



E-ISSN  
2687-5071

KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ

# Mühendislik ve Doğa

Bilimleri Dergisi



Cilt/Volume 6  
Sayı/Issue 1

KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ  
KARAMANOĞLU MEHMETBEY UNIVERSITY JOURNAL OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

Fen Bilimleri Enstitüsü dergisidir.





# KMUJENS

## KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

KARAMANOĞLU MEHMETBEY UNIVERSITY  
JOURNAL OF ENGINEERING AND NATURAL  
SCIENCES

**CİLT / VOLUME 6**  
**SAYI / ISSUE 1**

**HAZİRAN / JUNE 2024**  
**KARAMAN**

### **Dizinler/Indexes**

*Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), Google Scholar, Asos İndeks, Road, Academindex, Asian Science Citation Index (ASCI), Scientific Indexing Services (SIS), Crossref*

### **İletişim/Contact**

*Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yunus Emre Yerleşkesi 70200 Karaman/Türkiye*

*Telefon: +90 338 226 2160 Fax: +90 338 226 2150 E-mail: fbeditor@kmu.edu.tr*

*Web Adresi: <http://dergipark.org.tr/tr/pub/kmujens>*

*Karamanoğlu Mehmetbey University Science and Technology Institute Yunus Emre Campus 70200 Karaman/Turkey*

*Phone: +90 338 226 2160 Fax: +90 338 226 2150 E-mail: fbeditor@kmu.edu.tr*

*Web Address: <http://dergipark.org.tr/en/pub/kmujens>*

## DERGİ SAHİBİ/JOURNAL OWNER

Prof. Dr. Mehmet GAVGALI  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

## İMTİYAZ SAHİBİ/HOLDER OF CONCESSION

Murat MAYDA  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

## BAŞ EDİTÖR/EDITOR IN CHIEF

Burak SÜRMEŒ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

## EDİTÖR YARDIMCILARI/CO-EDITORS

Mehmet ŒAHBAZ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Sezgin ESER  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

## İSTATİSTİK EDİTÖRÜ/STATISTICS EDITOR

Hasan YILDIRIM  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

## DİL EDİTÖRÜ/LANGUAGE EDITOR

Buğrahan EMSEN  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

## ALAN EDİTÖRLERİ/FIELD EDITORS

Ahmet İPEK  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Galip OTURANÇ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Bekir GÜNEY  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Güliz TOZ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Ceren BAYRAÇ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

İbrahim AKTAŒ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Cüneyt CESUR  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Kemal ARMAĞAN  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Elif YAVUZASLANOĞLU  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Mehmet Ali TEMİZ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Fatma Nur ARSLAN  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Mehmet Cabir AKKOYUNLU  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Fuat BAŒÇİFTÇİ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Mehmet YERLİKAYA  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*



Mustafa ÜNAL  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Selami BALCI  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Numan Emre GÜMÜŞ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Sümeysra Sultan TİSKE İNAN  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Osman TUNCA  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Yunus Emre FIRAT  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Ömer ÇEÇEN  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Yusuf DİLAY  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Sabire YERLİKAYA  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Yusuf Alparslan ARGUN  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Said Efe DOST  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

### EDİTÖR KURULU/EDITORIAL BOARD

Ali GHOLAMIFARD  
*Lorestan University, Iran*

Marwa Waseem HALMY  
*Alexandria University, Egypt*

Aykut BOSTANCI  
*Wake Forest University, U.S.A.*

Mohsin KHAN  
*Aligarh Muslim University, India*

Arezoo PARAVAR  
*Shahed University, Iran*

Muhammad Usman ANWAR  
*National University of Sciences and Technology,  
Germany*

Fikret SAYGIN  
*Sivas University of Science and Technology,  
Türkiye*

Salih SARICAOĞLU  
*Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye*

Furkan Türker SARICAOĞLU  
*Bursa Technical University, Türkiye*

Shakir ALI  
*Aligarh Muslim University, India*

Magdalena DOBISZEWSKA  
*Cracow University of Technology, Poland*

### TEKNİK EDİTÖRLER/TECHNICAL EDITORS

Yasin UZUN  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Merve GÖRGÜLÜ  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

### YAYIN VE MİZANPAJ EDİTÖRLERİ/EDITORIAL AND LAYOUT EDITORS

Sezgin ESER  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Murat ARI  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

### SEKRETARYA/SECRETARIAT

Burak AYIK  
*Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye*

Yıl/Year:2024  
Cilt/Volume: 6 Sayı/Issue:1  
İÇİNDEKİLER/CONTENTS

- AdaBelief Optimizasyon Tekniğinin Derin Öğrenmeye Dayalı Yaya Rotası Tahmin Uygulamalarına Etkisinin “Yakınsama” açısından İncelenmesi ..... 1-10  
*Sevcan TURAN, Feyzullah TEMURTAŞ*
- Doctor Blade Casting of Thin Films Containing Different Concentrated Endemic Plant Extracts: Determination of Structure and Optical Properties ..... 11-17  
*Yunus Emre FIRAT, Buğrahan EMSEN, Adem SARILMAZ, Burak SÜR MEN, Faruk ÖZEL*
- Karaman İlinin Meşe Ormanları ve Silvikültürel Öneriler..... 18-27  
*Nurullah GÜVEN, Sinan GÜNER*
- Karyotype Symmetry/Asymmetry Index (S/AI) in Bovidae Taxa ..... 28-37  
*Halil Erhan EROĞLU*
- Histological Evaluation of the Protective Role of  $\beta$ -glucan Against Cisplatin-Induced Hepatotoxicity ..... 38-43  
*Burcu Demirel YILMAZ, Banu EREN, Dilek SAĞIR, Ayşe BAŞARDI, Sevcan MERCAN*
- Ultra Geniş Bant Kablosuz Haberleşme Uygulamaları İçin Eş Düzlemsel Dalga Kılavuz Beslemeli 3D Baskılı Yama Anten Tasarımı..... 44-50  
*Mehmet YERLİKAYA, İbrahim KUŞULAY, Hüseyin DUYSAK*
- Kentsel Alanlarda Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Belirleme Çalışmalarında Spektral İndekslerin Kullanılması: Ceyhan İlçe Merkezi Örneği ..... 51-61  
*Sevim Yasemin ÇİÇEKLİ*
- Avokado (*Persea americana* Mill.)’nun Besin içeriği, Antioksidan Özelliği ve Potansiyel Sağlık Faydaları... ..... 62-69  
*Rumeysa GÖLDAĞ, Muhammet DOĞAN*

## AdaBelief Optimizasyon Tekniğinin Derin Öğrenmeye Dayalı Yaya Rotası Tahmin Uygulamalarına Etkisinin “Yakınsama” açısından İncelenmesi

Sevcan TURAN<sup>1\*</sup>, Feyzullah TEMURTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Doktora Programı, 10200, Bandırma, Balıkesir, Türkiye

