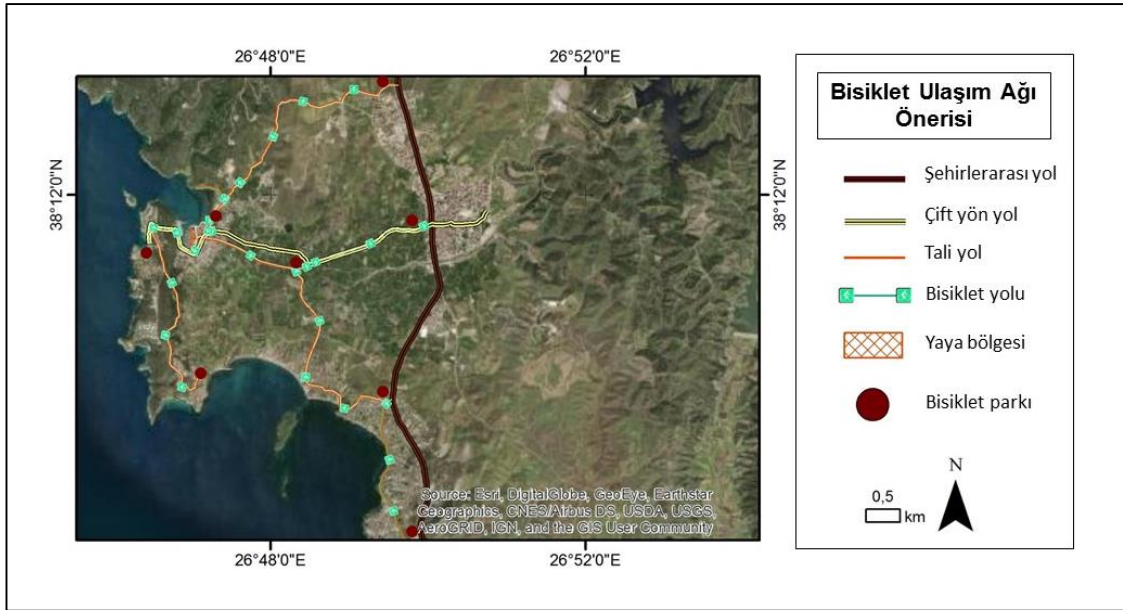
Çalışma kapsamında, kentte yürütülen fiziki yapı analizleri ile alanın sunduğu farklı ulaşım modu uygulanabilirlik olanakları değerlendirilmiştir. Bu olanaklar arasında, motorsuz araçların payının artırılması, kentlerin sürdürülebilirliğine de katkı sağlamasından yola çıkılarak, Seferihisar'ın çevreyle uyumlu ulaşım seçenekleri arasında bisikletin payının artırılma olanaklarının oldukça fazla olduğu ve bisiklet ulaşımının kentteki sürdürülebilir işleyişe yönelik önemli bir araç olduğu ifade edilebilir. Seferihisar doğal eşikler yönünden bisiklet ulaşımı ile ilgili herhangi bir kısıtlayıcı faktöre sahip değildir. Özellikle topografik yapının bisiklet ulaşımı için öncelikli incelenmesi gereken faktör olduğundan yola çıkılarak, araştırma sürecinde Seferihisar'ın bu yönden uygun olduğu görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Seferihisar'ın Eğim Durumu (Say ve ark., 2014)

Çalışma alanında yapay eşikler önemli kısıtlayıcı faktörleri oluşturmaktadır. Örneğin, Seferihisar kent merkezi ve Sığacık arasında bulunan İzmir-Kuşadası yolu, İzmir'den Ege Bölgesi kıyısı boyunca güneye uzanan bir aks niteliğindedir. Trafik yükü oldukça fazla olan bu yol, Sığacık-Seferihisar kent merkezi bağlantısından geçmekte, İzmir ve diğer yerleşim birimlerinden Sığacık'a ulaşımı kolaylaştırdığı için günlük nüfus artışını etkilemektedir.

Sığacık merkezde hafta sonu ve yaz aylarında motorlu taşıt kullanımı ve otopark gereksinimi yüksek düzeydedir. Bu durum, kentin ulaşım sisteminin işleyişinde ciddi sorunlara neden olmaktadır. Kent için önerilen bisiklet ağı, diğer ulaşım modları ile bütüncül bir sistemde planlanarak ve uygulanarak, motorlu taşıt trafiğini azaltmayı hedeflemektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Seferihisar için Önerilen Bisiklet Ulaşım Ağı

Sakinşehirlerin en önemli unsurlarından biri olan bisiklet yolu, Seferihisar kent merkezinde ya da Sığacık'ta mevcut değildir. Ancak kentin bugünkü ulaşım sistemine entegre edilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında, öncelikle İzmir-Kuşadası yolunun trafik kapasitesi nedeniyle bisiklet ulaşım ağı Sığacık'ın giriş noktalarından (4 farklı nokta) başlatılmasına yönelik öneriler getirilmiştir. Bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması ve kontrollü işletilebilmesi için ihtiyaç gözlenen 8 noktada ise saatlik bisiklet kiralamaya yönelik bisiklet parkları önerilmiştir. Böylece, kentte yaşayan halkın bisiklet kullanımının yanı sıra, günübirlik turizm potansiyelinin sürdürülebilir bir yaklaşımla desteklenerek yürütülmesi hedeflenmiştir. Kentiçi bisiklet güzergâhları üzerinde, Sığacık kent merkezi ve kentin güneybatısında konumlanan yazlık konut-sahil bölgelerinde, yoğunluk tespit edilen noktalara bisiklet parkları önerilmiştir.

Sığacık merkezde yer alan Kaleiçi ise, dar sokaklardan oluşan ve kentin yerel mimari öğelerini yansıtan kentsel sit alanıdır. Bu alanın ve yakın çevresinin ise koruma-kullanma dengesi gereği yaya bölgesi olması önerilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Sığacık Mahallesi'ne Yönelik Geliştirilen Yaya Bölgesi ve Bisiklet Ulaşım Ağı Önerisi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sakinşehir hareketi, küreselleşmenin kentlerin özgün dokusunu standartlaştırmasını ve kimlik öğelerini tahrip etmesini engellemek amacıyla ortaya çıkan bir yaklaşımdır. Uluslararası Sakinşehirler Birliği'ne üyelik yerel yönetimlerin gönüllü yaklaşımı ile gerçekleştirmekte; kent yönetimine ve sakinlerine belirli yükümlülükler getirmektedir. Kentlerin sahip olduğu özgün değerlerin sürdürülebilirliğini hedefleyen sakinşehir statüsünü alabilmek için Uluslararası Sakinşehirler Birliği tarafından belirlenen ölçütler, kentlerin kimlik değerlerinin koruma-kullanma dengesi gözetilerek tanıtılmasına yardımcıdır. Sadece ulusal değil, uluslararası perspektifte de sakinşehir olan kentlerin tanınırlığı artmaktadır. Böylelikle bu kentlerin, öncelikli tercih edilen destinasyonlar arasında yer aldığı söylenebilir.

Sakinşehir statüsüne sahip olan kentler, farklı doğal ve kültürel çevre dinamikleri yönünden zengin değerlere ve çeşitliliğe sahip yapıdadır. Bu nedenle, sürdürülebilir ulaşım faaliyetleri, kentin çevresel bileşenlerinin koruma önceliği gözetilerek kullanımına destek olacaktır. Seferihisar, Türkiye'nin ilk şehri olmasının da etkisiyle, Birliğe katıldığı 2009 yılından bu yana tanınırlığı ve ziyaretçi sayısı ciddi artış gösteren bir kenttir. Bu nedenle ifade edilebilir ki, kentin sakinşehir statüsü almasının ardından medyadaki tanıtıcı yayınların da etkisiyle kent, turizm için önemli bir cazibe mekânı olmuştur.

Kente yer alan farklı içeriklerdeki destinasyonlar ve düzenlenen etkinlikler kentin yılın her dönemi aktif bir turizm destinasyonu olması üzerinde etkilidir. Bu kapsamda, deniz kenarında yer alması, sahip olduğu biyoçeşitlilik zenginliği, iklimik koşullar, farklı kültürel alan kullanımları ve tarihi yapılar yerli ve yabancı ziyaretçiler tarafından tercih edilme gerekçeleri arasında gösterilebilir. Sakinşehir statüsüne sahip kentler, kentsel planlama ve altyapı çalışmalarını işlevsel ve öngörülerini göz önüne alarak yürütebildiği sürece kültürel baskıları doğru yönetebilir. Sakinşehirlerin doğal ve kültürel yönden özgün değerlerinin sürdürülebilirliği, mevcut sorunların çözülmesi ve potansiyel sorunların önlenmesi hedefiyle, sakinşehir olmanın gereklilikleri ile uyumlu, uzun vadeli politikalar ve uygulamaların gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Çalışmanın sonucunda Seferihisar örneği özelinde ifade edilebilir ki, sakinşehir kavramı kentlerin altyapı sistemleri kapsamında ulaşım faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini destekleyen bir yaklaşımdır. Çalışma kapsamında kent için önerilen bisiklet ulaşım sistemi ile, çevreyle uyumlu bir ulaşım seçeneği olarak bisiklet kullanımının öne çıkarılmasına yönelik uygulama hedefleri geliştirilmiştir. Kent için geliştirilen önerilerin, diğer ulaşım modları ile bütüncül kapsamda planlanarak kent içi motorlu taşıt trafiğini azaltmada ve etkin-konforlu bir ulaşım sistemini desteklemede aktif rol oynayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Baykan, N.M. (2014). Farklı ulaşım seçeneklerinin Sakin Şehir (Cittaslow) ölçütleri kapsamında değerlendirilmesi: Seferihisar-Sığacık örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- EPA, 2018. Transportation Sector Emissions. Greenhouse Gas Emissions, United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>, (Erişim tarihi: 09.10.2018).
- Headciar, P. (2009). Transport Policy and Planning in Great Britain. The Natural and Built Environment Series, Routledge Taylor and Francis Group.
- Keskin, E.B. (2012). "Sürdürülebilir Kent Kavramına Farklı Bir Bakış: Yavaş Şehirler (Cittaslow)". Paradoks Ekonomi, Sosyoloji Ve Politika Dergisi, Cilt: 8, Sayı: 1, 81-99.
- Knoflachner, H. ve Ocalir, E.V. (2011). Sürdürülebilir Ulaşım Kavramı Üzerine Tartışmalar. İnşaat Mühendisleri Odası 9. Ulaştırma Kongresi. TMH - 468 - 2011/4.
- Litman, T. ve Burwell, D. (2006). Issues in Sustainable Transportation. International Journal of Global Environmental Issues, Vol. 6, No. 4, pp. 331-347.
- Özalp, M. (2007). Türkiye'de Kentsel Ulaşım Planlaması Çalışmalarında Benimsenen Yaklaşımlar; Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması Ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Say, N., Yücel, M., Türel, H.S. ve Güney, M.E. (2014). İzmir-Seferihisar’da Sakin Şehir (Cittaslow) Kıstaslarına Uygun Alan Kullanım Önerilerinin Geliştirilmesi ve Bu Kapsamda Farklı Ulaşım Seçeneklerinin Değerlendirilmesi. TÜBİTAK 112Y010 nolu Proje Final Raporu.
- Seferihisar Belediyesi (2021). <http://seferihisar.bel.tr/>
- Sırım, V. (2012). Çevreyle Bütünleşmiş Bir Yerel Yönetim Örneği Olarak “Sakin Şehir” Hareketi Ve Türkiye’nin Potansiyeli*, Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi (ISSN: 2147-0626).
- Uluslararası Sakinşehirler Birliği (2021). Cittaslow International Network. International Cittaslow Union Website. <https://www.cittaslow.org/>.
- Yalçınkaya, N.M., Say, N. ve Tokgöz, G. (2018). “Kentiçi Turizm Destinasyonlarına Ulaşılabilirliğin Değerlendirilmesi: Adana Örneği”. VII. Ulusal III. Uluslararası Doğu Akdeniz Turizm Sempozyumu, 20-21 Nisan 2018, İskenderun.
- Yalçınkaya, N.M. (2019). Ulaşım Sektöründe Stratejik Çevresel Değerlendirme Uygulamasının Türkiye Açısından İrdelenmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana, 339s.
- Yalçınkaya, N.M. (2021). “Sakinşehir Kavramının Kent Kimliğinin Sürdürülebilirliğine Katkısı”. Artıbilim: Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 4(1), Haziran 2021, 25-33.

Presentation ID / Sunum No= 30

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-4832-5985

Kitosan Bazlı Hibrit Malzemelerin Gıda Raf Ömrüne Etkileri ve Uygulamaları

Nursel ATEŞ BAYRAKTAR, Doç. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Özet

Sentetik girdilerin (sentetik koruyucular dahil) asgari düzeyde kullanıldığı sağlıklı ve güvenli gıda talebi hızla artmaktadır. Plastik polimerler çevre için tehlikeli olduğundan, sentetik plastik ambalajlara alternatif olarak çeşitli biyo-bazlı polimerleri değerlendirmek için önemli çabalar sarf edilmiştir. Kitin ve deasetillenmiş türevi kitosan, öncelikle kabukluların, balıkların ve deniz ürünlerinin işlenmesinin bir yan ürünüdür. Kitosan, antimikrobiyal aktiviteye ve film oluşturma özelliğine sahiptir, bu da onları püskürtme, daldırma, kaplama veya filmlerle sarma yoluyla uygulanan gıda paketleme ve gıda koruma uygulamaları için uygun biyopolimerler haline getirmektedir. Kitosanın biyolojik olarak parçalanabilirliği, antimikrobiyal aktivitesi ve film oluşturma özellikleri nedeniyle sentetik plastik polimerlere çekici bir alternatif olmaktadır. Nanomalzemelerin kitosan bazlı gıda paketleme sistemlerine dahil edilmesi, bozulmayı ve patojenik mikroorganizmaların gelişmesini önleyebilir, gıda kalitesini ve güvenliğini iyileştirebilir ve gıdaların raf ömrünü uzatabilir. Kitosan bazlı filmlerin veya kaplamaların veya işlemlerin uygulanmasının, taze ürünler, et ürünleri, ekmekek ve peynir gibi süt ürünlerinin raf ömrünün uzamasıyla sonuçlandığı bildirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kitosan, Hibrit Filmler, Raf Ömrü

Effects and Applications of Chitosan Based Hybrid Materials on Food Shelf Life

Abstract

The demand for healthy and safe food with minimal use of synthetic inputs (including synthetic preservatives) is increasing rapidly. Because plastic polymers are hazardous to the environment, significant efforts have been made to evaluate various bio-based polymers as alternatives to synthetic plastic packaging. Chitin and its deacetylated derivative chitosan are primarily a by-product of the processing of crustaceans, fish and seafood. Chitosan has antimicrobial activity and film-forming properties, making them suitable biopolymers for food packaging and food preservation applications applied by spraying, dipping, coating or wrapping with films. Chitosan is an attractive alternative to synthetic plastic polymers due to its biodegradability, antimicrobial activity, and film-forming properties. The incorporation of nanomaterials into chitosan-based food packaging systems can prevent spoilage and the growth of pathogenic microorganisms, improve food quality and safety, and extend the

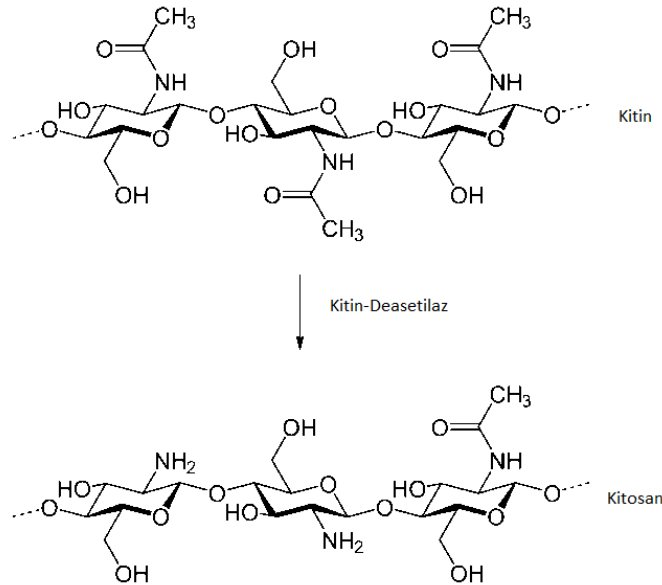
shelf life of foods. The application of chitosan-based films or coatings or treatments has been reported to result in extended shelf life of dairy products such as fresh produce, meat products, bread and cheese.

Keywords: Chitosan, Hybrid Films, Shelf Life

1. GİRİŞ

Kitin, selülozdan sonra Dünya'da en bol bulunan ikinci polisakkarittir ve C-2'de bir amino grubu ve C-3 ve C-6 konumlarında sırasıyla hem birincil hem de ikincil hidroksil grupları olmak üzere üç çeşit reaktif fonksiyonel gruptan oluşur. Kitin esas olarak deniz omurgasızlarında ve böceklerde dış iskeletin ana bileşeni olarak ve bazı funguslarda hücre duvarlarının bir bileşeni olarak bulunur. Yengeç, karides, istakoz ve istiridye gibi deniz omurgasızları, her yıl protein açısından zengin deniz ürünleri kaynağı olarak tüketilmektedir. Ancak bu kabukluların dış kabukları ve diğer yenmeyen kısımları vücut kütlelerinin yaklaşık yarısını oluşturur ve genellikle atık olarak atılır. Bu atılan atıklar, kitin'in önde gelen kaynağıdır (Hamed vd., 2016:40).

Kitosan (CS), kitinin kısmi deasetilasyonu sonucu elde edilen N-asetil d-glukozamin ve d-glukozamin birimlerinin oluşturduğu bir polisakkarittir (Şekil 1) (Kumar vd., 2019:2409). Kitosan, N-asetil-glukozamin ve d-glukozamin kopolimerinin oluşumuna yol açan, kitinin kısmi deasetilasyonu yoluyla ticari olarak elde edilir. Kitosan, kitin'in çözünür bir formudur ve gıda muhafazası ve paketleme dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır (Kausar, 2017:384; Mihai ve Popa, 2015:81).



Şekil 1. Kitinden Kitosan Sentezi

1.2. Kitosanın Özellikleri

1.2.1 Antimikrobiyal Aktivite

Kitosan, Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler, filamentli küfler ve mayalar gibi çeşitli mikroorganizmalara karşı iyi antimikrobiyal aktiviteye sahip doğal bir biyopolimerdir (Hosseinnejad ve Jafari, 2016:467; Pan vd., 2015:229). Birçok araştırmacı kitosanın antimikrobiyal özelliklerini açıklamıştır, ancak arkasındaki gerçek mekanizmalar henüz net değildir (Rafaat ve Sahl, 2009:186). Antimikrobiyal aktivitelerden sorumlu birkaç mekanizma öne sürülmüştür. İlk mekanizmada; negatif yüklü mikrobiyal hücre zarlarının kitosandaki pozitif yüklü amin gruplarıyla etkileşimi, hücre içi içeriğin sızmasına ve nihayetinde hücre ölümüne yol açan membran bariyer özelliklerini değiştirmesi ile açıklanmaktadır (Hosseinnejad ve Jafari, 2016:467). İkinci mekanizma ise, kitosan'ın şelatlama özelliklerine dayanmaktadır. Kitosan metaller seçici olarak bağlanarak aktif merkezlerini bloke eder ve mikrobiyal hücrelerin çeşitli metabolik enzimlerini inhibe eder, mikrobiyal büyümeyi azaltır. Kitosanın moleküler ağırlığı da antimikrobiyal özelliği etkileyebilir (Qin vd., 2006:367). Yüksek moleküler ağırlıklı kitosan, mikrobiyal hücrenin yüzeyinde geçirimsiz bir polimerik tabaka oluşturabilir

ve hücre geçirgenliğini değiştirerek nihayetinde besin maddelerinin hücreye girişini engelleyebilir. Oysa düşük moleküler ağırlıklı kitosan sitozole nüfuz edebilir ve hücrelerdeki DNA'ya bağlanarak hücre ölümüne yol açan mRNA ve proteinlerin sentezi ile sonuçlanabilir (Hosseinnejad ve Jafari, 2016:467).

1.2.2. Antioksidan Aktivite

Gıda ürünleri sıklıkla farklı oksidatif bozulma yollarına maruz kalır. Kitin, kitosan ve bunların türevlerinin antioksidan aktiviteleri kanıtlanmıştır, burada serbest radikal süpürme kabiliyeti ve metal iyonlarının şelasyonu bu biyopolimerlere antioksidan aktivitelerini verir (Xie vd., 2001:1699; Anraku vd., 2018:141). Birçok araştırmacı, kitin deasetilasyonu derecesinin artmasıyla birlikte serbest radikal temizleme ve metal iyon şelasyonu dahil olmak üzere antioksidan aktivitelerde önemli gelişmeler bildirmiştir. Gıda katkı maddeleri olarak sentetik antioksidan(lar)la ilgili artan tüketici endişeleri göz önüne alındığında, kitosan gıda formülasyonlarında alternatif antioksidan(lar) olarak uygulama alanı bulmuştur (Sabaghi vd., 2015:66).

1.3. Kitosanın Uygulamaları

1.3.1. Kitosan ve Kitosan Bazlı Hibrit Malzemeler

Kitosan, çeşitli alanlarda uygulamalar için oldukça geniş potansiyele sahip biyofonksiyonel bir polisakkarit olarak kabul edilmektedir. Olağanüstü özellikleri ve biyolojik aktiviteleri, gıda, kozmetik, ilaç ve biyomedikal gibi çeşitli sektörlerde popülaritesini desteklemiştir. Kitosanın modifikasyonları, kitosanın molekül ağırlığı, viskozite ve reaksiyon koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Kitosan yapısındaki amino ve hidroksil grupları, diğer polimerler ve biyomoleküllerle olan ilişkilerinin temelini oluşturur. Kitosanı modifiye etmek için polimer harmanlama, kütleme ve aşırı kopolimerizasyonu gibi çeşitli yöntemler üzerinde çalışılmıştır (Sherazi vd., 2016:886).

Gıda ambalajlama uygulamaları için biyolojik olarak parçalanabilen, yenilebilir ve antimikrobiyal filmlerin geliştirilmesi için çeşitli biyopolimerler üzerinde çalışılmıştır (Elsabee ve Abdou, 2013:1819). Bu tür biyopolimerler arasında nişasta, selüloz, bunların türevleri, zamlar, proteinler (hayvan veya bitki bazlı) ve lipitler bulunmaktadır (Muxika vd., 2017:1358). Kitosanı film ve kaplama şeklinde uygulamak ve gıda ambalaj malzemesi olarak işlevselliğini geliştirmek için, polisakkaritler, proteinler gibi diğer bazı biyopolimerlerle ve lipidlerle hibritlenmesi gerekmektedir (Zhu vd., 2019:584). Genel olarak, polisakkarit hibritleri, protein veya lipid esaslı hibritlere kıyasla çeşitli avantajlara sahiptir, çünkü filmler düşük malzeme maliyetine sahiptir, nispeten kararlıdır ve daha iyi ısı mühürleme ve suda çözünürlük özelliklerine sahiptir (Li vd., 2019:273).

Kitosan, polimerik yapısında terminal amino ve hidroksil gruplarının bulunması nedeniyle kabul edilebilir antioksidatif özelliklere sahiptir, ancak ortamda oluşan serbest radikallerin reaktivitesi, bu serbest radikallerin doğasına ve kaynağına bağlı olarak değişmektedir. Bazı durumlarda kitosan, etkili antioksidan ajanlar olarak hareket edemez. Bu nedenle, kitosanın çeşitli reaktif bileşikler kullanılarak kimyasal ve fiziksel modifikasyonları, kitosanın antioksidatif özelliklerini artırmış ve işlem sırasında performansını artırmıştır. Nihai çıktı olarak kitosan modifikasyon çerçevesinde kullanılan bileşiklerin seçimi, hidroksil veya amino grupları açısından zengin olmalıdır. Bu bileşikler bitki özlerinden fenolik, polifenolikler gibi bitki veya hayvansal kaynaklardan kolayca elde edilebilmektedir (Negm vd., 2020).

İyi mekanik, geçirgen ve optik özelliklere sahip çift katmanlı film, film bileşenlerinin uygun konsantrasyonlarında elde edilebilir. Yapılan bir çalışmada pürüzsüz ve düzgün bir görünüme sahip okside ferulik asit ile çapraz bağlanmış bir kitosan-sodyum aljinat çift katmanlı filmi hazırlanmıştır. Çift katmanlı filmin termal stabilitesinin, tek katmanlı film durumuna kıyasla geliştiği bildirilmiştir. Daha sonra, kiraz domateslerin aktif paketlenme işlevini yerine getirmek için çapraz bağlı çift katmanlı filme sitrik asit eklenmiştir. Sitrik asidin dahil edilmesi, iki katmanlı filme bir antioksidan kapasite kazandırmıştır. Ayrıca, hazırlanan aktif çift katmanlı filmin, kiraz domateslerde askorbat-glutasyon yolunu iyi şekilde düzenleyebildiği ve hasat sonrası oksidatif hasarı azaltabildiği belirlenmiştir (Zhu vd., 2019:584).

1.3.2. Kitosan Bazlı Hibrit Malzemelerin Avantajları

1.3.2.1. Biyoyumluluk

Kitosan bazlı hibrit malzemelerin en belirgin özellikleri biyoyumluluklarıdır ve tıpta, kozmetikte, gıda ambalajlamada ve atık su arıtımında uygulamalarını destekler. Bu özellik, pozitif yüklü kitosan'ın amonyum grupları ($-NH_3^+$) ile negatif yüklü gruplar arasında elektrostatik çekim ile hidrojen

bağları kurarak uygulanır. Bu nedenle, kurulan bu sağlam bağlar, kitosan bazlı hibrit malzemelerin yüksek biyoyumluluğunu teyit eder (Grzabka-Zasadzinska vd., 2017:143).

1.3.2.2. Toksik Olmama

Kitosan bazlı hibrit malzemelerin bir başka olumlu özelliği de düşük toksisite veya toksik olmamasıdır. Çeşitli hayvan çalışmaları, kitosan türevlerinin herhangi bir kronik toksisite göstermediğini doğrulamıştır. Ayrıca, farklı kitosan türevleri ile per-oral tedavi sırasında sıçanlarda ölüm veya diğer toksisite belirtileri gözlenmemiştir (Mukhopadhyay vd., 2015:281).

1.3.2.3. Biyolojik Olarak Parçalanabilirlik

Polimerler, mikroorganizmaların/enzimlerin etkisiyle aerobik veya anaerobik koşullar altında ayrıştırlarsa biyolojik olarak parçalanabilir olarak kabul edilebilirler. Benzer şekilde kitosan bazlı hibrit malzemeler için insan vücudundaki bozunma işlemi, N-asetil-b-D-glukozaminidaz (NAGase) lizozim enzimi tarafından gerçekleştirilir. Bu özellik, insan vücuduna herhangi bir zarar vermeyeceği düşünülerek bu malzemeleri insan kullanımına sunmuştur (Kumari vd., 2016:219).

1.3.2.4. Film Oluşturma Yeteneği

Kitosan bazlı hibrit malzemeler, gıda maddeleri için ambalaj malzemeleri olarak kullanılabilirler. Gerilme mukavemeti, film oluşturma sürecinde önemli bir unsurdur; kırılabilir filmler çatlamaya daha yatkındır ve gıda maddelerinin kirlenmesine neden olur. Kitosan bazlı hibrit filmlerin ambalaj malzemesine güç sağladığı ve ürünleri bozulmaya karşı koruduğu bulunmuştur (Soni vd., 2016:779).

1.3.2.5. Termal Kararlılık

Kitosanın 200 ila 220 °C arasında değişen yüksek sıcaklık koşullarına dayanmadığı daha önceleri gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, saf polimer veya biyopolimerin boyutsal sabitliği için düşük termal genişleme katsayısıdır. Bununla birlikte, kitosan bazlı hibrit malzemeleri olağanüstü termal stabiliteye sahiptir. Örneğin, nanokil, nanofibrillenmiş selüloz, hidroksiapatit, kalsiyum karbonat ve benzeri bileşikler, kitosan bazlı hibrit malzemelerin uygulayabileceği mükemmel termal stabiliteyi sağlamıştır (Grzabka-Zasadzinska vd., 2017:143).

1.3.2.6. Mekanik ve Bariyer Tesisi

Biyopolimer matrisi boyunca nanopartiküllerin dahil edilmesi, biyonanokompozitlerin mekanik özelliklerini (sertlik ve çekme mukavemeti) geliştirmektedir (Kumari vd., 2016:219). Benzer şekilde, kitosan bazlı biyonanokompozitte, polimer filmlerin bariyer ve mekanik özelliklerini güçlendirmek için çeşitli stratejiler kullanılmıştır. Araştırmacılar, nano dolgu maddelerinin ve yüzey işlevselleştirilmiş nano dolgu maddelerinin hibridizasyonunun kitosan bazlı biyonanokompozitlerin mekanik özelliklerini başarılı bir şekilde geliştirdiğini belirlemişlerdir. Örneğin, poli N-vinil piroidon, polivinil alkol, polietilen glikol, polietilen oksit, kollajen, selüloz, karboksimetil selüloz, sülfonatlı selüloz lifleri ve selüloz asetat, mekanik özelliğin geliştirilmesine yardımcı olabilmektedir (Dai vd., 2014:857).

1.3.2.7. Güçlü Antimikrobiyal Aktivite

Kitosan biyonanokompozitleri, mayalar bazı küfler, gram-negatif ve gram-pozitif bakteriler gibi çok çeşitli mikroorganizmalara karşı anti-mikrobiyal aktivite sergiler. Bu aktivite kitosan türüne ve konsantrasyonuna, moleküler ağırlığı ve deasetilasyon derecesine bağlıdır. Deasetilasyon derecesi, moleküldeki serbest amino gruplarının sayısı ile ilgili olduğu için, kitosan bazlı hibrit malzemelerin anti-mikrobiyal aktivitesini hızlandıran veya yavaşlatan en etkili faktör olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, Rodrigues ve ark., bir asit ortamında, protonu amonyuma ($-NH_3^+$) aktarabildiğinden, iyi anti-mikrobiyal aktivite sergilemek için mükemmel olanaklara sahip olduğunu ifade etmişlerdir (Rodrigues vd., 2020:1216).

1.3.2.8. Antioksidan Potansiyeli

Kitosan bazlı hibrit malzemelerin bir diğer önemli faydası, mükemmel antioksidan özelliklere sahip olmasıdır. Radikal süpürücü özelliğinden dolayı oksidatif stres ve bazı hastalıkların tedavisinde kullanılır. Bir araştırma grubu, kitosan filmindeki kuşburnu tohumu yağının radikal temizleme

aktivitesini ve antioksidan özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiğini belirlemişlerdir (Butnaru vd., 2019:373).

1.3.2.9. Fungus Önleme Potansiyeli

Kitosanın mikroorganizmalara karşı biyosidal etkisi, tıp ve tarım sektörlerinde büyük ticari potansiyel göstermektedir. Ayrıca, birçok çalışma, kitosanın anti-mikrobiyal etkisinin hücre yüzeyini hedef alarak ve hücresel enerjiyi bozarak gerçekleştirildiğini göstermiştir, bu da kitosanın fungus önleyici uygulamalar için iyi bir alternatif yaklaşım olduğunu düşündürmektedir.

Tarım sektöründe, kitosan bazlı hibrit malzemelerin fungus önleyici özellikleri, fungusların neden olduğu bitki hastalıklarının kontrolüne yardımcı olur. Kitosan bazlı hibrit malzemelerin fungus önleyici özellikleri, meyve hastalıklarının kontrol etmeye yardımcı olur. Bu özellikler, mikroorganizma süşunun büyümesini istenen noktada engelleyen geniş bir pH aralığından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, oda sıcaklığında saklandığında meyvelerin raf ömrünün 2 -3 kat artması mümkündür (Ahmad vd., 2020:145).

1.3.3. Gıda Ambalaj Uygulamaları

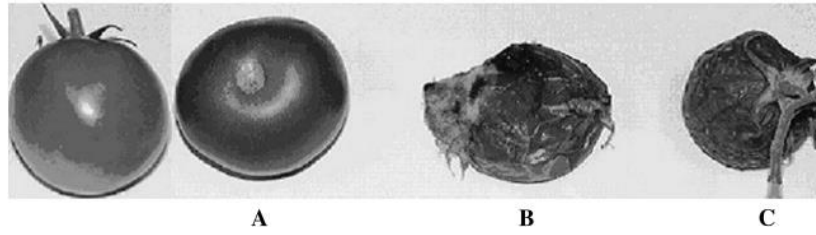
Hijyen ve gıda güvenliği konusunda artan farkındalık nedeniyle, gıda pazarında gıda güvenliği ve kalitesi konusunda yüksek beklentiler ve talepler oluşmuştur. Kitosan biyopolimerleri, plastik polimerlerden yapılan gıda ambalaj malzemelerinin yerini hızla almıştır. Geleneksel plastik ambalajların sağlık ve çevre için tehlikeli olduğu düşünülmektedir. Kitosan ise doğaldır, toksik değildir ve biyolojik olarak parçalanabilir. Kitosan bazlı biyonanokompozitler, su kaybını önleyerek gıdaları koruyabilen ve raf ömürlerini uzatabilen mükemmel film oluşturma yeteneklerine sahiptir. Bir diğer önemli husus, kitosan bazlı biyonanokompozit matriste, eklenen nanomalzemelerin iyi bir şekilde dağılmış olmasıdır; bu nedenle, paketlenme uygulamaları için güçlü bariyer özellikleri sağlayarak gaz penetrasyonunu engellemeye yardımcı olurlar (Swain ve Prusty, 2017:107). Film oluşturuvcu özelliklere sahip bu doğal polimerler, paketlenmiş gıda maddesine katkı maddelerinin uygun şekilde dahil edilmesini sağlar. Plastik ambalaj ürünleri şu anda çevreyi tehlikeli bir şekilde bozmakta ve dünyayı yaşanmaz hale getirmektedir. Çevre dostu ambalaj öğeleri içeren kitosan bazlı biyonanokompozitler, plastik öğelere bağımlılığı önemli ölçüde azaltabilecektir (Azmana vd., 2021:832).

Son zamanlarda çok sayıda biyopolimer gıda paketlenme uygulamalarında uygunlukları için incelenmiştir. Kitosan, taze ürünler, balık ve et ürünlerinin raf ömrünü artırdığı bildirilen, üzerinde iyi çalışılmış biyopolimerlerden biridir. Nanomalzemelerin ve fitokimyasalların kitosan içine dahil edilmesi, üretilen filmlerin ve kaplamaların antimikrobiyal, mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirerek gıda kalitesinde iyileşmeye ve raf ömrünün uzamasına yol açar. Gümüş, çinko oksitler ve titanyum dioksit nanoparçacıkları, kitosan nanokompozit üretimi için yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Jelatin, aljinat, karagenan vb. gibi diğer biyopolimerler, kompozit filmlerin ve kaplamaların imalatı için kitosan karışımları olarak kullanılır. Kitosan matrisleri, nanomalzemeler, uçucu yağ, meyve özleri ve diğer fitokimyasallar gibi aktif bileşiklerin taşıyıcıları olarak hizmet ederler. Kitosanın gıda paketlenme uygulamalarında biyopolimer olarak kullanılması, çeşitli gıdaların ve diğer tarım ürünlerinin raf ömrünü uzatır ve aynı zamanda sağlıklı gıda ve sağlıklı çevreyi teşvik eden sentetik plastik ve katkı maddelerinin kullanımını azaltır (Kumar vd., 2020:196).

Yenilebilir kaplamalar nem transferini azaltabilir, oksijen alımını kısıtlayabilir, solunumu azaltabilir, etilen üretimini geciktirebilir, aroma uçucu maddelerini kapatabilir ve mikrobiyal gelişmeyi ve potansiyel renk bozulmasını geciktiren ek fonksiyonel bileşenler (antioksidanlar ve antimikrobiyal maddeler gibi) içerebilir. Birçok araştırmacı, gıda ürünlerinin kalitesini artırma ve depolama ömrünü uzatma potansiyelleri için kitosan bazlı kaplamaları araştırmıştır (Coma vd., 2006:2788; Riberiro vd., 2007:63; Coma, 2008:90).

Elsabee ve ark., korona işlemi uygulanmış polipropilen filmlerin, ekstrakte edilen kitosan ve türevleri ile kaplanması, onlara biyosidal bir aktivite kazandırdığını bildirmişlerdir. Doğal polipropilenin biyosidal aktiviteye sahip olmadığı, korona işlemi uygulanmış olanların hafif aktivite gösterdiği, ancak kitosan ve türevleri ile kaplanmış filmlerin çok daha yüksek antifungal ve ayrıca antibakteriyel aktivite gösterdiği bulunmuştur. Korona işlemine tabi tutulmuş polipropilen filmlerin yüzeyindeki kitosan miktarının çok katmanlı oluşturularak artırılması, bunların antimikrobiyal etkisini arttırmakta olduğu bildirilmiştir. Bu çok katmanlı yapıların mekanik özellikleri ölçülmüş ve filmlerin bozulmaya uğramadığı, dolayısıyla kullanışlı ambalaj malzemelerinin imalatında kullanılabileceği belirlenmiştir.

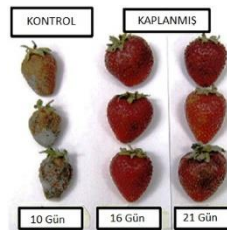
Bu filmlerin domates paketlenmesi için kullanılması, 13 gün boyunca görünür bir bozulma olmadan neredeyse bozulmadan kalmasını sağlamıştır. Bu test, antimikrobiyal ambalaj üretimi için polipropilen filmlerin bu şekilde işlenmesi potansiyelini göstermiştir (Elsabee vd., 2008:187).



Şekil 2. Sıfır zamanında domates meyvesi, (A) 12 değişken kitosan/pektin tabakasıyla kaplanmış polipropilen filmde 13 gün muhafaza edilmiş meyve, (B) aynı süre boyunca işlenmemiş polipropilen torbada tutulan benzer meyve, (C) açık havada tutulan meyve (Elsabee vd., 2008:187).

Havuç (*Daucus carota L.*), en popüler tüketilen sebzelerden biridir, ancak depolama sırasında raf ömrünü azaltan fizyolojik değişikliklerden kaynaklı hızlı bozulması nedeniyle pazarlama süresi sınırlıdır. Ürün, yüksek solunum hızı ve mikrobiyolojik bozulma nedeniyle sertliğini kaybeder ve anaerobik katabolizmanın karakteristiği olan kokular geliştirir (Barry-Ryan vd., 2000:726). Minimum düzeyde işlenmiş havuç, saklama sırasında parlak turuncu rengini hızla kaybeder ve yüzeyinde beyazımsı bir görünüm veya beyaz bir allık oluşturur. Araştırmacılar, mikrobiyolojik analizler yoluyla minimal işlenmiş havuç üzerindeki etkisini değerlendirmek için nişasta-kitosan matrisine dayalı yenilebilir bir antimikrobiyal kaplama geliştirmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, %1.5 kitosan kaplamanın uygulanmasıyla, laktik asit bakterileri, toplam koliformlar, psikrotroflar, mayalar, küfler ve mezofilik aerobların büyümesinin büyük ölçüde engellenmesi sebebiyle kitosan eklenmiş yam nişastasından oluşan bir antimikrobiyal kaplamanın kullanımının, minimum düzeyde işlenmiş havuçta bulunan mikrobiyotayı kontrol etmede uygun bir alternatif olduğunu göstermiştir. Koruma bariyeri teknolojisi konseptine dayalı olarak, bu tür bir kaplamanın kullanılması, minimum düzeyde işlenmiş havuçta güvenliğin artırılmasına ve böylece raf ömrünün uzamasına katkıda bulunabilmektedir. Kaplama, kaliteli hammadde, hijyenik işleme koşulları ve depolama sıcaklıkları gibi diğer kontrol türleri ile birlikte minimum düzeyde işlenmiş meyve ve sebzelere uygulanabilir. Bu işlemlerin bariyer olarak kombinasyonu, minimum düzeyde işlenmiş sebzelerin raf ömrünün uzatılması için önemli bir potansiyele sahiptir (Durango vd., 2006:336).