<sup>2</sup> Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 10200, Bandırma, Balıkesir, Türkiye

Alındı/Received: 11/01/2024; Kabul/Accepted: 12/02/2024; Yayın/Published: 12/03/2024

\* Sorumlu yazar e-posta: [sevcanturan@comu.edu.tr](mailto:sevcanturan@comu.edu.tr)

### Öz

Son yıllarda, görüntü işleme teknikleri kullanılarak yayaların takip edebileceği rotanın tahmini, hızla dikkat çeken bir araştırma konusu haline gelmiştir. Rota tahmin uygulamalarında Derin Öğrenmenin kullanımı, mühendislik çalışmalarıyla yapılan geleneksel parametre belirleme işlemlerine ihtiyaç duymayan ve daha doğru tahminler yapabilen yeni uygulamaların geliştirilmesini sağlamıştır. Rota tahmini için sıklıkla veriye dayalı olan gözetimli derin öğrenme modelleri kullanılmaktadır. Ancak, bu modellerin eğitimi yüksek hesaplama maliyeti getirmektedir. Bu maliyetleri azaltmak ve doğrulukları arttırmak için iyi yakınsama ve genelleştirme özelliklerine sahip optimizasyon yöntemlerini seçmek önemlidir. Bu çalışma, ETH/UCY veri kümeleri kullanılarak derin öğrenme mimarisi temelli geliştirilmiş rota tahmini algoritmalarının optimizasyon yöntemi açısından performansını incelemektedir. Özellikle, modelin eğitimi aşamasında yakınsama açısından AdaBelief optimizasyon tekniğinin avantajları ve dezavantajlarına odaklanılmaktadır. Çalışmanın sonuçları, AdaBelief'in eğitim sürecine pozitif bir katkıda bulunduğunu ve rota tahmini algoritmalarının genel performansını arttırabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** AdaBelief, derin öğrenme, ETH/UCY, yaya rota tahmini, optimizasyon

## Investigation of the Effects of AdaBelief Optimization Technique on Deep Learning-Based Pedestrian Path Prediction Applications in terms of “Convergence”

### Abstract

In recent years, the prediction of pedestrian paths using computer vision techniques has become an increasingly attractive topic of research. The use of deep learning techniques has led to the development of new path prediction applications that do not rely on the traditional parameter determination processes with engineering studies. This has resulted in more accurate predictions. Supervised deep learning models, which are data-driven, have been widely used for path prediction. However, the training of these models is associated with high computational costs. To address this issue, it is important to choose optimization methods that have good convergence and generalization properties in order to reduce costs and improve accuracy. This study examines the performance of path prediction algorithms based on deep learning architectures using the ETH/UCY datasets. In particular, the study focuses on the advantages and disadvantages of the AdaBelief optimization technique in terms of convergence during the training phase. The results of the study show that the AdaBelief makes a positive contribution to the training process and can improve the overall performance of the path prediction algorithm.

**Key Words:** AdaBelief, deep learning, ETH/UCY, pedestrian path prediction, optimization

**Atıf / To cite:** Turan S, Temurtaş F (2024). AdaBelief optimizasyon tekniğinin derin öğrenmeye dayalı yaya rotası tahmin uygulamalarına etkisinin “Yakınsama” açısından incelenmesi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(1): 1-10.

## 1. GİRİŞ

Derin öğrenme alanında popüler konulardan biri, yayaların gelecekteki rotasını tahmin etmektir (Gulzar ve ark. 2021; Rudenko ve ark. 2019). Yaya rota tahmini, geçmişteki rota bilgilerinin kullanılarak yayanın gelecekte takip edebileceği yolu tahmin etme sürecidir. Rota tahmini yaparken, renkli (Jain ve ark. 2019), mono (Kolcu ve Bolat 2018) veya kızılötesi kameralar (Pei ve ark. 2020; Zhou ve ark. 2020) vasıtasıyla elde edilen görüntüler ve lidar (Hecht 2018; Jain ve ark. 2019; Ma ve ark. 2019), radar veya ultrasonik sensörler (Wang ve ark. 2020) ile elde edilen sensör verileri kullanılabilir. Rota tahmini, sensör bilgileri ayrı ayrı kullanarak yapılabileceği gibi sensör füzyon teknikleri ile birleştirilerek de yapılabilir. Yaya rota tahmini ile, sosyal güvenlik açısından yayaların izlenmesi, insanlarla uyumlu bir şekilde hareket eden otonom araçların veya sosyal hayat ortamlarında insanlara yardım eden robotların geliştirilmesi gibi işlemler hedeflenmektedir (Rudenko ve ark. 2019). Bu alanda, ilk zamanlarda yayaların fiziksel hareket özellikleri ve çevresel etkenlerin etkileri mühendislik çalışmaları ile modellenerek kısa vadeli tahminler yapılmıştır (Bera ve ark. 2016; Hariyono ve ark. 2015; Keller ve Gavrila 2014). 2016 yılında, Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM) kullanılarak ilk kez uzun vadeli rota tahmini yapılmış ve "Social-LSTM" adı verilen bu çalışma diğer çalışmalar tarafından karşılaştırma için bir referans olarak kabul edilmiştir (Alahi ve ark. 2016). Bu çalışmada, her bir yayaya ait bir LSTM tanımlanmış ve bu LSTM'ler arasında gizli katman bilgileri paylaşılmıştır. LSTM havuzlama işlemi ile yakın olan ve aynı sosyal etkiyi yaratacak yayaların gizli katman bilgisi birleştirilmiştir. Böylece yayalar arasındaki etkileşim öğrenilmeye başlanmıştır. Social-LSTM tarafından sunulan perspektifle, bu çalışma kapsamında da incelenmek üzere seçilmiş olan veri odaklı ve derin öğrenme tabanlı uzun vadeli yol tahmini çalışmaları geliştirilmeye başlanmıştır (Chen ve ark. 2021; Gupta ve ark. 2018; Huang ve ark. 2019; Mendieta ve Tabkhi 2020; Mohamed ve ark. 2020; L. Shi ve ark. 2021). Bu çalışmalar genellikle geçmişteki 8 karelik (3.2 saniyelik) rota bilgilerini kullanarak gelecekteki 12 karelik (4.8 saniyelik) takip edilebilecek rota bilgilerini tahmin etmeyi amaçlamaktadır.

Derin öğrenme tabanlı sistemlerde önemli bir aşama olan eğitim (training) uzun süre alan, çok sayıda parametreyi hafızada saklamayı ve işlemeyi gerektiren bir süreçtir. Optimizasyon teknikleri ile bu parametrelerin en iyi değerlerinin bulunup modelin en hassas ve doğru sonuçları üretebilecek hale getirilmesi hedeflenmekte ve optimizasyon tekniğinin hızlıca yakınsaması ve genelleştirmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Modelin ihtiyaç duyduğu bu bilgileri hızlıca işlemek için yüksek performanslı bilgisayarlara, GPU işlemciler ve yüksek bellek kapasitelerine ihtiyaç duyulmaktadır (Xue-Wen Chen ve Xiaotong 2014) ve bu tür bilgisayarlar yüksek enerji tüketen cihazlardır (Mittal ve Vetter 2015). Ayrıca eğitim işlemi için bulut tabanlı hizmetler sunulmakta fakat bu hizmetlerin ücreti kullanılan GPU sayısı ve kullanım sürelerine göre belirlenmektedir. Bu gibi nedenlerle, daha az işlem adedi ve maliyetiyle hassas sonuçlar veren eğitim süreci gerçekleştirilmek önem arz etmektedir.

Geliştirilen modele eğitim sırasında kullanılan veri kümesine ve derin öğrenme algoritmalarına göre bazı üst değişkenler (hyper-parameter) belirlenmektedir. Bu parametrelerden biri, geliştirilen modelde ağ yapısının gerektirdiği "ağırlık değerlerini" bulmak için yapılması gereken tüm işlemlerin eğitim veri kümesindeki tüm veriler üzerinde kaç kez tekrarlanması gerektiğini ifade eden "Dönem (epoch)" sayısıdır. Geliştirilen modelin az sayıda dönem ile yakınsamasını sağlamak için hangi optimizasyon tekniğinin kullanılacağı seçimi önem kazanmaktadır.

Literatürde optimizasyon yöntemlerini karşılaştıran çalışmalar mevcuttur (Liu ve ark. 2021; Ozyıldırım ve Kiran 2020; Zhu ve ark. 2021). Bu çalışmanın katkısı ve amacı, "yol tahmini" çalışmalarında elde edilen en iyi değerlendirme metrik değerlerine ulaşmak için "yakınsama" açısından eğitim aşamasında optimizasyon yönteminin dönem sayısına etkisini incelemektir. Bu amaçla, açık kaynak kodlu ve farklı derin öğrenme modelleri kullanılan çalışmalar seçilmiş ve yayınların orijinal optimizasyon tekniği ile yeni bir optimizasyon yöntemi olan AdaBelief'in (Zhuang ve ark. 2020) sonuçları karşılaştırılmıştır.

AdaBelief'in tercih edilmesinin nedeni, hızlı bir şekilde yakınsaması, genelleştirmesi ve doğru sonuçlar elde etmesi nedeniyle son zamanlarda birçok farklı alanda yapılan çalışmalarda öne çıkmış olmasıdır: Güç santrallerinde elektrik yükünün tahmini (Shi ve ark. 2021), makine arızası öncesi gerekli bakımın tespiti (Lv ve ark. 2021), derin öğrenme algoritmaları için düşman örneklerin genelleştirilmesi (Wang ve ark. 2021), hava tahmini (Leinonen 2021), biyomedikal alandaki genom bağlantısı tahmini (Guo ve ark. 2021) vb.

### 1.1 İncelenen Açık Kaynak Kodlu Yaya Tahmin Çalışmaları

Çalışmalar; son yıllarda yayınlanmış, ETH/UCY veri kümelerini kullanan, açık kaynak koduna sahip ve farklı derin öğrenme yöntemlerini kullanan çalışmalardan seçilmiştir. Seçilen bu çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiş olup detayları aşağıdaki gibidir:

*Social-GAN* (Gupta ve ark. 2018). Bu çalışmanın motivasyon noktası önceki çalışmaların sadece tahmin edilen rotaların Öklid mesafesi açısından hata oranını azaltmayı amaçladığı ve sosyal etkileşimin yalnızca yakın komşular arasında dikkate alındığı olarak belirtilmektedir. Yazarlar, bütün görüntüdeki yaya etkileşimini dikkate alarak, olası yolların oluşumunu ve iyi yolların öğrenimini temel alan bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada, Çekişmeli Üretici Ağ (GAN) yapısı kullanılmıştır. GAN'ın Üretici (Generator) aşamasında, her yaya için geçmiş yol bilgilerine göre gelecekte takip edilecekleri farklı yollar oluşturulmuş ve Ayırıcı (Discriminator) aşamasında hangi yolların gerçek olarak takip edilebileceği ve hangilerinin sahte olabileceğinin ayırt edilmesi öğrenilmiştir. Üretici aşamasında ilk olarak, veri kümesindeki koordinat bilgisi, yapay sinir ağı (ANN) kullanarak sabit uzunluklu bir vektöre dönüştürülmüş ve her yaya için tanımlanan Kodlayıcı (Encoder) bölümündeki LSTM için girdi olarak

kullanılmıştır. Tüm yayalar tarafından elde edilen LSTM verileri birbirleriyle örnekleme (pooling) yoluyla paylaşılmıştır. Sonuçlara gürültü eklenmiş ve bu gürültü değerleri her yaya için tanımlanan Çözümleyici (decoder) bölümündeki LSTM için girdi olarak kullanılmış ve yayanın takip edebileceği olası yollar oluşturulmuştur. Ayırıcı aşamasında, üretici aşamasından gelen bilgiler ve gerçek rota bilgileri beraber ele alınıp verinin gerçek/sahte skoru hesaplanır böylece iyi yol bilgileri de öğrenilmiş olur. Üreticide farklı yolların oluşturulabilmesi için, gürültü ekleme aşamasında Rastgele Örnek Üretim algoritmaları kullanılmıştır.

*Social-STGCNN* (Mohamed ve ark. 2020). Çalışmada, zaman ve mekân ele alan Zamansal Evrişimli Ağ (CNN) ve Evrişimli Çizge Ağ (GCN) kullanılmıştır. Yazarlar, geliştirdikleri model sayesinde, karşılaştırdıkları çalışmalara göre 48 kat daha hızlı ve %20 daha yüksek doğruluk oranında sonuçlar ürettiklerini ve 8,5 kat daha az parametre kullandıklarını belirtmektedirler. Rota tahmininde görüntüler çizge olarak temsil edilmiş, görüntüdeki yayalar düğüm ve yayalar arası etkileşimler ise ağırlıklı kenar olarak tanımlanmıştır. Geçmiş rota bilgileri kullanılarak elde edilen komşuluk matrisleri yoğun haline getirilmiş ve zaman içerisindeki değişim takip edilmiştir. Öncelikle, geçmiş rotalara ait özellik vektörleri, mekân ve zaman bilgisini içeren çizgeler üzerinde GCN kullanarak hesaplanmıştır. Daha sonra bu özellikler kullanılarak, gelecek rota tahminleri Zamansal CNN modeli ile gerçekleştirilmiştir.