Araştırmacılar, depolama sırasında çileğin raf ömrünü artırmak için modifiye edilmiş kitosan bazlı yenilebilir biyoaktif kaplama geliştirmiştir. İşlevselleştirilmiş kitosan bazlı yenilebilir kaplamanın, çilek veya diğer meyveler üzerinde zararlı etkiler olmaksızın spesifik fungus önleyici ajanları taşımak için umut verici bir yöntem olabileceğini bulmuşlardır. Bu bağlamda, gelecekteki araştırmalar, çileklere uygulanan kaplamaların fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek ve depolama sırasında çileklerin raf ömrünü artırmak için modifiye edilmiş kitosan, lipid (yağ asitleri, asetillenmiş monogliseritler, vb.), plastikleştiriciler (polioller) ve takviye ajanlarından (nanoselüloz) oluşan yeni bir kaplama formülasyonu geliştirmeye odaklanacaktır (Vu vd. 2011:198).



Şekil 3. Limonen ve emülgatör içeren modifiye kitosan bazlı formülasyonla kaplanmış çileklerin görünümü (Vu vd. 2011:198)

Araştırmacılar tarafından, soğuk depolama sırasında ve sonrasında muzdaki antraknozu kontrol etme potansiyelini değerlendirmek için Arap sakızı ve kitosan birleştirilerek bir kompozit kaplama geliştirilmiştir. Arap sakızının tek başına herhangi bir fungus öldürücü etki göstermediğini, %1.0'lik kitosan ile test edilen tüm Arap sakızı konsantrasyonlarının kombinasyonunun fungus öldürücü etkileri olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, %1.0 kitosan ile birleştirilmiş %10 Arap zamkı ile tadil edilmiş patates dekstroz agar (PDA) ortamı, misel büyümesini (%100) ve konidial çimlenme inhibisyonunu (%92.5) baskılamada tüm uygulamalar arasında en umut verici sonuçları gösterdiği bildirilmiştir (Maqbool vd., 2010:1136).

Minimal olarak işlenmiş brokoli, daha önce 50 °C'de 1.5 dakikalık hafif bir ısı şoku uygulanarak veya uygulanmadan kitosan veya karboksimetil-selüloz (CMC) ile kaplanmıştır. Yenilebilir kaplamaların, kitosan ve karboksimetil-selülozun, minimum düzeyde işlenmiş brokolinin ağırlık kaybını, esmerleşme ve sararma süreçlerini geciktirerek, kök sertleşmesini, mikrobiyal büyümeyi azaltarak, toplam klorofil ve askorbik asidi açısından kaliteyi muhafaza etme üzerinde faydalı bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, her iki yenilebilir kaplama da brokoli için önemli bir kalite iyileştirmesi olan çiçeklerin açılmasını engellemiştir. Bununla birlikte, bu kaplamalar arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir: kitosan, toplam mikrobiyal yükü azaltarak, sertleştirmeyi, O₂ tüketimini ve askorbik asit tutmayı geliştirerek CMC kaplamaya göre brokoliyi daha yüksek kalite seviyelerinde muhafaza ederek depolama sırasında üstünlük göstermiştir (Ansorena vd., 2011:53).

2. SONUÇ

Plastik gıda ambalajlarının neden olduğu ciddi çevre kirliliği göz önüne alındığında, yenilenebilir ve doğal polimerlerden yapılan yenilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen filmlere ilgi artmıştır. Ticari olarak temin edilebilen doğal, toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilen bir polimer olan kitosan, gıda kalitesini kontrol etmek için yeni bir yenilebilir ambalaj malzemesi olarak gıda endüstrisinde çeşitli uygulamalarda kullanılmıştır; çeşitli ambalaj ihtiyaçlarında uygulama bulabilen şeffaf filmler oluşturulmuştur. Kitosanın diğer doğal polimerlerle karıştırılması, iyi özelliklere sahip filmler ve kaplamalar meydana getirir, yenilebilir filmlere kitosan ilavesi iyi film formu ve mekanik özellikler sağlar, toksisite olmaz, biyolojik olarak parçalanabilir, daha yüksek nem bariyeri ve su direnci sağlayabilen nispeten daha hidrofobik bir yapı sağlar.

Birçok araştırmacı kitosan ve kitosan karışımlarının farklı özelliklerini (hazırlama, fiziksel, mekanik, reolojik, su buharı geçirgenliği ve antimikrobiyal özellikler) araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar, kitosan ve kitosan karışımlarının, biyo-bazlı aktif filmlerin hazırlanması için son derece umut verici malzemeler olduğunu ve kitosan bazlı yenilebilir film ve kaplamaların, gıdaların korunması ve raf ömrünün uzatılması için faydalı olacağını göstermektedir.

3. KAYNAKÇA

AHMAD, M., ZHANG, B., MANZOOR, K., AHMAD, S., IKRAM, S. (2020). Chitin and chitosan-based bionanocomposites, *Bionanocomposites*, s. 145-156.

ELSABEE, M.Z., ABDU, E.S. (2003). Chitosan based edible films and coatings: A review, *Materials Science and Engineering: C*, 33 (4), s. 1819-184.

GRZĄBKA-ZASADZIŃSKA, A., AMIETSZAJEW, T., BORYSIK, S. (2017). Thermal and mechanical properties of chitosan nanocomposites with cellulose modified in ionic liquids, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 130, s. 143–154.

HAMED, I., ÖZOGUL, F., REGENSTEIN, J.M. (2016). Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review *Trends in Food Science & Technology*, 48, s. 40-50.

HOSSEINNEJAD, M., JAFARI, S.M. (2016). Evaluation of different factors affecting antimicrobial properties of chitosan *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, s. 467-475.

KAUSAR, A. (2017)). Scientific potential of chitosan blending with different polymeric materials: A review, *Vol. 33*, s. 384-412 Londra, İngiltere.

KUMAR, S., MUKHERJEE, A., DUTTA, J. (2020). Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives, *Trends in Food Science & Technology*, 97, s. 196-209.

KUMAR, S., YE, F., DOBRETSOV, S., DUTTA, J. (2019). Chitosan nanocomposite coatings for food, paints, and water treatment applications *Applied Sciences*, 9 (12), s. 2409.

KUMARI, S., SINGH, R.P., CHAVAN, N.N., ANNAMALAI, P.K. (2016). Chitosan-based bionanocomposites for biomedical application, *Bioinspired Biomim. Nanobiomater*, 7(4), s. 219-227.

LI, N., LIU, W., SHEN, Y., MEI, J., XIE, J. (2019). Coating effects of ϵ -polylysine and rosmarinic acid combined with chitosan on the storage quality of fresh half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis* Günther) fillets, *Coatings*, 9 (4), s. 273.

MAQBOOL, M., ALI, A., RAMACHANDRAN, S., SMITH, D.R., ALDERSON, P.G. (2010). Control of postharvest anthracnose of banana using a new edible composite coating, *Crop. Prot.*, 29, s. 1136-1141.

MIHAI, A.L., POPA M.E. (2015). Chitosan coatings, a natural and sustainable food preservation method *Journal of Biotechnology*, 208, s. 81-81.

MUKHOPADHYAY, P., BHATTACHARYA, S., NANDY, A., BHATTACHARYYA, A., MISHRA, R., KUNDU, P.P. (2015). Assessment of in vivo chronic toxicity of chitosan and its derivatives used as oral insulin carriers, *Toxicol. Res. (Camb.)*, 4(2), s. 281-290.

MUXIKA, A., ETXABIDE, A., URANGA, J., GUERRERO, P., DE LA CABA, K. (2017). Chitosan as a bioactive polymer: Processing, properties and applications, *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, s. 1358-1368.

NEGM, N.A., KANA, M.T.H.A., ABUBSHAIT, S.A., BETIHA, M.A. (2020). Effectuality of chitosan biopolymer and its derivatives during antioxidant applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, s. 1342-1369.

PAN, Y., HUANG, X., SHI, X., ZHAN, Y., FAN, G., PAN, S., TIAN, J., DENG, H., DU, Y. (2015). Antimicrobial application of nanofibrous mats self-assembled with quaternized chitosan and soy protein isolate, *Carbohydrate Polymers*, 133, s. 229-235.

QIN, C., LI, H., XIAO, Q., LIU, Y., ZHU, J., DU, Y. (2006). Water-solubility of chitosan and its antimicrobial activity *Carbohydrate Polymers*, 63 (3), s. 367-374.

RIBEIRO, C., VICENTE, A.A., TEIXEIRA, J.A., MIRANDA, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence, *Postharvest Biol. Tec.*, 44, s. 63-70.

RODRIGUES, C., DE MELLO, J.M.M., DALCANTON, F., MACUVELE, D.L.P., PADOIN, N., FIORI, M.A., SOARES, C., RIELLA, H.G. (2020). Mechanical, thermal and antimicrobial properties of chitosan-based-nanocomposite with potential applications for food packaging, *J. Polym. Environ.*, 28(4), s. 1216-1236.

SABAGHI, M., MAGHSOUDLOU, Y., HABIBI, P. (2015). Enhancing structural properties and antioxidant activity of kefir films by chitosan addition, *Food Structure*, 5, s. 66-71.

SHERAZI, T.A., DRIOLI, E., GIORNO L. (2016). *Graft Polymerization BT - Encyclopedia of Membranes*, Springer, Berlin, Heidelberg, s. 886-887.

SONI, B., HASSAN, E.B., SCHILLING, M.W., MAHMOUD, B. (2016). Transparent bionanocomposite films based on chitosan and TEMPO-oxidized cellulose nanofibers with enhanced mechanical and barrier properties, *Carbohydr. Polym.*, 151, s. 779-789.

SWAIN, S.K., PRUSTY, K. (2017). Chitosan-Based Bionanocomposite for Packaging Applications, *Bionanocomposites for Packaging Applications*, s.107-124.

VU, K.D., HOLLINGSWORD, R.G., LEROUX, E., SALMIERI, S., LACROIX, M., (2011). Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries, *Food Research International*, 44, s. 198-203.

XIE, W., XU, P., LIU, Q. (2001). Antioxidant activity of water-soluble chitosan derivatives, *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 11 (13), s. 1699-1701.

ZHU, J., WU, H., SUN, Q. (2019). Preparation of crosslinked active bilayer film based on chitosan and alginate for regulating ascorbate-glutathione cycle of postharvest cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*), *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, s. 584-594.

ZHU, J., WU, H., SUN, Q. 2019. Preparation of crosslinked active bilayer film based on chitosan and alginate for regulating ascorbate-glutathione cycle of postharvest cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*), *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, s. 548- 594.

Presentation ID / Sunum No= 9

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-2369-1399

Derivation of Parametric Kinematic Equations of Planar 3R Manipulator

Orhan E. AKAY¹, Murat ÇATALKAYA²

*¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture
Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş/Turkey 46040
KSU MMF Makine Mühendisliği Bölümü Avşar Kampüsü /46060/Maraş/ Turkey
akayorhan@ksu.edu.tr*

*²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture
Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş/Turkey 46040
KSU MMF Makine Mühendisliği Bölümü Avşar Kampüsü /46060/Maraş/ Turkey
muratcatalkaya@ksu.edu.tr*

Abstract

The trajectory calculations of the end effectors of manipulator robots used in industry and many fields are very important as the performance criterion of the manipulator. In this paper, a new method has been presented to obtain the general parametric position equations equations of end-effector of nRM (n number of joints of manipulator). Velocity and acceleration equations of nRM have been derived using these equations. Parametric velocity and acceleration equations are presented only for the nRM form. The general nonlinear parametric position, velocity and acceleration equations in cartesian coordinates have been obtained for nRM. General parametric position equations have been arranged according to six different parameter combinations for 3RM, and three known curve families, ‘‘Limacon of Pascal, Cardioid and Freeth's Nephroid’’ have been drawn by tracking different reference points on the links.

Keyword: Manipulator, Robot, Trajectory synthesis

INTRODUCTION

Trajectory generation of a planar nR manipulator (nRM) depends on geometric and kinematic parameters including, link dimensions, initial angular positions of the links and actuator velocities of the joints. Such mechanisms may be constructed by mechanically coupling the rotations of the links of an n -link, n degree of freedom (n -d.o.f) serial chain manipulator using cable and pulley drives or gear-trains. Each coupling between two successive joint rotations reduces one d.o.f and repeated coupling reduces the overall degrees of freedom of the manipulator to one (Krovi, Ananthasuresh and Kumar, 2002). The tip effector of a planar 3RM can draw many complex curves as seen in (Krovi, Ananthasuresh and Kumar, 2002; Nie and Krovi, 2005). Oral and Akay (Oral, 2016) generated different straight-line trajectories by changing the kinematic parameters of the 3RM as shown in Fig.1.

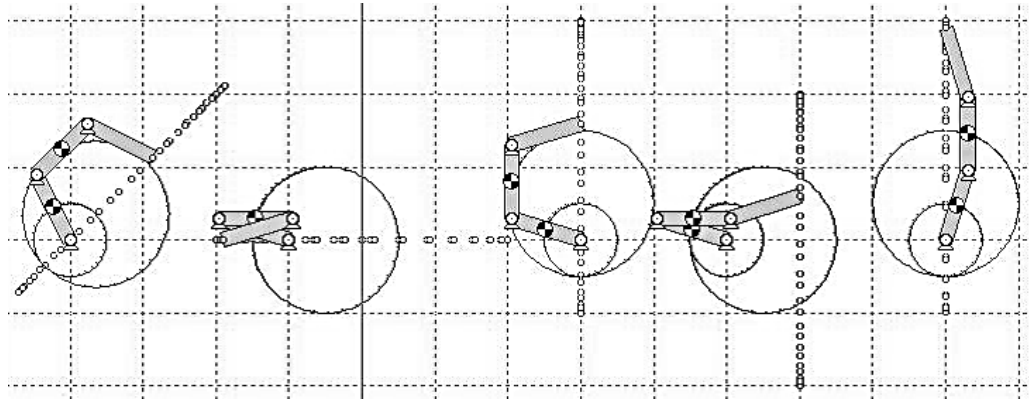


Fig. 1 Generating straight line trajectories using 3RM

In this study, the general nonlinear parametric position, velocity and acceleration equations in cartesian coordinates have been obtained for nRM. Position equations have been used to obtain parametric equations of different curves which can be plotted with a 3RM. Limacon of Pascal, Cardioid and Freeth's Nephroid curve families have been drawn by tracking different reference points on the links. More details about those three well known curve families are briefly given below.

Figure 2a depicts the limaçon of Pascal curve. Limaçon of Pascal was discovered by Étienne Pascal (father of Blaise Pascal) and named by another Frenchman Gilles-Personne Roberval in 1650 when he used it as an example of his methods of drawing tangents i.e. differentiation. Parametric equations of this curve are given below (Lawrence, 2014);

$$x(t) = \cos(t) [b + 2a \cos(t)], \quad y(t) = \sin(t) [b + 2a \cos(t)] \quad (1)$$

Fig. 2b displays the cardioid curve. De Castillon used the name cardioid for the first time in the Philosophical Transactions of the Royal Society (1741). The curve is the epicycloid for which the rolling circle and the rolled circle have the same radius. Besides, the curve can be seen as a special case of the limaçon, and it is also a sinusoidal spiral. Parametric equations of this curve are given below (Lockwood , 2010; Rutter, 2000);

$$x(t) = a \cos(t) [1 - \cos(t)], \quad y(t) = a \sin(t) [1 - \cos(t)]. \quad (2)$$

Figure 2c shows the Freeth's nephroid curve. This specimen is the strophoid constructed for a circle, named after the English mathematician T.J. Freeth (1819-1904). Parametric equations of this curve are given below (Lockwood , 2010; Rutter, 2000);

$$x(t) = a \cos(t) \left[1 + 2 \sin\left(\frac{t}{2}\right)\right], \quad y(t) = a \sin(t) \left[1 + 2 \sin\left(\frac{t}{2}\right)\right] \quad (3)$$

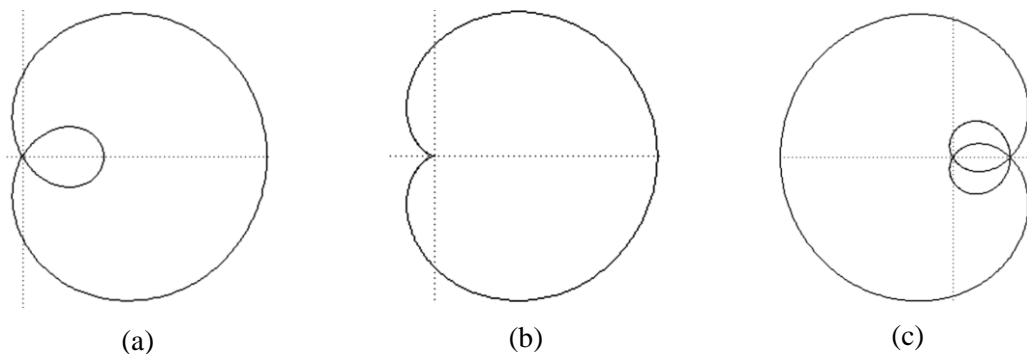


Fig. 2 Limacon of Pascal (a), cardioid (b) and Freeth's nephroid (c) curves

GEOMETRIC AND PARAMETRIC MODEL

Figure 3 depicts the schematic of a 3RM. The geometric ($\theta_{1,2,3}$, $l_{1,2,3}$) and kinematic parameters ($\omega_{1,2,3}$) of the 3RM are shown in Fig. 3a. Four different reference points ($P_{2m,2,3m,3}$) on links have been chosen and examined for the curve trajectories. The reference point P_3 is the end point of the l_3 . The points P_{2m} and P_{3m} are the midpoints of the links l_2 and l_3 , respectively. P_2 is the joint point of the links l_2 and l_3 . Position vector P_3 are also shown Fig. 3b.

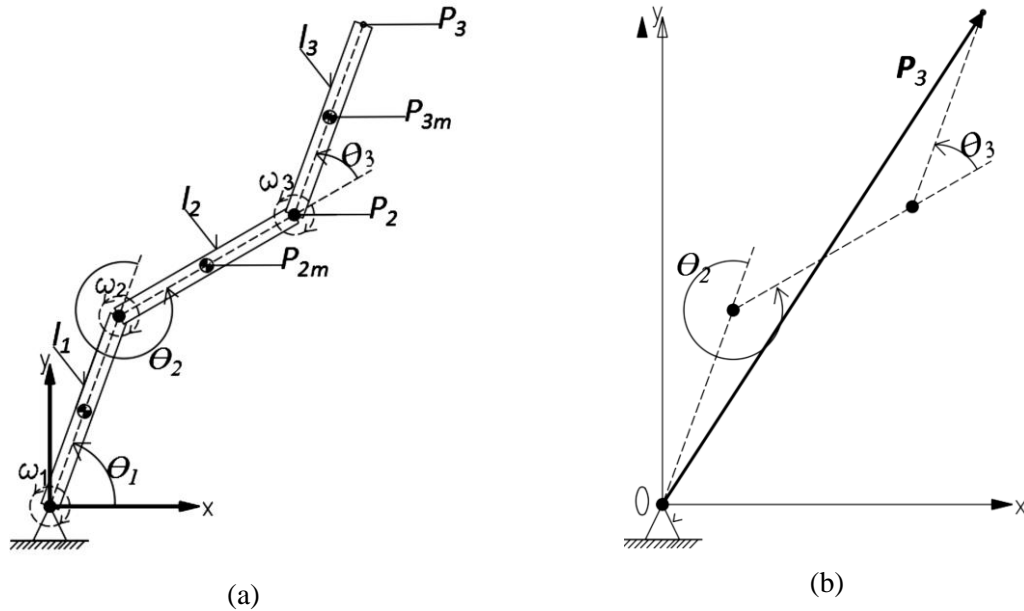


Fig. 3 The geometric and kinematic parameters of the 3RM

The initial position equations of the end effector P_{n0} ($x_{p_{n0}}$, $y_{p_{n0}}$) can be written in the cartesian coordinate system as follows [4,5]:

$$x_{p_{n0}} = l_1 \cos \theta_{10} + l_2 \cos[\theta_{10} + \theta_{20}] + \dots + l_n \cos[\theta_{10} + \theta_{20} + \dots + \theta_{n0}] \quad (4)$$

$$y_{p_{n0}} = l_1 \sin \theta_{10} + l_2 \sin[\theta_{10} + \theta_{20}] + \dots + l_n \sin[\theta_{10} + \theta_{20} + \dots + \theta_{30}]. \quad (5)$$

Equations 4 and 5 can be converted to parametric form by adding angular velocities ($\omega_{1,2,3,\dots,n}$) and time (t) parameters :

$$x_{p_n}(t) = l_1 \cos(\theta_{10} + \omega_1 t) + l_2 \cos[\theta_{10} + \theta_{20} + t(\omega_1 + \omega_2)] + l_3 \cos[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3)] + \dots + l_n \cos[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + \dots + \theta_{n0} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n)], \quad (6)$$

$$y_{p_n}(t) = l_1 \sin(\theta_{10} + \omega_1 t) + l_2 \sin[\theta_{10} + \theta_{20} + t(\omega_1 + \omega_2)] + l_3 \sin[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3)] + \dots + l_n \sin[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + \dots + \theta_{n0} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n)]. \quad (7)$$

The general parametric velocity and acceleration equations can be derived from Equations 6 and 7 by first and second order derivatives and are given below:

$$\dot{x}_{p_n}(t) = -l_1 \omega_1 \sin(\theta_{10} + \omega_1 t) - l_2 (\omega_1 + \omega_2) \sin[\theta_{10} + \theta_{20} + t(\omega_1 + \omega_2)] - l_3 (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3) \sin[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3)] + \dots - l_n (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n) \sin[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + \dots + \theta_{n0} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n)], \quad [8]$$

$$\dot{y}_{p_n}(t) = l_1\omega_1 \text{Cos}(\theta_{10} + \omega_1 t) + l_2(\omega_1 + \omega_2)\text{Cos}[\theta_{10} + \theta_{20} + t(\omega_1 + \omega_2)] + l_3(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3) \text{Cos}[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3)] + \dots + l_n(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n)\text{Cos}[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + \dots + \theta_{n0} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n)], \quad [9]$$

$$\ddot{x}_{p_n}(t) = -l_1\omega_1^2 \text{Cos}[\theta_{10} + t\omega_1] - l_2(\omega_2 + \omega_1)^2 \text{Cos}[\theta_{10} + \theta_{20} + t(\omega_2 + \omega_1)] - l_3(\omega_2 + \omega_3 + \omega_1)^2 \text{Cos}[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + t(\omega_2 + \omega_3 + \omega_1)] \dots - l_n(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n)^2 \text{Cos}[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + \dots + \theta_{n0} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n)], \quad [10]$$

$$\ddot{y}_{p_n}(t) = -l_1\omega_1^2 \text{Sin}[\theta_{10} + t\omega_1] - l_2(\omega_2 + \omega_1)^2 \text{Sin}[\theta_{10} + \theta_{20} + t(\omega_2 + \omega_1)] - l_3(\omega_2 + \omega_3 + \omega_1)^2 \text{Sin}[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + t(\omega_2 + \omega_3 + \omega_1)] + \dots - l_n(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n)^2 \text{Sin}[\theta_{10} + \theta_{20} + \theta_{30} + \dots + \theta_{n0} + t(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n)]. \quad [11]$$

RESULTS AND DISCUSSION

Eight kinematic combinations for $\omega_{1,2,3}$ have been obtained according to the variables l and $-l$. Six of these combinations $(-1,-1,-1), (-1,1,1), (1,-1,1), (1,-1,-1), (-1,-1,1), (-1,1,-1)$ were neglected due to straight line-circle trajectories and symmetry. The remaining two main parameters of the kinematic combinations are $\omega_{1,2,3} (1,1,-1)$ and $(1,1,1)$. Other geometric parameters are also shown in Table 1. The equation numbers (e.n.) in Table 1 refers to the parametric position equations of the corresponding curve. In order to simplify the geometric equations, initial angles ($\theta_{10,20,30}=0$) and link lengths ($l_{1,2,3}=1$) are used.

Table 1 The geometric and kinematic parameters of 3RM and drawn curve families

Figure	Curve family name	Ref.	l_1	l_2	l_3	ω_1	ω_2	ω_3	e.n.
points									
4a	Limacon of Pascal family	P_2	1	1	0	1	1	-1	12
		P_{3m}	1	1	0,5	1	1	-1	13
4b	Cardioid family	P_{2m}	1	0,5	0	1	1	-1	14
		P_3	1	1	1	1	1	-1	15
4c	Freeth's nephroid family	P_3	1	1	1	1	1	1	16
		P_{3m}	1	1	0,5	1	1	1	17

Parametric equation sets have been derived by placing numerical values of $l_{1,2,3}$ and $\omega_{1,2,3}$ from Table 1 into equations (6) and (7). As a result, these equations can be transformed into a parametric equation sets in a simpler form. Those equations are shown below:

$$x(t) = \text{Cos}(t) + \text{Cos}(2t), \quad y(t) = \text{Sin}(t) + \text{Sin}(2t), \quad (12)$$

$$x(t) = \frac{3}{2}\text{Cos}(t) + \text{Cos}(2t), \quad y(t) = \frac{3}{2}\text{Sin}(t) + \text{Sin}(2t), \quad (13)$$

$$x(t) = \text{Cos}(t) + \frac{1}{2}\text{Cos}(2t), \quad y(t) = \text{Sin}(t) + \frac{1}{2}\text{Sin}(2t), \quad (14)$$

$$x(t) = 2\text{Cos}(t) + \text{Cos}(2t), \quad y(t) = 2\text{Sin}(t) + \text{Sin}(2t), \quad (15)$$

$$x(t) = \text{Cos}(t) + \text{Cos}(2t) + \text{Cos}(3t), \quad y(t) = \text{Sin}(t) + \text{Sin}(2t) + \text{Sin}(3t), \quad (16)$$

$$x(t) = \text{Cos}(t) + \text{Cos}(2t) + \frac{1}{2}\text{Cos}(3t), \quad y(t) = \text{Sin}(t) + \text{Sin}(2t) + \frac{1}{2}\text{Sin}(3t). \quad (17)$$

Sets of parametric equations of velocity and acceleration can also be obtained by applying the parameters given in Table 1 into equations 12-17. Within the scope of this study, only general parametric position equations are obtained. Curve families of Limacon of Pascal (Eqs.12-13), Cardioid (Eqs.14-15) and Freeth's Nephroid (Eqs.16-17), are drawn with obtained parametric equations and shown in Fig. 4.

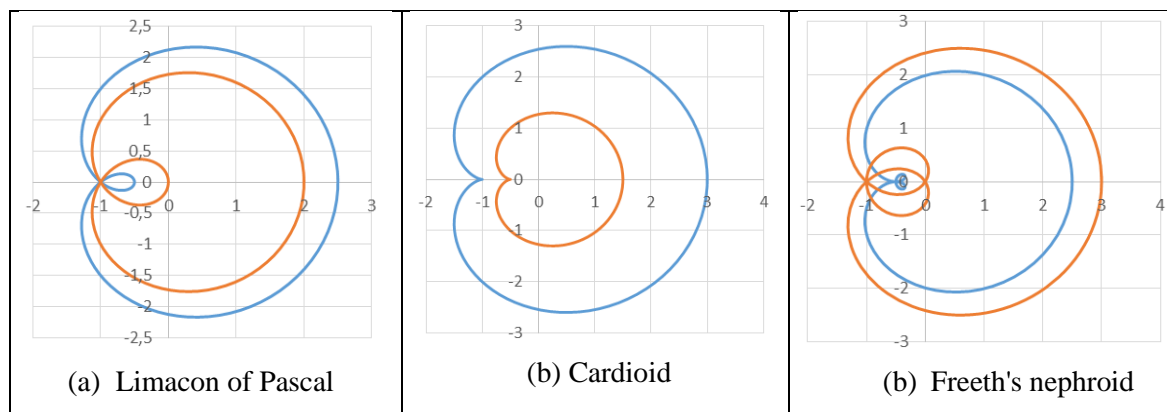


Fig.4 Drawing three well known curve families with parametric position equations

CONCLUSIONS

In this paper, a new method has been presented to derive the general parametric position, velocity and acceleration equations of nRM. Six different geometric and kinematic parameter sets for the 3RM have been applied to general parametric position equations. As a result, six parametric equations set for six different curves have been obtained. These curves are three well-known curve families. Parametric velocity and acceleration equations have been given only in general form. The method presented in this study will enable us to obtain the general parametric equations of nRM with 2,3 or more links which can be used to draw different curvilinear trajectories with different parameters for the related robot manipulator design. Some inverse kinematic studies for nRM may be applied with equation sets obtained from this work.

REFERENCES

Krovi, V., G. K., Ananthasuresh, Kumar, V.,2002, Kinematic and Kinetostatic Synthesis of Planar Coupled Serial Chain Mechanisms, Journal of Mechanical Design, Vol. 124

Lawrence, J. D., 2014, A Catalog of Special Plane Curves, Dover Publications, Newyork, USA,ISBN: 978-0-486-60288-5

Lockwood , E., H., 2010, *Book of Curves*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, Online ISBN:9780511569340

Nie, X., Krovi, V., 2005, Fourier Methods for Kinematic Synthesis of Coupled Serial Chain, Journal of Mechanical Design, Vol. 127

Oral, H., 2016, “Investigate of Parameters Producing Straight Line of Plane 3R Manipulator Mechanism,” M.Sc. thesis

Rutter, J., W., 2000, Geometry of Curves, Chapman&Hall/CRC, ISBN: 9781584881667

Presentation ID / Sunum No= 72

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-0068-2139

Sıçan Siyatik Sinir Kesilmelerinde Adipöz Kaynaklı Mezenkimal Kök Hücrelerin İntratubal Enjeksiyonunun Etkilerinin Deneysel Olarak Kıyaslanması

Dr. Öğr. Üyesi Perçin KARAKOL

*Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Bağcılar Eğitim Araştırma Hastanesi, Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği /İstanbul
E-mail: ppercin@gmail.com*

Özet

Bu çalışma, siyatik sinir transeksiyonunun sıçan modelinde adipöz türevli mezenkimal kök hücrelerin (ASC), intratubal uygulaması sonrası sinir iyileşmesine faydasını araştırmak için tasarlanmıştır. Rat Sol siyatik sinirinde 1 cm'lik defekt oluştuktan sonra, 32 Wistar albino sıçan, (Grup 1; epinöral tubulizasyon grubu) (ENT) ve epinöral onarım ve tüp içi mezenkimal kök hücre uygulaması enjeksiyonu olmak üzere 4 gruba (her biri için n=8) ayrıldı. Bunlardan Grup 2, 21. gün, Grup 3 60. Gün sonra ve Grup 4 de 120. gün e ulaşınca sakrifiye edildi. Her grupta fonksiyonel [siyatik fonksiyon indeksi (SFI), kalça çevresi, geri çekilme refleksi latansı (WRL), kas ağırlık oranı], elektrofizyolojik, histomorfometrik ve immünohistokimyasal analizler yapıldı. Sonuç olarak, bulgularımız, sıçan siyatik sinir transeksiyon modelinde epinöral onarım ve intratubal ASC enjeksiyonunun kullanımının tatmin edici fonksiyonel sonuç ve kök hücre nöral farklılaşması ile birlikte iyileştirilmiş periferik aksonal rejenerasyon ile ilişkili olduğunu ortaya koydu.

Anahtar kelimeler: Epinöral tubülizasyon; Periferik sinir yaralanması; Sıçan modeli; Siyatik sinir transeksiyonu.

Experimental Comparison of the Effects of Intratubal Injection of Adipose Derived Mesenchymal Stem Cell in Rats Sciatic Nerve Transection

Abstract

This study was designed to investigate the benefit of nerve healing after intratubal administration of adipose-derived mesenchymal stem cells (ASC) in a rat model of sciatic nerve transection. After 1 cm defect occurred in the left sciatic nerve of the rat, 32 Wistar albino rats (Group 1; epineural tubulization group) (ENT) and epineural repair and intra-tube mesenchymal stem cell injection were divided into 4 groups (n for each). =8) left. Of these, Group 2 was sacrificed on the 21st day, Group 3

after the 60th day, and in Group 4 when it reached the 120th day. Functional [sciatic function index (SFI), hip circumference, withdrawal reflex latency (WRL), muscle weight ratio], electrophysiological, histomorphometric, and immunohistochemical analyzes were performed in each group. In conclusion, our findings revealed that the use of epineural repair and intratubal ASC injection in the rat sciatic nerve transection model is associated with improved peripheral axonal regeneration with satisfactory functional outcome and stem cell neural differentiation.

Keywords: Epineural tubulization; Peripheral nerve injury; Rat model; Sciatic nerve transection.

1.GİRİŞ

Periferik sinir hasarı, periferik nöropatinin önde gelen nedenini temsil ederken, segmental periferik sinir hasarının onarımı, en gelişmiş mikrocerrahi müdahalelerde bile tatmin edici klinik sonuç vermemesi nedeniyle, uzun süreli morbidite ile ilişkili klinik bir zorluk olarak kabul edilmektedir (Houschyar vd., 2016:4175293). Bu bağlamda, sinir yaralanmasından sonra daha iyi sonuçlar elde etmek için periferik sinir araştırmaları alanında (Masgutov vd.,2018:86), moleküler biyoloji tekniklerinin, büyüme ve trofik faktörlerin yanı sıra çeşitli kaynaklardan kök hücrelerin, yaralanmalı sinir rejenerasyonunu uyarmak için kullanılması giderek daha fazla ele alınır duruma gelmiştir (de Luca AC vd.,2015:52543). ASC'lerin kondrojenik, nörojenik ve osteojenik kapasiteye sahip multipotent hücreler olduğu giderek daha fazla kabul görmüştür (Bunnell BA vd., 2008:115-120). ASC'ler, yaralı bölgeye nakledildikten sonra, yaralı bir sinirin yapısal ve fonksiyonel iyileşmesinin farklı aşamalarına katılan büyük miktarlarda nörotrofik faktörleri ifade eden pro-rejeneratif bir fenotipe sahiptir (Bucan vd., 2018; Heine vd., 2004:231-240; Carlson vd., 2011:267-277; Zack-Williams vd.,2015:51-64; Widgerow vd.,2013:1517-1524; Kolar vd., 2014:697-701; Reid vd., 2011:515-522). Bu nedenle periferik sinir hasarı onarımında ASC'lerin potansiyel kullanımının umut verici olduğu düşünülmektedir (Salehi vd., 2016:26-41).

Tübülizasyon için, hasarlı sinirin epinöryumunun kendisinin de kullanıldığı bildirilmiş olsa da, sıçan siyatik sinir modellerinde fonksiyonel rejenerasyona sahip parametreler bu teknik için kapsamlı bir şekilde çalışılmamıştır (Luokkala vd., 2016:322-329; Snyder, 1981:267-276; Martini ve Fromm, 1989:379-382; Ayhan vd., 2000:371-377; Yavuzer vd., 2002:392-400; Chatdokmaiprai vd., 2006:663-669). Ek olarak, periferik sinir yaralanmasından sonra rejenerasyon doğruluğunu ve fonksiyonel iyileşmeyi arttırmak için konduit onarımının olasılığı ve kapsamı hala açıklığa kavuşturulmamıştır (Liu vd., 2018:3443). Bu nedenle bu çalışmanın amacı, sıçan siyatik sinir transeksiyonu modelinde intratubal ASC uygulaması olan veya olmayan epinöral tübülizasyonun (hasarlı sinirin epinöryumu kullanılarak) etkinliğini, ilgili fonksiyonel, morfometrik ve immünohistokimyasal parametreler açısından tatmin edici olarak değerlendirmektir.

2.YÖNTEM

Normal aktiviteye ve %87 homojenliğe sahip toplam 32 adet yetişkin dişi Wistar-albino rat (250-300 g) 12 saat aydınlık-karanlık döngüsüne sahip, sıcaklığı 22±0.5 °C olan ve sıcaklık kontrollü kafeslerde izlenmiştir. Çalışma için Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hayvan Bakım ve Kullanım Kurulu'ndan onay alınmıştır (Onay Tarihi: 31.05.2010, protokol no: 2010/17).

2.1 Deney protokolü

Sol siyatik sinirde 1 cm'lik defekt oluşumu ve epinöral tübülizasyon sonrası ratlar, intratubal ASC enjeksiyonu uygulamasına göre epinöral tübülizasyonu olanlar da dahil olmak üzere 4 gruba (her biri için n=8) ayrıldı (Grup 1; ENT grubu) ve ENT artı intratubal ASC enjeksiyonu olanlar 21. gün (Grup 2; ENT+ASC-21 gün grubu), 60. gün (Grup 3; ENT+ASC-60 gün grubu) ve ENT+ASC-120gün grubu, 120. gün (Grup 4) sakrifiye edildi.

Yürüme yolu analizi (siyatik fonksiyon indeksi, SFI), kalça çevresi ölçümü ve geri çekilme refleksi gecikmesini (WRL) içeren fonksiyonel analiz, 21. günde (tüm gruplar), 60. günde (Grup 1, 3 ve 4) ve 120. günde planlandı (Grup 1 ve 4). Her grupta sakrifikasyon öncesi gastroknemius kasının izometrik kasılma özellikleri (kasılma genliği ve latansı) için elektrofizyolojik değerlendirme yapılırken,

sakrifikasyon sonrası kas ağırlık oranı hesaplaması, histomorfometrik ve immünohistokimyasal analizler yapıldı.

2.2 Cerrahi işlemler

Cerrahi işlemler intraperitoneal olarak 90 mg/kg Ketamin-HCl (Ketalar®, Pfizer-Pharmaceutical Company, İstanbul, Türkiye) ve 10 mg/kg Xylazin HCl (Rompun®, Bayer, İstanbul, Türkiye) anestezisi altında yapıldı. Sıçanlar yüzüstü pozisyona getirildi ve sağ siyatik sinir, gluteal bölgede eğik bir cilt insizyonu ve mikroskop büyütmesi altında gluteal kas ayırma yaklaşımı ile açığa çıkarıldı. Ortalama bir hayvanda sıçan siyatik sinirinin tüm uzunluğunun %25'ini oluşturan kritik 10 mm'lik bir defekt oluşturan, çentiğin 5 mm distalinden 10 mm'lik bir sinir segmenti çıkarıldı (Farzamfar vd., 2019:48-61). Eksize edilen her 10 mm siyatik sinir segmentindeki üç fasikül, 16x büyütme altında perinöral salin enjeksiyonları ile epinöral kılıfa zarar vermeden boş epinöral tüp elde etmek için çıkarıldı, daha sonra 10/0 naylon ile dört epinöral dikişle proksimal ve distal güdük uçlarına tübüler hale getirildi (Dylon®, Doğan, Trabzon, Türkiye). Grup 1 dışındaki çalışma gruplarında ASC'ler (yaklaşık 1,5 milyon U) epinöral tüpe enjekte edildi (Şekil 1). Anastomoz bölgelerine ASC'lerin ekstra tubulizasyonunu önlemek için Tisseel® Kit VH Fibrin Sealant (Baxter®, Ankara, Türkiye) ile uygulandı. Koaptasyonların ardından kas tabakası 4/0 poliglaktin 910 (Vicryl®, Ethicon, Johnson&Johnson Company, ABD) sütürler ile ayrı ayrı kapatıldı ve cilt subkutan olarak 5-0 ipek (Doğan®, Trabzon, Türkiye) sütürlerle sürekli sütürle kapatıldı.