*STGAT* (Huang ve ark. 2019). Çalışmada, yayaların birbirlerine ne derecede etkide bulunacakları ile yayanın kendi geçmiş hareket yapısının birlikte dikkate alınarak gelecekteki rota tahminin yapılması gerektiği belirtilmektedir. Bu nedenle, yer-zaman etkileşimini ve yayaların birbirleriyle olan etkileşim oranını Dikkat Tabanlı Çizge Ağı (GAT) ile hesaplayan bir model geliştirmişlerdir. Rota tahmini uygulamalarında, yayaların koordinat verilerini ve yayalar arası etkileşimi çizge olarak ifade etmenin, tahminin daha doğru yapılabilmesini sağladığını belirtmektedirler. Bu amaçla, görüntüdeki her yaya bir düğüm olarak düşünülmüş, yayalar arası etkileşim oranı Dikkat Ağı ile hesaplanmış ağırlıklı kenar olarak kabul edilmiştir. Modelin kodlayıcı aşamasında, ilk olarak, her yayanın hareket özellikleri geçmiş yol bilgilerinden LSTM ile öğrenilmiştir. Daha sonra, yayaların mekânsal alandaki birbirlerine etkileri GAT ile hesaplanmıştır. Son olarak, bu sonuçlar kullanılarak, her yaya için yeni bir LSTM modülü kullanılarak etkileşimin zaman içi bağlamı bulunmuştur. Bu zaman ve mekân bilgileri sonra ANN aracılığıyla birleştirilmiştir. Birleştirilmiş bilgilere gürültü eklenmiş, çözümleyici modülüne girdi olarak gönderilmiş ve LSTM ile olası gelecek rotalar hesaplanmıştır.

*Causal-HTP* (Chen ve ark. 2021). Çalışmada, eğitim verilerinden kaynaklanan yanlışlık durumunun test sonuçlarına etkisi üzerine odaklanılmıştır. Hotel veri kümesi örnek olarak seçilmiş ve eğitim kümesi ile test kümesi arasındaki büyük farklar ortaya konulmuştur. Gerçek hayatta karşılaşılabilecek durumların çeşitliliğinden dolayı farkların ortaya çıkmasının kaçınılmaz olduğu düşünüldüğü rota tahminine etki eden çevresel faktörlerden

öğrenilen bilginin etkisinin azaltılıp daha fazla rota izini ön plana çıkartan Karşıt Örnek Analizi (Guo ve Fraser 2014) tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir. Örneğin, eğitim veri kümesinde yürüten insanlar kavşaklarda sola dönmeyi tercih etmişlerse, model yayaların her zaman kavşaklarda sola döndüğünü öğrenir. Bu sorunu aşmak için, model içinde önce gerçek geçmiş rota bilgisi ve çevresel etkiler temel alınarak tahminler yapılmış, sonra geçmiş rota ve çevresel etkiler değiştirilerek (rotaları kombine etme, ortalama vb.) tahminler tekrarlanmıştır. Bu iki sonuç ve referans bilgisi arasındaki farkı karşılaştırılarak rota tahmini yapılmıştır. Çalışmada, Karşıt Örnek Analizi yöntemi Social-STGCNN ve STGAT projelerine uygulanıp sonuçlar üzerindeki etkisi incelenmiştir.

*Carpe Posterum* (Mendieta ve Tabkhi 2020). Çalışmada gömülü sistemlerde çalışabilecek, gerçek zamanlı tahminler yapabilecek ve hızlı bir şekilde doğru sonuçlar verebilecek bir model geliştirme amaçlanmıştır. Modelde, İzomorfik Çizge Ağı çizgenin yapısal özelliklerini öğrenmek için kullanılmış ve CNN gelecekteki rotayı tahmin etmek için kullanılmıştır. Yayaların rota koordinat bilgileri ile başlangıç noktasına göre yer de değiştirme bilgileri birlikte İzomorfik Çizge Ağına gönderilip Mesaj Gönderme yöntemiyle komşu düğümlerden elde edilen bilgilerle her yaya için hareket özellikleri elde edilmektedir. CNN'de, bu verilerden hız ve pozisyon değişimleri öğrenilip rota tahminleri yapılmaktadır.

**Tablo 1.** İncelenen açık kaynak kodlu çalışmaların özellikleri

Çalışma	Derin Öğrenme Modeli	Optimizasyon Tekniği	Dönem sayısı	Yığın ölçüsü
<b>Social-GAN</b>	GAN, LSTM	Adam	ETH: 769 Hotel: 765 Univ: 754 Zara1-2: 752	64
<b>Social-STGCNN</b>	GCN, Zamansal CNN	Rasgele Gradyan İnişi	250	128
<b>STGAT</b>	GAT, LSTM	Adam	400	64
<b>Casual-HTP (STGAT tabanlı)</b>	GAT, LSTM	Adam	400	64
<b>Carpe Posterum</b>	Graf İzomorfizm Ağ, CNN	Adam	80	64
<b>SGCN</b>	Dönüştürücü Ağ, GCN, Zamansal CNN	Adam	150	128

*SGCN* (Shi ve ark. 2021). Diğer çalışmalarda yayaların arasındaki etkileşimin genellikle yoğun ve yönü belirsiz çizge ile ifade edildiği ve çarpışmaları önlemek için gidilecek rotanın bulunmasına odaklanıldığını belirtilmiştir. Bu yaklaşımların yayaların birbirlerinin rotasını nasıl etkilediğini ifade etmekte yetersiz olduğu vurgulanmıştır. Bu eksiklikleri gidermek amaçlı, modelde seyreltilmiş yönlü komşuluk matrislerine dayalı iki ayrı çizge ağı kullanılmıştır: Birincisi yayanın bireysel hareket özelliğini zaman bağlamında bulmak, diğeri yayaların birbirlerini nasıl etkilediğini mekânsal bağlamında bulmak içindir. İlk olarak, zaman ve mekân boyutları açısından iki ayrı Dönüştürücü Ağ ve CNN kullanılarak

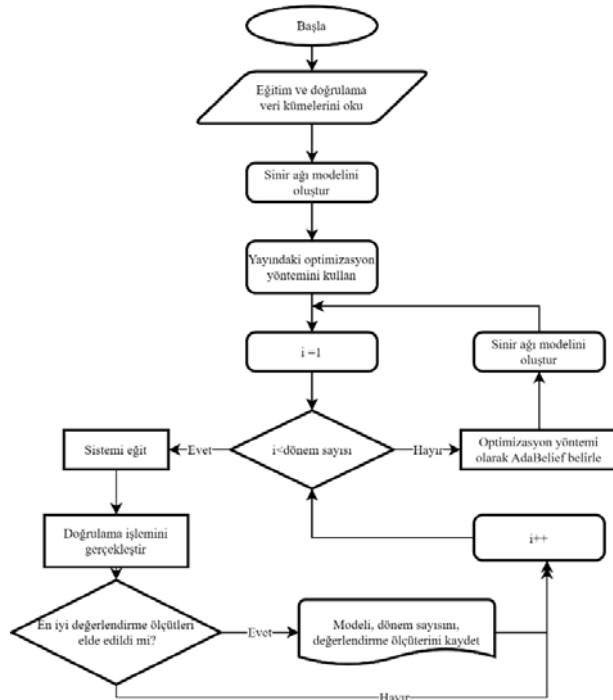


seyreltilmiş ve yönlü çizge komşuluk matrisi elde edilmiştir. Bu komşuluk matrisleri kullanılarak GCN ile zaman ve mekân dilimindeki rotaların özellikleri öğrenilmiştir. Ardından, her yaya için bu veriler birleştirilip Zamansal CNN'ye girdi olarak gönderilmiş ve rota tahminleri yapılmıştır.