2.3 ASC'lerin İzolasyonu

Yağ dokusunun işlenmesi ve ASC'lerin izolasyonu, daha önce Bunnell ve diğerleri tarafından tarif edildiği gibi ASC'lerin izolasyonu, karakterizasyonu, genişletilmesi ve farklılaşması için bir dizi ayrıntılı protokole uygun olarak gerçekleştirildi. İzolasyon amacıyla yağ dokusu, %1 penisilin-streptomisin solüsyonu ile birkaç kez yıkama işleminden geçirildi. Daha sonra dokular kuru bir petri kabına alındı. Dokular üzerine 2 ml %0.0075 tip 1 kollajenaz solüsyonu eklendi. İnkübasyon sonunda dokular 1800 rpm'de 10 dakika santrifüj edildi. Daha sonra süpernatant atıldı ve pelet 70 µm'lik bir hücre süzgeci ile süzüldü. Daha sonra tekrar 1300 rpm'de 5 dakika santrifüj edildi. Süpernatant atılır, pelet üzerine 5 ml lysing solüsyonu eklenip süre sonunda 1800 rpm'de 10 dakika santrifüj işlemi iki kez tekrarlandı.

İmmünofenotip tayini için hücre sayısı (yaklaşık 8×10^6) yüzey belirteçleri ve uygun izotipler ile homojenize edildi. Eklenerak oda sıcaklığında-karanlık ortamda 45 dakika inkübe edildi. Elde edilen hücrelerin immünofenotipi, bir dizi yüzey belirtecinin ifadesine dayalı olarak değerlendirildi: CD 29 (BioLegend, No. 102208, 1:100), CD 44 (BioLegend, No. 103028, 1:100), Stro-1 (BioLegend, No. 340104, 5:100), Thy-1 (BioLegend, No. 328112, 1:100), CD 34 (Santa Cruz, sc-7324, 1:100). İmmünofenotip belirlemesinden sonra hücreler, yeşil floresan protein (eGFP) genini (LV-eGFP) kodlayan lentivirüs ile transdükte edildi (Zakirova vd., 2015:140-143). Yalnızca transplantasyon için, flowsitometri FACS Aria III (BD) üzerinde sıralama yapılarak elde edilen eGFP'yi ifade eden ASC'ler kullanıldı (Şekil 2).

2.4 Fonksiyonel testler

2.4.1 Yürüyüş parkuru analizi ölçümü

Yürüyüş yolu analizi, daha önce de Medinaceli ve Bain ve diğerleri tarafından tanımlandığı şekilde parkur tasarlanarak yapıldı (Zakirova vd., 2015:140-143; de Medinaceli vd., 1982:634-643) (Şekil 3).

2.4.2 Geri çekme refleksi gecikmesinin ölçümü (WRL)

WRL ölçümü için, tüm gruplardaki sıçanlar, etkilenen arka pençe ile 56°C'de bir ocak üzerinde duracak şekilde konumlandırıldı. WRL, ocak gözü temasının başlangıcından arka patinin çekilmesine kadar geçen süre olarak tanımlanıp ve bir kronometre ile ölçüldü. Etkilenen uzuvlar, duyarlılığı önlemek için ardışık testler arasında 2 dakikalık bir aralıkla üç kez test edildi ve nihai sonucu elde etmek için üç gecikmenin ortalaması alındı. Varejao ve ark. tarafından tarif edildiği gibi cilt yaralanmasını önlemek için ocak gözü temasının süresi maksimum 12 saniye ile sınırlandırılırken, ocak gözü temasından

sonraki 12 saniye içinde yanıt vermeyen sıçanlar için WRL 12 saniye olarak kabul edildi (Bain JRvd., 1989:129-138).

2.4.3 Kas ağırlık oranı ölçümü

Sıçanların servikal dislokasyon ile sakrifiye edilmesinin ardından her iki taraftaki gastroknemius kasları dikkatlice diseke edildi ve tartıldı. Kas ağırlık oranı, yani yaralı tarafın ıslak ağırlığı, kontralateral kontrol tarafına göre hesaplandı (Şekil 4).

2.4.4.1 Elektrofizyolojik çalışmalar

Her grupta sakrifikasyondan önce sıçanlara anestezi uygulandı ve onarım bölgesinin proksimalindeki siyatik sinir yeniden açığa çıkarıldı ve bipolar kanca elektrot kullanılarak maksimal elektriksel uyarı ile uyarıldı ve gastroknemius kaslarında bileşik kas aksiyon potansiyelleri (CMAP'ler) kaydedildi. MYTO taşınabilir dijital elektromiyografi kaydedici (EBNeuro, Firenze, İtalya). Tek kutuplu kayıt ve referans elektrot sırasıyla kas göbeğine ve tendona yerleştirildi. Toprak elektrotu olarak kullanılan paslanmaz çelik iğne kuyruk derisine yerleştirildi. Motor sinir iletimi, CMAP'lerin distal latansı ve amplitüdü temelinde değerlendirildi. Latans süresinin uzaması ve amplitüdün azalması aksonal dejenerasyon ve demiyelinizasyon olarak kabul edildi.

2.4.4.2 Histomorfometrik ve immünohistokimyasal analiz

Histolojik analizler için sol ve sağ siyatik sinirden 5 mm'lik kesitler ve sol ve sağ gastroknemius kas doku kesitlerinden 1 cm³'lük kesitler sabitlendi, parafine gömüldü ve Masson-Trichrome ile boyandı ve histolojik analiz için ışık mikroskobu (Nikon® ECLIPSE 80i, Japonya, x200 büyütme) kullanılarak değerlendirildi. İmmüno floresan boyama için özel adımlar, üreticinin talimatlarına göre yapıldı. Kesitler bir floresan mikroskobu (Nikon® Eclipse 800; Spot RT Renkli CCD kamera; Diagnostic Instruments) ile incelendi.

2.4.4.3 İstatistiksel analiz

İstatistiksel analiz, IBM SPSS Statistics for Windows, sürüm 25.0 yazılımı (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılarak yapıldı. Sayısal değişkenleri analiz etmek için Mann-Whitney U ve Kruskal-Wallis testleri ile Post-Hoc Games Howell ile OneWay ANOVA ve Fisher's Least Significant Fark (LSD) testleri kullanıldı.

3. BULGULAR

3.1 Sinir rejenerasyonunun fonksiyonel değerlendirmesi

Sağ/sol kontrol tarafı arasındaki kalça çevresi farkı Grup 1'de 60. Günde ($p<0.01$) ve 120. günde ($p<0.01$) Grup 4'e göre anlamlı olarak daha düşüktü. SFI, Grup 4'te 21. ve 60. günde diğer tüm gruplarla karşılaştırıldığında ($p<0.01$) ve 120. günde Grup 1 ile karşılaştırıldığında ($-50.89\pm 6.60, -68.79\pm 9.02, p<0.01$) anlamlı olarak daha yüksekti, ameliyattan daha kötü olarak değerlendirildi.

WRL için ortalama değer Grup 4'te Grup 1'e göre anlamlı olarak daha kısaydı (5.64 ± 0.75 'e karşı $11.50\pm 0.50, p<0.01$).

3.2 Elektrofizyolojik parametreler

Kasılma amplitüdü Grup 1'de diğer tüm gruplarla karşılaştırıldığında anlamlı olarak daha düşüktü (0.22 ± 0.05 'e karşı $0.34\pm 0.07, 0.50\pm 0.11$ ve 0.61 ± 0.16 , her biri için $p<0.01$), oysa ASC grupları arasında anlamlı bir ameliyattan 21 gün sonra 60 gün ve 120 gün sonra kasılma amplitüdü artışı izlendi ($p<0.05$).

3.3 Kas ağırlık oranı

Yaralı/kontralateral kontrol kas ağırlık oranı Grup 4'te Grup 1'e ($0.81\pm 0.07 - 0.71\pm 0.04, p<0.01$) ve Grup 2'ye ($0.81\pm 0.07 - 0.75\pm 0.05, p<0.05$) göre anlamlı olarak daha yüksekti.

3.4 İmmünohistokimyasal analiz

Siyatik sinir ve gastroknemius kasının immünohistokimyasal analizi, Grup 1'de vimentin veya GFP pozitif hücre ekspresyonu olmayan sadece DAPI (+) hücreleri, tüp ve kasta aksonal yapı veya nöral progenitör hücre içermeyen tek GFP pozitif hücreleri ortaya çıkardı. Grup 2'de, Grup 3'te aksonal yapının minimal tutulumu ile tüp ve kastaki GFP pozitif hücreler , GFP ve vimentin ile boyanmış hücreler ve ASC'ler tarafından nöronal farklılaşmanın indüklendiğini gösteren tek nöral progenitör hücreler ve direkt ASC'lerin aksonal yapı içinde yer alması, ASC'lerin Grup 4 kas tabakasına uzanması izlenmiştir .

4. TARTIŞMA

Sinir boşluğunu köprülemek için bir kanal olarak epinöryumun kullanılması ilk olarak Ayhan ve ark. (Ayhan vd., 2000:371-377) otolog greftli bir proksimal kılıf tüpünün, yaklaşık -90'dan -60'a kadar, 12 haftada gelişmiş SFI ile ilişkili olduğu bildirildi (Yavuzer vd., 2002:392-400). Proksimal güdükteki canlı aksonların kan beslemesini bozmak için proksimal güdük epinöryumu kullanıldığından, distal güdük daha makul bir donör bölge olarak kabul edilmiştir (Luokkala vd., 2016:322-329). Buna göre Chatdokmaiprai ve ark. bir sıçan siyatik sinir modelinde 7 mm'lik bir boşluğu onarmak için bir distal güdükteki ciro epinöral kılıfının kullanımını tarif ederken, onların analizi, sıçan siyatik sinir modellerinde fonksiyonel rejenerasyon ile yüksek düzeyde korelasyon gösteren parametrelerden yoksun olan sadece histomorfometrik analizi içermiştir (Chatdokmaiprai vd., 2006:663-669). Daha sonra Luokkala ve ark. bir sıçan siyatik sinir modelinde kısa bir segmental sinir defektini köprülemek için distal epinöral kılıf tüpünü kullanmış ve distal epinöral kılıf tüpünün, hiçbir histolojik donör-site morbiditesi olmaksızın sinir kütükleri arasında boyut uyumlu bir kanal sağladığını bildirmiştir (Luokkala vd., 2016:322-329). Yazarlar ayrıca nöroma oluşumu olmadan epinöral tüp yoluyla histolojik olarak doğrulanmış rejenerasyon ve gelişmiş SFI ile fonksiyonel iyileşme (16 haftada -36,3) kaydetti.

Farklı tübüler konduitlerle gerçekleştirilen geçmiş çalışmalar da gelişmiş SFI ve nöroma oluşumu eksikliğini ortaya çıkarmıştır (Liu vd., 2018:3443;Farzamfar vd., 2019:48-61; Zakirova vd., 2015:140-143; de Medinaceli vd., 1982:634-643; Bain JRvd., 1989:129-138). Liu ve ark. uçtan uca epinöral sütürleme ve sinir otogreftleme için potansiyel bir ikameyi temsil etmek için bio-absorbe edilebilir sinir kılavuz kanalı yoluyla yırtılmış siyatik sinirin tübülasyon onarımının olduğunu göstermiştir (Liu vd., 2018:3443). Bir sıçan siyatik sinir transeksiyon modelindeki bulgularımız, fonksiyonel, elektrofizyolojik ve immünohistokimyasal bulgular temelinde 120 gün içinde siyatik sinir rejenerasyonunda intratubal ASC enjeksiyonu ile ENT'nin etkinliğini ortaya koydu.

Bulgularımız, hasarlı sinirin epinöral kılıfı kullanılarak kesilen siyatik sinirin tübülasyon onarımının tatmin edici fonksiyonel ve elektrofizyolojik sonuçlarında intratubal ASC enjeksiyonunun rolünü vurgulamaktadır. ASC transplantasyonunun periferik sinir yaralanmalarının rejenerasyonundaki faydalı etkisi, fibroblast büyüme faktörü, sinir büyüme faktörü, siliyer nörotrofik faktör, beyin kaynaklı nörotrofik faktör ve glial hücre gibi nörotrofik maddelerin üretimi ile ilişkili olarak geçmiş çalışmalarda da bildirilmiştir (Bucan vd., 2018; Cartarozzi vd., 2015:14-24). Cartarozzi ve ark. polikaprolakton bazlı tübüler protez ile sinir tübülizasyonundan sonra periferik rejeneratif süreç için sıçan tek taraflı siyatik sinir transeksiyon modelinde bir fibrin iskelesi ile ilişkili mezenkimal kök hücrelerin (MSC'ler) etkinliğini bildirmiştir (Cartarozzi vd., 2015:14-24). Yazarlar, MSC'lerin aşılmasının lezyondan 7-8 hafta sonra daha yüksek motor fonksiyon iyileşmesi ile ilişkisini ve Schwann hücrelerinin reaktivitesinin pozitif modülasyonu ile MSC'lerin aşılması yoluyla gelişmiş sinir rejenerasyon sürecinin ilişkisini belirtmişlerdir (Cartarozzi vd., 2015:14-24).

Bucan et al. ASC'ler tarafından salgılanan eksozomların in vivo olarak aksonlar tarafından seçici olarak içselleştirildiğini ve aksonların rejeneratif büyümesini kolaylaştırarak yaralanma sonrası periferik sinir rejenerasyonunu arttırdığını göstermiştir (Bucan vd., 2018).

Masgutov ve ark. otolog sinir grefti ile onarılan 10 mm'lik bir sinir defekti ile doğal koşullar altında iyileşen karşı taraftaki özdeş bir lezyonun sonucunu karşılaştırarak, MSC'lerin özelliklerine sahip allojenik ASC'lerin transplantasyonunun sıçanlarda travma sonrası siyatik sinir rejenerasyonu üzerindeki etkisini incelemiştir (Masgutov vd.,2018:86). Sıçan siyatik sinir yaralanma modeli çalışmamızda, ENT ve ACS'lerin intratubal enjeksiyonu kullanımı, 120 günlük operasyondan sonra hedef organların (SFI, WRL, kas ağırlık oranı) ve aksonal rejenerasyonun (elektromiyografi, iletim

kapasitesi) gelişmiş işlevi ile ilişkilendirildi. Özellikle, ENT ve intratubal ASC enjeksiyonunun etkinliği, tatmin edici fonksiyonel ve nöro-rejeneratif sonuçlar için operasyondan en az 120 gün sonra gerekli olan iyileşme periyodunun süresine bağlı görünmektedir. Bu, ASC'lerin yaralı bir periferik sinirin fonksiyonel ve yapısal iyileşmesini arttırmadaki rolünü ve akson büyümesi ve Schwann hücre proliferasyonundan sinir lifi miyelinizasyonuna ve iletkenliğin restorasyonuna kadar farklı iyileşme aşamaları üzerindeki etkisinin olasılığını destekliyor gibi görünmektedir .

Bu nedenle bulgularımız, periferik sinir onarımı için bir yöntem olarak intratubal ASC enjeksiyonu ile epinöral tübülizasyonun uygulanabilirliğini vurgulamaktadır, çünkü aksonların sadece akson büyümesini uyararak değil aynı zamanda filizlenen aksonları uygun yöne doğru yönlendirerek aksonların optimal bir ortamda yenilenmesini sağladığı kanaatindeyiz.

Bununla birlikte, periferik sinir yaralanmasından sonra hedef organ fonksiyonunun, distal segmentte rejenere akson sayısı, orijinal hedef organların uygun yeniden innervasyonu, rejenere akson sayısı ile hedef organda ölçülen fonksiyon arasındaki ilişki gibi birçok faktöre bağlı olduğuna dikkat edilmelidir.

Çalışmamızda, mikroskopik ve elektrofizyolojik değerlendirmelerden önce iyileşmenin iyileştiğini gösteren minimal fibrozis ve enflamasyon ile çalışmamızda, intratubal ASC enjeksiyonunun kullanımı 120 günlük operasyondan sonra en düşük atrofi derecesi ile de ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, ASC enjeksiyonu olmayan ENT, 10'a işaret eden fonksiyonel, immünohistokimyasal ve elektrofizyolojik bulgular açısından olumsuz sonuçlarla ilişkilendirildi.

5. SONUÇ

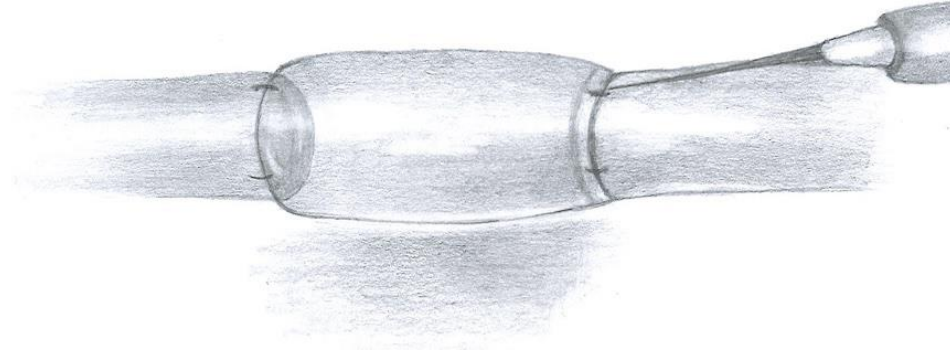
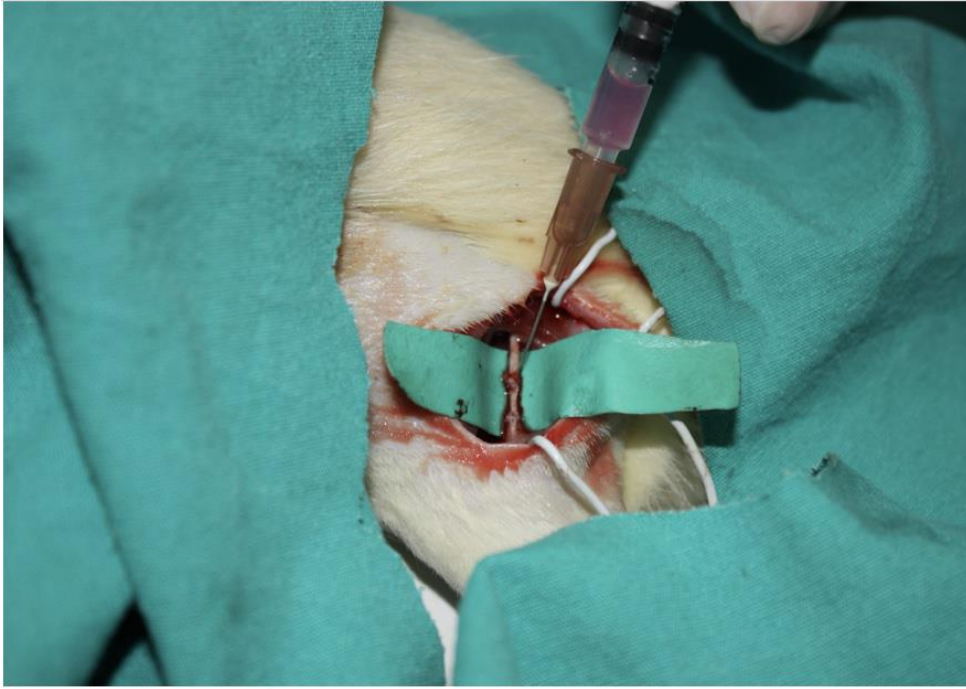
Sonuç olarak, bulgularımız, sıçan siyatik sinir transeksiyon modelinde ENT ve intratubal ASC enjeksiyonunun kullanımının tatmin edici fonksiyonel sonuç ve kök hücre nöral farklılaşması ile birlikte iyileştirilmiş periferik aksonal rejenerasyon ile ilişkili olduğunu ortaya koydu.

6. KAYNAKÇA

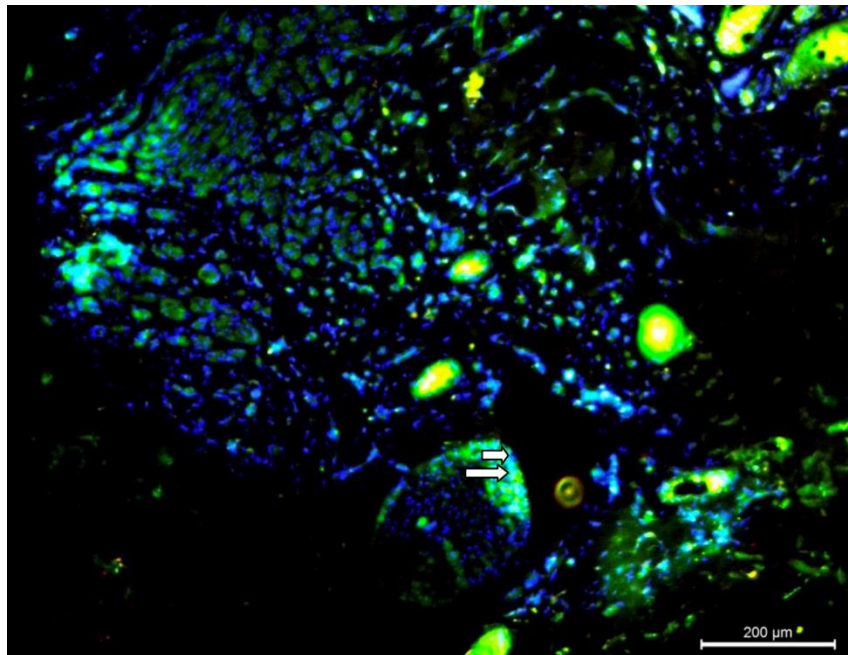
- 1) Houschyar KS, Momeni A, Pyles MN, et al. The role of current techniques and concepts in peripheral nerve repair. *Plast Surg Int* 2016;2016:4175293
- 2) Masgutov R, Masgutova G, Mukhametova L, et al. Allogenic Adipose Derived Stem Cells Transplantation Improved Sciatic Nerve Regeneration in Rats: Autologous Nerve Graft Model. *Front Pharmacol* 2018;9:86
- 3) de Luca AC, Faroni A, Reid AJ. Dorsal root ganglia neurons and differentiated adipose-derived stem cells: an in vitro Co-culture model to study peripheral nerve regeneration. *J Vis Exp* 2015;96:52543
- 4) Bunnell BA, Flaatt M, Gagliardi C, et al. Adipose-derived stem cells: isolation, expansion and differentiation. *Methods* 2008;45:115-120
- 5) Bucan V, Vaslaitis D, Peck CT, et al. Effect of exosomes from rat adipose-derived mesenchymal stem cells on neurite outgrowth and sciatic nerve regeneration after crush injury. *Mol Neurobiol* 2018 Jun 21. doi: 10.1007/s12035-018-1172-z. [Epub ahead of print]
- 6) Heine W, Conant K, Griffin JW, et al. Transplanted neural stem cells promote axonal regeneration through chronically denervated peripheral nerves. *Exp Neurol* 2004;189:231-240
- 7) Carlson KB, Singh P, Feaster MM, et al. Mesenchymal stem cells facilitate axon sorting, myelination, and functional recovery in paralyzed mice deficient in Schwann cell-derived laminin. *Glia* 2011;59:267-277
- 8) Zack-Williams SD, Butler PE, Kalaskar DM. Current progress in use of adipose derived stem cells in peripheral nerve regeneration. *World J Stem Cells* 2015;7:51-64
- 9) Widgerow AD, Salibian AA, Lalezari S, et al. Neuromodulatory nerve regeneration: adipose tissue-derived stem cells and neurotrophic mediation in peripheral nerve regeneration. *J Neurosci Res* 2013;91:1517-1524
- 10) Kolar MK, Kingham PJ. Regenerative effects of adiposetissue- derived stem cells for treatment of peripheral nerve injuries. *Biochem Soc Trans* 2014;42:697-701
- 11) Reid AJ, Sun M, Wiberg M, et al. Nerve repair with adipose-derived stem cells protects dorsal root ganglia neurons from apoptosis. *Neuroscience* 2011;199:515-522
- 12) Salehi H, Amirpour N, Niapour A, et al. An overview of neural differentiation potential of human adipose derived stem cells. *Stem Cell Rev* 2016;12:26-41

- 13) Luukkala T, Ryhänen J, Närpänkangas J, et al. Distal inside-out epineural sliding technique to repair segmental nerve defects. *Hand (NY)* 2016;11:322-329
- 14) Snyder CC. Epineural repair. *Orthop Clin North Am* 1981;12:267-276
- 15) Martini A, Fromm B. A new operation for the prevention and treatment of amputation neuromas. *J Bone Joint Surg Br* 1989;71:379-382
- 16) Ayhan S, Yavuzer R, Latifoglu O, et al. Use of the turnover epineural sheath tube for repair of peripheral nerve gaps. *J Reconstr Microsurg* 2000;16:371-377
- 17) Yavuzer R, Ayhan S, Latifoglu O, et al. Turnover epineural sheath tube in primary repair of peripheral nerves. *Ann Plast Surg* 2002;48:392-400
- 18) Chatdokmaiprai C, Suwansingh W, Worapongpaiboon S. The turnover distal epineurial sheath tube for repair of peripheral nerve gaps. *J Med Assoc Thai* 2006;89:663-669
- 19) Liu D, Mi D, Zhang T, et al. Tubulation repair mitigates misdirection of regenerating motor axons across a sciatic nerve gap in rats. *Sci Rep* 2018;8(1):3443
- 20) Farzamfar S, **Ehterami A**, **Salehi M**, et al. Unrestricted Somatic Stem Cells Loaded in Nanofibrous Conduit as Potential Candidate for Sciatic Nerve Regeneration. *J Mol Neurosci* 2019;67:48-61
- 21) Zakirova EY, Azizova DA, Rizvanov AA, et al. Case of applying allogenic mesenchymal stem cells of adipogenic origin in veterinary dentistry. *J Anim Vet Adv* 2015;14:140-143
- 22) de Medinaceli L, Freed WJ, Wyatt RJ. An index of the functional condition of rat sciatic nerve based on measurements made from walking tracks. *Exp Neurol* 1982;77:634-643
- 23) Bain JR, Mackinnon SE, Hunter DA. Functional evaluation of complete sciatic, peroneal, and posterior tibial nerve lesions in the rat. *Plast Reconstr Surg* 1989;83:129-138
- 24) Varejao AS, Meek MF, Ferreira AJ, et al. Functional evaluation of peripheral nerve regeneration in the rat: walking track analysis. *J Neurosci Methods* 2001;108:1-9
- 25) Cartarozzi LP, Spejo AB, Ferreira RS Jr, et al. Mesenchymal stem cells engrafted in a fibrin scaffold stimulate Schwann cell reactivity and axonal regeneration following sciatic nerve tubulization. *Brain Res Bull* 2015;112:14-24

Şekil 1. Epinöral tubulizasyon sonrası enjeksiyonun yapılması



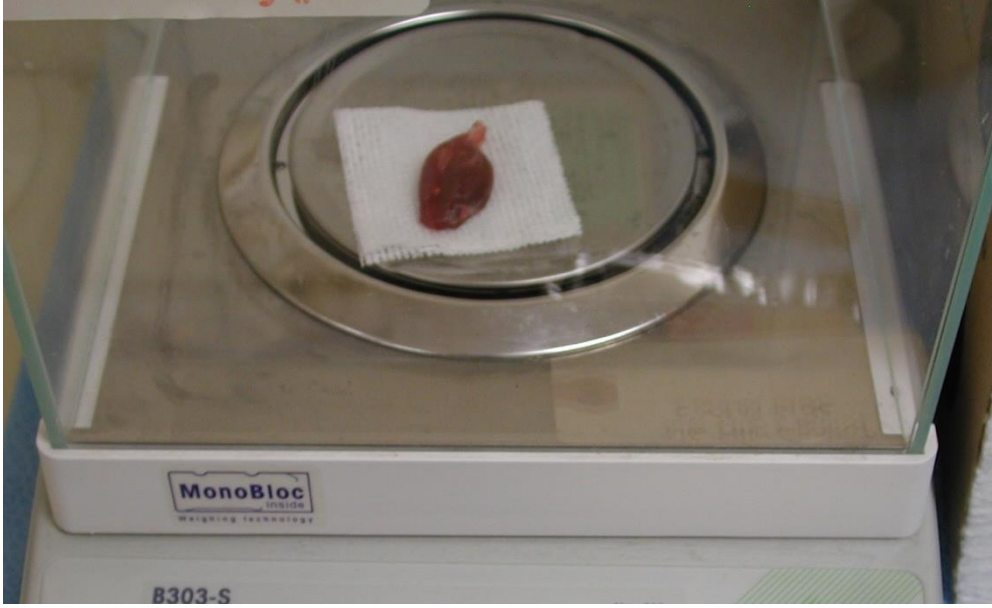
Şekil 2. GFP ile işaretlenmiş mezenkimal kök hücreler



Şekil 3. Ratlar için tasarlanmış yürüme parkuru



Şekil 4. Hassas terazi yardımıyla gastrocnemius kas kitlesi ölçümü



Presentation ID / Sunum No= 40

Oral Presentation / Sözlü Sunum

Araç Taşımacılığında Demiryolu Kullanımı ve Yenilikçi Bir Tasarım Araç Taşıma Vagonları

Pınar AKBULUT

Akdeniz Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü

pinar.akbulut@epsilon-ndt.com

Özet

Teknolojinin sürekli gelişimde olduğu günümüzde mühendislik büyük önem taşımaktadır. Yapılan tasarımlar her anlamda yaşantımızı kolaylaştırırken çok yönlü olarak da fayda sağlamak zorundadır. Günümüzde otomotiv sektörü ülke ekonomilerinin yapıtaşlarından biridir. Bununla beraber insanlık için de temel ihtiyaç haline gelmiştir. Diğer sektörlerinde en büyük müşterisi olan bu sektörde yapılan uluslararası ticarete taşıma maliyetini düşürmek kar oranını arttıracaktır. Çok yönlü bir düşünce sistemi olan tasarım, bu alanda karayolu taşımacılığına nazaran güzel bir alternatif olan araç taşıma vagonunu ortaya çıkarmıştır. Araç taşıma vagonları kapalı ve açık tasarımları ile çeşitlendirilmiş bu sayede güvenli taşımayı esas almıştır. Yapılan bu araştırmada demiryolu taşımacılığı ile diğer taşıma türleri karşılaştırılmış, yerli olarak üretimi yapılan araç taşıma vagonları hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Demiryolu, taşımacılık, araç taşıma.

Usage of Railways in Vehicle Transport And Vehicle Transport Wagons As An Innovative Design

Abstract

Today, the automotive sector is one of the building blocks of national economies. However, it has also become a basic need for humanity. Reducing transportation costs in international trade will significantly increase the profit rate in this sector, which is also the biggest customer of other sectors. The vehicle transport wagon, which is a good alternative to road transport, has been designed with a versatile thinking system. Vehicle transportation wagons are diversified with closed and open designs and safe transportation is taken as a basis. In this research, railway transportation and other types of transportation were compared and various information was given about domestically produced vehicle transportation wagons.

Keywords: Railway, transportation, vehicle transportation.

ARAÇ TAŞIMACILIĞINDA DEMİR YOLU KULLANIMI

Giriş

Taşımacılık sektörü, mal akışlarının düzenlenmesi, bu sürecin sürekliliğinin sağlanması ve istihdam yaratıcı bir sektör olması nedeniyle ekonomik büyümeye katkısı açısından en önemli sektörlerden birisidir. Ekonomik yapı içinde ulaştırma olanaklarının iyileşmesi, makroekonomik açıdan istihdam yapısını, yatırımları ve üretim düzeyini; mikro ekonomik açıdan ise, satış ve dağıtım aşamasında işletmelerin faaliyetlerini olumlu yönde etkilemektedir. (Çekerol ve Nalçakan, 2011).

Çağımızda yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler ve sanayi devrimleri ile oluşan pazarların küreselleşmesi neticesinde ülkeler arasındaki fiziki sınırların kalktığı, üretimin çeşitliliği ile gelişen tüketime dayalı uluslararası bir ticaret yapısı oluşmaya başlamıştır. Ülkelerin bu gelişmelere ayak uydurabilmesi için eğitim, teknoloji, sanayi ve ulaştırma gibi önemli alanlara ağırlık vermesi gerekmektedir. Firmalar iktisadi hedeflerine erişmek için seçmiş oldukları taşımacılık sektörü tercihlerini, iyi analiz etmeli, taleplere istenilen zamanda cevap verebilmeli ve rakiplerinin önüne geçirecek yönde belirlemeli ayrıca mevcut coğrafya, kültür, sosyo-politik yapı ve sanayi dallarına göre de değerlendirmelidir (Çekerol ve Nalçakan, 2011).

İşletmelerin uluslararası alanda rekabet edebilmelerinde imalat maliyetlerinin (işçilik, hammadde, enerji vb.) düşük olduğu yerlerde üretim yapmak, hedef pazarlara yakın olmak ve sürekli yeni pazarlar bulmak önemli bir kazanç kaynağı oluşturmaktadır. İşletmeler faaliyetlerini yalnızca kökeni oldukları yerel ya da bölgesel pazarlarda değil uluslararası ve küresel çapta sürdürmek zorundadırlar. (TİK,2004:371).

İşletmelerin gerek yurtiçi gerek uluslararası ticari hayatlarının sürdürülebilirliği için, ürünlerini diğer pazarlara mümkün olan en doğru yolla taşınması gerekmektedir.

Taşıma maliyetleri lojistik maliyetler içerisinde büyük paya sahiptirler. Ulaştırma, tüm lojistik sistem işlemlerinin başarısında temel rol oynamaktadır (Erdal ve Çancı, 2009: 31). Ulaştırmada kullanılacak ulaştırma sistemleri ise şunlardır;

- Karayolu Ulaştırmacılığı,
- Denizyolu Ulaştırmacılığı,
- Havayolu Ulaştırmacılığı,
- Demiryolu Ulaştırmacılığı,
- Nehiryolu (İç su yolu) Ulaştırmacılığı
- Boru Hattı Ulaştırmacılığı'dır

Bu sistemlerden hangisinin veya hangilerinin kullanılacağı birçok parametre baz alınarak optimum fayda oranına göre seçilir. Bu sistemler birleşik (kombine) şekilde de kullanılabilir.

İyi bir şekilde işleyen demiryolları, ağır sanayinin ihtiyaç duyduğu taşıma kapasitesini ve hizmetleri sunarak ticareti arttırabilir, uzmanlaşmayı sağlayabilir ve nihayetinde ekonomik büyümeye katkıda bulunabilir. Bu sebeptendir ki çeşitli şekillerde ölçülen (Lojistik Performans Endeksi ya da Çeviklik Endeksi) ülkelerin lojistik yetkinliği ile gelişmişlik seviyesi arasındaki yakın ilişki tesadüf değildir. (Aritua, 2019:1).

Taşıma Türlerinin Seçimi Ve Karşılaştırması

Ulaştırma türü seçiminde birbiriyle yakından bağlantılı bazı faktörler önem kazanmaktadır. Bunlar;

- Maliyet
- Hız
- Kalite
- Verimlilik ve esneklik

- Güvenlik
- Konfor
- Çevrenin korunması
- Kullanılan enerji miktarının minimum olması
- İlk tesis ve bakım onarım kolaylığı gibi faktörlerdir (Kayabaşı, 2007:23) .

Demiryolu taşımacılığının diğer taşıma şekillerine göre avantajları şu şekildedir:

- Enerji tüketimi açısından diğer ulaşım sistemlerine göre daha avantajlıdır.
- Büyük miktarda yük ve yolcu taşınması ile birim başına yakıt tüketiminin az olması çevreye daha az zarar vermesini sağlamaktadır.
- Demiryolu taşımacılığı, kazaların az olması sebebiyle emniyetlidir. Küçük çekiş gücü ile emniyetli yüksek hızlara ulaşılabilir.
- Karayolu trafik yükünü hafifletir.
- Genelde diğer sistemlerin aksine uzun dönem sabit fiyat garantisine sahiptir.
- Uluslararası geçişlerde karayolu geçiş sınırlamaları bulunurken, transit ülkelerin tercih ettiği bir sistem olmasından dolayı geçiş üstünlüğü verilmektedir.
- Transit süreleri karayoluna göre biraz daha fazla olmasına rağmen, sefer süreleri sabittir
- Ağır tonajlı ve büyük boyutlu yükler için uygun taşıma türüdür. Büyük miktarda yük ve yolcu taşımacılığı yapılabilir. (Çancı ve Erdal, 2003)

Taşımacılık türleri, yapısal özellikleri ile ulusal ve uluslararası yük-yolcu taşımacılığında birbirlerinden farklı avantaj ve dezavantajlar sunmaktadır. Ulaştırma türleri tercih edilme özellikleri açısından kıyaslandığında; hava yolu taşımacılığı çok yüksek ulaştırma hızına ve aynı derecede maliyete sahiptir. Karayolu taşımacılığı, hızlı bir ulaştırma imkânı sunar ve taşıma maliyeti yüksektir. Denizyolu ulaştırması, taşıma hızı ve maliyeti açısından çok düşük düzeylerde hizmet sunar. Demiryolu ve boru hattı taşımacılığı, taşıma maliyeti düşük ve taşıma hızının yavaş olması özelliklerine sahiptir (Doğan ve Dikmen, 2018)

Tablo 1. Ulaştırma Türlerinin Özelliklerine Göre Karşılaştırılması

Ulaştırma Türü	Ulaştırma Hızı	Hizmet Verilen Yerlerin Sayısı	Çeşitli Malları Kullanma Becerisi	Tarifeli Yükleme Sıklığı	Tarifelerin Uygulanmasının Güvenliği	Maliyet
Karayolu	Hızlı	Çok Geniş	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Denizyolu	Yavaş	Sınırlı	Çok Yüksek	Çok Düşük	Orta	Çok Düşük
Havayolu	Çok Hızlı	Geniş	Sınırlı	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
Demiryolu	Yavaş	Sınırlı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Boru Hattı	Yavaş	Çok Sınırlı	Çok Sınırlı	Orta	Yüksek	Düşük

Kaynak: Bilgilojistik,2014

Demiryolu Yük Taşımacılığı

Demiryolu ulaşımının hem uzun hem de kısa mesafelerde kitle nakliyatını sağlaması, demir tekerlek ile demir yol arasındaki sürtünmenin az oluşu nedeniyle birim nakliyat başına enerji tüketiminin diğer sistemlere nazaran düşük olması, demiryolu ulaşımında trafik sorunu olmaması, güvenli - konforlu ve hızlı seyahat imkânının bulunması bu sistemin avantajlarını teşkil etmektedir. Bunun yanında ulaşım sisteminin altyapı inşaa maliyetlerinin yüksek oluşu, kademeli yatırımın mümkün olmayışı, sistemin ancak arazinin belirlenen eğimlerde olması koşuluyla çalışabilir olması ve ulaştırma ağı tesis etmede coğrafi engellerden kaynaklanan çeşitli kısıtların olması ise sistemin dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır (Kurt, 2010:46).

Özellikle son yıllarda demiryolu ulaşımının önem kazanmasının nedeni; dünya genelinde karayolu ulaştırmasının doyum noktasına ulaşması ve çevreyle ilgili duyarlılıkların artmasıdır. Aynı zamanda demiryolları, uzay ve havacılık sektöründen sonra en yüksek büyüme ve teknoloji yoğunluğuna sahip sektördür. Bu nedenle, demiryolu sektörüne verilen önem artmaktadır. Çünkü hareketlilik, trafik yoğunluğu, trafik kazaları ve çevre gibi temel sorunların alternatif çözümlerini bünyesinde barındıran tek ulaşım türü demiryollarıdır. Ayrıca sürdürülebilir ekonomik büyüme için demiryollarının katkısı göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir (Mevlana Kalkınma Ajansı,2012).

Yük taşımacılığını tercih edilebilir hale dönüştürmek ve yeni yöntemler geliştirilmesi için yatırımlara önem verilmektedir. TCDD; taşınan yük miktarının artırılması, kaynakların daha etkin hale getirilmesi, taşıma sürelerinin müşteri memnuniyetine dayalı bir şekilde kısaltılması maksatları ile 22 Aralık 2003 yılından itibaren yurt içi ve uluslararası yük taşımacılığında blok tren işletmeciliğine geçmiştir. Blok tren uygulamasında, yük trenleri başlangıç ve bitiş arasında işletme yapısı nedeniyle duraklarda bekleme yapmadan, zaman kaybını en aza indirerek hedef istasyona en kısa sürede ulaşılması amaçlanmıştır. Bu sayede; önemli bir tercih sebebi olan yük taşıma hızı % 30 artırılmış, manevra maliyeti % 25 azaltılmış, ithalatı ile dışa bağılılığı arttıran akaryakıttan yıllık 10.000 ton tasarruf sağlanmış ve dolayısıyla taşıma maliyetleri düşmüş, vagon tamir ihtiyaçları yüzde 20 azaltılmış, müşteri memnuniyeti artırılmıştır. Uluslararası yük taşımacılığında Türkiye-Avrupa, Türkiye-Ortadoğu, Türkiye-Orta Asya ülkeleri arasında karşılıklı blok yük tren hatları çalıştırılmaktadır (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2007).