Çalışmada ikinci bölümde uygulanan yöntem, çalışmalarda kullanılan veri kümeleri, değerlendirme ölçütleri, derin öğrenme yöntemleri ve optimizasyon yöntemleri ile ilgili bilgi verilecektir. Üçüncü bölümde elde edilen deneysel sonuçlar tartışılıp dördüncü bölümde çalışma hakkında yorumlar yapılacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın kapsamında, derin öğrenme algoritmalarının eğitim aşamasında AdaBelief optimizasyon tekniğinin yakınsama açısından etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, PyTorch kütüphanesi kullanılarak geliştirilmiş, ETH-UCY (genellikle kabul edilen veri kümeleri) veri kümelerini kullanan, son yıllarda yayınlanmış ve açık erişimli yazılım kaynak koduna sahip makaleler seçilmiştir. Şekil 1'deki çalışmanın akış şemasında da görülebileceği gibi, açık erişimli kaynak kodlar kullanılarak, model ilk olarak yayımlandığı şekilde eğitilmiştir. En iyi değerlendirme ölçütlerinin elde edildiği dönem numarası ve bu dönemde elde edilen değerlendirme ölçütü değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra AdaBelief optimizasyon yöntemi olarak ayarlanmış, sistem yeniden eğitilmiş ve ilgili sonuçlar kaydedilmiştir. Casual-HTP ve STGAT çalışmalarında, her iki eğitim sırasında da bellek hataları alındığından, yığın boyutu 32 olarak belirlenmiştir. Casual-HTP çalışmasında, STGAT tabanlı model kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışmanın akış diyagramı

## 2.1. Veri Kümeleri

Bu çalışma kapsamında ETH (Pellegrini ve ark. 2009) ve UCY (Lerner ve ark. 2007) veri setleri tercih edilmiştir. Şekil 2'de örnek görüntüleri bulunan ve kuş bakışı görüntülere sahip ETH-UCY, rota tahmini çalışmalarında temel kalite test veri kümesi olarak kabul edilmektedir. ETH içerisinde ETH ve Hotel; UCY içerisinde ise Univ, Zara1 ve Zara2 adında farklı özelliklere sahip video akışları bulunmaktadır. Bu videolardan 0,4 saniyede bir kesitler alınmış ve elde edilen çerçevelerdeki yayaların rota bilgilerinden veri kümesi oluşturulmuştur. Rota bilgilerinin içerisinde video çerçeve numarası (FrameID), yaya numarası (PedID), dünya koordinatları cinsinden y ve x koordinat bilgileri bulunmaktadır. ETH 750 ve UCY 786 farklı yayanın rota bilgilerini içermektedir.



Şekil 2. ETH/UCY Veri kümesinden örnek görüntüler. a) ETH, b) Hotel, c) Univ, d) Zara1, e) Zara2

## 2.2. Rota Tahmininde Kullanılan Değerlendirme Ölçütleri

Rota tahmininde değerlendirme ölçütleri olarak Ortalama Yer Değiştirme Hatası (ADE) ve Nihai Yer Değiştirme Hatası (FDE) kullanılır. ADE hesaplanırken, tüm yayalar için gelecekteki on iki çerçevedeki tahmin edilen koordinatların gerçek referans koordinatlarına olan mesafesinin ortalaması alınır. FDE hesaplanırken, son çerçeve için tahmin edilen koordinat ile gerçek referans koordinatı arasındaki mesafe bulunur (Rudenko ve ark. 2019). N yaya sayısı,  $T_p$  koordinat tahmini yapılacak çerçeve sayısı,  $(\hat{x}_{tn}, \hat{y}_{tn})$  tüm çerçeveler için tahmin edilen koordinatlar,  $(x_{tn}, y_{tn})$  gerçek referans bilgisindeki koordinatlar,  $(\hat{x}_{Tpn}, \hat{y}_{Tpn})$  ulaşılabilecek son koordinat bilgisi için tahmin edilen değer ve  $(x_{Tpn}, y_{Tpn})$  gerçek referans bilgisindeki son ulaşılabilecek koordinat bilgisi olmak üzere ADE ve FDE sırasıyla Eş. 1 ve Eş.2'deki gibi hesaplanır:

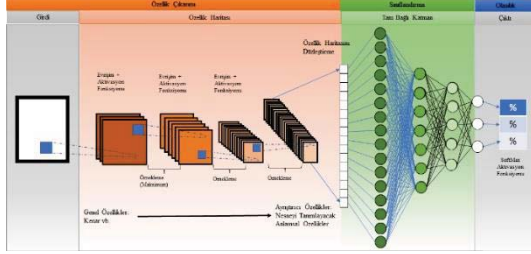
$$ADE = \frac{\sum_{n \in N} \sum_{t \in T_p} \sqrt{(\hat{x}_{tn} - x_{tn})^2 + (\hat{y}_{tn} - y_{tn})^2}}{N \times T_p} \quad (1)$$

$$FDE = \frac{\sum_{n \in N} \sqrt{(\hat{x}_{Tpn} - x_{Tpn})^2 + (\hat{y}_{Tpn} - y_{Tpn})^2}}{N} \quad (2)$$

## 2.3. Seçilen Çalışmalarda Kullanılan Derin Öğrenme Yöntemleri

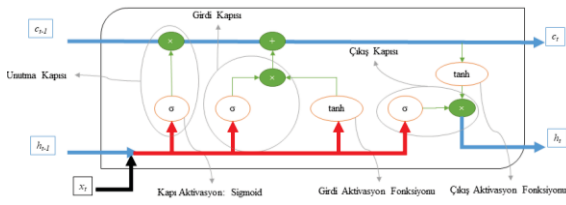
**Evrişimli Sinir Ağı (Convolutional Neural Network-CNN)** (Le Cun ve ark. 1989): Genel yapısı Şekil 3'te gösterilen ve bilgisayarla görme süreçlerinde çok sık kullanılan CNN, filtreler aracılığıyla evrişim işlemleri uygulayarak girdi olarak gönderilen veriler hakkında

özellikler elde edilmesini sağlayan derin öğrenme yöntemidir (Turan ve ark. 2021). CNN yapılarında ilk katmanlarda verilerden kenarlar vb. temel özellikler elde edilirken, derin katmanlarda verilerin ayrıştırılmasını sağlayan ayırt edici özellikler elde edilmektedir. Bu özellikler daha sonra sınıflandırma katmanı tarafından yorumlanmaktadır.