Uluslararası Yük Taşımacılığında Araç Taşıma Vagonlarının Yeri Ve Getirileri

Firmaların demiryolu taşımacılığını tercih etmelerinde başlıca neden taşıma maliyetinin diğer taşıma türlerine göre daha düşük olmasıdır. Daha güvenilir olması, uzun mesafeli taşımalar için uygun olması, kombine taşımacılıktaki rolü ve çevreyi kirletmemesi diğer tercih sebepleridir. Bununla beraber demiryolu ulaştırması altyapı çalışmaları günden güne hız kazanarak gelecek vadetmeye devam etmektedir.

Demiryolu yük taşımacılığı, son dönemde köklü bir değişime uğramış olup ağırlıklı olarak diğer taşıma türleriyle bütünleşmesinin sağlandığı bir sistem haline dönüştürülmüştür. Özellikle hızlı trenler, yeni vagon tipleri ve entegre teknolojilerle birlikte diğer taşımacılık türlerine alternatif olarak sunulmaktadır. (Erkayman,2007:33)

Demiryolu taşımacılığında çekilen araçlar grubunda; vagonlar ve konteynırlar yer almaktadır. Vagonlar kendi içerisinde; kapalı vagonlar, ağır yük vagonları, platform vagonlar, yüksek kenarlı açık vagonlar, tahıl ve cevher vagonları, sıvı ve dökme yüklerin taşındığı sarnıç vagonlar ile ısı kontrollü (frigorifik) vagonlar olmak üzere çeşitli gruplara ayrılmaktadır.(Sümer,2018:7)

Yük vagonları, taşınacak yükün cinsine ve özelliklerine uygun olarak üretilen ve demiryolu taşıma operasyonlarında kullanılan demiryolu taşıma kaplarıdır. Vagonlar kendi kendine hareket edebilme imkânına sahip olmayıp bir çekici tarafından taşınabilmektedir. (Sümer,2018:7)

Tablo 2. Yük Vagonlarının Tipleri Ve Kullanım Sahaları

TİPİ	İNŞA TARZI	KULLANIM ÖZELLİKLERİ
G	Kapalı Vagon	Kapalı vagon ile her türlü ev esyası, gıda maddesi, torbali çimento, gübre, canlı hayvan vb. taşımalar yapılır.
H	Kayar Yan Duvarlı Kapalı Vagon	Paletli esya vb. taşımalar yapılır.
E	Yüksek Kenarlı Vagon	Normal tip yüksek kenarlı açık vagon ile konteyner, kömür, her türlü maden cevheri, tuğla, kiremit, demir, boru, kum vb. taşıma yapılır.
K-R	Platform Vagon	Normal tip platform vagon ile taşıt, iş ve tarım makineleri, beton, demir ve ağaç, direk, vb. taşımalar yapılır.
Rilns	Çok Amaçlı Vagon	Üzeri köprüküllü tenteye kapatılabilen, platform tipi vagon ile taşıt, paletli araçların taşınması yapılır.
S	Platform Vagon	Özel tip platform vagon ile konteyner, tank, ağır iş makineleri, tir vb. taşımaları yapılır.
F	Yüksek Kenarlı Vagon	Özel tip yüksek kenarlı vagon ile kömür ve her türlü maden cevheri taşınması yapılır. Vagon üstten doldurulur, yandan manuel boşaltma tertibatı ile boşaltılır.
Ug	Özel Tip Vagon	Dökme hububat taşınması yapılır. Vagon üstten doldurulur, alttan manuel boşaltılır.
Z	Sarnıçlı Vagon	Sıvı taşımaya mahsus sarnıçlı vagon ile her türlü akaryakıt ve sıvı taşınması yapılır.
Uaa	Ağır Yük Vagonu	Trafo, jeneratör, reaktör gibi ağır ve havaaleli yüklerin taşınması yapılır. Yük ağırlık aralığı: 120, 180 ve 250 ton
Ta	Dökme Yük Vagonu	Dökme cevher vb. yük taşınması yapılır. Vagon üstten doldurulur. Yandan boşaltılır.

Kaynak: TCDD,2019

Demiryolları yük taşımacılığı, ulaştırma türleri arasında yüksek miktarda taşıma kapasitesi ile enerji tasarrufu sağlayan bir sistemdir. Güvenli bir taşıma imkânı sunan yapısı ile uzak mesafelerde bölgeler arası yük taşımacılığında tercih edilmesi, taşıma maliyetlerinin azalmasına sebep olmaktadır. Özellikle hacimli ve tonajlı yüklerin taşınmasında demiryolu taşımacılığı tercih edilmektedir. Örneğin; kömür, kum, çimento vb. (Kutlu ve Başar, 2006).

Araç taşıma vagonları özellikle uluslararası ticarete gerek güvenli olması, gerek ekonomik olması bununla beraber değişen dünyada çevreye karşı oluşan farkındalığa uyum sağlayarak geliştirilmesi açısından önemli bir tasarım haline gelmiştir.

Otomotiv sanayii, yarattığı katma değer, doğrudan ve dolaylı olarak istihdama katkısı ve teknolojik gelişmeye öncülük etmesi dolayısıyla ülkelerin kalkınmasında önemli bir rol oynamakta olup; demir ve çelik, lastik ve plastik, dokuma, cam, boya, elektrik ve elektronik gibi birçok sektörden girdi alması ve pazarlama, tamir, bakım ve yedek parça satışları, finansman ve sigortacılık hizmetlerinde yarattığı geniş iş hacmi nedeniyle de ekonomilerde sürükleyici bir özelliğe sahiptir. Türkiye’de Otomotiv Sanayii Gelişme Perspektifi Otomotiv sanayii için 20. yüzyıl dünya ekonomisinin lokomotifi denilmektedir.(Bedir,2002:11-12)

İleri teknoloji ürünü olarak Milli çözüm ile tasarlanan Otomobil Taşıma vagonunun prototip imalatı tamamlanmış olup, testleri devam etmektedir. Proje tamamlandığında bir tren dizisinde 72 adet otomobil taşınabilecektir.(Demir,2015:33)

Araç taşıma vagonu otomobil, hafif ticari araç, minibüs, panelvan ve traktör gibi motorlu araçların ithalat, ihracat ve yurt içi taşımacılığında kullanılmak amacıyla iki katlı kapalı ve iki katlı açık vagon olarak dizayn edilmiştir.

Epsilon Ndt bünyesinde tasarım ve imalatı gerçekleştirilen kapalı vagon konstrüksiyonu, taşınan araçlar için atmosfer koşullarının yanı sıra dış müdahalelere karşı da koruma sağlamaktadır. Bu sayede lojistikte güvenilirliğin garantisini vererek lojistikte taşıma maliyetini düşürmüştür.

Görsel 11 İki Katlı Kapalı Otomobil Taşıma Vagonu



Kaynak: EPSİLON NDT,2021

Görsel 2. İki Katlı Açık Otomobil Taşıma Vagonu



Kaynak: EPSİLON NDT,2021

Görsel 3. Karayollarında Dorse İle Araç Taşımacılığı(21)



Kaynak: Wikipedia,2017

Karayolunda sevki yapılacak 200 araç 34 tır ile taşınabilirken, aynı sayıda aracı bir tren dizisi 17 araç taşıma vagonu ile sevk edilebilmektedir.

Sonuç:

Sürekli olarak gelişmekte olan dünyada ülkelerin ekonomisi ithalat ve ihracat dengesi ile gelişmektedir. Kar marjı yüksek bir ticarete masraflar minimuma indirilmeli ancak memnuniyet üst seviyede tutulmalıdır.

Lojistikte maliyetin büyük bir bölümünü oluşturan kalemlerden birisi taşıma masraflarıdır. Sağlıklı bir taşımadan beklenen ise güvenli ve zamanında teslimdir. Bu bağlamda ticari iş ortaklarının karşılıklı olarak tatminini sağlayacak gelişmeler her zaman revaçta olacaktır.

Tasarım mühendisleri tasarımlarında her zaman tasarımın fayda oranını göz önüne almaktadırlar.

Araç taşıma vagonları dünya ekonomisinin bel kemiği olan ithalat ve ihracatta karayolu taşımacılığına göre gerek maliyet, gerek güvenlik açısından mükemmel bir çözüm sunmaktadır. Bunların yanında günümüzde firmaların sürekliliği açısından enerji kullanımını azaltmak veya

yenilenebilir enerjiye dönmek büyük önem taşır. Demiryolları ile taşımacılık bu konularda karayollarına göre büyük faydalar sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

ARITUA, B. (2019). The Rail Freight Challenge for Emerging Economies; How to Regain Modal Share. Washington: World Bank

BEDİR, A. (2002) Türkiye’de Otomotiv Sanayii Gelişme Perspektifi, İktisadi Sektörler Ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü

Bilgi Lojistik Webnode (2014). Lojistikte Taşıma Modları, Web: <http://bilgilojistik.webnode.com.tr>, adresinden 12.08.2021

ÇANCI, M., ERDAL, M., (2003), Uluslararası Taşımacılık Yönetimi, Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Üretenler Derneği, İstanbul, 1-302

ÇEKEROL, G. S., NALÇAKAN, M. (2011). Lojistik Sektörü İçerisinde Türkiye Demiryolu Yurtiçi Yük Taşıma Talebinin Ridge Regresyonla Analizi. Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi. Cilt XXXI, Sayı II. 321-344.

DEMİR, A. (2015). Raylı Sistem Araçlarında Milli Marka Oluşturma Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

DOĞAN, Z., BELLER DİKMEN, B. (2018). Türkiye’deki Ulaştırma Sektörü ve Ulaştırma Türlerinin Karşılaştırılması. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi. Cilt: 11. Sayı:56. Nisan 2018. 758-770.

EPSİLON NDT, Demiryolu Araçları Tasarım Ve Üretimi, <http://www.epsilon-ndt.com/>, 12.08.2021

Erdal, Murat ve Metin Çancı, Lojistik Yönetimi, 3. Baskı, UTİKAD Yayınları, İstanbul, 2009, s.31.

ERKAYMAN, B. (2007). Lojistikte Taşıma Şekillerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

KAYABAŞI, A. (2007). İşletmelerin Rekabet Gücünün Geliştirilmesinde Lojistik Faaliyetlerin Performansının Artırılması: Üretim İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü.

KURT, C. (2010), Türkiye’de Ulaştırma Sektörü İçerisinde Lojistiğin Yeri ve Önemi, İstanbul Üniversitesi, s: 44, 45, 46.

KUTLU, E., BAŞAR, B. (2006). İhracatta Taşıma ve Taşıma Maliyetleri. Muhasebe ve Finansman Dergisi. Sayı: 31. 102-111.

Mevlana Kalkınma Ajansı (2012), 2011 Yılı MEVKA Teknik Destek Programı, Referans No: TR52-11TD-126, Konya. Mevlana Kalkınma Ajansı; TR52 DÜZEY 2 BÖLGESİ (Konya-Karaman) 2023 Vizyonu Raporu (Ulaştırma Sektörü), -Taslak-

Muhteşem Kaynak “Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Bağlamında Avrasya Ulaştırma Koridorlarında Bölgesel Rekabet ve Türkiye”, 2004 Türkiye İktisat Kongresi, İktisadi Sektörlerde Gelişme Stratejileri, Tebliğ Metinleri-II, İzmir, 2004, s.371).

SÜMER, K. (2018) Avrupa’da Demiryolu Araçlarının Bakımı, Bakımından Sorumlu Kuruluş (ECM) Kavramı Ve Türkiye’deki Mevcut Durumun İncelenmesi, Ulaştırma Ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü, Ankara

T.C. Ulaştırma Bakanlığı (2007). Ulaşımın İletişime Kalkınan Türkiye (2003-2007). Ankara.

TCDD (2019). Yük Vagon Rehberi

WİKİPEDIA (2017), Car Transport https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Car_transporter_001.JPG, 12.08.2021

Presentation ID / Sunum No= 45

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-3162-0985

Kurakçıl Peyzaj Tasarımı ve Parklar İçin Önemi

Rana YILMAZ¹ Prof. Dr. Murat ZENCİRKIRAN¹,

*Bursa Uludağ Üniversitesi¹
Corresponding author: Rana YILMAZ*

Özet

Kent içerisinde yeşil alan olarak değerlendirilen önemli üniteler arasında yer alan parkların tasarımı için farklı yaklaşımlar göz önüne alınabilmektedir. Son yıllarda çok ciddi bir şekilde etkisini hissetmeye başladığımız küresel iklim değişikliği sürdürülebilir park alanlarının oluşturulmasında daha etkin yaklaşımların değerlendirilmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Zaman geçtikçe suyun önemi artmaktadır. Bundan dolayı suyun etkin kullanımı çok önemlidir. Bu çerçevede, kurakçıl peyzaj (xeriscape) olarak adlandırılan ve suyun en az düzeyde kullanımını önceleyerek yeşil alanların tasarlanmasını savunan yaklaşımın etkin bir biçimde değerlendirilmesi daha büyük önem kazanmaktadır. Böylece ekosisteme katkı sağlanmaktadır. Bu bildiri, kurakçıl peyzaj tasarımı ilkeleri ve parklar için niçin önemli oldukları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kurakçıl peyzaj, küresel ısınma, sürdürülebilirlik, parklar

Xeriscape and Its Importance For Parks

Abstract

Different approaches can be considered for the design of parks, which are among the important units considered as green areas in the city. Global climate change, the impact of which we have started to feel very seriously in recent years, makes it inevitable to evaluate more effective approaches in the creation of sustainable park areas. As time passes, the importance of water increases. Therefore, the effective use of water is very important. In this context, it becomes more important to effectively evaluate the approach called xeriscape, which advocates designing green spaces by prioritizing the minimum use of water. Thus, it contributes to the ecosystem. In this paper, xeriscape principles and why they are important for parks are evaluated.

Keywords: Xeriscape, global warming, sustainability, parks

1.Giriş

Park ve bahçe kültürü Antik dönemlere dek uzanmaktadır. Yıllarca parkları kullananlar aristokratlar, yöneticiler, soylular ve hanedanlar olup parkların tasarımlarını da bu sınıfların estetik anlayışı belirlemiştir (Conway, 1996:4). Amerika ve Avrupa'da hizmete açılan parklara karşın ülkemizdeki parkların tarihi çok eskiye dayanmamaktadır. Bu durumun temelinde ise sanayileşme ve kentleşmenin

gelişmemesinin yer aldığı görülmüştür (Özdemir, 2007:37-43). Ülkemizde bulunan kent parkları ise 20. yüzyılın başlarında İstanbul'da oluşturulmuştur. İlk büyük çaplı kent parkı örneği Gülhane parkı olup parkların yapımından 1930-1940'lı yıllarda modern planlama aşamasına geçilmiş ve Anadolu'nun tamamına yaygınlaştırılmış, günümüzde ise kent sakinlerinin yaşam biçiminin göstergesi olmuştur. (Demir, 2006:69-78).

1990'ların sonuna doğru park kavramı ortaya çıkmış olup bu kavram üç genel unsuru içermiştir. Bunlar; kaynakların devamlının sağlanması için kendi kendine yeterlilik, park sınırlarının dışındaki kentsel problemleri çözebilme, parkta ve diğer kentsel peyzajlarda “yönetim” ve “estetik” için yeni standartlarla buluşma ve park alanlarında hizmet kalitesidir (Kurtaslan, 2017; 742-760).

Açık yeşil alanlar doğa ile insan arasında köprü olarak bozulan ilişkiyi dengelemede ve kentsel yaşam koşullarını iyileştirmede önemli bir rol oynar. Kentsel ekosistem örüntüleri içinde kentsel açık/yeşil alanlar yeşil doku hücrelerine benzetilebilir. Yeşil alan dokusundaki ekolojik hücreyi kentin yakın çevresindeki (Botanik bahçeleri, hayvanat bahçeleri, bölge parkları, golf alanları, sergi ve fuar alanları vb.) ve kentin dışında kırsal alanda yer alan açık ve yeşil alanlar (Tatil köyleri, yayla yerleşimleri, milli parklar, kamp alanları vb.) oluşturur (Bulut vd., 2010:1484). Oluşturulmuş olan bu alanlarda insanlar rekreasyonel faaliyetlerini gerçekleştirmek için bulunurlar. Rekreasyon; bireyin olumsuz çevresel şartlardan dolayı strese giren ruhunu ve bedenini tekrar kazanmak, korumak ve aynı zamanda mutlu etmek için yaptığı, zorunlu ihtiyaçlar dışında kalan zamanda, boş zaman içinde gönüllü olarak yaptığı etkinlikler olarak tanımlanır (Koçyiğit ve Yıldız, 2014:211-223). Kentin yaşam kalitesini kentin fiziksel bileşenleri ile kentsel altyapı ve sosyal donatı alanları belirlemektedir. Bu kapsamdaki aktif yeşil alanlar peyzaj mimarlığı çalışmaları için büyük önem taşımaktadır. Kentsel yeşil alanların olduğu yerlerde bireylerin verimliliğinin, üretkenliğinin ve yaşam kalitesinin daha yüksek olması beklenir. Açık-yeşil alanlar kişinin sosyal, fiziksel ve psikolojik durumunu olumlu etkiler. Bu alanların yetersiz olduğu durumlar insanları doğadan uzaklaştırır ve yaşam kalitesini düşürür. Buna sebep olan en önemli faktörlerden biri de plansız nüfus artışıdır (Bağcı, 2010:111)

Dünya nüfusunda son yıllarda meydana gelen hızlı artışlar, (Bu artış, 2021 yılında toplam 50.021.700 kişi olarak gerçekleşmiştir (Anonim 2021).) beraberinde birçok sorunun da ortaya çıkmasını tetiklemektedir. Bu sorunlar arasında, işsizlik, göç, ekonomik sıkıntılar, eğitim, plansız şehirleşme vb. yer almaktadır. Özellikle hızlı nüfus artışının bir sonucu olarak kentsel alanlara yaşanan göç, hızlı ve çarpık kentleşmeye zemin hazırlamakta ve bu durum doğal yaşam alanlarımızın ve doğal kaynaklarımızın hızlı bir şekilde tüketilmesine, yaşadığımız çevrede yer alan yeşil alanların olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır.

İklim değişikliği sebebiyle hızlı bir şekilde azalan ve yenilenebilir olmayan su, sürdürülebilir ilkeler çerçevesinde korunması gereken çok önemli bir kaynaktır. Tarım alanlarında suyun yanlış kullanımı, çevre kirliliği, su kaynaklarının hızlı bir şekilde tüketilmesi, sel ve taşkınlar, sık yaşanan doğal afetler ve yağış rejiminde yaşanan düzensizlikler su kaynaklarının hızlı bir şekilde yok olmasına yardımcı olmaktadır. Tarım alanlarında suyun yanlış kullanımı, çevre kirliliği, su kaynaklarının hızlı bir şekilde tüketilmesi, sel ve taşkınlar, sık yaşanan doğal afetler ve yağış rejiminde yaşanan düzensizlikler su kaynaklarının hızlı bir şekilde yok olmasına yardımcı olmaktadır. Bu sebepler neticesinde 2020'li yıllardan sonra ülkemizde kurak iklimin yaşanıp, iç kesimlerde çölleşme eğilimli kurak alanların oluşacağı belirtilmiştir. (Aküzüm vd., 2013:67-74).

Aynı zamanda küresel sıcaklık ortalamalarında meydana gelen sürekli artış “ki şu ana kadar yaşanan en sıcak 16 yılın 15'i 21. yüzyılda gerçekleşmiştir (Anonim, 2020)” su kaynaklarının sürdürülebilirliği üzerine ciddi baskılar oluşturmaktadır.

Ülkemizde var olan su kaynakları sınırsız olmayıp 2020 yılında kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1346 m³ olup ülkemiz “su baskısı olan” ülkeler arasında yer almaktadır (DSİ, 2021). Bütün bu hususlar kentsel yeşil alanların tasarlanmasında “ekolojik ve sürdürülebilirlik” kavramları çerçevesinde yeni yaklaşımların göz önüne alınması zorunluluğunu da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, son yıllarda öncelenen yaklaşımlardan birisi de “Kurakçıl Peyzaj” yaklaşımıdır.

2.Kurakçıl Peyzaj Nedir?

MÖ 4000 yılına kadar uzanan bahçe düzenleme sanatında ilk başlarda yalnızca estetik yargılar taşıyan, beğeni gerektiren uygulamalar olarak değerlendirilirken ekolojik ve ekonomik açıdan hiçbir şekilde yarar gözetilmemiştir. Zamanla azalan doğal kaynaklar sonucunda doğanın sadece insana hizmet etmediği görülmüştür. Bundan dolayı peyzaj mimarlığında da bu felsefeyi destekleyen bir akım

meydana gelmiştir. (Çorbacı vd., 2011:25-31). Bu da "Su-Etkin Peyzaj Düzenlemesi" (Water-Efficient Landscaping) genel başlığı altında "Suyun Akılcı Kullanımı" (Water-Wise, Water-Smart), "Az Su Kullanımı" (Low-Water) ve "Doğal Peyzaj Düzenleme" (Natural Landscaping) gibi peyzaj düzenlemelerinden farklı olan kavram da "Xeriscape" dir. Bu kavram Denver Su Departmanı tarafından geliştirilmiştir. Yunanca'da kuru anlamına gelen "xeros" sözcüğü ile İngilizce'de peyzaj anlamına gelen "landscape" sözcüğünden ortaya çıkmıştır. (Barış, 2007). Açık yeşil alanlarda, parklarda ve bahçelerde suyun çok fazla tüketimi ile doğal kaynakların azalmasına katkı sağlanması nedeniyle daha az su tüketimine izin veren "suyun akılcı kullanımı yaklaşımı ile ortaya çıkan Kurakçıl Peyzaj Düzenlenmesi" tercih edilmektedir. (Bayramoğlu ve Demirel, 2015:180-190).

2.1 Kurakçıl Peyzajın Önemi ve Peyzaj Uygulama İlkeleri

Kurakçıl Peyzaj; sürdürülebilir tasarımların gerçekleştirilebilmesi aynı zamanda su kaynaklarının yetersiz kaldığı alanlarda peyzaj alanlarının oluşturulabilmesi, sınırlı olan doğal kaynakların etkin bir biçimde değerlendirilebilmesi bakımından son derece önemli bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım sayesinde ekolojik ve ekonomik manada tasarruf sağlanarak sürdürülebilir yeşil alanların ortaya çıkması sağlanır. Bu yaklaşım;

1. Planlama ve Tasarım
2. Toprak hazırlığı
3. Uygun bitki seçimi
4. Çim alan oluşturulması
5. Etkin sulama
6. Malç kullanımı
7. Uygun bakım olmak üzere yedi temel ilke çerçevesinde hayata geçirilir.

2.1.1 Planlama ve Tasarım

En önemli aşamalardan biri olan planlama ve tasarım aşamasında tasarımı yapılacak alana ilişkin iklim koşulları, topoğrafya, vejetasyon ve alanın kullanım biçimlerine dikkat edilmesi gerekir.

En önemli aşamalardan biri olan planlama ve tasarım aşamasında tasarımı yapılacak alana ilişkin iklim koşulları, topoğrafya, vejetasyon ve alanın kullanım biçimlerine dikkat edilmesi gerekmektedir. Planlama aşamasında ihtiyaçları giderecek biçimde amaçlar çok net bir şekilde belirlenir. Sahada bulunan çevresel ve fiziksel olumsuzluklar için alanın genel peyzaj karakteristiğini bozmayacak şekilde çözümler gerçekleştirilir. Alan işlevlerine göre farklı kısımlara ayrılır. Bu aşamada zonlama çok önemlidir ve su tüketimlerine göre yüksek, orta ve düşük olmak üzere üç kısımdan oluşturulan bölgeler oluşturulur. Bu durum suyun etkili bir şekilde kullanıldığı alanların ortaya çıkarılmasını temin eder.

2.1.2 Toprak Hazırlığı

Bitkilerin yaşayacakları uygun ortam olan toprağın yapısı oldukça önemlidir. Her toprağın kendine özgü drenaj yapısı, PH değeri, besin değeri ve tekstürü bulunmaktadır. Bu bakımdan, alanda toprak analizleri yapılmalı, toprak su tutma kapasitesi değerlendirilmeli, analizler sonucunda bitkiler için gerekli olan besin maddeleri takviyesi yapılmalı yani toprak kullanıma uygun hale getirilmelidir (Bayramoğlu, 2016:119-127).

2.1.3-Uygun Bitki Seçimi

Uygun bitki türü seçiminde dikkat edilecek en önemli hususlardan birisi tercih edilecek bitkilerin dikilecek çevre koşullarına uyum sağlamasıdır. Bu kapsamda bitkilerin ekolojik toleransları büyük önem kazanmaktadır. Sıcaklık, ışık, toprak, kirli hava gibi uygun olmayan koşullara dayanımı yüksek aynı zamanda su tüketimleri az ve kuraklığa dayanımlı olan bitki türleri tercih edilmelidir. Bu amaçla, o bölgede yer alan doğal bitki türlerinin kullanılması önemlidir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Türkiye’de Doğal Yayılış Gösteren Bazı Türler İçin Örnekler

Ağaç/Ağaçcık Adı	Bitki familyası	Türkçe adı
<i>Abies equi-trojani</i>	Pinaceae	Kazdağı göknarı
<i>Acer platanoides</i>	Aceraceae	Çınar yapraklı akçaağaç
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Aceraceae	Dağ akçaağacı
<i>Betula pendula</i>	Betulaceae	Adi Huş
<i>Cercis siliquastrum</i>	Fabaceae	Erguvan
<i>Fagus sylvatica</i>	Fagaceae	Kayın
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Oleaceae	Diş budak
<i>Fraxinus excelsior</i>	Oleaceae	Adi dişbudak
<i>Liquidambar orientalis</i>	Altingiaceae	Sığla ağacı
<i>Pinus pinea</i>	Pinaceae	Fıstık çamı
<i>Platanus orientalis</i>	Platanaceae	Doğu çınarı
<i>Prunus domestica</i>	Rosaceae	Erik
<i>Tilia tomentosa</i>	Malvaceae	Ihlamur
<i>Quercus robur</i>	Fagaceae	Meşe
Çalı Adı	Bitki familyası	Türkçe adı
<i>Euonymus europaeus</i>	Celastraceae	Papaz külahlı
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae	Biberiye
<i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiaceae	Lavanta
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	Asteraceae	Lavantin
<i>Pyracantha coccinea</i>	Rosaceae	Ateş dikeni
<i>Cotoneaster multiflorus</i>	Rosaceae	Çiçek muşmulası
<i>Rosa sp.</i>	Rosaceae	Gül

2.1.4 Çim Alan Oluşturulması

Çim alanlarının görünüş olarak estetik ve fonksiyonellik bakımından mekanlardaki kullanımı oldukça etkilidir. Ancak bakıldığı zaman çim alanların gereğinden fazla su tüketimi doğal kaynakları olumsuz etkilemektedir. Çim alan sadece gerekli olan kullanıma yetecek şekilde, boyutta ve konumda tasarlanmalıdır. Tasarımlarda ayrı parçalar halinde tasarlanması yerine birbirini takip eden tasarımların yapılması sulama programında kolaylık sağlamak ve bu sayede etkin su kullanımı temin edilmektedir.

2.1.5 Etkin Sulama

Etkin sulamadaki amaç doğru biçimde en az miktarda ek sulama yapılarak sudan tasarruf sağlanmasıdır. Bu yüzden doğru sulama sistemi ve tasarım sağlanarak fazla su kaybını önlemek amacıyla damla sulama sistemi tercih edilmelidir. Sulama eğer yağmurlama sistem ise sabah saatlerinde; damla sulama ise günün herhangi bir saatinde çalıştırılabilir.

Kurakçıl peyzajda su tasarrufu açısından tasarlanacak olan alanlar zonlara ayrılmalıdır. Her bitkinin su isteği farklı olduğundan dolayı aynı su ihtiyacına sahip bitkiler bir arada bulunmalıdırlar. Böylece bitki tahribatları engellenecektir. Su kullanım zonlarında bitkiler, merkezden dışarıya doğru zon I, zon II ve zon III olarak 3 ayrı grupta incelenir. Zon I’de , yüksek miktarda su isteyen bitkiler, zon II’de orta miktarda su isteyen bitkiler, zon III’de düşük miktarda su isteyen bitkiler tercih edilerek suyun etkin kullanıldığı alanlar oluşturulur (Çorbacı vd., 2011:25-31).

2.1.6 Malç Kullanımı

Kurakçıl peyzaj uygulamalarında malç kullanımı önemlidir çünkü malç tabakası toprağın nemini koruyarak, toprak yüzeyini organik madde ile zengin tutarak bitkinin suya nüfus etmesini sağlar. Malç, yıl boyunca uygulanabilir ve belirli bir kalınlıkta gerçekleştirilir. Malç kullanımında asıl amaç, buharlaşmanın önüne geçerek toprağın su kaybını engellemek ve suyun etkin kullanımına yardımcı

olmaktır. Bu amaçla, ağaç kabuğu, odun talaşı, çam ibreleri, fındık veya ceviz kabukları, çakıl taşları tercih edilmektedir (Ertop, 2009:307).

2.1.7 Uygun Bakım

Tasarımda uygulanan uygun bakım çalışması bitkilerin sürekliliğini korumak için amaçlanmış bir ilkedir. Gübreleme, yabancı ot müdahalesi, budama, zararlı canlıların kontrolü, sulama çalışmalarının zamanında yapılması kurakçıl peyzaj tasarımının niteliğini arttırmak için gereklidir. Bundan dolayı doğal bitkiler kullanılarak bakım çalışmaları en aza indirgenerek tasarruf sağlanmış olur.

3.Sonuç

Kent içi açık yeşil alanların sürdürülebilirliğinin sağlanmasında kurakçıl peyzaj yaklaşımı büyük önem taşımaktadır. Estetik yargılar göz önünde bulundurularak seçilen egzotik bitki türleri su tüketimini olumsuz yönde etkilediğinden dolayı bitki tercihi sırasında doğal bitki türleri seçilmelidir. Doğal türler adaptasyon problemleri yaşamaz, bakım masrafları düşüktür ve uygun şartlar altında iyi gelişme sağlarlar.

Önümüzdeki yıllarda daha da etkin biçimde yaşam alanlarımızda hissedeceğimiz iklim değişikliği yaşam standartlarımızı da kaçınılmaz bir şekilde etkileyecektir. Bu bağlamda, tasarımlarda klasik yaklaşımlar yerine suyun etkin kullanıldığı yaklaşımların önceliklendirilmesi önerilmektedir.

Kaynakça

- ANONİM, (2021) “Dünya Nüfusu” <https://www.worldometers.info/tr/> 13/08/2021
- AKÜZÜM, T., ÇAKMAK, B. ve GÖKALP Z. (2013) “Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi”, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (2013)1: 67-74
- BAĞCI, Ö. (2010). Yenişehir (Mersin) Kentsel Alanında Peyzaj Mimarlığı Disiplini Kapsamında Kentsel Gönenç Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- BARIŞ, M.E. (2007) “Sarıya Bezenen Kentlerimizi Kimler ve Nasıl Yeniden Yeşertebilir” http://www.peyzajmimoda.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=1173&tipi=2&sube=0 17/08/2021
- BAYRAMOĞLU, E. (2016) "Sürdürülebilir Peyzaj Düzenleme Yaklaşımı: KTÜ Kanuni Kampüsü'nün Xeriscape Açısından Değerlendirilmesi", Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,(2016)17:119-127
- BAYRAMOĞLU, E., DEMİREL, Ö. (2015). Xerophytic Landscape. In: Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century, ST. Kliment Ohridski University Press, Sofia.
- BULUT, Z., KILIÇASLAN, Ç., DENİZ, B., & KARA, B. (2010). Kentsel Ekosistemlerde Sürdürülebilirlik ve Açık-Yeşil Alanlar, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- CONWAY, H. (1996). “Public parks (Shire Garden History)”, Buckinghamshire: Shire Publications,(1996)6:4
- ÇORBACI, Ö. L., ÖZYAVUZ, M., YAZGAN, M. E. (2011). “Peyzaj Mimarlığında Suyun Akıllı Kullanımı: Xeriscape”, International Journal of Agricultural and Natural Sciences,(2011)4:25-31
- DEMİR, E. (2006). “Toplumsal Değişme Süreci İçinde Gençlik Parkı: Sosyolojik Bir Değerlendirme”, Planlama, (2006)4:69–78
- DSİ, (2021) “Devlet Su İşleri” <https://dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> 15.08.2021
- ERTOP, G. (2009). Küresel Isınma ve Kurakçıl Peyzaj Planlaması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- KOÇYİĞİT, M., YILDIZ, M. (2014). “Yerel Yönetimlerde Rekreasyon Uygulamaları: Konya Örneği”, International Journal of Science Culture and Sport,(2014)2:211-223

KURTASLAN, B. Ö. (2017). “Başarılı Kent Parkı Planlama ve Yönetimi Yaklaşımının Teardrop Park (New York) Örneğinde Araştırılması”, OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, (2017)13:742-760

OĞUZ, D., ÇAKCI, I. (2010). “Changes In Leisure and Recreational Preferences: A Case Study of Ankara”, Scientific Research and Essay, (2010)8:721-729

ÖZDEMİR, A. (2007). “Katılımcı Kent Kimliğinin Oluşumunda Kamusal Yeşil Alanların Rolü”, Planlama, (2007)39:37-43.

Presentation ID / Sunum No= 34

Oral Presentation / Sözlü Sunum

Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Kayseri, Nevsehir and Çiçekdağı Precipitation-Temperature Interactions

Seda NACAROGLU

*Gaziantep Universit , Faculty of Engineering , Civil Engineering
E-mail: sedancr26@gmail.com*

Abstract

It is obvious that the main result of global warming is global climate change. Looking at the Natural History and its results, natural climate change can be seen from time to time. From mass production to human-nature relationship, the industrial revolution has gained a different dimension as a turning point in absolute sovereignty. It is obvious that global warming is an important problem for our century. Almost all scientific circles and media organs have a common view that the world is warming. It is estimated that it will increase between 1.5 °C and 5.0 °C in the next century. It is reported that around 2030, summer and winter temperatures in Turkey will increase by 2.0 °C-3.0 °C, winter precipitation will increase up to 10%, summer precipitation will decrease and drought will increase in terms of soil moisture. Turkey is one of the countries that will be most affected by climate change, which can be seen in its complex climate structure, especially due to global warming. The water resources in arid and semi-arid areas, especially the decrease in the "Water Resources" in the state cities, will add new problems and the need for drinking water will increase even more. In this study, climatically close regions such as Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Kayseri, Nevsehir and Çiçekdağı were chosen as the study area. In these cities where precipitation and temperature structures are parallel to each other, data obtained from 7 stations between 1960 and 2020 and temperature trends.

Keywords: Precipitation, Temperature, Precipitation Trend Analysis, Temperature Trend Analysis, Shen Tendency Test

1.Introduction

It should be especially noted that the warming in the atmosphere, which has been determined to increase regularly since the Industrial Revolution, has started to become more evident in today's ultra-consumer society. It is getting harder and harder to deal with the natural and social consequences of this situation. It is normal that global warming results in global climate change. Interventions to nature bring some consequences. The situation that occurs in natural climate change, which is seen from time to time, is considered as a turning point that led to the beginning of mass production and human-nature relationship under the absolute sovereignty of man. In this case, human beings have to face the reality of global climate change caused by production and consumption - global warming caused by it.

It is important that global warming is recognized as one of the most important problems of our century. Almost all scientific circles and media organs share the same view that the world is warming. 21 for world temperature. It is estimated that it will increase between 1.5 °C and 5.0 °C in the 19th century. It is predicted that summer and winter temperatures in Turkey will increase by 2.0 °C-3.0 °C

around 2030. It is also among these forecasts and predictions that winter precipitation will increase by up to 10% and summer precipitation will decrease. It is another important and statistically convincing prediction that drought will increase in terms of soil moisture.

2. Study Area

The study area consists of Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Kayseri, Nevsehir and Çiçekdağı.

A temperate continental climate is observed in the study area, where temperature differences are quite obvious. The average annual temperature is below 20 degrees, with significant temperature differences between the seasons. It is possible to see that there have been four seasons in the work area. The most precipitation in the region is observed in the spring months. Short herbs, which bloom with spring rains and turn yellow due to summer drought, form the vegetation.

3. Material and Method

In order to carry out the investigations in the study area, the precipitation and temperature data of the General Directorate of State Meteorology Affairs of Turkey were taken as a basis in order to examine the precipitation and temperature changes. In the study, a research and statistical study was carried out in accordance with the basis of the study by using the data obtained from 7 measurement stations.

3.1. Trend Analysis

A Trend is defined as the trend shown by any independent variable over the observed time. (Soydan vd., 2016) (Tuna vd., 2009)

3.2. Regression Analysis

Regression analysis is done to express the relationship between two or more random variables as a mathematical equation. Based on the known value of the independent variable, the value of the dependent variable is estimated. In terms of a regression equation, it is always based on a dependent variable y (base) and one or more X arguments (neighbors) in mathematical notation. In this correlation, it is possible to estimate the value of the independent variable depending on the known value of the dependent variable. Although this estimate does not fully meet the actual value that the variable will take, it is the best estimate close to this value. In terms of regression analysis, it is necessary to decide which of the two (or more) variables to search for a relationship between. Then, the form of the equation showing the relationship between these variables should be accepted.

3.3. Mann-Kendall Test

Mann-Kendall is one of the nonparametric trend tests. In this test, ordered according to the hypothesis, depending on the time (x_1, x_2, \dots, x_n) observation values are time-independent and random variables with similar distributions. According to the hypothesis H_1 , $(k \neq j)$ to $(k, j \leq n)$ and x_k is not similar to the distribution of values within the serial. Mann-Kendall test statistic,

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (5)$$

The application of trend test is done to a time series x_i that is ranked from $I = 1, 2, \dots, n-1$ and x_j , which is ranked from $j = i+1, 2, \dots, n$. Each of the data point x_i is taken as a reference point which is compared with the rest of the data points x_j so that,

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1; & x_j > x_k \\ 0; & x_j = x_k \\ -1; & x_j < x_k \end{cases} \quad (6)$$

It has been documented that when $n \geq 8$, the statistic S is approximately normally distributed with the mean

The variance statistic is given as,

$$Var(S) = \frac{n(n - 1)(2n + 5) - \sum_{i=1}^k t_i(t_i - 1)(2t_i + 5)}{18} \tag{7}$$

where t_i is considered as the number of ties up to sample i . The test statistics Z_c is computed as

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}} & ; S > 0 \\ 0 & ; S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}} & ; S < 0 \end{cases} \tag{8}$$

Z_c here follows a standard normal distribution. A positive (negative) value of Z signifies an upward (downward) trend. A significance level α is also utilized for testing either an upward or downward monotone trend (a two-tailed test). If Z_c appears greater than $Z_{\alpha/2}$ where α depicts the significance level, then the trend is considered as significant. (Mann 1945, Kendall 1975).

3.4. Sperman Rho Test

It is a simple and fast method used to investigate whether a linear trend exists. In the Sperman Rho test, the goal is to investigate the existence of a linear relationship between the two-observation series. Sperman Rho test statistic is calculated using r_s link:

$$r_s = 1 - 6 \frac{|\sum_{i=1}^n (R(x_i - i^2))|}{(n^3 - n)} \tag{9}$$

If the total number of years exceeds 30 years ($n > 30$), the Z value is calculated by following the next step.