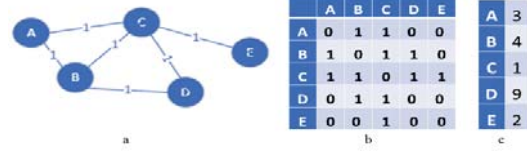
Şekil 3. CNN Yapısı(Turan ve ark. 2021)

**Uzun-Kısa Süreli Bellek (Long-Short Term Memory-LSTM)** (Hochreiter ve Schmidhuber 1997): LSTM, gelecek durum tahmin işlemlerinde geçmişteki verilerin kullanılmasına ihtiyaç duyulduğunda tercih edilmektedir. Şekil 4'te görüldüğü üzere LSTM'de hücre durumu, girdi kapısı, unutmaya kapısı ve çıktı kapısı yapıları bulunmaktadır. Hücre durumu (c) geçmiş bilgileri tutmaktadır. Unutmaya kapısı hücre durumundaki hangi bilgilerin saklanması gerektiğine, giriş kapısı o zaman dilimindeki girdilerden (x) hangisinin hücre durumuna dahil edilmesi gerektiğine karar vermekte ve çıkış kapısı da anlık girdi verisi ile hücre durumunu kullanarak sonuç (h) üretmektedir.



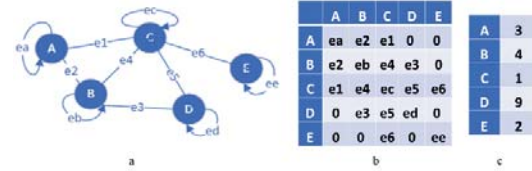
Şekil 4. LSTM Yapısı (Turan ve ark. 2021)

**Evrışimli Çizge Ağı (Graph Convolution Network- GCN)** (Kipf ve Welling 2016): Çizgeler, Şekil 5.a'da görülebileceği üzere düğüm ve düğümler arasındaki komşuluk ilişkisini ifade eden kenarlardan oluşan veri yapılarıdır. Düğümler V, kenarlar E ile gösterildiği durumda çizge G= {V, E} şeklinde ifade edilmektedir. Çizge ağlarda düğümler arasındaki ilişki Komşuluk Matrisi (Adjacency matrix) ile düğümlere ait bilgiler ise özellik vektörü ile tutulmaktadır. Hesaplamalar aşamasında komşuluk matrisi ile özellik vektörleri çarpıldıktan sonra bir araya getirme yöntemleri uygulanarak komşu düğümlerdeki bilgiler düğüm bilgilerine dahil edilir. Sonrasında normalizasyon, ağırlık matrisiyle çarpma ve aktivasyon fonksiyonu işlemleri gerçekleştirilir. Böylece çizgeye ait özellikler elde edilmiş olur ve bu özellikler ile düğüm, kenar veya çizge seviyesinde bilgi çıkarımı işlemleri gerçekleştirilebilir (Wu ve ark. 2019; Zhang ve ark. 2019; Zhou ve ark. 2020).



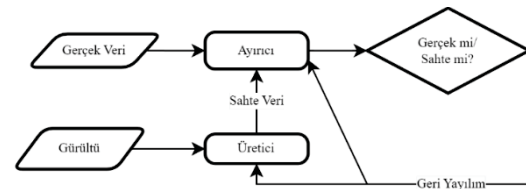
Şekil 5. a) Basit çizge yapısı. b) Basit komşuluk matrisi. c) Örnek düğüm özellik vektörü

**Dikkat Tabanlı Çizge Ağı (Graph Attention Network-GAT)** (Veličković ve ark. 2017): Çizge ağlarında genellikle komşuluk matrisindeki değerler, iki komşu düğümün birbirini aynı şekilde etkileyeceği varsayılarak '1' olarak atanmaktadır. Ancak yayaların düğüm olarak ifade edildiği yaya rotası tahmini uygulamalarında düğümler birbirini farklı oranlarda etkilemektedir. Düğümlerin birbirini ne derecede etkilediği üzerine yapılan çalışmalar GAT yapısını ortaya çıkarmıştır. GAT yapısında düğümlerin birbirleri üzerindeki etkisi ele alınmış ve dikkat değeri ile komşuluk matrisi tasarlanmıştır. Şekil 6, GAT' a dayalı örnek grafiği ve komşuluk matrisini göstermektedir.



Şekil 6. a) Dikkat tabanlı çizge yapısı. b) Komşuluk matrisi. c) Örnek düğüm özellik vektörü

**Çekişmeli Üretici Ağ (Generative Adversarial Network-GAN)**(Goodfellow ve ark. 2014): Şekil 7'de görülebileceği gibi GAN, üretici ve ayırıcı olarak adlandırılan iki bölümden oluşur. Üretici aşamasında veri kümesindeki verinin türüne, yapısına ve özelliklerine uygun yeni sahte veri üretilmeye çalışılır. Ayırıcı aşamasında, gerçek veri kümesi ile üretici aşamasında oluşturulan sahte veriler birlikte ele alınarak hangisinin sahte hangisinin gerçek olduğu belirlenmeye çalışılır. Eğitim turları ilerleyip geri yayılım yöntemiyle ağırlık değerleri güncellendikçe, ağ veri kümesine yakın veri üretmeye ve verinin sahte mi yoksa gerçek mi olduğunu tespit etmeye başlar. Böylece üretici sahte veri üretiminde, ayırıcı sahte/gerçek veriyi ayırt etmede uzmanlaşır.



Şekil 7. GAN yapısı

## 2.4. Optimizasyon Yöntemleri

Derin öğrenmenin eğitim aşamasında, modelin ürettiği hatayı azaltmak için optimizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Optimizasyon yöntemleriyle, modelde tercih edilen hata fonksiyonunun türevi kullanılarak modeldeki ağırlık değerlerinin ne kadar değişmesi gerektiği hesaplanmaktadır. Hızlı, hassas yakınsama ve

genelleme elde etmek için hangi optimizasyon tekniğinin tercih edileceğinin belirlenmesi önemli bir konudur. Aşağıda, çalışma sırasında kullanılan optimizasyon teknikleri hakkında bilgi verilmektedir:

**Rasgele Radyan İnişi (Stochastic Gradient Descent (SGD))** (Bottou ve ark. 1991): Algoritmada hata fonksiyonunun türevinin değeri hesaplanırken veri kümesindeki tüm veriler yerine rastgele seçilmiş veriler kullanılmaktadır. Böylece türevleri birbirine çok yakın olan tüm verilerle hesaplama maliyeti ortadan kaldırılmış olur. Rastgele verilerin seçilmesi ayrıca yerel minimum sorununu da ortadan kaldırır. Derin öğrenme modelinin yeni ağırlık değerleri:  $\alpha$  öğrenme katsayısı,  $L$  hata fonksiyonu,  $Z$  rastgele seçilen veriler olmak üzere Eş. 3'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$w_{t+1} = w_t - \alpha \frac{\partial L(Z, w_t)}{\partial w_t} \quad (3)$$

**Adam** (Kingma ve Ba 2014): Bu yöntemde hata fonksiyonunun birinci türevi kullanılarak birinci ve ikinci momentum değerleri hesaplanmaktadır. Momentum değerleri, ilk eğitim döngülerinde sıfır olma yanlılığı büyük olduğu için düzeltilmektedir. Daha sonra düzeltilen momentum değerleri ile ağırlıkların ne kadar değiştirilmesi gerektiği hesaplanmaktadır. Yeni ağırlık değerleri:  $g_t$  hata fonksiyonunun türevi,  $m_t$  düzeltilmiş birinci momentum,  $v_t$  düzeltilmiş ikinci momentum,  $\alpha$  öğrenme katsayısı,  $\beta_1$  ve  $\beta_2$  sırasıyla birinci ve ikinci momentum azalma oranları,  $\epsilon$  sıfıra bölünmeyi önlemek için kullanılan hiper parametre olmak üzere Eş. 4-6 ile hesaplanmaktadır.

$$m_t = \frac{\beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) g_t}{1 - \beta_1} \quad (4)$$

$$v_t = \frac{\beta_2 v_{t-1} + (1 - \beta_2) g_t^2}{1 - \beta_2} \quad (5)$$

$$w_{t+1} = w_t - \alpha \frac{m_t}{\sqrt{v_t + \epsilon}} \quad (6)$$

**AdaBelief** (Zhuang ve ark. 2020): Algoritma temel olarak Adam optimizasyon yöntemine dayanmaktadır. Farklı olarak, ikinci momentum hesaplanırken parametre olarak birinci momentum da kullanılmaktadır. Yeni ağırlık değerleri:  $g_t$  hata fonksiyonunun türevi,  $m_t$  düzeltilmiş birinci momentum,  $s_t$  düzeltilmiş ikinci momentum,  $\alpha$  öğrenme katsayısı,  $\beta_1$  ve  $\beta_2$  sırasıyla birinci ve ikinci momentum azalma oranları,  $\epsilon$  sıfıra bölünmeyi önlemek için kullanılan hiper parametre olmak üzere Eş. 7-9 ile hesaplanmaktadır.

$$m_t = \frac{\beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) g_t}{1 - \beta_1} \quad (7)$$

$$s_t = \frac{\beta_2 s_{t-1} + (1 - \beta_2) (g_t - m_t)^2 + \epsilon}{1 - \beta_2} \quad (8)$$

$$w_{t+1} = w_t - \alpha \frac{m_t}{\sqrt{s_t + \epsilon}} \quad (9)$$

Türev ve birinci momentum değerleri birbirine yakınsa AdaBelief büyük adımlarla, aksi takdirde küçük adımlarla ilerlemektedir. Bu sayede daha hızlı ve istikrarlı yakınsama sağlamaktadır.

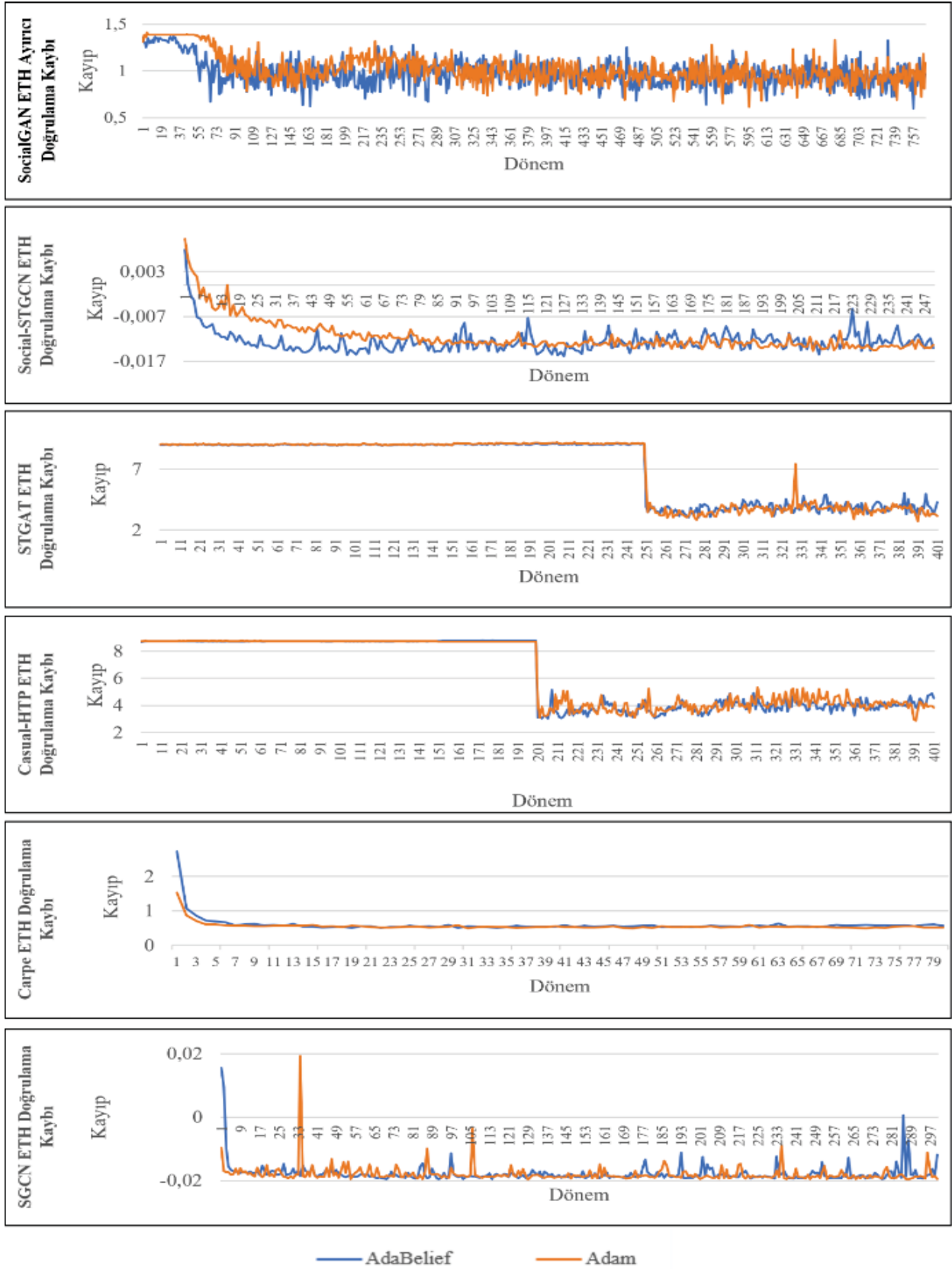
### 3. BULGULAR

Yayanın izleyebileceği rotayı yüksek hassasiyetli ve hızlı bir şekilde tahmin etmek güvenlik uygulamaları, reklamcılık, otonom araçlar vb. uygulama alanları için