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \tag{10}$$

If the value of Z is greater than the value of $Z/2$ relative to the degree of importance of α , the zero hypothesis is rejected, indicating that there is a certain trend, if the value of r_s is positive, there is a trend in the increasing direction, and if it is negative, there is a trend in the decreasing direction.

3.5. Sen’s Slope Estimator Test

The test developed by Sen (2012) is non-parametric. Looking at Sen's trend method, it is seen that it is a test performed on the coordinate system. First, the "times" are sorted from smallest to largest. On the X-axis are the time intervals from the beginning to the midpoint of the time series and mainly “data of the ordinal time intervals”, the time series and data from the midpoint to the end point (Y-axis). Finally, the line is passed at an angle of 0 to 45°. If the marked data stays above this line, the trend is positive, and if it is below, the trend is negative.

City	Average Temperature (°C)	S	Z	Trend Z (0,95)
Aksaray	25,88	626	3,99	Increasing Trend
Kulu	24,49	438	3,46	Increasing Trend
Keskin	22,24	732	4,56	Increasing Trend
Yozgat	22,98	75	1,97	Increasing Trend
Kayseri	25,28	0	-0,006	No Trend
Nevşehir	24,05	554	3,45	Increasing Trend
Çiçekdağı	25,23	566	4,60	Increasing Trend

Table 1. Changes In Maximum Temperature Trends of Provinces

City	Average Temperature (°C)	S	Z	Trend Z (0,95)
Aksaray	-0,82	815	5,47	Increasing Trend
Kulu	-2,29	634	5,01	Increasing Trend
Keskin	-0,19	475	4,50	Increasing Trend
Yozgat	-2,74	757	4,71	Increasing Trend
Kayseri	-4,41	931	5,79	Increasing Trend
Nevşehir	-1,31	763	4,75	Increasing Trend
Çiçekdağı	0,95	360	2,93	Increasing Trend

Table 2. Changes In Minimum Temperature Trends of Provinces

City	Average Temperature (°C)	S	Z	Trend Z (0,95)
Aksaray	18,53	648	4,13	Increasing Trend
Kulu	17,25	588	4,64	Increasing Trend
Keskin	15,88	203	1,93	No Trend
Yozgat	14,87	743	4,62	Increasing Trend
Kayseri	18,17	377	2,35	Increasing Trend
Nevşehir	16,48	611	3,80	Increasing Trend
Çiçekdağı	17,62	574	4,67	Increasing Trend

Table 3. Changes In Average Maximum Temperature Trends of Province

City	Average Temperature (°C)	S	Z	Trend Z (0,95)
Aksaray	5,93	821	5,51	Increasing Trend
Kulu	4,39	638	5,04	Increasing Trend
Keskin	6,24	619	5,87	Increasing Trend
Yozgat	4,16	671	4,18	Increasing Trend
Kayseri	3,12	867	5,40	Increasing Trend

Nevşehir	5,36	687	4,28	Increasing Trend
Çiçekdağı	6,60	444	3,61	Increasing Trend

Table 4. Change In Average Minimum Temperature Trends of Provinces

City	Average Temperature (°C)	S	Z	Trend Z (0,95)
Aksaray	12,01	892	5,69	Increasing Trend
Kulu	10,52	596	4,71	Increasing Trend
Keskin	10,57	286	2,63	Increasing Trend
Yozgat	9,23	637	1,92	No Trend
Kayseri	10,56	593	3,69	Increasing Trend
Nevşehir	10,76	573	3,57	Increasing Trend
Çiçekdağı	11,94	546	4,44	Increasing Trend

Table 5. Changes In Average Temperature Trends of Provinces

City	Average Precipitation (mm=kg÷m ²)	S	Z	Trend Z (0,95)
Aksaray	30,31	92	0,59	No Trend
Kulu	34,15	-92	-0,97	No Trend
Keskin	36,47	-9	-0,13	No Trend
Yozgat	50,36	456	0,28	No Trend
Kayseri	34,09	309	1,92	No Trend
Nevşehir	36,27	113	0,70	No Trend
Çiçekdağı	29,96	89	0,97	No Trend

Table 6. Changes In Total Monthly Rainfall trends of Provinces

City	Average Precipitation (mm=kg÷m ²)	S	Z	Trend Durumu
Aksaray	11,45	4	0,03	No Trend
Kulu	12,04	-162	-1,28	No Trend
Keskin	12,33	-241	-2,29	Increasing Trend
Yozgat	16,07	143	0,89	No Trend
Kayseri	11,86	223	1,39	No Trend
Nevşehir	12,28	109	0,68	No Trend
Çiçekdağı	11,29	-147	-1,23	No Trend

Table 7. Changes In Provinces Maximum Monthly Rainfall Trends

Sen's Slope Test Results

When the attached graphs are examined, it is clearly seen that the maximum temperature measurement data of Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Nevşehir, Çiçekdağı increased according to the "The Sen's Trend" test. Kayseri temperature measurement data show a decrease. Other measuring station data is located just above the 1:1 curve. When the results of the SEN'S Trend test and the results of the Mann-Kendall test are compared, all measurement data that trend in the 95% confidence interval according to the Mann-Kendall trend test show a decrease or decrease accordingly. Again, according to the Sen's Trend test, the minimum temperature measurement data of Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Kayseri, Nevşehir, Çiçekdağı and the graphs in the figures are examined, according to The Sen's Trend test, the temperature increases in the characteristics when the temperature increases in the results of The Sen's Trend test, Mann- Kendall test and regression test show together. According to the graphs in the figures, there is an increase in the average maximum temperature measurement data according to The Sen's Trend test in Aksaray, Kulu, Yozgat, Kayseri, Nevşehir, Çiçekdağı. Kayseri average maximum temperature measurement data show a decrease. Again, according to the graphs, there is an increase in the average minimum temperature measurement data according to The Sen's Trend test in Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Kayseri, Nevşehir, Çiçekdağı. According to the Sen's Trend test, there is an increase in the average temperature measurement data of Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Kayseri, Nevşehir, Çiçekdağı. Yozgat "Average Temperature Measurement Data" shows a decrease. According to The Sen's Trend test, there is a decrease in Precipitation Measurement data in Aksaray, Kulu, Kayseri, Nevşehir total. Sharp, Yozgat, Çiçekdağı data is just above the 1:1 curve.

According to graphs, based on "The Sen's Trend Test", there is a decrease in total Precipitation Measurement data in Kulu, Yozgat, Kayseri, Cicekdağı. Aksaray, Keskin and Nevşehir data are just above the 1:1 curve.

4. Conclusion

In this study, Sen's "Method and Trend Method" was applied in Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Kayseri, Nevşehir and Çiçekdağı temperatures and in terms of examining the case studies. The latest and close Sen methods and Trend Methods obtained from the meteorology in these provinces are processed with the available data. One of the trending ones; The Mann-Kendall test was separately included in the study. Sen's method in the study has an increasing trend feature in almost all stations. According to these results, it was also included in the results of the study that the ones that were worn at first temperatures and cold were also preferred. According to the Trend Methods analysis results (Mann-Kell Test), a decreasing expectation (95%) for the average data obtained from Aksaray, Kulu, Keskin Yozgat, Kayseri, Nevşehir, results by ninety-five confidences. Cities received from Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Nevşehir and Çiçekdağı supports show an increasing momentum in terms of ninety-five percent (95%) confidence. There are declining values that are fond of land and climate that depend on temperature. These data show the drought and water needs in recent years. In general, the operation of a holistic management and the plans for the damage caused by the climate are also compared.

5. Results

It is possible to classify demands as two-dimensional, "in-river" or "out-river", or consumption-related or non-consumptive. The term "in-river" demand here utilizes water, while water is not drawn for use from the riverbed or lake. So, an example would be: Ecosystems, transportation, hydroelectric power plants, recreation and use of water channels for wastewater assimilation... There is a separate interpretation for the example of "non-river" demands: Water is extracted from a river, lake or aquifer. These include domestic, industrial and agricultural demands. This includes water used for cooling systems in industry and power plants. It is of course undeniable that climate change has a significant impact on the hydrological cycle, water resources, their local-regional-global management and distribution. The effects described here are expected to occur very slowly and over many years. Today, however, humanity has become aware of its harmful warnings. What is certain is that global warming will have significant effects on water supply. Increased precipitation variability will create significant problems in the agricultural sector. The warmer climate will accelerate the hydrological cycle and there

will be an increase in global precipitation and evaporation amounts (ET). The melting of snow in the mountains should be evaluated separately. Like the runoff it causes, the temporal distribution of precipitation may differ from its historical forms. That is, although some of these changes have occurred, their regional effects are not well known. Meanwhile, hydrological uncertainties arise due to the fact that relatively small changes in precipitation and temperature, particularly in arid and semi-arid regions, have rather large effects on runoff, volume and timing of ET. As a result, global warming exposes irrigation providers and society as a whole to significant new uncertainties and challenges.

6. References

- AKYÜREK, M, Önöz, B., Bayazit, M., Cığızoğlu, K., 2003, Trend Analysis of Annual Average Flows in Turkey, IV. National Hydrology Congress, 21-25 June, Istanbul, Journal 51, 57-73. In Turkish
- Kendall, M.G.,(1975), Rank Correlation Methods, Charles Griffin,London
- MANN, H. B. (1945), Non-Parametric Tests Against Trend, The Econ.Society,3:245-259
- REPUBLIC OF TURKEY On Climate Change National Certificate 2010-2020. (2013)
- ŞEN Z, 2012. Innovative Trend Analysis Methodology. Journal Of Hydrological Engineering, 17 (9): 1042-1046.
- ŞEN Z, 2013. Trend Identification Simulation and Application. Journal Of Hydrological Engineering, 19 (3): 635-642.
- GEOGRAPHICAL SCIENCES, Sequences Analysis Of Spatial And Temporal Changes And Trends.
- SOYDAN N. G., Gümüş V., Şimşek O., Gerger R. Ve Ağun B. (2016) 'Seyhan Basin Monthly Trend Analysis of Average Flow and Precipitation Data', Journal of Engineering, 7, (2), 319-328
- STATE METEOROLOGY AFFAIRS (DMI) General Directorate Precipitation Data, Ankara. <http://www.Tarimreformu.Gov.Tr/Iklim/Dosya/Strateji.Pdf> (in Turkish)
- STATE METEOROLOGY AFFAIRS (DMI) General Directorate Temperature Data, Ankara.
- TÜRKEŞ, M. 1997. 'On the Concepts of Weather and Climate', TÜBİTAK Journal of Science and Technology, 355, 36-37, Ankara.
- TÜRKEŞ, M. 2001. Weather, Climate, Severe Weather Events and Global Warming. General Directorate of State Meteorology Affairs, 2000 Seminars, Technical Presentations, Seminar Series: 1: 187-205, Ankara. Weather, Climate, Severe Weather Events and Global Warming(*) Murat Turkes
- TURKES, M., Koc, T. And Saris, F. (2007). The Sum of Rainfall and Intensity of Hot Summers - Turkey Climate Change Strategy 2010-2023
- YILDIRIM A, 2015. Trend Analysis Methods: Middle Euphrates Basin Application, Istanbul Technical University Energy Institute, Master Thesis (Printed).
- YUE, S., Pilon, P., Cavadias, G., 2002, Power of The Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests for Detecting Monotonic Trends in Hydrological Series, Journal of Hydrology 259: 254-271.

7. Additive Graphics

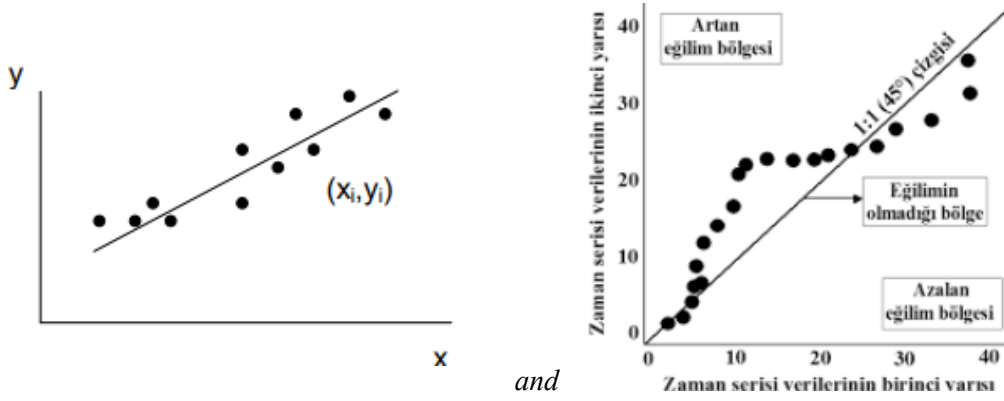


Figure 1 X
Y linear

and relationship between variables **Figure. Sen's Slope Estimator Graph**

Maximum Temperature Trends for Stations

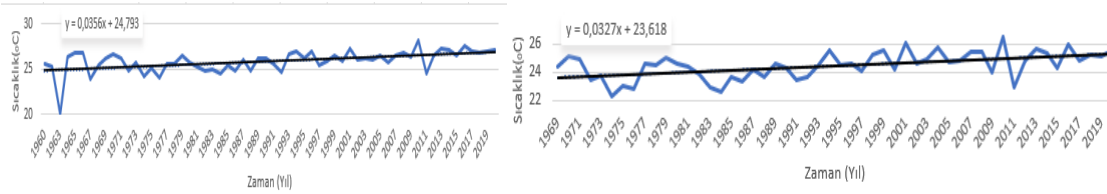


Figure 2 Aksaray/17192 and Kulu/17754 maximum temperature chart

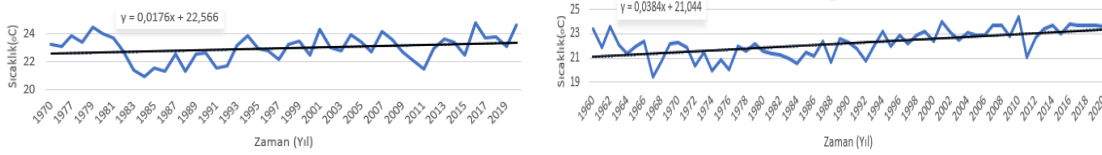


Figure 3 Keskin/17730 and Yozgat/17140 maximum temperature chart

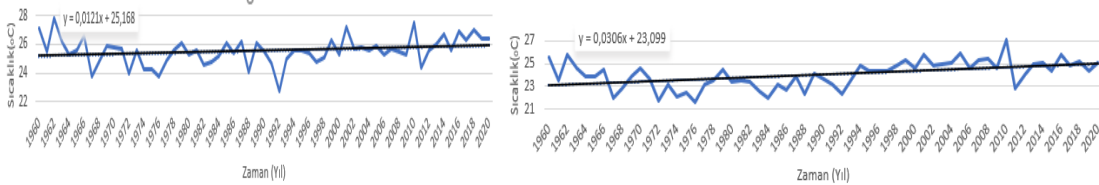


Figure 4 Kayseri/17196 and Nevsehir/17193 maximum temperature chart

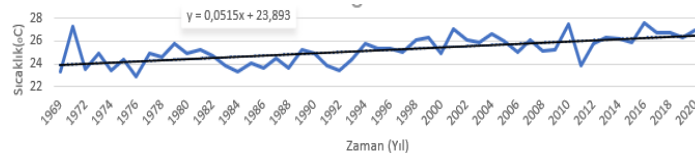


Figure 5 Çiçekdağı/17732 maximum temperature chart

Minimum Temperature Trends for Stations

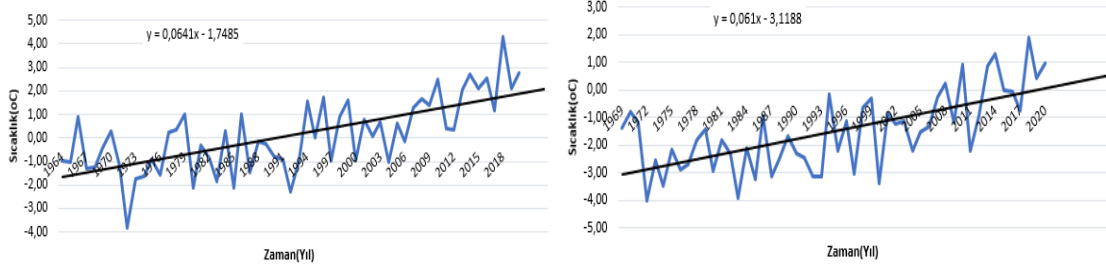


Figure 6 Aksaray/17192 and Kulu/17754 minimum temperature chart

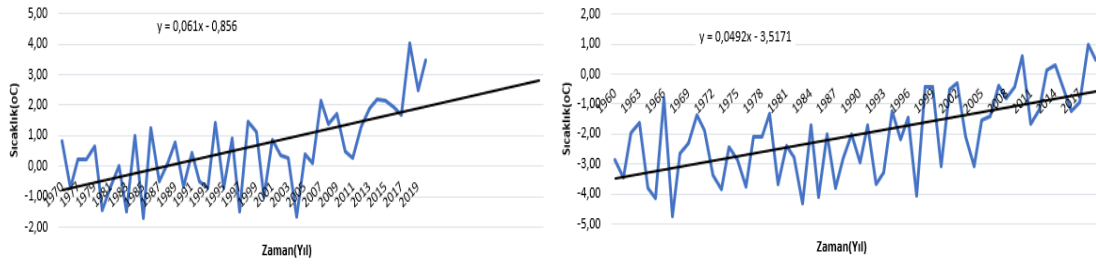


Figure 7 Keskin/17730 and Yozgat/17140 minimum temperature chart

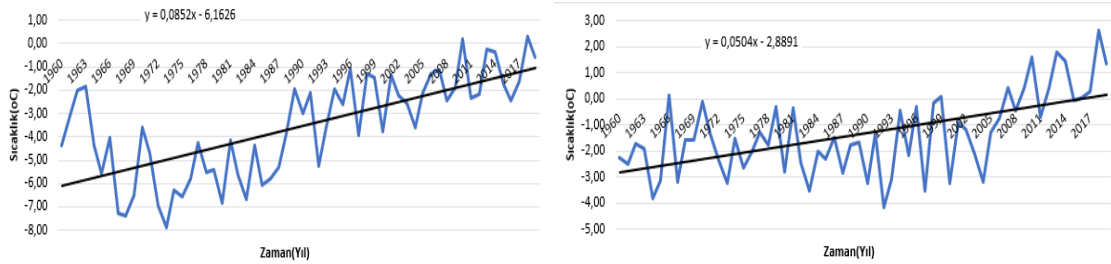


Figure 8 Kayseri/17196 and Nevsehir/17193 minimum temperature chart

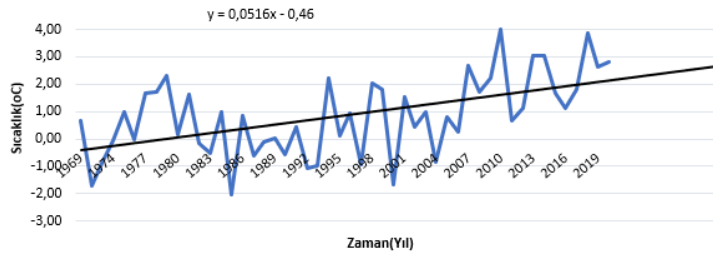


Figure 9 Çiçekdağı/17732 minimum temperature chart

Presentation ID / Sunum No= 33

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-2551-3860

Isı Borusuna Yerleştirilen Bükümlü Bant Hatve Uzunluğu ve Gözyaşı Damlası Çukurlu Yüzey Formunun Termal ve Hidrodinamik Özellikler Üzerindeki Etkinliğinin CFD Yöntemi İle Araştırılması

Dr. Öğretim Üyesi Selçuk SELİMLİ

*Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
E-posta: selcukselimli@karabuk.edu.tr*

Özet

Bu çalışma, ANSYS Fluent yazılımı ile bir ısı borusu içine L/2, L/4 ve L/6 hatve uzunluğunda düz ve gözyaşı damlası şeklinde çukurlu yüzeye sahip bükümlü şerit modellerin yerleştirilmesinin ısı transferi ve hidrodinamik performans üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Şerit uygulaması ve hatve uzunluğunun azalması ile Nusselt (Nu) sayısı artmış ve şeritler üzerinde oluşturulan gözyaşı şeklindeki çukurlar da bu artışı güçlendirmiştir. Şerit uygulaması sürtünme faktörünü artırırken çukurlar bu artışı desteklemiştir. Hesaplanan performans değerlendirme kriteri (PEC), bükümlü bant uygulaması ve hatve uzunluğunun kısılması ile artmıştır. Ayrıca bant yüzeyindeki çukurlar bu artışı daha da geliştirmiştir. Sonuç olarak ısı borusu üzerine bant uygulanması ve hatve uzunluğunun kısılması ısı transfer performansına katkı sağlarken, sürtünme katsayısını ve akışa karşı direnci de artırmaktadır. Bükümlü bant üzerine oluşturulan gözyaşı damlası şeklindeki çukurlar, ısı transferindeki gelişmeye katkıda bulunurken, sürtünme faktörünü yükseltti ve akışa karşı direnci artırmıştır. PEC değerindeki artış, bükümlü şeritlerin ve üzerlerine oluşturulan çukurların, sürtünme faktöründeki artışa rağmen ısı transferindeki iyileşme ile proses etkinliğini geliştirdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bükümlü şerit, çukurlu yüzey, ısı transferi

Investigation of the Effectiveness of Twisted Tape Pitch Length and Teardrop Dimpled Surface Form Placed in a Heat Pipe on Thermal and Hydrodynamic Characteristics by CFD Methods

Abstract

This study investigates the effect of placement of twisted tape models with flat and teardrop-shaped dimpled surfaces in a heat pipe with L/2, L/4 and L/6 pitch lengths (Pt) on heat transfer and hydrodynamic performance with ANSYS Fluent software. Nusselt (Nu) number increased with tape application and pitch length reduction, and teardrop (td) shaped dimples formed on tapes also strengthened this increase. While tape application increased the friction factor, dimples supported this

increase. The calculated performance evaluation criterion (PEC) increased with the application of twisted tape and shortening of the pitch length. In addition, the dimples on the tape surface further enhanced this increase. As a result, applying tape in the heat pipe and shortening the pitch length contributes to the heat transfer performance while increasing the friction coefficient and resistance to flow. The teardrop-shaped dimples formed on the twisted tape contributed to the improvement in heat transfer, increased the friction factor, and increased the resistance to flow. The increase in the PEC value showed that the twisted tapes and the dimples formed on them improved the process effectiveness with the improvement in heat transfer despite the increase in the friction factor.

Keywords: Twisted tape, dimpled surface, heat transfer

1. INTRODUCTION

Improving the thermal performance of heat exchangers used to transfer heat between two different thermal environments attracts great attention from researchers because it means saving volume, material, and costs with the production of compact equipment and improving process performances. In this context, material and design improvements are being studied to enhance heat transfer performance. To enhance heat transfer rates within heat pipes, twisted tape inserts that give a spiral path to the flow were very influential among the many techniques (both passive and active). The application of twisted tapes on flow bodies is one of the passive methods among the heat transfer improvement methods. They are among the frequently used applications to their advantages of steady performance, simple configuration, and ease of installation (Guo et al., 2011; Saha et al., 1989). There is a predominant thermal resistance in the boundary layer in laminar flow and a considerable thermal resistance in the bulk flow. Because of this, twisted tapes are used to regularly mix the flow regime in laminar flow to reduce the core thermal resistance throughout the flow (Bhattacharyya & Saha, 2012). Twisted tape applied heat pipe flow domain creates a swirl flow near pipe wall. The turbulence near the wall region and is responsible for higher boundary layer velocities. Higher flow velocity creates a higher heat transfer effect (Suri et al., 2018). Unique surface geometry in twisted tape applications provides high thermal performance compared to a flat surface (Varun et al., 2016). The literature investigates twisted tapes' hydrodynamic and thermal performance with modified geometries such as wire nails, jagged, dimpled, perforated, and serrated twisted tapes. Harish et al. numerically compared the thermal performance of twisted tapes with and without dimples. They concluded that the thermal performance of twisted tape inserts with dimples is higher than that of plain crooked tape and plain pipe (Harish et al., 2021). Golestanha et al. numerically studied the thermal performance of nanofluid in a tube fitted with twisted tapes in different configurations. They assert that the highest Nu number obtained with insert at Re 250 was 86.9% higher than the plain tube (Mohammadreza Golestanha et al., 2021). Mashayekhi et al. investigated the effect of twisted tape on the thermal performance of heat pipes in laminar flow cases. They assessed that crooked tape enhances the average Nu number by about 14.7% (Mashayekhi et al., 2021). Dagdevir and Ozceyhan experimentally studied the effects of different twisted tapes on heat transfer and flow characteristics in a heat exchanger tube. They argued that the dimpled twisted tape insert provided the highest thermal performance (Dagdevir & Ozceyhan, 2021). Oni numerically analysed the thermo-hydraulic laminar flow characteristics of twisted tape inserted tubes. He showed that the twisted tape insert enhances the heat transfer performance of a heat pipe (Oluwasesan Oni, 2021). Chaurasia and Sarviya concluded the thermal and hydrodynamic performance of the laminar fluid flow in a double strip helical screw insert tube at a different twist ratio. They observed increased thermal performance with the placement of helical screws in the low domain (Chaurasia & Sarviya, 2021b). Feng et al. experimentally studied the flow and heat transfer behaviour of water flow in a channel fitted with twisted tapes under laminar flow conditions. They commented that the thermal enhancement increases with the twist ratio at an equal mass flow rate (Feng et al., 2020). In this study, the effect of flat and teardrop twisted tapes with different pitch lengths applied to laminar water flow in a heat pipe on the thermal and hydrodynamic properties was carried out using a computer-based computational fluid dynamics (CFD) method.

1.1. Governing Equations of the Model

Incompressible, viscous, steady, twisted tape applied laminar pipe flow hydrodynamics, and thermal properties were computed by CFD methods. The governing equations can be presented as follows. The mass flow rate (\dot{m}) through the pipe can be calculated by the Eq. (1).

$$\dot{m} = \rho VA \quad (1)$$

ρ is the fluid density, V is the flow velocity, A is the crosssectional flow area. Continuity, momentum, and energy equations can be equated as in Eq. (2), Eq. (3), and Eq. (4) (Chaurasia & Sarviya, 2021a; Oluwasesan Oni, 2021).

$$\nabla \cdot (\rho \vec{V}) = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \cdot (\rho \vec{V} \vec{V}) = -\nabla P + \mu \nabla^2 \vec{V} \quad (3)$$

$$\nabla \cdot (\rho \vec{V} c_p T) = \nabla \cdot (k \nabla T) \quad (4)$$

P is the pressure, μ is the dynamic viscosity, c_p is the coefficient of specific heat, T is the temperature. The inlet velocity of the fluid has been determined with the Reynolds number (Re) to provide laminar pipe flow as shown in Eq. (5).

$$Re = \frac{\rho V D_h}{\mu} \quad (5)$$

D_h is the hydraulic diameter and equals to diameter (D) of the circular pipe. The local Nu number (Nu_x) can be calculated by Eq. (6) (Yadav et al., 2021).

$$Nu_x = \frac{hD}{k} \quad (6)$$

(h) is the heat transfer coefficient and equated as in Eq. (7), k is the thermal conductivity.

$$h = \frac{q''}{T_{s,avg} - T_{f,avg}} \quad (7)$$

q'' is the heat flux, $T_{s,avg}$ is the average surface temperature, $T_{f,avg}$ is the average fluid temperature (Abolarin et al., 2019). Average Nu number (Nu_{avg}) can be described by Eq. (8) (Selimefendigil & Öztop, 2017).

$$Nu_{avg} = \frac{1}{L} \int_0^L Nu_x dx \quad (8)$$

L is the total length. The friction factor (f) can be derived as in Eq. (9).

$$f = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho V^2} \left(\frac{D}{L} \right) \quad (9)$$

Performance evaluation criteria (PEC) can be equated as in Eq. 10 (Alempour et al., 2021).

$$PEC = \frac{\frac{Nu_e}{Nu_r}}{\left(\frac{f_e}{f_r} \right)^{\frac{1}{3}}} \quad 10$$

In Eq. 10, Nu_e and Nu_r is the Nu number of enhanced and reference models. f_e and f_r designate the friction coefficient of enhanced and reference models.

2. PROBLEM DESCRIPTION and GEOMETRICAL DETAILS

The effects of twisted tape placement on a heat pipe's thermal and hydrodynamic behaviour were evaluated according to the analyses performed with the ANSYS Fluent 2020 R2 software with the circular tube and different surface geometric tapes. Models were created with Solidworks 2021 and meshed with Ansys Meshing software. Used models and the boundary conditions are detailed in Fig. 1.

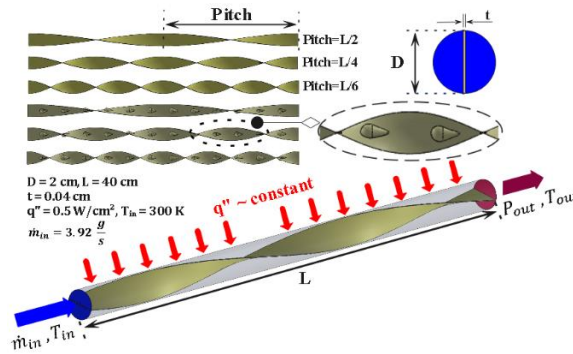


Fig. 1. Illustration of model detail and the boundaries.

As seen in Fig. 1, twisted tapes with three different pitch lengths and two different surface forms were used in the analysis studies. The pitch lengths of the twisted tapes used were chosen as $L/2$, $L/4$, and $L/6$. Twisted tapes with a flat and teardrop-shaped dimpled surface were used in the study. The steady, viscous, incompressible laminar flow model was analysed for 250 increments of Reynolds number in the range of 250-2000. The results are visualized and presented by evaluating only the 250 values of the Re number. The boundary conditions of the heat pipe are shown as in Fig. 1, mass flow inlet, pressure outlet, and applied constant heat flux to the pipe surface. Water was used as the fluid. The mass flow rate is 3.92 g/s, the water inlet temperature is 300 K, and the constant heat flux applied to the heat pipe surface is 0.5 W/cm². Grid convergence criteria for continuity, momentum, and energy equation is determined lower than 10^{-6} .

2.1. Grid Independence Test

Grid independence tests were done to ensure the results of simulations are independent of the mesh grid size. The variation of the parameters calculated due to analyses performed with meshed models with the increasing number of elements is compared until the deviation in the results reaches an acceptable level. Table 1 shows the used models of the grid independency test and the deviation rate of the parameters.

Table 1. Grid independency test parameters

Number of elements	Surface average Nu number	Variation rate (%)
503.725	16.44	-
747.599	14.32	12.85
1.002.748	13.34	6.87
1.380.511	13.15	1.39
1.756.954	13.07	0.63
2.619.236	13.02	0.39

Analysis study results with a deviation rate of 1% or less are considered sufficient to produce accurate results (Fokeer et al., 2010; Fouda et al., 2018). As seen in Table 1, the model with 1.756.954 cells showed a deviation of 0.63% compared to the model with 1.380.511 cells. As discussed in the literature, since the deviation rate of the model results with a cell number of 1.756.954 was lower than 1%, and chosen for the analyses.

2.2. Validation of the Numerical Analyses

The Nu number depending on the Reynolds number was obtained on the surface average by analyses and shown in Fig. 2. It was determined that it overlaps with similar numerical and experimental study data in the literature.

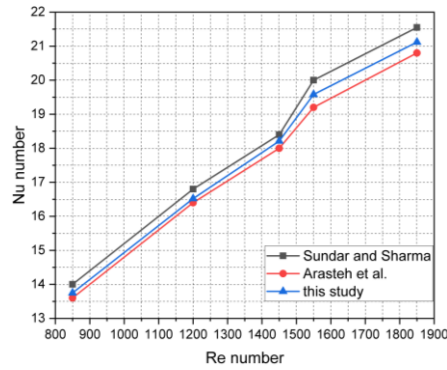


Fig. 2. Validation of the study with the literature that are (Arasteh et al., 2021; Syam Sundar & Sharma, 2011).

3. RESULTS and DISCUSSIONS

In analyse study, first, the heat pipe model was analysed without any tape placement. The study was then repeated with flat surface twisted tape models with $L/2$, $L/4$, and $L/6$ pitch lengths, and the effect of flat surface twisted tapes on the thermal and hydrodynamic properties was observed. Finally, teardrop-formed dimples were created on the same tapes, and the thermal and hydrodynamic action was re-evaluated. Analysis results, flow velocity, temperature, Nu number, friction factor and PEC value were visualized and evaluated with the support of the literature. Local flow velocity and temperature counters are visualized in Fig. 3 (a, b).

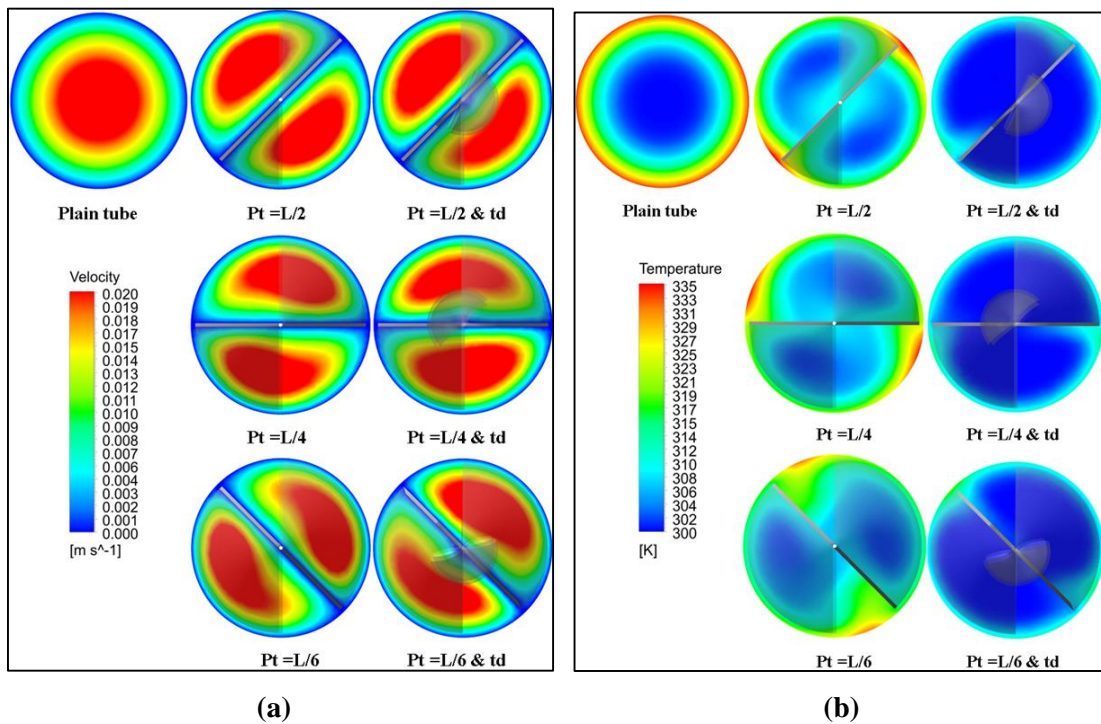


Fig. 3. Illustration of local (a) flow velocity and (b) temperature counters.

When Fig. 3(a) is examined, it can be evaluated that the core region cold fluid flow is directed towards the pipe wall with tape application. This situation increases the local flow velocity with a swirl in the close region of the pipe wall. It is seen that the decrease in pitch length and dimpled structures formed on the tapes support this characteristic action more. In Fig. 3(b), it is seen that temperature on the pipe wall and in the areas close to the wall decreases in the same cross-sectional regions. The temperature decrease observed in the region close to the pipe wall and the increase in the fluid core temperature were observed more intensely with the shortening of the tape pitch length and the dimple structure effect. Heat transfer to the fluid is strengthened with the fluid directed to the wall from the core region of the pipe, so the cooling capacity of flow increases. In literature, this case is clarified as twisted

tape increases heat transfer by causing swirl flow between core and wall regions. As a result, the thermal boundary layer becomes uneven, resulting in increased heat transfer in the process (Hakim et al., 2020). In Fig. 4, the variation of the Local Nu number along the heat pipe includes the representation of the data obtained by dividing the pipe surface at specific intervals. The graph curves visualize the change in the local Nu number and the change in heat transfer. Cases of the twisted tape are not applied, the twisted tapes with different pitch lengths with flat surfaces are positioned, and the different pitch-length tapes with teardrop form are applied.

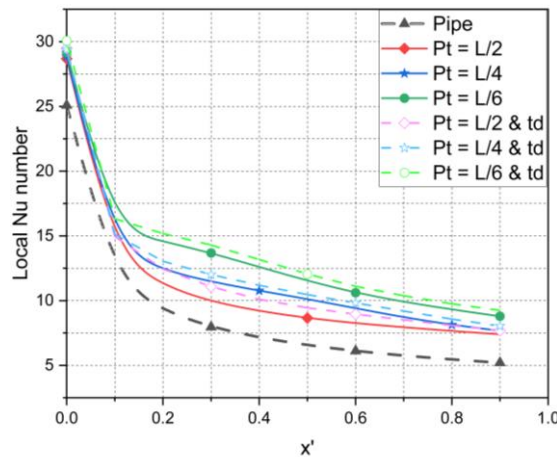


Fig. 4. Variation of local Nu number through the heat pipe's dimensionless length (x').

The increase in the local Nu number visualized by the graphic curves in Fig. 4 can be evaluated proportionally for two different perspectives. The proportional change in Nu number caused by the application of twisted tape with a flat and dimpled surface compared to the ordinary heat pipe without twisted tape can be evaluated. The effect of the teardrop dimpled structure applied on the tape compared to the flat surface tape application can also be evaluated. In Fig. 5(a, b), the surface temperatures observed along the heat pipe, the average value, and proportional variation of the surface temperature are presented by evaluating the simulation results for each model.

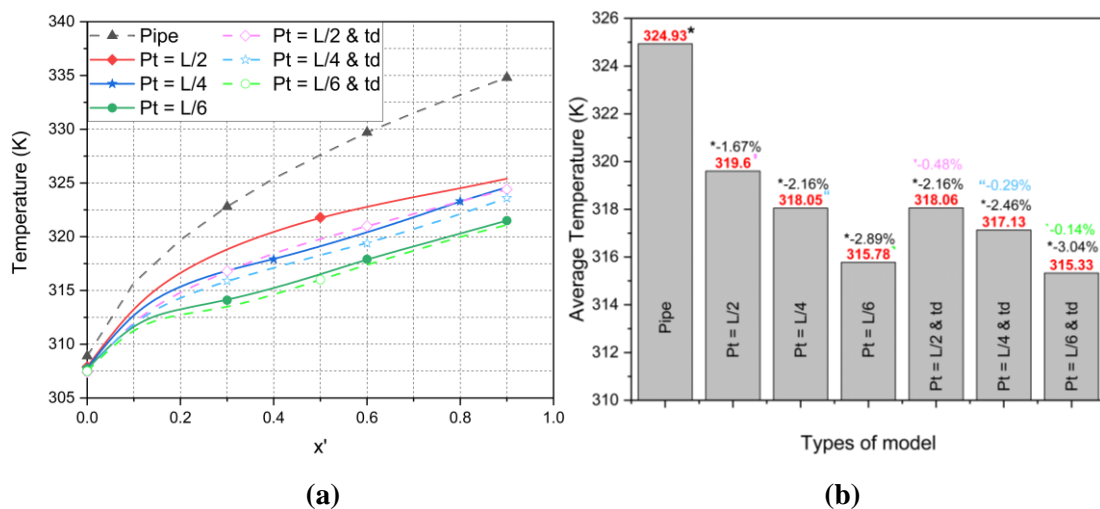


Fig. 5. (a) Heat pipe wall temperature, **(b)** average value and variation rate for each model.

According to surface temperature curves given in Fig. 5(a), the swirl flow effect is created adjacent to the pipe wall due to central flow being transferred to the pipe wall by applying the twisted tape. This case contributes to the increase of the heat transfer from the pipe wall and the cooling effect on the pipe wall. A similar assessment is shared in (Piriyarungrod et al., 2015) as a twisted tape insert is one of the promising swirl generators for enhancing heat transfer for laminar flows. While each column bar in Fig. 5(b) represents the average surface temperature for a different model, the proportional values on the bars represent the variation of the average temperature. While the average surface temperature reached

324.93 K in the heat pipe flow without any tape applied, it is reached 319.6 K, 318.05 K, and 315.78 K with the application of flat surface twisted tapes that have L/2, L/4, and L/6 pitch length. When the proportional effect of the flat-surfaced twisted tape application on the surface temperature is evaluated numerically, the tapes with L/2, L/4, and L/6 pitch lengths caused a decreasing trend in the surface temperature approximately 1.67%, 2.16%, and 2.89%, compared to the case where no tape application. With the teardrop form dimple application on twisted tapes, the surface temperatures of the model applied to L/2, L/4, and L/6 pitch length tapes reached 318.06 K, 317.13 K, and 315.33 K values. Compared to the situation without tape, the proportional decrease in temperatures was determined as 2.16%, 2.46%, and 3.04%, respectively. Compared to the flat surface tape, the decrease in temperature is 0.48%, 0.29%, and 0.14%. Fig. 6 illustrates the average friction factor, Nu number, and PEC values for the cases without twisted tape, with a flat surface twisted tape in L/2, L/4, and L/6 pitch lengths placement and teardrop form dimple created tapes.

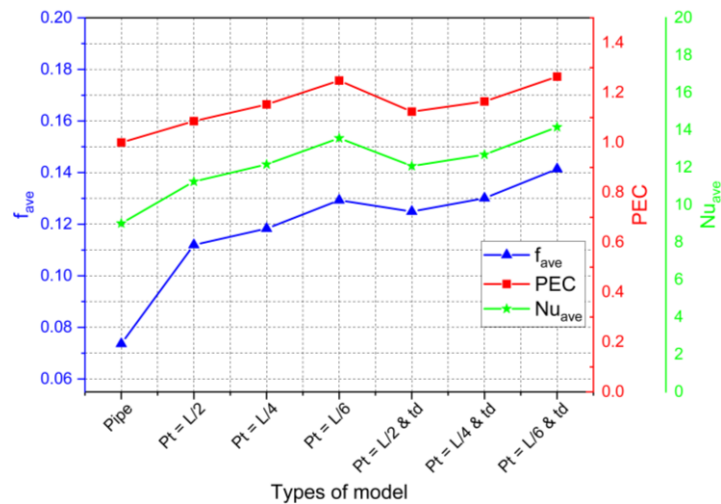


Fig. 6. Average friction factor, Nu number, and PEC for each model.

As seen in Fig. 6, the friction factor for heat pipe flow without twisted tape application is at the minimum level with a value of 0.073. With the application of flat surface L/2, L/4, and L/6 pitch length twisted tapes, 0.112, 0.118, and 0.129 values were determined with an increase of 52%, 60.6%, and 75.5% in the friction factor. Teardrop-shaped dimples formed on tapes supported the increase in friction factor. The friction factor reached 0.125, 0.13, and 0.141 values for the L/2, L/4, and L/6 pitch length models with teardrop dimple structure. Compared to the non-tape condition, the increase reached 69.6%, 76.6%, and 92%. Comparing the flat-surfaced tape and the teardrop dimple-structured equivalent pitch length models, an increase of approximately 17.6%, 16%, and 16.5% in friction factor was detected. In Fig. 6, the mean values of the Nu number are presented for each model. It was observed that in the condition without tape, the value is 9.01. It was increased to 11.2, 12.2, and 13.6 with applied L/2, L/4, and L/6 pitch length tapes. The value increased to 12.1, 12.7, and 14.2 for teardrop dimple-shaped tapes. Flat surface L/2, L/4, and L/6 pitch length tapes placed in the ordinary heat pipe improved the Nu number by 24.82%, 34.97%, and 50.56%, respectively. Similar results discussed in (Arasteh et al., 2021) as inserting twisted tape with the pitch of L/2, L/4, L/6 increases the average Nu number by 15%, 24%, 37% for Reynolds number of 250. Nu number was increased by 34.01%, 40.75%, and 57.09%, with teardrop-shaped dimpled structures formed on the same tapes. The effectiveness of the teardrop-shaped dimples on the surfaces of the twisted tapes was evaluated by comparing them with the data of the flat surface tapes. The increase in Nu number obtained with the flat surface tape application was enhanced with the teardrop surface tapes approximately 9.19% for L/2 pitch length, 5.77% for L/4, and 6.54% for L/6. The curve that gives the PEC values is given in Fig. 6, it is seen that the value is the unity for the plain heat pipe. The increased PEC value with the flat surface tape application has been enhanced with teardrop form dimples created on the tapes. The PEC values are 1.09, 1.15, and 1.25 for flat surface twisted tapes with L/2, L/4, and L/6 pitch lengths. Additionally, 1.12, 1.16, and 1.26 for teardrop surface tapes with L/2, L/4, and L/6 pitch lengths. An increase in PEC value can be interpreted that both the flat surface tape application and the teardrop-shaped dimple surface tape formation bring positive results to the heat transfer effectiveness. Dagdevir et al. discussed using twisted tape and dimples on supplies

higher PEC values because the heat transfer enhancement dominates the friction loss (Dagdevir et al., 2021).

4. CONCLUSION

The subject of the study is to investigate the effect of pitch lengths and surface forms of twisted tapes placed in the heat pipe on heat transfer and hydrodynamic performance. For this purpose, twisted tape models with $L/2$, $L/4$, and $L/6$ pitch lengths were modelled in two different surface forms, both flat and dimpled teardrop structures. In addition, the heat pipe model, where the tapes will be placed, was created as a plain circular cross-section. Models were subjected to the analysis process using Ansys Fluent 2020 R2 software. The results showed that the tapes placed in the heat pipe and the decreasing pitch lengths increased the Nu number and thus the heat transfer. Additionally, tape and decreasing pitch length also increased the friction factor. The proportional increase in Nu number and friction factor was 24.82%, 34.97%, 50.56% and 52%, 60.6%, and 75.5% for $L/2$, $L/4$, and $L/6$ pitch length tapes, respectively. The teardrop-shaped dimple structure formed on the tape surfaces further strengthened the Nu number and friction factor. The increase rate of the Nu number and friction factor of the dimpled structure formed on the tape surfaces of $L/2$, $L/4$, and $L/6$ pitch lengths were determined as 34.01%, 40.75%, 57.09% and 69.6%, 76.6%, and 92%, respectively. The PEC value was calculated to evaluate the negativity of increase in resistance to flow with increase in friction factor and the positivity of increase in heat transfer with the increase of the Nu number together. It was determined that the PEC value increased with tape application and shortening of the pitch length and the dimpled structure. As a result, it was concluded that tape application, short pitch length, and teardrop-shaped dimpled structure increased the thermal effectiveness.

REFERENCES

- Abolarin, S. M., Everts, M., & Meyer, J. P. (2019). "Heat transfer and pressure drop characteristics of alternating clockwise and counter clockwise twisted tape inserts in the transitional flow regime", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 133, 203–217.
- Alempour, S. M., Abbasian Arani, A. A., & Najafizadeh, M. M. (2021). "Twisted tape variable wavelength effect on nanofluid flow and heat transfer inside elliptical shape tube", *The European Physical Journal Plus*, 136(2), 1–24.
- Arasteh, H., Rahbari, A., Mashayekhi, R., Keshmiri, A., Mahani, R. B., & Talebizadehsardari, P. (2021). "Effect of pitch distance of rotational twisted tape on the heat transfer and fluid flow characteristics", *International Journal of Thermal Sciences*, 170, 1-13, 106966.
- Bhattacharyya, S., & Saha, S. K. (2012). "Thermohydraulics of laminar flow through a circular tube having integral helical rib roughness and fitted with centre-cleared twisted-tape", *Experimental Thermal and Fluid Science*, 42, 154–162.
- Chaurasia, S. R., & Sarviya, R. M. (2021a). "Comparative thermal performance analysis with entropy generation on helical screw insert in tube with number of strips with nanofluid at laminar flow regime", *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 122, 1-19, 105138.
- Chaurasia, S. R., & Sarviya, R. M. (2021b). "Experimental and numerical thermal performance evaluation of helical screw inserts in a tube with double strips at laminar flow", *Computational Thermal Sciences: An International Journal*, 13(1), 17–35.
- Dagdevir, T., & Ozceyhan, V. (2021). "An experimental study on heat transfer enhancement and flow characteristics of a tube with plain, perforated and dimpled twisted tape inserts", *International Journal of Thermal Sciences*, 159, 1-13, 106564.
- Dagdevir, T., Uyanik, M., & Ozceyhan, V. (2021), "The experimental thermal and hydraulic performance analyses for the location of perforations and dimples on the twisted tapes in twisted tape inserted tube". *International Journal of Thermal Sciences*, 167, 1-11, 107033.
- Feng, Z., Ai, X., Wu, P., Lin, Q., & Huang, Z. (2020), "Experimental investigation of laminar flow and heat transfer characteristics in square minichannels with twisted tapes". *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 158, 1-16, 119947.

- Fokeer, S., Lowndes, I. S., & Hargreaves, D. M. (2010). "Numerical modelling of swirl flow induced by a three-lobed helical pipe", *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 49(5), 536–546.
- Fouda, A., Nada, S. A., Elattar, H. F., Refaey, H. A., & Bin-Mahfouz, A. S. (2018). "Thermal performance modeling of turbulent flow in multi tube in tube helically coiled heat exchangers", *International Journal of Mechanical Sciences*, 135, 621–638.
- Guo, J., Fan, A., Zhang, X., & Liu, W. (2011). "A numerical study on heat transfer and friction factor characteristics of laminar flow in a circular tube fitted with center-cleared twisted tape", *International Journal of Thermal Sciences*, 50(7), 1263–1270.
- Hakim, M. U., Hridoy, M. W., Islam, M. I., & Rayhan, M. S. (2020). "Numerical study of heat transfer enhancement through a circular tube fitted with and without rectangular cut twisted tape insert", *OP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1017, 1-10, 012019.
- Harish, H. V., Manjunath, K., & Rangaswamy, T. (2021). "Numerical analysis of flow and heat transfer enhancement in a horizontal pipe with plain and dimple twisted tape", *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 82(2), 106–119.
- Mashayekhi, R., Arasteh, H., Talebizadehsardari, P., Kumar, A., Hangi, M., & Rahbari, A. (2021). "Heat transfer enhancement of nanofluid flow in a tube equipped with rotating twisted tape inserts: A two-phase approach", *Heat Transfer Engineering*, 1–18.
- Mohammadreza Golestanha, S., Toghraie, D., Mashayekhi, R., & Rahbari, A. (2021). "Thermo-hydraulic investigation of Al₂O₃/water nanofluid flow in an oval tube fitted with dual conical twisted-tape inserts: Parametric studies", *The European Physical Journal Plus*, 136(6), 1–17.
- Oluwasesan Oni, T. (2021). "Analysis of laminar flow and heat transfer characteristics of fluid in plain and induced tubes", *Engineering Research Express*, 3(2), 1-19, 025009.
- Piriyarungrod, N., Eiamsa-ard, S., Thianpong, C., Pimsarn, M., & Nanan, K. (2015). "Heat transfer enhancement by tapered twisted tape inserts", *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 96, 62–71.
- Saha, S. K., Gaitonde, U. N., & Date, A. W. (1989). "Heat transfer and pressure drop characteristics of laminar flow in a circular tube fitted with regularly spaced twisted-tape elements", *Experimental Thermal and Fluid Science*, 2(3), 310–322.
- Selimefendigil, F., & Öztop, H. F. (2017). "Forced convection and thermal predictions of pulsating nanofluid flow over a backward facing step with a corrugated bottom wall", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 110, 231–247.
- Suri, A. R. S., Kumar, A., & Maithani, R. (2018). "Experimental determination of enhancement of heat transfer in a multiple square perforated twisted tape inserts heat exchanger tube", *Experimental Heat Transfer*, 31(2), 85–105.
- Syam Sundar, L., & Sharma, K. V. (2011). "An experimental study on heat transfer and friction factor of Al₂O₃ nanofluid", *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 1, 99–112.
- Varun, Garg, M. O., Nautiyal, H., Khurana, S., & Shukla, M. K. (2016). "Heat transfer augmentation using twisted tape inserts: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 193–225.
- Yadav, A. S., Shrivastava, V., Dwivedi, M. K., & Shukla, O. P. (2021). "3-dimensional CFD simulation and correlation development for circular tube equipped with twisted tape", *Materials Today: Proceedings*, In press, 1–7.

Presentation ID / Sunum No= 29

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-8579-078X

Kaolen Numunesinin Bilyalı Değirmendeki Kırılma Hızına Silpeps Boyutunun Etkisinin İncelenmesi

Dr. Öğr. Üyesi Serhan HANER

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Özet

Kaolen, alüminyum hidrosilikat bileşimli bir kil mineralidir. Kaolenin ürüne kattığı viskozite, aşınma direnci, parlaklık gibi özelliklerden dolayı seramik, boya, kağıt, plastik, cam elyaf gibi alanlarda yüksek miktarlarda kullanılmaktadır. Seramik endüstrisine uygun kalitedeki kaolenler öncelikle hammadde hazırlama süreçlerinin temel aşamalarından birisi olan öğütme işlemine tabi tutulmaktadır. Ancak değirmenlerde mikronize tane boyutlarına öğütme işlemi için harcanan enerji ve zaman kaybı ekonomik anlamda önemli bir yer tutmaktadır. Kaolen numunelerine seramik fabrikalarında feldispat ve kuvars kumu gibi özsüz hammaddeler ile birlikte öğütme işlemi uygulanmaktadır. Bu üçlü değirmen bileşeninin belirli bir tane boyutunun altına indirilmesi uzun süreler almaktadır. Bu gibi endüstrilerde kullanılan kaolen numunelerinin, istenilen tane boyutuna optimum sürede getirilmesi için doğru bilya boyutunun seçilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada kaolen numunesinin kırılma hızı değerlerinin değişimi, üç farklı boyuttaki silpeps kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla, 0.090-0.053 mm aralığında $4\sqrt{2}$ elek serisine göre üç dar tane boyut fraksiyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan bu üç fraksiyondaki kaolen numunesi, 10x10, 20x20 ve 30x30 mm boyutlarındaki silpepsler ile farklı sürelerde öğütülmüştür. Öğütme periyotları sonunda elde edilen tane boyut dağılımlarından özgül kırılma hızı değerleri elde edilmiştir. Öğütme testleri sonucunda, bilya boyutunun artmasına bağlı olarak kırılma hızında artma gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaolen, Kırılma hızı, İnce öğütme, Ufalama

Investigating the Effect of Cylpebs Size of Breakage Rate of Kaolin in the Ball Mill

Abstract

Kaolin is a clay mineral with aluminum hydrosilicate composition. It is used in high quantities in areas such as ceramics, paint, paper, plastic, glass fiber due to the properties such as viscosity, abrasion resistance, and brightness that kaolin adds to the product. Kaolins of suitable quality for the ceramic industry are first subjected to grinding, which is one of the basic stages of raw material preparation processes. However, the energy and time lost for grinding to micronized grain sizes in mills have an important place in economic terms. Kaolin samples are grinded together with other raw materials such as feldspar and quartz sand in ceramic factories. It takes a long time to reduce this triple mill component below a certain grain size. It is very important to choose the right ball size in order to bring the kaolin samples used in such industries to the desired grain size in the optimum time. In this study, the variation of the breakage rate values of the kaolin sample was investigated by using three different sizes of

cylpebs. For this purpose, three narrow grain size fractions were prepared according to the $\sqrt[4]{2}$ sieve series in the range of 0.090-0.053 mm. The kaolin sample in these three fractions was ground with cylpebs of 10x10, 20x20 and 30x30 mm at different times. Specific rate of breakage values were obtained from the particle size distributions obtained at the end of the grinding periods. As a result of the grinding tests, an increase in the breaking rate was observed depending on the increase in ball size.

Keywords: Kaolin, Breakage rate, Fine grinding, Comminution

1. GİRİŞ

Alüminyum hidrosilikat bileşimine sahip olan kaolen, seramik, kağıt, cam, boya, plastik gibi endüstrilerde ürünlere kattığı birçok özelliklerden dolayı vazgeçilmez bir hammadde olmuştur. Seramik endüstrisine uygun kaliteye sahip kaolenler çoğunlukla sulu olarak değirmenlerde öğütülmektedir. Ancak değirmenlerde mikronize öğütme işlemi için harcanan süre ve dolayısıyla enerji tüketimi önemli yer tutmaktadır. Cevher hazırlama tesislerinde, birinci kademe öğütmede 2-4 kWh/t, ince öğütmede 5-20 kWh/t, çok ince öğütmede 20-100 kWh/t, 10 mikronun altındaki öğütmelerde ise 100-1000 kWh/t civarında enerji tüketilmektedir (Yıldız, 1999). Öğütme işleminden en üst seviyede öğütme miktarının elde edilmesi ve ton başına en düşük seviyede enerji tüketimi beklenmektedir. Bu nedenle, öğütme devrelerinin tasarımı oldukça önemlidir.

Seramik sağlık gereçleri fabrikaları tarafından temin edilen hammaddeler genellikle -2 mm altındaki tane boyutlarına sahiptir. Bu sebeple hammaddeler seramik çamuruna katılmadan önce öğütülmektedir. Şimdilerde öğütme işlemi için genellikle alümina bilyalar tercih edilmektedir. Öğütme işlemi ile kaolen, kuvars ve feldispat karışımı 0.060 mm tane boyutunun altında indirilir. Seramik sağlık gereçleri, karo ve sofr seramikleri gibi geleneksel seramik ürünler üreten fabrikalarda orta seviyede öğütme (P80; 0.040 to 0.40 mm) işlemi için bilyalı değirmenler tercih edilmektedir. Öğütme işlemi 0.1 mm tane boyutunun altında olduğundan dolayı kullanılan enerjinin büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşmektedir. Ekonomik açıdan öğütme verimliliğinin azaldığı bu ince tane boyutlarında bilyalı değirmenlerin özgül enerjileri üstel olarak artış göstermektedir.

Araştırmacılar tarafından, -3.35+0.106 mm arasındaki çeşitli tane boyutlarında sınıflandırılmış olan krom, katı fosil yakıt, boksit, kalsit, barit, kolemanit, klinker, amorf silika, kuvars, kireçtaşı, zeolit ve kuvars-kaolin, kuvars-K feldispat, kaolin-K feldispat gibi hammadde karışımlarının öğütme parametreleri değerleri ile hammadde ve değirmen özelliklerine bağlı parametreler arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmalar mevcuttur (Aras, 2009; Deniz, 2004; Erkırelli, 2015; İpek vd., 2005; Özkan vd., 2006; Özkan vd., 2009; Samanlı, 2008; Teke, 1998; Yekeler, 1995). Bu çalışmalar incelendiğinde, -0.850+0.106 mm tane boyutları için ince tane boyutu terimi kullanılmaktadır. Seramik endüstrisinin çalışma aralığındaki ultra ince sınıflandırılmış yani -0.090 mm tane boyutu altındaki hammaddelere ait az sayıda öğütme çalışmasına rastlanmıştır.

Öğütücü bilya boyutu, bilyalı değirmenlerde öğütme kapasitesini ve öğütmenin verimini etkileyen önemli bir değişkendir. Bilyalı değirmende bilya boyutu seçimi ile ilgili literatürde bazı çalışmalar vardır. Ayrıca bazı hammaddelere ait kırılma hızı parametrelerinin araştırmaları da mevcuttur (Austin vd., 1976; Bond, 1958; Barani ve Balochi, 2016; Haner, 2020; Yusupov vd., 2003).

Bu çalışmada, farklı boyutlardaki silpepsin kaolen numunesinin kırılma hızına (S_i) etkisi araştırılmıştır. Öğütme çalışmalarında kullanılan kaolen, özel bir seramik şirketi tarafından temin edilmiştir. Kaolenin kırılma hızının değişimi 10x10, 20x20 ve 30x30 mm boyutlarındaki silpeps kullanılarak incelenmiştir. Kuru ortamda gerçekleştirilen öğütme deneyleri için değirmendeki bilya doluluk oranı (J) 0.35, malzeme doluluk oranında (f_c) 0.120 alınmıştır. Bu amaçla, Lynch tarafından temeli oluşturulan ve Austin tarafından geliştirilen kinetik model uygulanmıştır. Kinetik model tabanlı öğütme çalışmaları ile laboratuvar çapında elde edilen değerler, endüstriyel ortamda benzetime uygundur.

2. MALZEME VE METOT

Öğütme çalışmalarında kullanılan kaolen, özel bir seramik şirketten temin edilmiştir. Kaolen numunesine ait kimyasal analiz değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kaolen Numunesinin Kimyasal Analiz Sonucu

SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	*K.K
65.23	24.16	0.05	0.07	0.11	0.03	0.41	0.15	0.21	9.58

*K.K. Kızdırma Kaybı

Bu çalışmada, kaolen numunesinin üç dar tane boyut fraksiyonundaki özgül kırılma hızı değerleri (S_i) belirlenmiştir. Bunun için kaolen numunesi $4\sqrt{2}$ elek serisine göre $-0.090+0.075$, $-0.075+0.063$, $-0.063+0.053$ mm tane boyut aralıklarında hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalarda 150×150 mm (çapxuzunluk) ölçüsüne sahip ve çelik malzemeden üretilmiş laboratuvar boyutlu bir bilyalı değirmen kullanılmıştır. Bilyalı değirmen içerisinde tercih edilen öğütücü ortam ise 10×10 , 20×20 ve 30×30 mm çapındaki silpepler olmuştur. $4\sqrt{2}$ elek serisine göre hazırlanmış olan her bir dar tane boyut aralığı, kırılma fonksiyonlarının belirlenmesi için kesikli olarak öğütülmüştür. Her bir öğütme periyodu (1, 2, 4, 8, 16, 32 ve 64 dakika) sonrası değirmen içerisindeki kaolen numunesinin tamamı boşaltılmış ve tane boyutu ölçümünün yapılabilmesi için bir miktar temsili örnek alınmıştır. Tane boyut dağılımlarının tespiti amacıyla Malvern Hydro 2000G marka ve model cihaz kullanılmıştır. Zamana karşılık her bir öğütme periyodu sonucu en üst tane boyutu aralığında kalan malzeme fraksiyonlarının öğütme sürelerine karşı yarı logaritmik grafikleri çizilmiştir. Birinci derece kırılma bölgesi, bu grafiğin doğrusal bir şekilde azaldığı bölge ile temsil edilmektedir. Birinci derece kırılma bölgesindeki doğrunun eğimi bize malzemenin o tane boyut aralığındaki özgül kırılma hızını vermektedir. Özgül kırılma hızına ait formül Eşitlik 1’de görülmektedir.

$$S_i = a(x_i/1 \text{ mm})^\alpha Q_i \quad (1)$$

Eşitlik 1’de verilen “a” sembolü, model parametresidir. Bu parametre, hammadde ve öğütme şartlarına bağlıdır. “ x_i ”, i fraksiyonundaki üst boyutu (mm) sembolize etmektedir. Q_i düzeltme faktörüdür ve küçük boyutlu taneler için 1 olarak alınır. α değeri pozitif bir sayıdır ve malzeme özelliklerine bağlı olarak 0.5 ile 1.5 arasında değişir (Austin vd., 1984).

Deneysel çalışmalarda bilyalı değirmenin dönüş hızı olarak, değirmenin kritik hız değerinin %75’i tercih edilmiştir. Değirmen dönüş hızı Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 3 ve 4 ile sırasıyla değirmene beslenecek malzeme miktarları (f_c) ve değirmenin boşluk doldurma oranları (U) bulunmuştur.

$$\text{Kritik hız } (N_k) = \frac{42.3}{\sqrt{(D-d)}}$$

(2) Eşitlik 2’de, D değirmen çapını (m), d ise bilya çapını (m) temsil etmektedir.

$$f_c = \frac{\text{Malzeme Miktarı/Malzeme Yoğunluğu}}{\text{Değirmen Hacmi}} * \left(\frac{1}{0.6}\right) \quad (3)$$

$$U = \frac{f_c}{0.4 * J} \quad (4)$$

Öğütme çalışmalarında kullanılan bilyalı değirmenin özellikleri ile deneysel koşullar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Bilyalı Değirmenin Özellikleri ve Deneysel Koşullar

Değirmen	İç çap, mm	150
	İç uzunluk, mm	150
	Hacim, cm ³	~2650
	Çalışma hızı, $N_k=75\%$, rpm	~(85–88-92)
Bilya	Malzeme	Çelik silpeps
	Çapxuzunluk, d, mm	10x10, 20x20, 30x30

	Özgül ağırlık, g/cm^3	6.75
	Doluluk oranı, J	0.35
Malzeme	Gerçek yoğunluk, g/cm^3	2.58
	Malzeme yükü, f_c	0.120
	f_c 'ye göre boşluk doldurma oranı, U	1.00

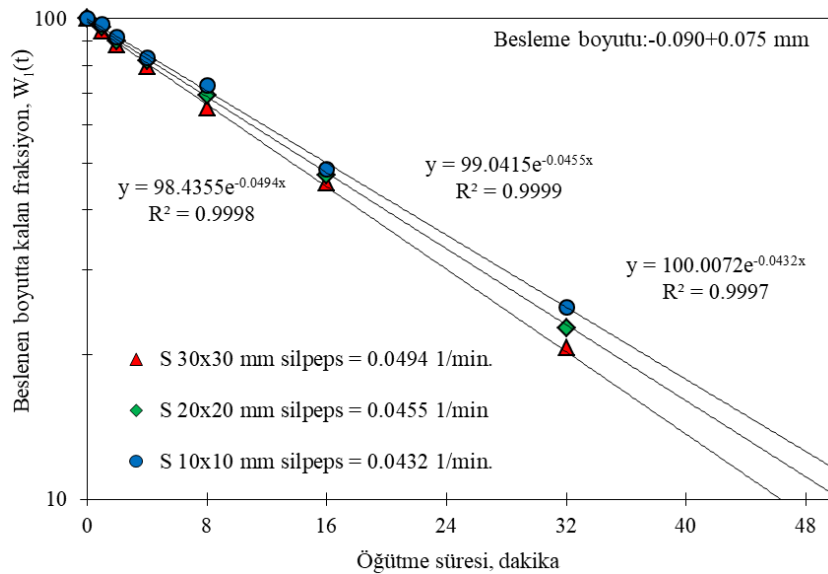
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Üç ayrı tane boyut fraksiyonundaki kaolen numunesi, üç farklı boyuttaki silpeps kullanılarak, lineer olarak artan öğütme sürelerinde öğütülmüştür. Her bir öğütme periyodu sonunda, en üst tane boyutu aralığında kalan malzeme fraksiyonlarının, öğütme sürelerine karşı grafikleri çizilmiştir. 0.35 bilya doluluk miktarı için elde edilen birinci derece kırılma doğrularının grafikleri Şekil 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Birinci derece kırılma bölgesi, bu grafiğin doğrusal bir şekilde azaldığı bölge ile temsil edilmektedir. Birinci derece kırılma bölgesindeki doğrunun eğimi, malzemenin tane boyut aralığına bağlı özgül kırılma hızını vermektedir.

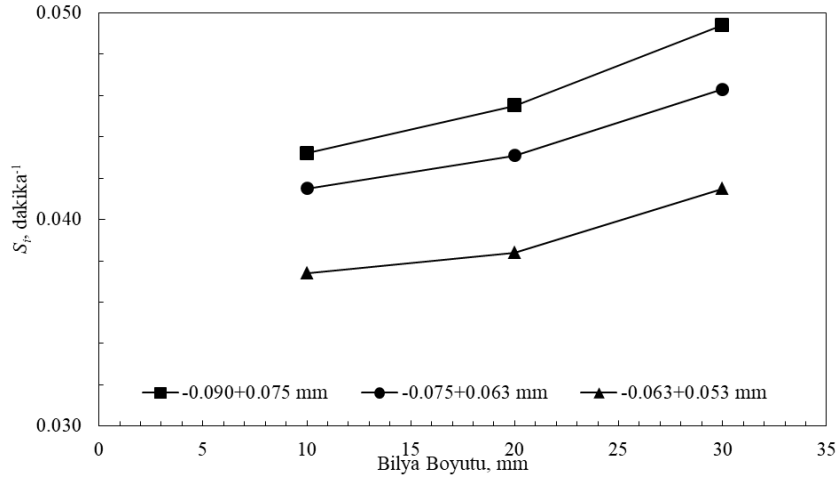
Şekil 1, 2 ve 3'de genel olarak bilya boyutunun artmasına bağlı olarak özgül kırılma hızlarının da arttığı görülmüştür. Ayrıca Şekil 1, 2 ve 3'de yer alan grafikler tane boyutuna bağlı olarak değerlendirildiğinde, düşük tane boyutu aralıklarında daha düşük kırılma hızlarının elde edildiği görülmüştür.

Austin vd. 1984, bilya çapının küçülmesi ile (değirmenin birim hacmindeki bilya sayısı $1/d^3$ ile orantılı olarak arttığından), birim zamandaki bilyaların birbiri ile çarpışma hızının arttığını ve ince tane boyutundaki malzemenin, küçük boyutlardaki bilyalardan oluşan öğütücü ortam kullanılarak öğütülmesinin daha etkili olduğunu açıklamıştır. Ancak belirtilen çalışmada, 30x40 mesh boyutundaki hammaddenin özgül kırılma hızı, 20-50 mm aralığındaki bilyalar kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmada koşullar farklıdır. $\sqrt[4]{2}$ elek serisine göre üç dar tane boyut aralığındaki (-0.090+0.053 mm) hammadde kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmada öğütme işlemi silpeps ile yapılmıştır. Bilindiği üzere silpepslerin bilyalara göre önemli bir avantajı bilyalar birbirleriyle tek noktadan temas sağlarken silpepslerin yüzeysel, çizgisel ve nokta teması sağlamalarıdır. Böylece, son ürün daha dar bir granülometrik dağılıma sahip olmaktadır. Ayrıca tek tane boyutundan oluşan bilyaların öğütme esnasında oluşturduğu boşluk miktarı, geometrik şekli sebebiyle silpepslerde çok daha düşük seviyelerde olmaktadır.

Şekil 1. Kaolenin -0.090+0.075 mm Tane Boyut Aralığı için Birinci Derece Kırılma Doğruları



Şekil 2. Kaolenin -0.075+0.063 mm Tane Boyut Aralığı için Birinci Derece Kırılma Doğruları



4. SONUÇ

Kaolen numunesinin 10x10, 20x20 ve 30x30 mm boyutlu silpeps için kuru ortamda yapılan deneylerde hazırlanan tek tane boyut fraksiyonundaki malzemeler lineer olarak artan öğütme sürelerinde öğütülmüşlerdir. Zamana karşılık her bir öğütme sonucu en üst tane boyutu aralığında kalan malzeme fraksiyonlarının öğütme sürelerine karşı yarı logaritmik grafikleri çizilmiştir. Birinci derece kırılma bölgesi, bu grafiğin doğrusal bir şekilde azaldığı bölge ile temsil edilmektedir. Üç dar besleme tane boyut fraksiyonundaki kaolen numunesinin, 10x10, 20x20 ve 30x30 mm boyutlu silpeps ile yapılan öğütme işlemi sonucunda, gerçekleşen kırılmanın, birinci derece kırılma kinetiğine uygun olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, büyük boyutlu silpepslerin kaolen numunesinin öğütülmesinde daha etkin bir rol oynadığı ve kaolen taneleri üzerindeki çarpma ve aşındırma etkisinin yüksek olduğu görülmüştür. Kaolen taneleri üzerine öğütme için aktarılan enerji, silpeps boyutunun büyümesi ile artmıştır. Farklı silpeps boyutlarında yapılan bu çalışmada, en etkili kırılmanın d=30x30 mm boyutundaki silpeps ile sağlandığı görülmüştür.

Sonuç olarak, literatür incelendiğinde, endüstrinin çeşitli kollarında kullanılan bazı bölgelere ait hammaddelerin kırılma hızı verileri bulunmamaktadır. Herhangi bir bölgeye ait hammaddenin kırılma hızı değerleri, hammaddenin içerdiği mineral oranı, kristal yapısı, safsızlıklar, çatlaklar vb. gibi özelliklerden etkilenmektedir. Bu ve benzeri nedenlerden dolayı hammadde hazırlama tesislerinin öğütme işlemi için tükettiği enerjiyi azaltabilmesi için öğütme kinetiklerini göz önünde bulundurması gerekir.

5. KAYNAKÇA

ARAS, A. (2009). Bazı Kayaçların Mekanik Özellikleri ile Öğütülebilirliğinin İlişkilendirilmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

AUSTIN, L.G., SHOJI, K. ve LUCKIE, P.T. (1976). The Effect of Ball Size on Mill Performance. Powder Technology, 14 (1): 71-79.

AUSTIN, L.G., KLIMPEL R.R. ve LUCKIE, P.T. (1984), Process Engineering of Size Reduction: Ball Milling, American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers Inc., New York, United States of America.

BOND, F.C. (1958). Grinding Ball Size Selection. Trans. AIME, 592-595.

BARANI, K. ve BALOCHI, H. (2016). A Comparative Study on the Effect of Using Conventional and High Pressure Grinding Rolls Crushing on the Ball Mill Grinding Kinetics of an Iron Ore, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 52 (2): 920-931.

DENİZ, V. (2004). The Effect of Mill Speed on Kinetic Breakage Parameters of Clinker and Limestone, Cement and Concrete Research, 34: 1365-1371.

ERKIRELLİ, F. (2015). Linyit ve Taşkömürlerinin Bilyalı Değirmenle Öğütme Parametrelerinin Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.

HANER, S. (2020). The Effects of Ball Size on the Determination of Breakage Parameters of Nepheline Syenite. *Journal of Mining Science*, 56 (5): 848-856.

İPEK, H., ÜÇBAŞ, Y., YEKELER, M. ve HOŞTEN, Ç. (2005). Dry Grinding Kinetics of Binary Mixtures of Ceramic Raw Materials by Bond Milling, *Ceramics International*, 31: 1065-1071.

ÖZKAN, A., DÜZYOL, S., UÇBEYİAY, H. ve AĞAÇAYAK, T. (2006). Krom Cevherinin Kuru ve Yaş Öğütme Kinetiği ve Pülp Yoğunluğunun Etkisi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (1): 73-78.

ÖZKAN, A., YEKELER, M. ve ÇALKAYA, M. (2009). Kinetics of Fine Wet Grinding of Zeolite in a Steel Ball Mill in Comparison to Dry Grinding, *International Journal of Mineral Processing*, 90: 67-73.

SAMANLI, S. (2008). Zonguldak-Çatalağzı Termik Santrali Katı Fosil Yakıtı Öğütme Kinetiğinin Araştırılması. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.

TEKE, E. (1998). Kalsit ve Baritin İnce Öğütme Kinetiğinin Analizi. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.

YEKELER, M. (1995). Bilyalı Değirmenle Kuvarsın Yaş Öğütülme Kinetiği, *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 21-22 Nisan, İzmir, Türkiye.

YILDIZ, N. (1999). Öğütme: Teorisi, Uygulaması Değirmenler ve Sınıflandırıcılar, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

YUSUPOV, T.S., KIRILLOVA, E.A. ve DENISOY, G.A. (2003). Dressing of Quartz-Feldspar Ores on the Basis of Selective Grinding and Mechanical Activation. *Journal of Mining Science*, 39: 174-177.

Presentation ID / Sunum No= 58

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-4637-1734

Selekoksib Üzerine Kuantum Kimyasal Hesaplamalar

Dr. Öğr. Grv. Sümeyya SERİN

İnönü Üniversitesi, Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi E-mail:sumeyya.alatas@inonu.edu.tr

Özet

Selekoksib, pirazol halkasını içeren en yaygın olarak bilinen ilaçlardan biridir. Seçici bir siklooksijenaz 2 (COX-2) inhibitörü olarak bilinir ve osteoartrit, romatoid artrit ve akut ağrı tedavisinde yaygın olarak kullanılır. Bu çalışmada selekoksib molekülü üzerinde kuantum kimyasal hesaplamaların yapılması ve elde edilen sonuçların deneysel verilerle karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, üç farklı temel set ile yoğunluk fonksiyonel teori (YFT) ve Hartree-Fock (HF) metodları kullanılarak gaz, su ve n-oktanol fazlarında geometri optimizasyonları ve frekans hesaplamaları yapılmıştır. Bunlara ek olarak, sınır moleküler orbital analizi, moleküler elektrostatik potansiyel (MEP) analizi ve Gibbs solvasyon serbest enerji hesaplamaları yapılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar ile selekoksib molekülünün lipofilik karakterini tanımlayan partiyon katsayısı teorik olarak hesaplanmıştır. Kullanılan beş metodolojiden literatürde verilen değere en yakın sonuç HF/6-31G (d,p) sistemi ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Selekoksib, YFT, HOMO-LUMO, partiyon katsayısı

Quantum Chemical Calculations on Celecoxib

Abstract

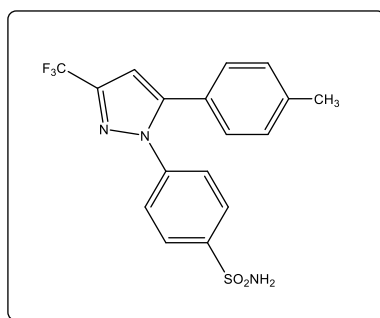
Celecoxib is one of the most widely known drugs containing the pyrazole ring. It is known as a selective cyclooxygenase 2 (COX-2) inhibitor and widely used in the treatment of osteoarthritis, rheumatoid arthritis and acute pain. In this study, it is aimed to perform quantum chemical calculations on the celecoxib molecule and to compare the results obtained from these calculations with experimental data. In this context, geometry optimizations and frequency calculations of celecoxib were made in gas, water and n-octanol phases using density functional theory (DFT) and Hartree-Fock (HF) methods with three different basis sets. In addition, boundary molecular orbital analysis, molecular electrostatic potential (MEP) analysis and Gibbs solvation free energy calculations were made. With the results obtained here, the partition coefficient, which defines the lipophilic character of the celecoxib molecule, was calculated theoretically. Among the five methodologies used, the closest result to the value given in the literature was obtained with the HF/6-31G(d,p) system. The results obtained were found to be compatible with the literature.

Keywords: Celecoxib, DFT, HOMO-LUMO, partition coefficient

1. INTRODUCTION

Heterocyclic compounds containing nitrogen, sulfur and oxygen atoms in their structures constitute an important class of compounds of biological and theoretical interest (Rao et al., 2011:301). Especially pyrazole and pyrazolone ring systems are heterocyclic compounds that are frequently studied in terms of antibacterial, hypoglycemic, antiinflammatory, anticoagulant, and sedative-hypnotic activities (Lee et al., 2003:6737). Celecoxib is one of the most widely known drugs containing a pyrazole ring. Celecoxib (brand name Celebrex, IUPAC name 4-[5-(4-methylphenyl)-3(trifluoromethyl) pyrazol-1-yl] benzenesulfonamide, CXB) is known as a selective cyclooxygenase 2 (COX-2) inhibitor and widely used for the treatment of osteoarthritis, rheumatoid arthritis and acute pain (Abdolahi et al., 2018:348). The chemical structure of CXB is shown in Figure 1. Many studies have included the synthesis, characterization and medicinal applications of CXB and its derivatives (Küçükgül et al., 2013:3595; Kern et al., 2002:885). Furthermore, in some studies experimental data is accompanied by theoretical data (Vijayakumar et al., 2016:16; Emamian, 2015:155). In addition to all these literature studies, the main aim in this study is to theoretically examine the behavior of the CXB molecule in vacuum and solvent environments by using quantum chemical methods. Two of the first quantum chemical methods, Hartree-Fock theory (HF) (Hartree, 1928:89; Fock, 1930:126) and density functional theory (DFT) (Thomas 1927:542; Fermi 1928:73, Dirac 1928:610), were designed in the 1920s. Nowadays, computational chemistry is a developing discipline and continues to make crucial advances in chemical, biological and also pharmaceutical sciences. Quantum chemical computations have been actively involved in the chemical sciences to provide theoretical predictions and expressive interpretations of many properties of experimental interest (Borges et al., 2021:5633). From this point of view, in this study, molecular electrostatic surface properties, boundary molecular orbital energies and gibbs free solvation energies were calculated for the CXB molecule using density functional theory (DFT) and Hartree-Fock (HF) methods. Additionally, partition coefficient of CXB was estimated by using calculated free energy of solvation. The n-octanol-water partition coefficient (logPow) is a significant parameter in pharmaceutical sciences. It defines lipophilicity of drugs.

Figure 1. The Chemical Structure of Celecoxib



2. COMPUTATIONAL METHODS

All theoretical calculations were performed by using Gaussian16 (Frisch et al., 2016) and GaussView6 software package (Dennington et al., 2016). Geometry optimizations of CXB were calculated in vacuum and also in water ($\epsilon=78.36$) and n-octanol ($\epsilon=9,863$) by using Becke, three-parameter, Lee-Yang-Parr (B3LYP) method and HF method with three different basis set (Becke, 1993:1372; Lee et al., 1988:785).

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Geometry Optimizations

The numbering and labeling of all atoms in CXB molecule is shown in Figure 2. The optimized structural parameters of CXB are calculated by HF and B3LYP methods with three different basis sets and these values are given in Table 1. The bond lengths and bond angles were obtained from geometrical

parameters. The experimental X-ray data is obtained from reference (Vasu Dev et al.; 1999). It is observed that the data in Table 1 is compatible with each other.

Figure 2. Optimized Structure of CXB (HF/6-31G (d,p))

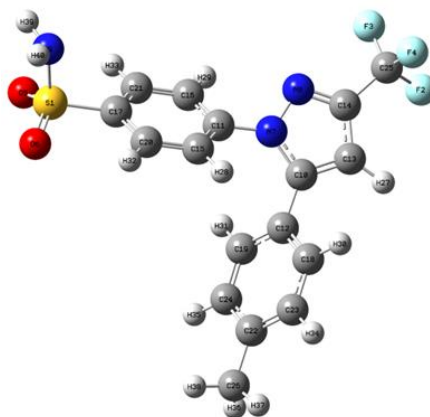


Table 1. Selected Experimental and Calculated Bond Length and Bond Angle Values of CXB

Bond length (Å)	Exp.	Calc.	Bond Angle (°)	Exp.	Calc.
N9-H40	0.872	0.999	O5-S1-O6	119.4	121.7
S1-O5	1.428	1.430	O5-S1-N9	107.0	106.6
S1-O6	1.414	1.430	O5-S1-C17	107.4	107.7
S1-C17	1.777	1.768	O6-S1-N9	107.4	107.2
S1-N9	1.596	1.643	O6-S1-C17	107.3	107.4
F3-C25	1.319	1.298	N9-S1-C17	107.9	104.9
F2-C25	1.329	1.324	N8-N7-C10	112.6	111.9
F4-C25	1.323	1.315	N7-N8-C14	104.1	105.6
N7-N8	1.353	1.333	F4-C25-F2	106.0	106.8

3.2. Solvation Free Energy Calculation

The solvation free energy ΔG_{solv} symbolizes a crucial characteristic for the thermodynamical description of a solution with influence in the chemical, biological, and pharmaceutical sciences (Gonçalves and Stassen, 2004:231). Solvation is an important factor that affects several properties of molecules such as solubility, reaction rate equilibrium, partition coefficients, and enzyme-substrate and ligand-receptor binding (Reddy et al., 2000:217). In this study, the SMD method, a parametrized self-consistent reaction field (SCRF) based solvation model developed by Truhlar and coworkers was used (Marenich et al., 2009:6378). It was developed specifically to predict solvation free energies. Partition coefficients can be predicted from solvation free energy derived from molecular dynamics simulations.

The $\log P_{\text{ow}}$ value of CXB was calculated according to the Formula given below (Garrido et al., 2009:2436). In Formula, R and T are the gas constant and temperature, respectively. $\Delta G_{\text{hydration}}$ and $\Delta G_{\text{solvation}}$ are the free energy differences of compounds in solvent and in gas phase. Solvation free energies, $\log P_{\text{ow}}$ values of CXB were given in Table 2.

$$\text{Log}P = \frac{\Delta G_{\text{water}} - \Delta G_{\text{n-octanol}}}{2.303RT}$$

The experimental n-octanol-water partition coefficient ($\text{Log}P_{\text{ow}}=4.01$) value of CXB is obtained from reference (Pereira-Leite et al., 2012:13608). According to Table 2, the closest theoretical result to the value 4.01 was obtained with the HF/6-31G (d,p) system.

Table 2. Solvation Free Energies and LogP Values of CXB Obtained by Different Methodologies

	ΔG_{water} (kcal/mol)	$\Delta G_{\text{n-octanol}}$ (kcal/mol)	LogP _{ow} (calc.)	Residual
B3LYP/6-311G(d,p)	-13,91	-15,50	1,16	2,85
B3LYP/6-311++G(d,p)	-15,24	-16,77	1,13	2,88
HF/6-31G(d,p)	-13,15	-17,97	3,53	0,48
HF/6-311G(d,p)	-15,32	-17,63	1,70	2,31
HF/6-311++G(d,p)	-11,37	-15,34	2,91	1,10

3.3. Frontier Molecular Orbital Analysis

The orbitals which are gathered under the name of frontier molecular orbitals and play an important role in chemical reactivity are known as the highest occupied molecular orbitals (HOMO) and the lowest unoccupied molecular orbitals (LUMO) (Fukui, 1982:247). Energy gap (ΔE) is difference of E_{LUMO} and E_{HOMO} values and it gives information about molecule's stability. E_{HOMO} and E_{LUMO} values were obtained from molecular orbital energy level diagrams shown in figure 3 for gas, water and n-octanol phases. Also, 3D HOMO-LUMO plots were displayed in figure 3 at HF/6-31G (d,p) system. Some quantum chemical descriptors can be calculated from HOMO and LUMO energy values. These descriptors can give important information about chemical reactivity or bioactivity of molecules studied. All calculated values are given in Table 3 and Table 4.

Table 3. EHOMO, ELUMO and Energy Gap Values of CXB (eV)

	B3LYP		HF		
	6-311G(d,p)	6-311++G(d,p)	6-311G(d,p)	6-311++G(d,p)	6-31G(d,p)
gas					
EHOMO	-6.7944	-6.9063	-9.0296	-9.0851	-8.8603
ELUMO	-1.8863	-2.0433	1.9635	0.8346	2.2069
ΔE	4.9081	4,8630	10,9931	9,9197	11,0672
water					
EHOMO	-6.4605	-6.5152	-8.6603	-8,6912	-8.5408
ELUMO	-1.7328	-1.8286	2.1070	1,1146	2.3099
ΔE	4,7277	4,6866	10,7673	9,8058	10,8507
n-octanol					
EHOMO	-6.5008	-6.5669	-8.6935	-8.7286	-8.5664
ELUMO	-1.7263	-1.8349	2.1116	1.1168	2.3301
ΔE	4,7745	4,7320	10,8051	9,8454	10,8965

Figure 3. Molecular Orbital Energy Diagrams and 3D HOMO-LUMO Plots of CXB at HF/B3LYP/6-31G (d,p) Method

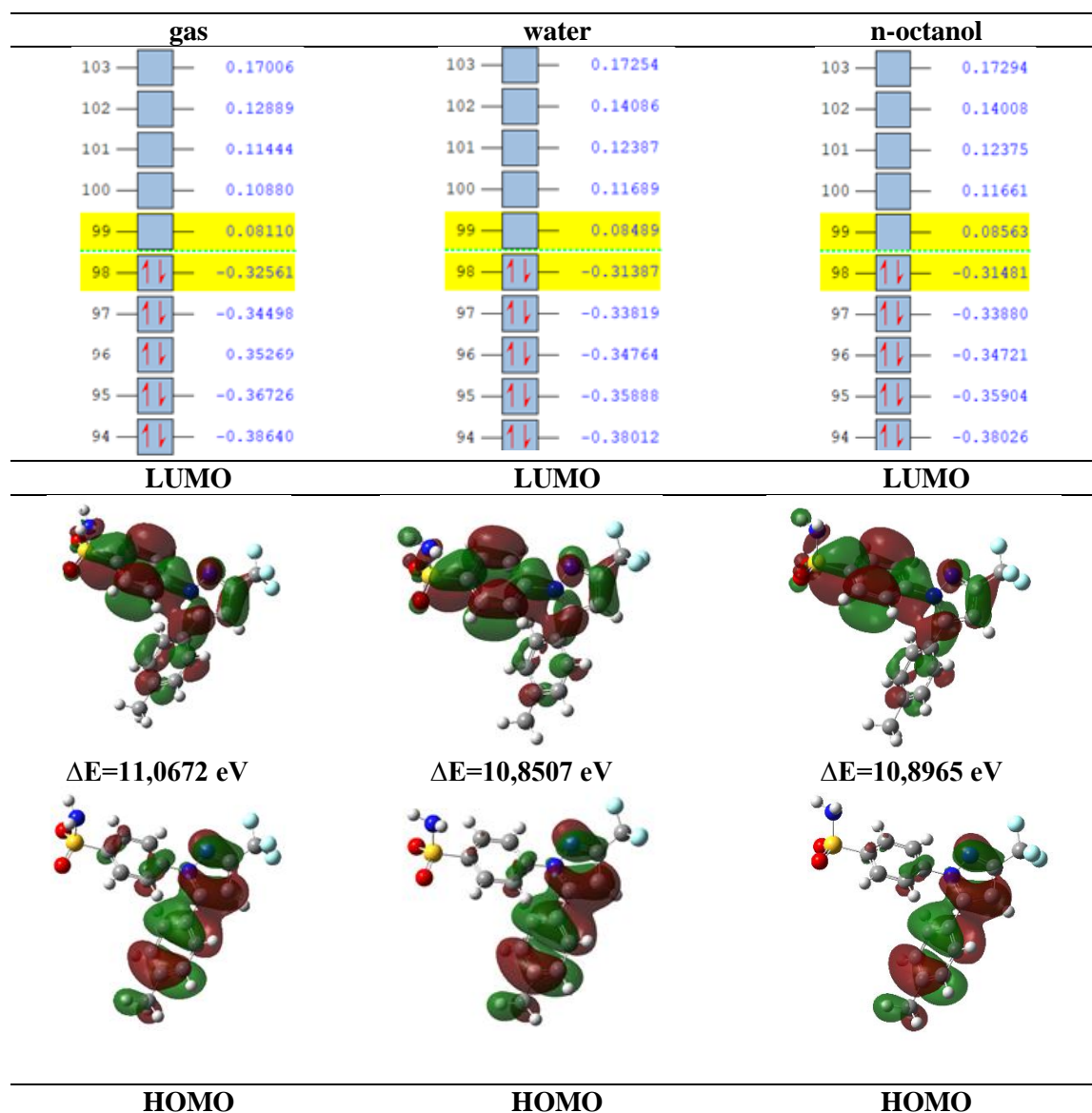


Table 4. Calculated Quantum Chemical Descriptors

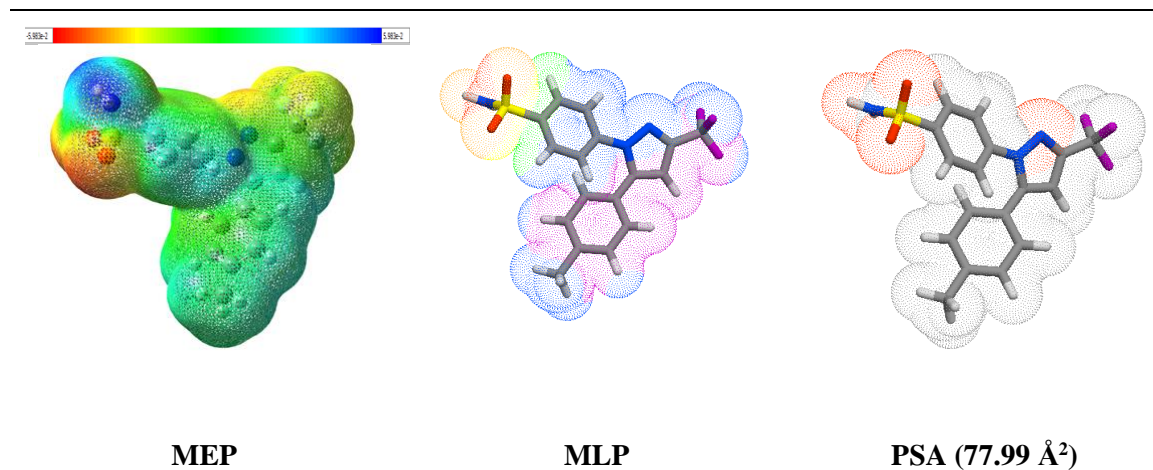
gas	B3LYP		HF		
	6-311G(d,p)	6-311++G(d,p)	6-311G(d,p)	6-311++G(d,p)	6-31G(d,p)
Chemical Hardness (η)	2,4541	2,4315	5,4966	4,9599	5,5336
Softness (σ)	0,2037	0,2056	0,0910	0,1008	0,0904
Chemical Potential (μ)	-4,3404	-4,4748	-3,5331	-4,1253	-3,3267
Electronegativity (χ)	4,3404	4,4748	3,5331	4,1253	3,3267
Electrophilicity index (ω)	3,8383	4,1176	1,1355	1,7155	1,0000
water					
Chemical Hardness (η)	2,3639	2,3433	5,3837	4,90290	5,4254

Softness (σ)	0,2115	0,2134	0,0929	0,10198	0,0922
Chemical Potential (μ)	-4,0967	-4,1719	-3,2767	-3,78830	-3,1155
Electronegativity (χ)	4,0967	4,1719	3,2767	3,78830	3,1155
Electrophilicity index (ω)	3,5498	3,7137	0,9971	1,46354	0,8945
n-octanol					
Chemical Hardness (η)	2,3873	2,3660	5,4026	4,9227	5,4483
Softness (σ)	0,2094	0,2113	0,0925	0,1016	0,0918
Chemical Potential (μ)	-4,1136	-4,2009	-3,2910	-3,8059	-3,1182
Electronegativity (χ)	4,1136	4,2009	3,2910	3,8059	3,1182
Electrophilicity index (ω)	3,5441	3,7294	1,0023	1,4712	0,8923

3.4. Molecular Electrostatic Potential (MEP), Molecular Lipophilicity Potential (MLP), Polar Surface Area (PSA)

The MEP diagrams represent the constant electron density surface of the molecules. In order to analyze the reactivity of the molecules toward electrophiles and nucleophiles, the MEP maps can be used frequently. In the MEP maps, positive and negative regions in the molecule are demonstrated by red and green colors. By the way, lipophilicity descriptors Molecular Lipophilicity Potential (MLP) and Polar Surface Area (PSA) were calculated by using molinspiration cheminformatics software. The maps of MLP and PSA were visualized in Molinspiration Galaxy 3D Structure Generator v2018.01 beta (www.molinspiration.com, Gaillard et al., 1994:83). Maps of MEP, MLP and PSA of the CXB molecule are illustrated in Figure 3. From Figure 3, it is directly seen which surfaces of CXB are lipophilic and which are hydrophilic. The most lipophilic surfaces are encoded by violet and blue, the intermediate lipophilic surfaces are coded by green, and finally the hydrophilic surfaces are coded by orange and red. Additionally, the red regions of MEP map are related to electrophilic reactivity and the blue regions to nucleophilic reactivity.

Figure 4. MEP, MLP, and PSA Maps of CXB



4. CONCLUSION

This work reports geometry optimizations, frontier molecular orbital analysis, electrostatic surface properties, and lipophilicity estimation of Celecoxib molecule by using quantum chemical calculations. For this purpose, the DFT functional B3LYP and HF method were used together with 3 different basis sets. The optimized structure and X-ray analysis results were compared in terms of bond lengths and bond angles, and the results were found to be compatible with each other. Some quantum chemical descriptors such as energy gap, chemical hardness, softness, chemical potential, electronegativity, and electrophilicity index were also calculated using the HOMO-LUMO energy

values. All calculations were repeated for water and n-octanol phases to evaluate the solvent effect. Solvation free energy values were calculated from the frequency calculations in water and n-octanol phases, and the LogP value was estimated for the CXB molecule. Among the 5 methodologies used, the closest result was obtained with the HF/6-31G (d,p) system.

As a result, by using computational chemistry methods, theoretical knowledge about many properties of a molecule can be obtained while it is still in the synthesis step. Especially in pharmacology, the use of quantum chemical methods in drug design studies is very advantageous.

Acknowledgements

The numerical calculations reported in this paper were fully/partially performed at TUBITAK ULAKBIM, High Performance and Grid Computing Center (TRUBA resources).

5. REFERENCES

Abdolahi, N., Aghaei, M., Soltani, A., Zivar Azmoodeh, Z., Balakheyli, H., Heidari, F., Adsorption of Celecoxib on B12N12 fullerene: Spectroscopic and DFT/TD-DFT study, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2018, 204, 348–353.

Becke A. D., A new mixing of Hartree–Fock and local density functional theories. *J Chem Phys*, 1993, 98:1372–1377.

Borges, R. M., Colby, S. M., Das, S., Edison, A. S., Fiehn, O., Kind, T., Lee, J., Merrill, A. T., Merz Jr., K. M., Metz, T. O., Nunez, J. R., Tantillo, D. J., Wang, L. P., Wang, S., and Renslow, R. S., Quantum Chemistry Calculations for Metabolomics, *Chem. Rev.* 2021, 121, 10, 5633–5670.

Dennington, R., Keith, T.A., Millam, J. M., GaussView, Version 6, Semichem Inc., Shawnee Mission, KS (2016).

Dirac, P. A. M. The quantum theory of the electron. *Proc. R. Soc. London Ser. A- Contain. Pap. Math. Phys. Character*, 1928, 117, 610–624.

Emamian, S., Understanding the molecular mechanism and regioselectivity in the synthesis of celecoxib via a domino reaction: A DFT study, *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 2015, 60, 155–161.

Fermi, E. A statistical Method for Determining some Properties of the Atoms and its Application to the Theory of the periodic Table of Elements. *Eur. Phys. J. A* 1928, 48, 73–79.

Fock, V. Approximation method for the solution of the quantum mechanical multibody problems. *Eur. Phys. J. A*, 1930, 61, 126–148.

Frisch, M. J., Trucks, G.W., Schlegel, H.B., Scuseria, G.E., et al., Gaussian 16 Rev. B.01, Wallingford, CT (2016).

Fukui, K., The Role of Frontier Orbitals in chemical reactions, *Science*, 1982, vol. 218, pp. 747–754.

Gaillard, P., Carrupt, P. A., Testa, B., Boudon, A., *J. Comput. -Aided Mol. Des.* 1994, 8, 83–96.

Garrido, N. M., Queimada, A. J., Jorge, M., Macedo, E. A., and Economou, I. G., 1-Octanol/water partition coefficients of n-alkanes from molecular simulations of absolute solvation free energies, *J. Chem. Theory Comput.* 2009, 5, 2436-2446.

Gonçalves, P. F. B., and Stassen, H., Calculation of the free energy of solvation from molecular dynamics simulations, *Pure Appl. Chem.*, 2004, Vol.76, No.1, 231-240.

Hartree, D. R. The wave mechanics of an atom with a nonCoulomb central field Part I theory and methods. *Math. Proc. Cambridge Philos. Soc.* 1928, 24, 89–110.

<http://www.molinspiration.com>

Kern, M. A., Schubert, D., Sahi, D., Scheoneweifs, Moll, M.M. I., Haugg, A.M. Dienes, H.P., Breuhahn, K., Schirmacher, P., Proapoptotic and antiproliferative potential of selective cyclooxygenase-2 inhibitors in human liver tumor cells, *Hepatology*, 2002, 36, 885-894.

Küçüküzgel, S. G., Coskun, İ., Aydın, S., Aktay, G., Gürsoy, Ş., Cevik, Ö., Bingöl Özakpınar, Ö., Özsavcı, D., Sener, A., Kaushik-Basu, N., Basu, A., Tanaji, T., Talele, T., Synthesis and characterization of celecoxib derivatives as possible anti-inflammatory, analgesic, antioxidant, anticancer and anti-HCV agents, *Molecules*, 2013, 18, 3595-3614.

Lee C., Yang W., Parr R.G., Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density. *Phys Rev B*, 1988, 37:785–789.

Lee, K. Y., Kim, J. M. & Kim, J. N., Regioselective synthesis of 1,3,4,5-tetrasubstituted pyrazoles from Baylis–Hillman adducts, *Tetrahedron Lett*, 2003, 44, 6737.

Mallikarjuna Rao, R., Nagaraja Reddy G., Sreeramulu, J., Synthesis of some new pyrazolo-pyrazole derivatives containing indoles with antimicrobial activity, *Der Pharma Chemica*, 2011, 3 (5):301-309.

Marenich, A. V., Cramer, C. J., Truhlar, D. G., Universal Solvation Model Based on Solute Electron Density and on a Continuum Model of the Solvent Defined by the Bulk Dielectric Constant and Atomic Surface Tensions, *J. Phys. Chem. B.*, 2009, 113, 6378.

Pereira-Leite, C., Nunes, C., Lima, J. L. F. C., Reis, S., and Lúcio, M., Interaction of Celecoxib with Membranes: The Role of Membrane Biophysics on its Therapeutic and Toxic Effects, *J. Phys. Chem. B* 2012, 116, 13608–13617.

Reddy, M. R., Erion, M. D., Agarwal, A., Free energy calculations: use and limitations in predicting binding affinities, *Rev. Comput. Chem.*, 2000, 16, 217.

Thomas, L. H. The calculation of atomic fields. *Math. Proc. Cambridge Philos. Soc.* 1927, 23, 542–548.

Vasu Dev, Shashi Rekha, R. K., Vyas, K., Mohanti, S. B., Rajender Kumar P., and Reddy, G. O., Celecoxib, a COX-II inhibitor, *Acta Cryst.* (1999). C55, IUC9900161.

Vijayakumar, B., Kannappan, V., Sathyanarayananmoorthi, V., DFT analysis and spectral characteristics of Celecoxib a potent COX-2 inhibitor, *Journal of Molecular Structure*, 1121 (2016) 16-25.

Presentation ID / Sunum No= 41

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-7953-0578

Dalgacık Dönüşümü Temelli Şebeke Kalkışlı Daimi Mıknatıslı Senkron Motorda Rotor Çubuk Kırığı Arızası Teşhisi

Dr. Öğr. Üyesi Zafer DOĞAN

*Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
zafer.dogan@gop.edu.tr*

Özet

Şebeke Kalkışlı Daimi Mıknatıslı Senkron Motor (ŞKDMSM), kafes ve mıknatıslardan oluşan hibrit bir rotor yapısına sahiptir. ŞKDMSM, herhangi bir sürücüye ihtiyaç duymaksızın kalkış yapabilme özelliği sayesinde son yıllarda endüstrinin birçok uygulama alanında indüksiyon motorun yerine tercih edilmektedir. Elektriksel, mekaniksel ve çevresel zorlamalardan kaynaklanan ağır işletme şartları altında çalışan ŞKDMSM’lerde çeşitli arızalar ortaya çıkmaktadır. Bu arızalar hem üretim kayıplarına hem de yüksek bakım onarım masraflarına yol açarlar. ŞKDMSM’nin en önemli arızalarından biri rotor çubuk kırığı (RÇK) arızasıdır. Bu arıza motorda senkronlanma sorunu meydana getirir. Motorun geçici durum çalışma anında etkisi ortaya çıkan RÇK arızasının tespiti oldukça zordur. Bunun sebebi motorun geçici çalışma durum akım sinyalleri değişken frekanslı özelliğe sahip olmasıdır. Bu tür sinyallerin analizinde sürekli dalgacık dönüşümü etkin bir çözüm sunar. Bu çalışmada ŞKDMSM’nin RÇK arızasının tespit etmek amacıyla sürekli dalgacık dönüşümü temelli bir arıza teşhis yöntemi önerilmiştir. Bu amaçla ilk olarak, ŞKDMSM’nin sonlu elemanlar analizine dayalı RÇK arızası simülasyon modeli tasarlanmıştır. Bu model kullanılarak motorun sağlam ve arızalı çalışma koşulları için akım, hız ve tork verisi izlenmiştir. Sürekli dalgacık dönüşümü kullanılarak sağlam ve arızalı motorların nonlineer akım sinyalleri analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen zaman-frekans figürlerindeki sinyal güçlerine bağlı olarak RÇK arızası teşhis edilmiştir. Elde edilen sonuçlar önerilen yöntemin ŞKDMSM’nin RÇK arızasının teşhisi için faydalı bir araç olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Şebeke Kalkışlı Daimi Mıknatıslı Senkron Motor, Rotor çubuk kırığı arızası, Dalgacık dönüşümü

Diagnosis of Broken Rotor Bar Fault in Line-Start Permanent Magnet Synchronous Motor based on Wavelet Transform

Abstract

Line-Start Permanent Magnet Synchronous Motor (LSPMSM) has a hybrid rotor structure consisting of cages and magnets. The LSPMSM has been preferred over the induction motor in many

application areas of the industry in recent years, thanks to its ability to line start without the need for any driver. Various faults occur in LSPMSMs operating under heavy operating conditions caused by electrical, mechanical, and environmental stresses. The faults cause both production losses and high maintenance and repair costs. One of the most important faults of LSPMSM is the broken rotor bar (BRB) fault. This fault creates a synchronization problem in the motor. It is very difficult to detect the BRB fault, the effect of which occurs at the moment LSPMSM is running transiently. This is because the motor's transient operating state current signals have variable frequency characteristics. Continuous wavelet transform (CWT) provides an effective solution for the analysis of such signals. In this study, a CWT-based fault diagnosis method is proposed in order to detect the BRB fault of LSPMSM. For this purpose, firstly, the BRB fault simulation model based on the finite element analysis of the LSPMSM was designed. Using this model, current, speed, and torque data were monitored for the motor's healthy and faulty operating conditions. The nonlinear current signals of healthy and faulty motors were analyzed CWT-based. Based on the signal powers in the time-frequency plots obtained as a result of these analyses, the BRB fault was diagnosed. Obtained results showed that the proposed method is a useful tool for diagnosing the BRB fault of LSPMSM.

Keywords: Line-Start Permanent Magnet Synchronous Motor, Broken rotor bar fault, Wavelet transform

1.GİRİŞ

Elektrik motorları tüm dünya endüstrilerinde önemli bir role sahiptir. İndüksiyon motor(İM) endüstriyel ortamlarda en çok kullanılan motordur. Mıknatıslı motorlara göre, İM'ler verimleri düşük motorlardır. İM'lerin aşırı elektrik tüketimi, motor üreticilerini bu motorların verimlerini geliştirmeye yöneltmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda bu motorların rotor kafes yapılarına kalıcı mıknatısların eklenmesiyle yüksek verimli şebeke kalkışlı daimi mıknatıslı senkron motor (ŞKDMSM) ortaya çıkmıştır (Yan, Wang, ve Yang 2018). ŞKDMSM'nin statoru tıpkı bir asenkron motorun statoru gibidir. Bu motor temelde İM ve daimi mıknatıslı senkron motorun (DMSM) bileşimidir. ŞKDMSM kalkış sırasında İM gibi çalışırken, kararlı durumda DMSM gibi çalışır. Yüksek verimliliği ve herhangi bir sürücüye ve yol verme sistemine ihtiyaç duymadan doğrudan yol alabilme özellikleri bu motorun en üstün yanlarıdır. Sahip olduğu bu önemli özellikler endüstrinin birçok sahasında bu motorun İM'ye göre tercih edilmesine sebep olmuştur (Dogan ve Tetik 2021).

ŞKDMSM'ler, fabrika ortamlarında elektriksel mekaniksel ve çevresel zorlanmalar nedeniyle arızalanabilirler. Arıza; üretim kayıpları, aşırı bakım maliyetleri, onarılamaz donanım hasarları ve hatta insan yaralanması gibi önemli istenmeyen sonuçlara yol açabilir. ŞKDMSM'lerin majör arızaları; elektriksel tabanlı arızalar (stator sargı arızaları, rotor çubuk kırığı arızaları), mekaniksel tabanlı arızalar(rulman arızaları, eksenden kaçıklıklar) ve manyetiksel tabanlı arızalar (mıknatıs kırığı arızası, demagnetizasyon arızası)olarak sınıflandırılabilir(Benbouzid 2000; Toliyat vd. 2013). Elektriksel tabanlı arızalar motor arızalarının % 47sinden fazlasını oluşturmaktadır.

Rotor Çubuk kırığı (RÇK) arızası bu motorun önemli arızalarından biridir(Nandi, Toliyat, ve Li 2005a). ŞKDMSM'lerde RÇK arızalarının başlıca sebepleri şunlardır: Rotor üretiminden kaynaklanan sorunlar, Ani yük değişimi, aşırı yüklenme vb. mekaniksel zorlamalar, Isısal gerilmeler (Nandi, Toliyat, ve Li 2005b). Bu arıza motorda senkronlanma sorununa yol açar(Miller 1984). RÇK motorun yol alma anındaki motor akımlarında asimetriklikler oluştururken kararlı çalışma durumunda etkisi neredeyse görülmez. Bu nedenle RÇK arızası ancak motorun geçici durum (transient) sinyallerin analizi tespit edilebilir. ŞKDMSM'nin geçici durum akım sinyalleri durağan olmayan sinyallerdir. Motorların kararlı durum sinyalleri zaman, frekans ve zaman-frekans düzlemlerinde analiz edilirken, geçici durum sinyalleri daha çok zaman-frekans düzleminde analiz edilebilmektedir(Benbouzid 2000). RÇK arızalarının teşhisi için literatürde yapılan çalışmalarda; arızanın motor üzerindeki etkisi (Hatik vd. y.y.; Mehrjou vd. 2014), karar ağacı temelli makine öğrenmesi yöntemleri temelli arıza teşhisi (Quiroz vd. 2018a), geçici durum motor akım envelope sinyallerinin istatistiksel analizine dayalı arıza tespiti (Mehrjou vd. 2016) yapılmıştır. Dalgacık dönüşümü temelli zaman-frekans düzleminde analizler geçici durumdaki değişken frekanslı motor akım sinyallerinde arıza teşhisi için oldukça kullanışlı çözümler sunar (Sarkar vd. 2012). Dalgacık dönüşümüne dayalı zaman-frekans grafikleri yoluyla ŞKDMSM'nin

geçici durum akım sinyalleri durağan olmayan sinyallerinin güç özellikleri kullanılarak motorun durumu hakkında bilgi elde edilebilir(Abdi Monfared, Doroudi, ve Darvishi 2019).

Bu çalışmada önerilen yöntemde, ŞKDMSM'nin RÇK arızasını tespit etmek için sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) temelli ŞKDMSM'da RÇK arızasının teşhisi amaçlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak motorun RÇK arızasına ait sonlu elemanlar yöntemi(SEY) kullanılarak simülasyon modeli tasarlanmıştır. Daha sonra tasarlanan bu model üzerinden motorun sağlam ve RÇK arızası durumlarının, yol alma anındaki akım, hız ve tork verileri izlenmiştir. Toplanan akım sinyalleri SDD analiz edilerek bu sinyallerin zaman-frekans grafikleri oluşturulmuştur. Son olarak, motorun sağlam ve arızalı durumlarına ait bu grafiklerdeki güç özellikleri kullanılarak arıza teşhisi gerçekleştirilmiştir.

2.ŞKDMSM'NİN ARIZA MODELİ

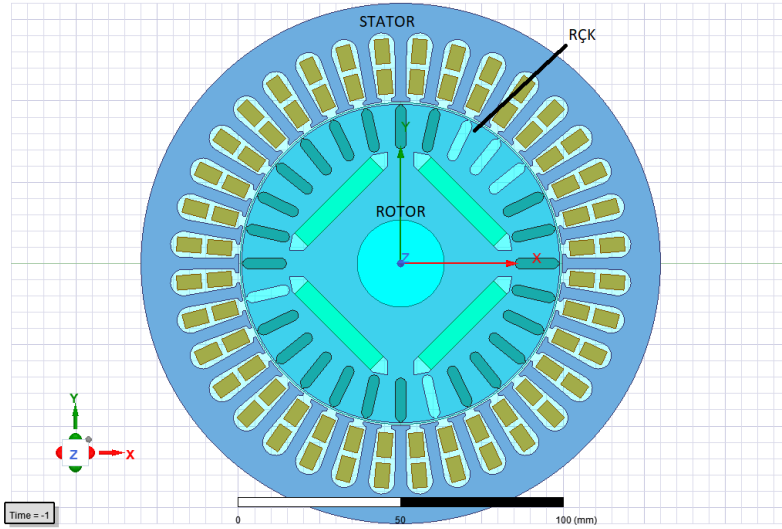
SEY elektrik makinalarının tasarımı ve modellenmesi yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında yer almaktadır. Bu yöntemde ana amaç motorun gerçek durumunun simülasyon modelinde oluşturulmasıdır. Matematiksel modeller yoluyla bir motorun RÇK arızası modellenirken, herhangi bir çubuğun yeri tanımlanamaz. Oysa SEY modellerinde motorların gerçekteki arıza yerleri ve büyüklüğü tam olarak tanımlanabilir. Bu durum motorların arıza modelinin oluşturulmasında SEY'in en önemli üstünlüğü olarak görülmektedir (Maraaba vd. 2019).

Elektrik motorlarının SEY tabanlı simülasyon modellerinde Maxwell denklemleri kullanılarak manyetik analizler gerçekleştirilir (DOGAN 2016). Motor arızalarının teşhisi için 2D SEY kullanımı şimdiye kadar yapılan birçok güvenilir araştırmada kullanılmıştır (Baradie ; Baradie, Al-Hamouz, ve Abido 2018; Maraaba vd. 2019; Quiroz vd. 2018b). Bu yüzden bu çalışmada ŞKDMSM'nin 2D SEY analizlerini gerçekleştirmek için ANSOFT Maxwell simülasyon aracı kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan motorun parametreleri özet olarak Çizelge 1'de ve kullanılan motorun şekli Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. ŞKDMSM'nin parametreleri

Motor Parametreleri	Değer
Kutup sayısı	4
Frekans(Hz)	50
Nominal gerilim	380V
Çıkış gücü (kW)	2.2
Nominal Hız(rpm)	1500
Sargı bağlantısı	Üçgen
Stator oluk sayısı	36
Stator nüve uzunluğu (cm)	12.1
Hava aralığı(mm)	1
Rotor çapı(cm)	26.1

Şekil1. ŞKDMSM'nin 2D geometrisi

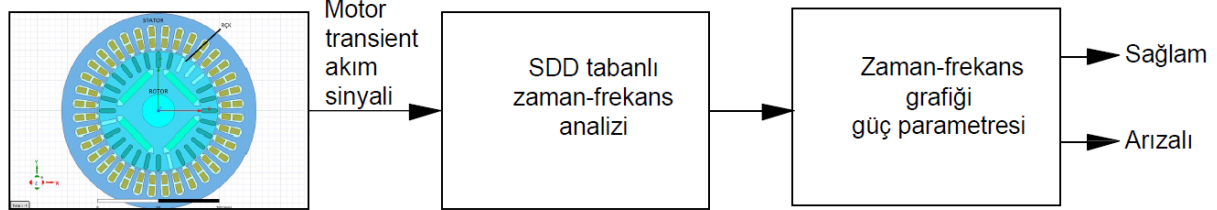


Şekil 2 RÇK arızalı motorun 2D geometrisini göstermektedir. Bu şekilde 4,5,6,16 ve 23 nolu rotor çubukları kırılarak RÇK5 arızasının oluşturulduğu görülmektedir. Bu çalışmada 4,5 ve 6 nolu oluklar kırılarak RÇK3 arızası durumu ve 4 nolu oluk kırılarak RÇK1 arızası durumu modellenmiştir.

3.RÇK ARIZA TEŞHİSİ

Bu çalışmada, motorun sağlam ve arızalı durum akım sinyallerinin SDD'ye dayalı zaman-frekans analizi ve bu analizden elde edilen grafiklerin güç parametreleri özelliklerine göre arıza teşhisi önerilmiştir. Şekil 2'de önerilen arıza teşhis yöntemi şeması görülmektedir.

Şekil 2. Önerilen arıza teşhis yöntemi şeması

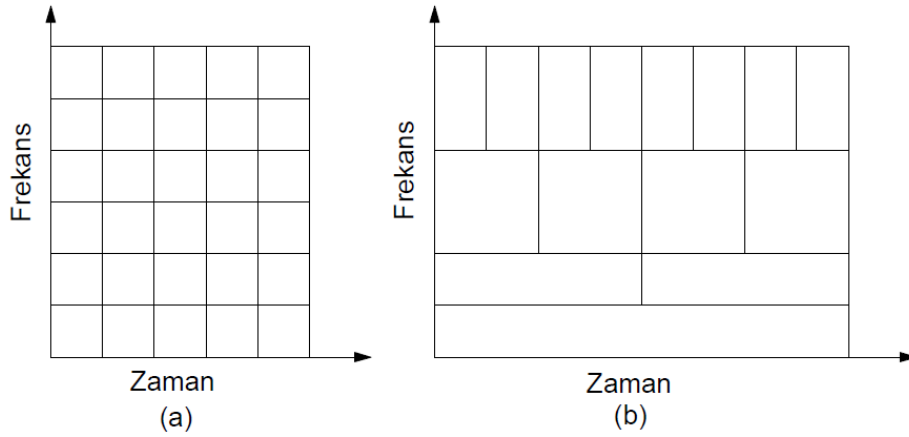


Dalgacık dönüşümü zaman-frekans analiz yöntemidir. SDD analizinde Kısa zamanlı fourier dönüşümü(KZFD) yönteminde kullanılan sabit genişlikteki pencere fonksiyonu yerine sinyaldeki düşük frekanslı değişimlerde geniş pencere fonksiyonu, yüksek frekanslı değişimlerde küçük pencere fonksiyonu kullanılır(Sharma vd. 2021). ŞKDMSM'nin geçici durum akım sinyalinin SDD aşağıdaki gibidir.

$$SDD(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} i(t) \Psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt$$

Burada $i(t)$ motorun geçici durum akım sinyalini, a öteleme parametresini, b ölçek parametresini temsil etmektedir. Şekil 2'de KZFD ve SDD için zaman-frekans çözünürlükleri görülmektedir.

Şekil 2: Zaman-frekans çözünürlükleri (a) KZFD (b) SDD

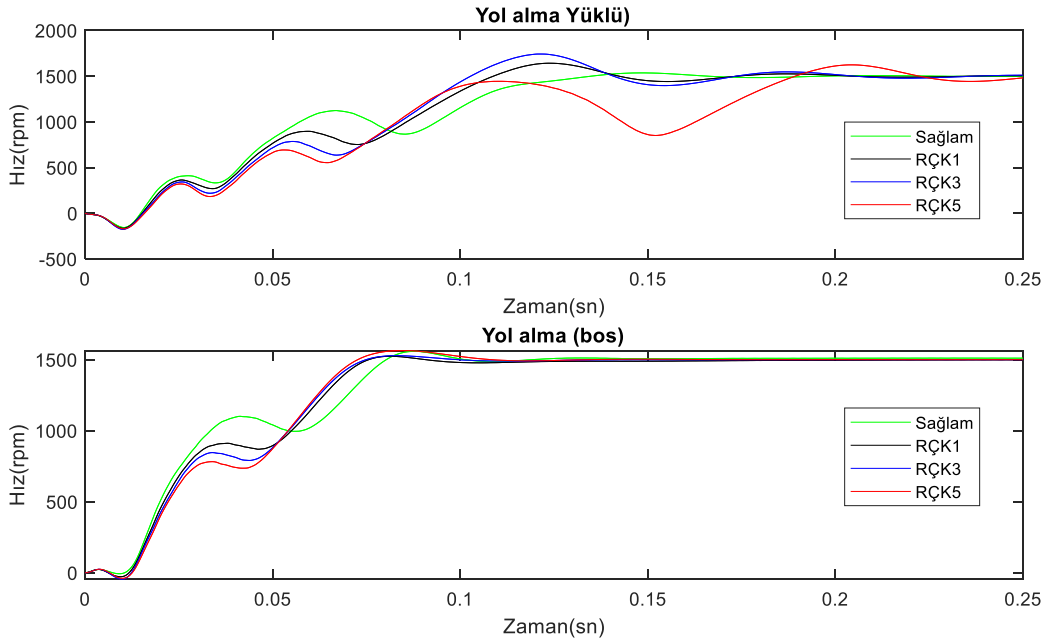


4. SİMULASYON VE ARIZA TEŞHİS SONUÇLARI

4.1. Simulasyon Sonuçları:

Bu çalışmada ANSOFT Maxwell’de gerçekleştirilen simülasyonlarda ŞKDMSM’nin 0.25 sn’lik yol alma anı incelenmiştir. Motor boşta ve 12Nm’lik yük torku ile çalıştırılmıştır. Yol alma anı süresince motorun akım tork ve hız sinyalleri 2kHz’lik örnekleme frekansı ile kaydedilmiştir. Şekil 3’ de motorun yol alma anındaki hız grafikleri, Şekil 4’te motorun yol alma akım grafikleri verilmiştir.

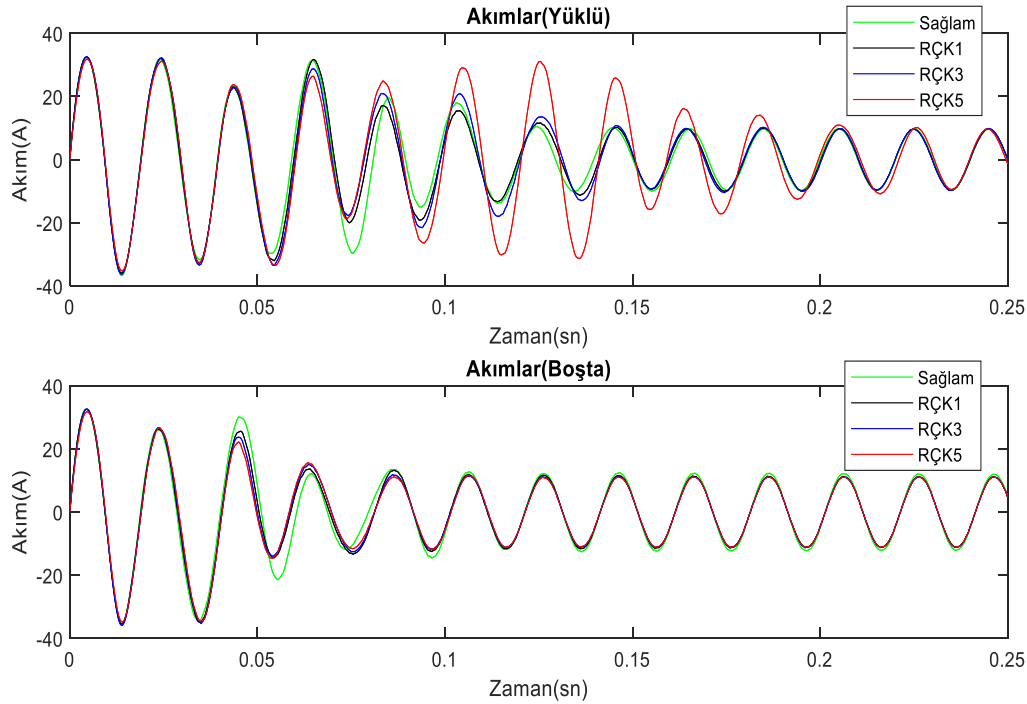
Şekil 3. ŞKDMSM yol alma hız grafikleri



Yol alma hız grafiklerinden görüleceği gibi, motorun boş çalışmasında sağlam durumda yaklaşık 0,13sn’de arızalı durumlarda ise 0,17sn civarında senkron hız yakalanmıştır. Yüklü çalışmada ise motor, yaklaşık olarak, sağlam durumda 0,16sn’de, RÇK1 arızası durumunda 0,19sn’de, RÇK3 arızası durumunda 0,21sn’de senkron hıza ulaşırken ve RÇK5 arızası durumunda 0,25sn’den daha uzun sürede senkron hıza ulaşmıştır. Literatürde sunulan çalışmalara(Hatik vd. y.y.; Miller 1984) benzer şekilde, bu sonuçlar RÇK arızasının motorun yol alma süresini artırdığı göstermektedir.

Şekil 4'te görülen akım grafikleri incelendiğinde; motorun boş çalışmasında motorun senkron hız ulaşmadan önce farklı değerlerde salınımlı oldukları, senkron hız yakalandıktan sonra ise akım değerlerinin yaklaşık olarak eşit olduğu görülmektedir. Buna karşın motorun yüklü çalışma akım grafikleri incelendiğinde; rms değerler olarak, sağlam durumda 14.20 A, RÇK1 arızası durumunda 14.23 A, RÇK3 arızası durumunda 14.49 A ve RÇK5 arızası durumunda ise 17.08A akımlar çekmektedir.

Şekil 4. ŞKDMSM yol alma akım grafikleri

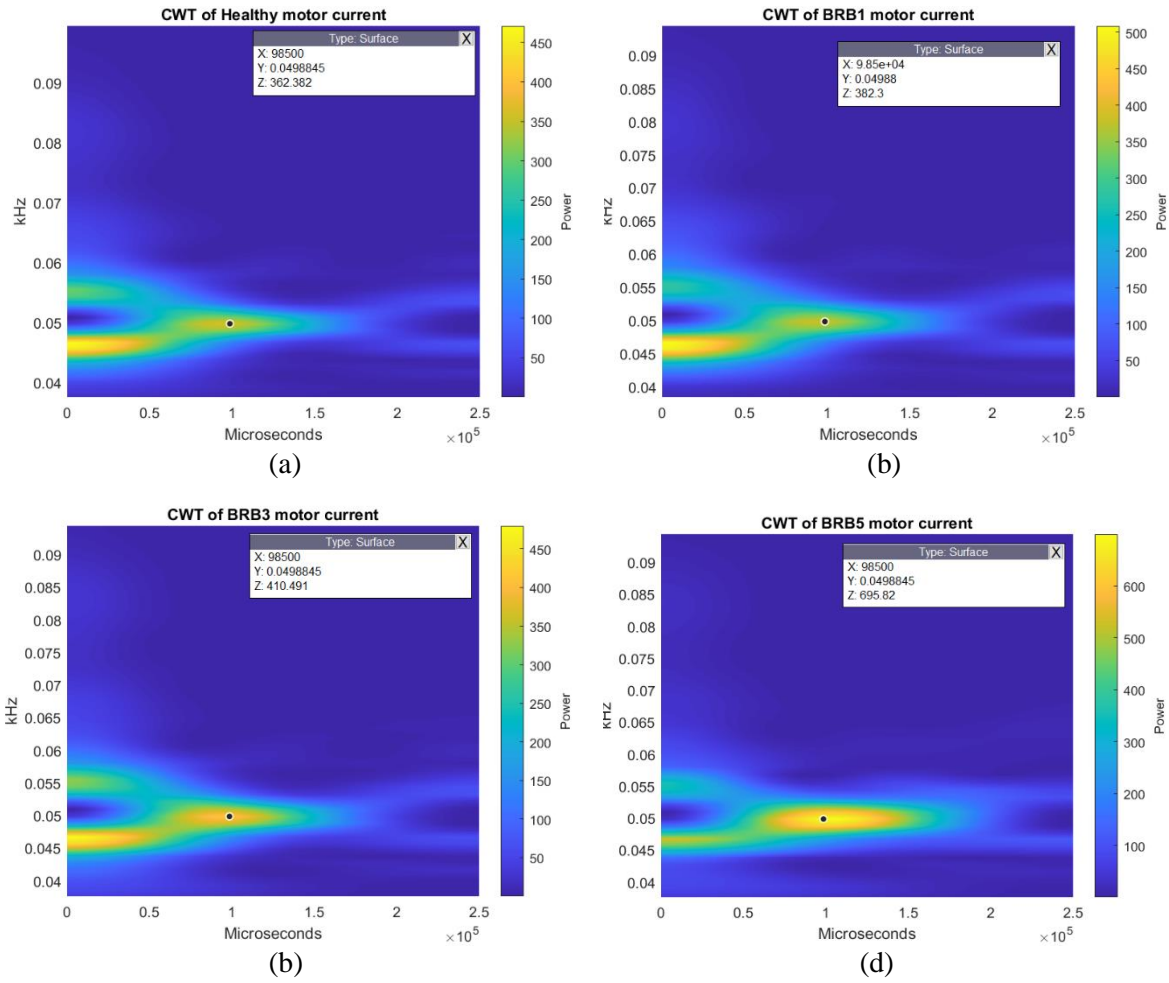


Buradaki akım grafikleri sonuçlarına göre, RÇK arıza durumu motorun yüklü çalışmada çektiği akımı artırdığını göstermiştir. ŞKDMSM akım artışı dolayısıyla motor ısısını da artıracaktır. Motor ısısının artışı ise sargı dirençlerinin değişimine ve rotordaki mıknatısların ısınmasına yol açabilir. Mıknatısların ısınması ise demagnetizasyon sorununu ortaya çıkarabilir.

4.2. Arıza Teşhis Sonuçları

RÇK arızasının yukarıda belirtilen olumsuz sonuçlarından dolayı kısa sürede teşhisi önemlidir. Çünkü arızanın geç teşhisi motorda demagnetizasyon probleminin artmasına ve bunun sonucu olarak, kararlı durumda motorun üretilen torkunun zayıflamasına yol açar. SDD tabanlı zaman-frekans analizinde motorun yol alma anındaki akım sinyalleri kullanıldığından arızanın erken teşhisi mümkün olacaktır. ŞKDMSM'nin yüklü çalışma durumundaki akım sinyallerinin SDD tabanlı zaman-frekans analizi sonuçları Şekil 5'te verilmiştir.

Şekil 5. Akım sinyallerinin SDD tabanlı zaman-frekans grafikleri



Şekil 5’deki zaman-frekans grafiklerindeki güç parametreleri incelendiğinde, motorun sağlam durumunda 362.382, RÇK1 arıza durumunda 382.3, RÇK3 arıza durumunda 410.491 ve RÇK5 arıza durumunda 695.82 değerleri görülmektedir. Bu grafiklerdeki güç parametresinin, motorun sağlam durumunda en küçük değerde iken, arıza seviyesinin büyümesine bağlı olarak artan değerler alması güç arıza teşhisi için önemli ve güvenilir bir özellik olduğunu göstermiştir.

5.SONUÇLAR

RÇK arızasının erken teşhisi ŞKDMSM’nin verimli bir şekilde çalışması için çok önemlidir. Motorda erken arıza teşhisi ancak yol alma anındaki geçici durum sinyallerinin analizi ile mümkün olabilir. Bu çalışmada ŞKDMSM’nin RÇK arızası teşhisi için önerilen yöntem, SDD’ye temelli zaman-frekans analizine dayanmaktadır. ŞKDMSM’nin tasarlanan arıza simlasyon modelinden ölçülen yol alma anındaki geçici durum akım sinyallerinin SDD yoluyla zaman-frekans grafikleri elde edilmiş ve bu grafiklerin güç parametresi özellikleri kullanılarak RÇK arızası başarılı bir şekilde teşhis edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ŞKDMSM’nin erken RÇK arızasının teşhisi için önerilen yöntemin güvenilir bir araç olduğunu ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

Abdi Monfared, Omid, Aref Doroudi, ve Amin Darvishi. 2019. “Diagnosis of rotor broken bars faults in squirrel cage induction motor using continuous wavelet transform”. *COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering*. doi: 10.1108/COMPEL-11-2017-0487.

Baradieh ; Baradieh, K., Al-Hamouz, ve Z. Abido. 2018. “ANN Based Broken Rotor Bar Fault Detection in LSPMS Motors”. *J Electr Electron Syst* 7(4):273. doi: 10.4172/2332-0796.1000273.

- Benbouzid, Mohamed El Hachemi. 2000. "A review of induction motors signature analysis as a medium for faults detection". *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 47(5):984–93. doi: 10.1109/41.873206.
- DOGAN, Zafer. 2016. "The Static Eccentricity Fault Diagnosis in Time Domain at Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor". *Journal of New Results in Science* 5:88–95.
- Dogan, Zafer, ve Kubra Tetik. 2021. "Diagnosis of Inter-Turn Faults Based on Fault Harmonic Component Tracking in LSPMSMs Working Under Nonstationary Conditions". *IEEE Access* 9:92101–12. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3092605.
- Hatik, Goşenay, Elif İngenç, Mehmet Akar, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik Ve Doğa, Bilimleri Fakültesi, ve Mühendisliği Bölümü. y.y. "Doğrudan Yolvermeli Sabit Mıknatıslı Senkron Motorda Rotor Çubuk Arızasının İncelenmesi".
- Maraaba, Luqman S., Zakariya M. Al-Hamouz, Abdulaziz S. Milhem, ve M. A. Abido. 2019. "Neural Network-Based Diagnostic Tool for Detecting Stator Inter-Turn Faults in Line Start Permanent Magnet Synchronous Motors". *IEEE Access* 7:89014–25. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2923746.
- Mehrjou, Mohammad Rezazadeh, Norman Mariun, Mahdi Karami, Norhisam Misron, ve Mohd Amran Mohd Radzi. 2014. "Performance analysis of line-start permanent magnet synchronous motor in presence of rotor fault". *2014 IEEE Student Conference on Research and Development, SCORED 2014*. doi: 10.1109/SCORED.2014.7072978.
- Mehrjou, Mohammad Rezazadeh, Norman Mariun, Norhisam Misron, ve Mohd Amran Mohd Radzi. 2016. "Analysis of statistical features based on start-up current envelope for broken rotor bar fault detection in line start permanent magnet synchronous motor". *Electrical Engineering 2016* 99:1 99(1):187–201. doi: 10.1007/S00202-016-0404-3.
- Miller, T. J. E. 1984. "Synchronization of Line-Start Permanent-Magnet AC Motors". *IEEE Power Engineering Review* PER-4(7):57–58. doi: 10.1109/MPER.1984.5525902.
- Nandi, Subhasis, Hamid A. Toliyat, ve Xiaodong Li. 2005a. "Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors - A review". *IEEE Transactions on Energy Conversion*.
- Nandi, Subhasis, Hamid A. Toliyat, ve Xiaodong Li. 2005b. "Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors - A review". *IEEE Transactions on Energy Conversion* 20(4):719–29. doi: 10.1109/TEC.2005.847955.
- Quiroz, Juan C., Norman Mariun, Mohammad Rezazadeh Mehrjou, Mahdi Izadi, Norhisam Misron, ve Mohd Amran Mohd Radzi. 2018a. "Fault detection of broken rotor bar in LS-PMSM using random forests". *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation* 116. doi: 10.1016/j.measurement.2017.11.004.
- Quiroz, Juan C., Norman Mariun, Mohammad Rezazadeh Mehrjou, Mahdi Izadi, Norhisam Misron, ve Mohd Amran Mohd Radzi. 2018b. "Fault detection of broken rotor bar in LS-PMSM using random forests". *Measurement* 116:273–80. doi: 10.1016/J.MEASUREMENT.2017.11.004.
- Sarkar, S., S. Das, P. Purkait, ve S. Chakravorti. 2012. "Application of wavelet transform to discriminate induction motor stator winding short circuit faults from incipient insulation failures". içinde *2012 1st International Conference on Power and Energy in NERIST, ICPEN 2012 - Proceedings*.
- Sharma, Amandeep, Pankaj Verma, Anurag Choudhary, Lini Mathew, ve Shantanu Chatterji. 2021. "Application of Wavelet Analysis in Condition Monitoring of Induction Motors". *Lecture Notes in Mechanical Engineering* 795–807. doi: 10.1007/978-981-15-5463-6_71.
- Toliyat, Hamid A., Subhasis Nandi, Seungdeog Choi, ve Homayoun Meshgin-kelk. 2013. *Electric Machines - Modeling Condition Monitoring and Fault Diagnosis*. New York, USA: CRC Press.
- Yan, Bo, Xiuhe Wang, ve Yubo Yang. 2018. "Starting performance improvement of line-start permanent-magnet synchronous motor using composite solid rotor". *IEEE Transactions on Magnetics* 54(3). doi: 10.1109/TMAG.2017.2753238.

Presentation ID / Sunum No= 22

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-9424-2339

Evrimleşmiş Yıldızların Asterosismoloji İle Yaş Hesabı

Araş. Gör. Dr. Zeynep ÇELİK ORHAN 1

*¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü.
e-mail: zeynep.celik@ege.edu.tr*

Özet

Astrofizikte temel problemlerden biri yıldız yapısı ve evrimini anlamada önemli olan yaşın belirlenmesidir, çünkü yıldızların yaşı direk olarak gözlem parametrelerinden belirlenmektedir. Ancak günümüzde gelişen teknolojiyle ve Kepler ve TESS gibi uzay araçlarıyla birlikte küçük genliklere sahip titreşimlerin keşfiyle bu durum değişmiştir. Özellikle güneş benzeri titreşim gösteren anakol yıldızlarında gözlenen küçük ayrılma frekansı kullanılarak o yıldızın anakol yaşı kolaylıkla belirlenebilmektedir. Ancak yine güneş benzeri titreşim gösteren evrimleşmiş yıldızlar için bu teknik kullanılmaktadır, çünkü bu tip yıldızların gözlenen adyabatik titreşim frekanslarında karma modalar ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden küçük ayrılma hesaplanamamaktadır. Ayrıca evrimle birlikte gözlenen küçük ayrılma frekansı da oldukça küçük bir değere gitmektedir. Bunlardan dolayı güneş benzeri titreşim yapan evrimleşmiş yıldızlar için yaş hesabında yıldız iç yapısı modelleri kullanılmaktadır. Bu durumda yaş modelinde kullanılan fiziksel koşullara bağlıdır. Ancak bu çalışmada yapılan iç yapısı modellerinde asterosismik olan ve asterosismik olmayan gözlem parametreleri modellerle en iyi şekilde temsil edilmektedir. Böylece güneş benzeri titreşim gösteren iki evrimleşmiş yıldızın modelleri MESA (Paxton 2011, 2013) evrim koduyla yapılmıştır. Frekansları da ADIPLS (Christensen-Dalsgaard 2008) paketiyle hesaplanmıştır. Elde edilen model yaşlarıyla literatürde farklı evrim kodlarıyla hesaplanan model yaşları kıyaslanmıştır. Bu yaşların birbiriyle oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Böylece asterosismik yöntemle hesaplanan yaşın modelden bağımsız olarak elde edildiği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yıldız sismolojisi, Evrimleşmiş yıldızlar, Güneş benzeri titreşimler, Yıldız iç yapısı ve evrimi, yıldız yaşı.

Age Calculation of Evolved Stars by Asteroseismology

Abstract

One of the main problems in astrophysics is determining age, which is important in understanding stellar structure and evolution, because the age of stars is determined directly from observation parameters. However, this situation has changed with the developing technology and the discovery of oscillations with small separation with space telescope such as Kepler and TESS. The main sequence age of that star can be easily determined by using the small separation frequency observed especially in

main sequence stars that show solar-like oscillation. However, this technique cannot be used for evolved stars that also show solar-like oscillation, because mixed modes occur in the observed adiabatic oscillation frequencies of such stars. Therefore, small separation cannot be calculated. In addition, the small separation frequency observed with evolution also goes to a very small value. Because of these, stellar internal structure models are used to calculate the age for evolved stars that show solar-like oscillating. In this case, the age depends on the physical conditions used in the model. However, in the internal structure models made in this study, asteroseismic and non-asteroseismic observation parameters are best represented by the models. Thus, models of two evolved stars with solar-like oscillation were made using the MESA (Paxton 2011, 2013) evolution code. Their frequencies were also calculated with the ADIPLS (Christensen- Dalsgaard 2008) package. The model ages calculated with different evolution codes in the literature were compared with the model ages obtained. These ages were found to be quite compatible with each other. Thus, it was revealed that the age calculated by the asteroseismic method was obtained independently of the model.

Keywords: Asteroseismology, Evolved stars, Solar-like oscillations, Structure and evolution of star, stellar age.

1. Giriş

Yıldızların yaşlarının belirlenmesi astrofizikçiler için en temel problemlerden biridir, çünkü yaş doğrudan gözlemlerle elde edilememektedir. Bunun yerine yaygın olarak yıldızların yaşları yapılan iç yapı modelleriyle tahmin edilmektedir. Kullanılan iç yapı modellerinde ise çok sayıda farklı fiziksel süreçler ve kabuller vardır. Bu kabul ve süreçlerin değişmesiyle yapılan modeller ve elde edilen yıldızla ait temel parametreler değişmektedir. Dolayısıyla bu şekilde yapılan yaş tahminlerinde de büyük belirsizlikler ve modele bağımlılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu durumun azaltılması ve/veya giderilmesi için de çok sayıda gözlem parametresinin modeller yardımıyla fit edilmesi yoluna gidilmektedir. Bu gözlem parametreleri yakın bir geçmişe kadar sadece fotometrik ve spektroskopik gözlem parametreleri iken gelişen teknoloji ve uzay araçları sayesinde asteroseismik olan gözlem verileri eklenmiştir. Böylece artan gözlem parametreleriyle oldukça iyi yıldız model fitleri ve yaş hesaplamaları yapılmaktadır.

CoRoT (2007), Kepler (2009) ve TESS (2019) sayesinde güneş benzeri titreşim yapan çok sayıda evrimleşmiş ve anakol yıldız gözlem yapılmıştır. Bu gözlemsel frekanslar kullanılarak yıldızlara ait temel parametreler oldukça duyarlı bir şekilde elde edilmiştir. Kjeldsen ve Bedding (1995) tarafından geliştirilen ölçeklendirme ilişkisiyle de yıldızların kütle ve yarıçapları doğrudan gözlemsel parametreler ile oldukça duyarlı bir şekilde elde edilmektedir (kütle için %5-6 ve yarıçap için %2-3, Metcalfe ve ark. 2014 , Mathur ve ark. 2011)). Ayrıca, asteroseismoloji sayesinde güneş benzeri titreşim yapan anakol yıldızlarının titreşim frekanslarından faydalanılarak elde edilen sismik HR diyagramı sayesinde (Christensen-Dalsgaard 2008) bu tür yıldızların merkezinde hidrojen bolluğu tespit edilebilmektedir. Yıldızlar anakolda iken merkezi bölgelerinde hidrojeni helyuma dönüştüren nükleer tepkimler meydana gelmektedir. Dolayısıyla bir anakol yıldızının merkezindeki hidrojen bolluğunu belirlemek onun anakol yaşını belirlemektir. Asteroseismoloji sayesinde doğrudan gözlem verileri kullanılarak anakol yıldızlarının yaşları belirlenebilmektedir. Anakol yıldız evrimleşip anakolu terk ettiğinde merkezindeki molekül ağırlığı değişir. Bu durumda gözlenen titreşim frekansları etkilenir. Bu yüzden anakolu terk eden yıldızlar için bu yöntemle yaş hesabı yapılamaz. Sonuç olarak güneş benzeri titreşim yapan evrimleşmiş yıldızların yaş hesabında sadece iç yapı modellerinden faydalanılmaktadır.

Yıldız iç yapı modelleri yapılırken girdi parametresi olan ve yıldız evrim yapısında önemli role sahip olan kütlelerin duyarlı bir şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. Yarıçap ise yıldızın yapılan modelinin fit olup olmadığını test etmek için kullanılan kontrol parametrelerinden biridir. Bu sayede daha hızlı ve daha duyarlı modeller yapılabilmektedir. Ancak geliştirilen bu ölçeklendirme ilişkileri anakol yıldızları içindir. Evrimleşmiş yıldızlarda da anakol yıldızları için geliştirilen bu yöntemler kullanılmaktadır. Ancak anakolu terk eden alt dev ve evrimleşmiş yıldızların merkezi koşulları anakol yıldızlarından farklıdır. Bu şekilde yapılan bir kabulde sistematik hataların yapılmasına neden olmaktadır. Bu durumda da evrimleşmiş yıldızların belirlenen yaşlarında hata payı artmaktadır. Bunun giderilmesi içinde yıldızların büyük ayrılmalarına karşın frekans grafiklerinde görülen düşmelerin fit edilmesi yoluna gidilmiştir. Bu düşmeler Yıldız ve ark. (2014) çalışmalarında referans frekansları

olarak adlandırılmıştır. Bu şekilde yıldızın gözlenen asterosismik olmayan (etkin sıcaklık, (T_{eff}) yüzey çekimivmesi ($\log g$), metal bolluğu $[Fe/H]$, renk ölççeği (B-V)), asterosismik olan (büyük ayrılma (Δv), maksimum genlikteki frekans (v_{max}), referans frekanslar (v_{min1} , v_{min0} , v_{min2}) tüm parametreleri fit edilmektedir. Böylece yapılan modellerden bağımsız yıldızlara ait yaşlar belirlenebilmektedir.

Bu çalışmada, Pinsonneault ve ark. (2014) tarafından yayınlanan APOKASC kataloğuna bakıldı. Bu katalogta tayftan T_{eff} , $\log g$ ve $[Fe/H]$ parametreleri belirlenen iki erken alt dev yıldızı seçildi. Bu yıldızlar MESA evrim koduyla (Paxton ve ark. 2011, 2013) modellendi. Bu iç yapı modellerinde asterosismik olmayan ve asterosismik olan tüm gözlem parametreleri kullanıldı. Böylece asterosismik gözlem verileriyle yıldızların yaşı kullanılan modellerden bağımsız olarak belirlendi. Ayrıca yıldızlara ait olan temel parametrelerde bu yöntemle oldukça hassas olarak elde edildi.

1. KIC 5689820 ve KIC 11771760 yıldızlarının gözlemsel özellikleri

KIC 5689820 ve KIC 11771760 yıldızların her ikisi de anakolu henüz yeni terk etmiş erken alt dev yıldızlarıdır. Bu iki yıldızın asterosismik olan ve asterosismik olmayan gözlemsel parametreleri Tablo 1’te verilmiştir. Tablo 1’de yer alan gözlem parametreleri yıldızların iç yapı modelleri yapılırken kullanıldı.

Tablo 1’deki yıldızlara ait B-V ve V-K renkleri ve V parlaklık değeri *SIMBAD* Database’den alınmıştır. Uzaklık olan paralaks (π) ve G bandındaki parlaklık ise *GAIA* DR3 verilerinden alınmıştır. Tablodaki T_{eff} , $\log g$ ve $[Fe/H]$ değerleri tayf gözlemlerindedir (Frasca ve ark. 2016). Asterosismik gözlem frekansları olan maksimum genlik frekansı (v_{max}) ve frekansta görülen büyük ayrılma (Δv) değerleri ise Li ve ark. (2020) çalışmasından alınmıştır.

Ayrıca yıldızların referans frekansları belirlenirken Yıldız ve ark. (2014, 2015) çalışmalarından faydalanılmıştır. Bu yıldızların Δv - v grafiği çizilerek frekanslarda görülen minimumları tespit edilmiştir. Yıldızların yapılan iç yapı modellerinde bu referans frekansları da fit edilmiştir. Böylece oldukça hassas olarak yıldızların temel parametreleri belirlenmiştir.

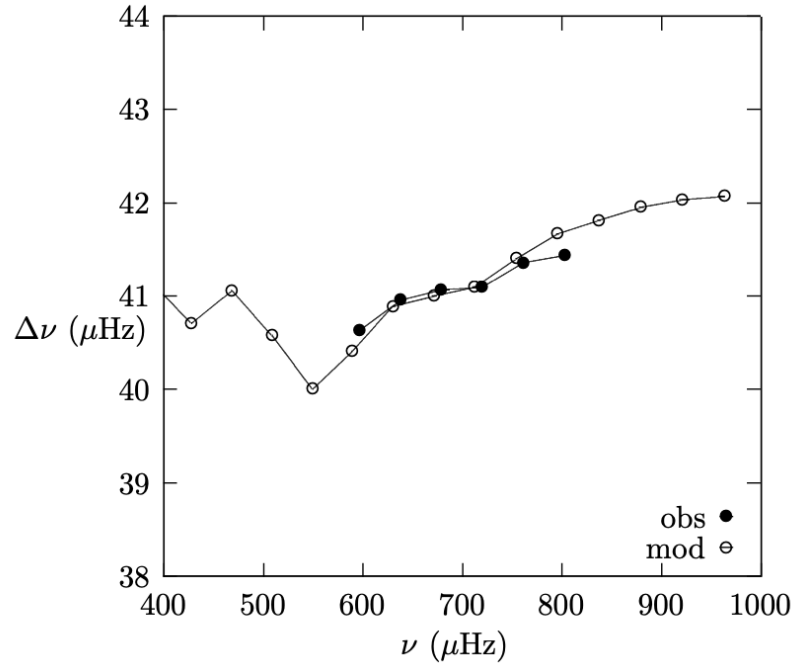
Tablo 1: Güneş benzeri titreşim yapan iki yıldızın literatürden alınan gözlem parametreleri. Sırasıyla yıldız ismi, etkin sıcaklığı, kütleçekim ivmesi, ağır element bolluğu, maksimum genlik frekansı, büyük ayrılma, *GAIA* parlaklığı ve paralaks cinsinden uzaklık, *SIMBAD*’tan alınan görünür parlaklık ve renk ölççekleri bu tabloda verilmiştir.

KIC	T_{eff} (K)	$\log g$ (g/cm^2)	$[Fe/H]$ (dex)	v_{max} (μHz)	Δv (μHz)	G (mag)	π (mas)	V (mag)	B-V (mag)	V-K (mag)
5689820	5063	3.75	0.24	683.0	41.02	11.280	2.942	11.360	1.230	2.075
11771760	5775	3.75	-0.06	526.0	32.10	11.341	1.464	11.890	0.130	1.949

2. MESA iç yapı modellerinin özellikleri

KIC 5689820 ve KIC 11771760 yıldızlarının modelleri MESA evrim koduyla (versiyon 15140) yapıldı. Bu modellerde Güneş kompozisyonu olarak helyum bolluğu (Y) 0.2744, metal bolluğu (Z) 0.0172 ve konvektif parametre (α) 2.8125 olarak alındı. Sadece Güneş için yapılan modellerde difüzyon vardır. Diğer iki yıldız için yapılan iç yapı modellerinde difüzyon yoktur. Ayrıca bu iç yapı modelleri konvektif sınıraşımını (overshooting) içermemektedir. Saydamsızlık için hazırlanan tablolardan yüksek sıcaklık için Iglesias Rogers (1993, 1996) ve düşük sıcaklıklar içinse Ferguson et al. (2005) OPAL kullanılmıştır.

Yıldızların oluşum aşamasında metal bolluğu yıldızların anakol öncesini de belirlemede oldukça etkilidir. Bu yüzden yapılan iç yapı modellerinde anakol öncesi de dahil edilmiştir. Ayrıca yıldız modellerinden elde edilen ρ dosyaları oluşturulmuştur. Bu dosyalar kullanılarak ADIPLS (Christensen Dalsgaard 2008) paketi ile yapılan modellerin adyabatik titreşim frekansları hesaplanmıştır. Adyabatik titreşim frekansları atmosfer koşullarından çok etkilenmektedir. Bu yüzden tüm modellerde çok ince de olsa bir atmosferin göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan modeller için *simple_photosphere* seçeneği tercih edilmiştir. Ayrıca hesaplanan frekanslarda “yüzey etkisi düzeltilmesi” yapılmıştır (Kjeldsen ve ark. 2008).



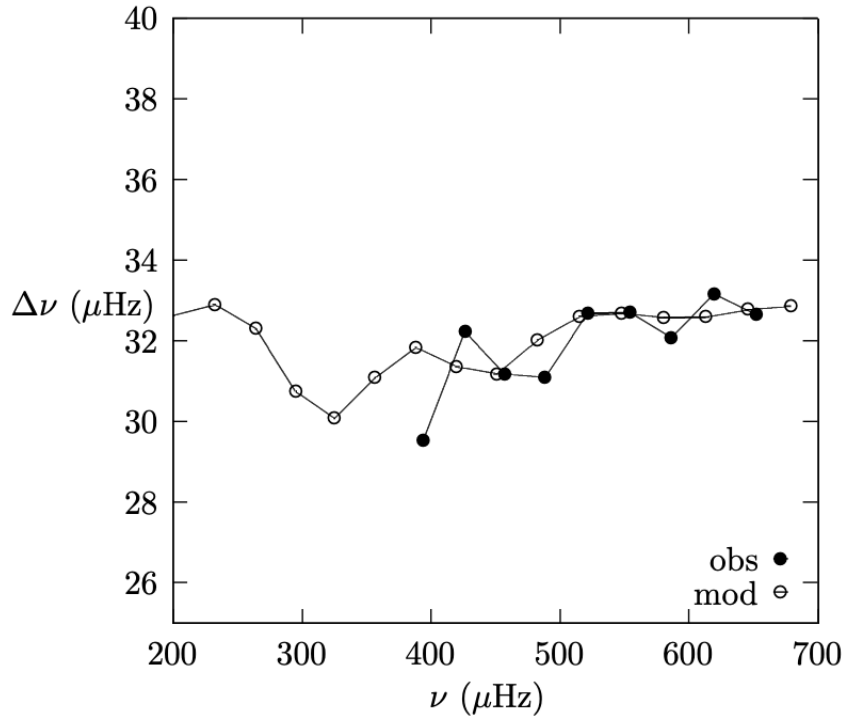
Şekil 1: KIC 5689820 yıldızının gözlenen ve modelden elde edilen titreşim frekanslarından çizilen büyük ayrılmaya karşı frekans grafiği.

3. Model stratejisi ve yıldızların temel parametrelerinin belirlenmesi

İlk olarak KIC 5689820 yıldızının iç yapı modeli yapıldı. Yıldızın modelini yaparken Tablo 1'deki asterosismik olan ve olmayan tüm gözlem parametreleri kullanıldı. Z değeri olan metal bolluğu gözlenen $[Fe/H]$ değerinden 0.02328 olarak hesaplandı. Başlangıç Y değeri olarak Güneş Y değeri olan 0.2745 alındı. Yıldızın model girdi parametresi olan başlangıç kütlesi ve yarıçapı ölçeklendirme ilişkilerinden hesaplandı. Girilen kütle ile başlanan modelin çıktıları olan R ve T_{eff} değerlerinin fit edilmesi için α parametresi olan konvektif parametre değiştirildi. Hesaplanan R ve gözlenen T_{eff} değerlerini veren en uygun model belirlendikten sonra bu modelin fgong dosyası elde edildi. Buradan ADIPLS paketiyle en iyi fit olan modelin adyabatik titreşim frekansları hesaplandı. Şekil 1'de KIC 5689820'e ait model ve gözlem titreşim frekanslarıyla çizilen $\Delta\nu$ 'ye karşı ν grafiği verilmiştir. Bu grafikte yapılan model ile gözlem frekanslarının oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.

İkinci olarak KIC 11771760 yıldızı, MESA evrim koduyla modellendi. Bu yıldızın Z değeri yine gözlenen $[Fe/H]$ 'ten hesaplandı ve bu değer 0.01167 olarak alındı. İlk yıldıza benzer şekilde girilen kütle ile yarıçap ve etkin sıcaklığı en iyi fit eden model elde edildi. Bu modelin fgong dosyasından adyabatik titreşim frekansları hesaplandı. Şekil 2'de MESA evrim koduyla modellenen bu yıldıza ait büyük ayrılmaya karşı frekans grafiğidir. Bu yıldızın model ve gözlem titreşim frekanslarının ne kadar uyumlu olduğu burada açıkça görülmektedir.

Bu iki yıldızın model asterosismik olan ve olmayan parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 2: KIC 11771760 yıldızının büyük ayrılmaya karşı frekans grafiği.

Tablo 2: KIC 5689820 ve KIC 11771760 yıldızlarının modellerden elde edilen temel parametreleri.

<i>KIC</i>	<i>M</i> (M_{\odot})	<i>R</i> (R_{\odot})	<i>L</i> (L_{\odot})	T_{eff} (K)	<i>Z</i>	<i>Y</i>	α	<i>t</i> (Gyıl)	$\Delta\nu$	v_{max} (μHz)	$v_{\text{min}2}$ (μHz)	$v_{\text{min}1}$ (μHz)	$v_{\text{min}0}$ (μHz)
5689820	1.16	2.33	3.22	5063	0.0232 8	0.274 5	2.10	7.78	41.21	696.13	428.95	552.24	715.12
¹¹⁷⁷¹⁷⁶ ₀	1.75	3.17	10.48	5767	0.0116 7	0.274 5	1.65	1.57	32.14	484.69	321.13	395.29	484.69

4. Sonuçlar

KIC 5689820 ve KIC 11771760 yıldızları MESA evrim kodu ile ilk kez detaylı olarak modellendi. Bu yıldızlar için yapılan modellerde asteroseismik olan ve olmayan tüm gözlem parametreleri birlikte kullanılmıştır. Ayrıca literatürde yaygın olarak kullanılan maksimum genlik frekansı (v_{max}) ve frekansta görülen büyük ayrılma ($\Delta\nu$) frekanslarının yanında gözlenen referans frekansları (minimumlar) da model ve gözlem verileriyle birlikte fit edildi. Bu sayede iki yıldızın modellerden belirlenen temel parametreleri oldukça hassastır. Bu modellerin sonuçları Tablo 2’de detaylı olarak verildi.

Ayrıca bu çalışmada yıldızların iç yapı ve evrimini anlamda önemli olan ancak gözlemlerle doğrudan elde edilemeyen yaş oldukça duyarlı bir şekilde ve yapılan modelden bağımsız olarak erken alt dev iki yıldız için hesaplanmıştır. KIC 5689820 ve KIC 11771760 yıldızlarının yaşları sırasıyla 7.78 ve 1.57 Gyıl olarak belirlenmiştir. Bu şekilde evrimleşmiş ve güneş benzeri titreşim yapan yıldızların yaşlarının oldukça duyarlı bir şekilde hesaplanabileceği ortaya çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 118F352 nolu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmektedir.

Referanslar

Christensen- Dalsgaard J., 2008, “Lecture Notes on Stellar Oscillations”, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet, and Teoretisk Astrofysik Center, Danmarks Grundforskningsfond

Kjeldsen, H., Bedding, T. R., 1995, “Amplitudes of stellar oscillations: the implications for asteroseismology”, *Astronomy and Astrophysics*, 293, 87-106p

Mathur S., Hekker S., Trampedach R., Ballot J., Kallinger T. et al., 2012, “A Uniform Asteroseismic Analysis of 22 Solar-type Stars Observed by Kepler”, *The Astrophysical Journal*, 749, 14p

Metcalf T. S., Creevey O. L., Doğan G., Mathur S., Xu, H. et al., 2014, “Properties of 42 Solar-type Kepler Targets from the Asteroseismic Modeling Portal”, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 214, 27, 13

Paxton B., Cantiello M., Arras P., Bildsten L., Brown E.F. et al., 2013, “Modules for Experiments in Stellar Astrophysics (MESA): Planets, Oscillations, Rotation, and Massive Stars”, *The Astrophysical Journal Supplement*, Volume 208, Issue 1, article id. 4, 42

Pinsonneault M.H. et al., 2014, “The APOKASC catalog: An Asteroseismic And Spectroscopic Joint survey of targets in The *Kepler* Fields”, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 215.2

Tassoul M., 1980, “Asymptotic approximations for stellar nonradial pulsations”, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 43, 469-490

Yıldız M., Çelik Orhan Z., Aksoy Ç., Ok S., 2014, “Fundamental properties of solar-like oscillating stars from frequencies of minimum $\Delta\nu$ - I. Model computations for solar composition”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 441, 2148-2158

Yıldız M., Çelik Orhan Z., Kayhan C., 2015, “Fundamental properties of solar-like oscillating stars from frequencies of minimum $\Delta\nu$ - II. Model computations for different chemical compositions and mass”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 448, 3689-3696