önemli bir işlemdir. Bu nedenle derin öğrenme tabanlı yaya rotası tahmin çalışmaları araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Bu çalışma kapsamında yaya rotası çalışmalarına optimizasyon yönteminin derin öğrenme eğitim aşamasına etkileri açısından inceleme yapılmıştır. İncelenmek üzere seçilen çalışmaların açık kaynak kodları kullanılarak, araştırmacılar tarafından yayınlanan parametreler ve optimizasyon yöntemi ile modeller eğitilmiş ve en iyi doğrulama kaybının elde edildiği dönem ve bu dönemdeki değerlendirme ölçütleri kaydedilmiştir. Daha sonra optimizasyon yöntemi AdaBelief olarak değiştirilerek eğitim süreci yeniden gerçekleştirilmiştir. Modeller doğrulama kaybı açısından incelendiğinde AdaBelief tekniğinin genel olarak daha hızlı düşüş sağladığı ve daha istikrarlı bir şekilde ilerlediği görülmektedir. Şekil 8, AdaBelief ve orijinal optimizasyon tekniği ile çalışmaların ETH veri kümesindeki doğrulama kaybı grafiklerini göstermektedir. STGAT, Casual-HTP ve SGCN uygulamalarında Adam kullanırken kaybın aşırı değişken olduğu dönemler olmasına rağmen AdaBelief'te istikrarlı durum korunmaktadır. Öte yandan, Social GAN Ayırıcı aşaması, Social-STGCN, Carpe Posterum ve SGCN uygulamalarında doğrulama kaybında daha hızlı azalma sağlanmaktadır. Bu sonuçlar AdaBelief'in, hızlı doğrulama kaybı elde etme yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir.

Hızlı yakınsama açısından bakıldığında ihtiyaç duyulan dönem sayısını azaltması nedeniyle AdaBelief önemli katkı sağlamaktadır. İkinci momentum hesaplanırken hata fonksiyonunun eğimi ile birinci momentum değerinin birbirine çok yakın olduğu durumda büyük, diğer durumlarda daha küçük değişim değeri hesaplanmakta ve bu sayede hızlı yakınsama sağlayarak dönem sayısını azaltmaktadır. AdaBelief en başarılı sonucu Mesaj Geçişi ve İzomorfik Evrişimli Çizge Ağı tabanlı Carpe Posterum uygulamasında vermiştir. Carpe Posterum'un eğitim aşamasında, ihtiyaç duyulan dönem sayısı bu beş veri kümesinde ortalama %32 oranında azalmıştır. Tablo 2'de her iki optimizasyon tekniği için doğrulama veri kümesinde elde edilen en düşük ADE/FDE değerleri ile bu değerlerin elde edilip modelin kaydedildiği dönem numarası gösterilmektedir. Tabloda iyileştirme elde edilen değerler italik olarak gösterilmiştir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi AdaBelief ile ya da ADE/FDE açısından ya da dönem sayısı açısından ya da her ikisi açısından önemli kazanımlar elde edilmiştir. Eğer çalışmalara erken kesme yöntemi eklenirse daha az sayıda dönem sayısı ile sonuca ulaşılabilecektir. Modellerde kullanılan hiper parametrelerde iyileştirmeler ile kazanımların artırılabilirliği düşünülmektedir (Yang ve Shami 2020). Bununla birlikte GAT ve LSTM kullanan ve temelde aynı mimariye sahip olan STGAT ve Casual-HTP uygulamalarında önemli bir gelişme sağlanamamıştır. Yayaların sosyal etkileşim içerisinde hareket ettiği göz önünde bulundurularak rota tahmin çalışmalarında yayaların birbirini etkileme oranlarının hesaba katıldığı "dikkat tabanlı" çalışmaların ön plana çıkarılması, modellerin hassasiyetlerinin artırılması ve eğitim aşamalarının iyileştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 8. İncelenen çalışmaların ETH veri kümesinde AdaBelief ve orijinal optimizasyon yöntemiyle eğitilirken elde edilen doğrulama kaybı grafikleri

**Tablo 2.** Doğrulama veri seti için en düşük ADE ve FDE değerleri ve bu değerlerin elde edilmiş olduğu dönem sayısı.

Yayın	Veri Kümesi	ADE/FDE Yayın Optimizasyon	Dönem Sayısı	ADE/FDE AdaBelief	Dönem Sayısı
<b>Social GAN, Kaynak kod: (SGAN 2023)</b>	Eth	0,31/0,63	541	0,31/0,62	453
	Hotel	0,32/0,67	656	0,32/0,66	687
	Univ	0,32/0,65	607	0,31/0,62	728
	Zara1	0,32/0,67	615	0,32/0,66	512
	Zara2	0,35/0,72	562	0,34/0,70	311
<b>STGAT, Kaynak kod: (STGAT 2023)</b>	Eth	1,01/2,00	390	1,07/2,23	364
	Hotel	0,69/1,45	367	0,67/1,40	398
	Univ	0,76/1,64	368	0,78/1,69	273
	Zara1	0,54/0,94	329	0,64/1,39	329
	Zara2	0,49/1,09	374	0,50/1,10	393
<b>Social-STGCNN, Kaynak kod:(SocialSTGCNN 2023)</b>	Eth	0,37/0,63	230	0,34/0,58	126
	Hotel	0,37/0,64	246	0,35/0,60	152
	Univ	0,36/0,59	195	0,32/0,55	135
	Zara1	0,38/0,61	194	0,36/0,62	218
	Zara2	0,40/0,68	220	0,41/0,69	235
<b>SGCN, Kaynak kod: (SGCN 2023)</b>	ETH	0,29/0,51	253	0,28/0,54	263
	Hotel	0,30/0,52	232	0,30/0,53	148
	Univ	0,25/0,45	228	0,24/0,43	291
	Zara1	0,30/0,55	246	0,30/0,54	94
	Zara2	0,33/0,59	78	0,33/0,58	93
<b>CARP<sup>c</sup> Posterum, Kaynak kod: (CARPE 2023)</b>	Eth	0,44/0,89	72	0,47/0,90	34
	Hotel	0,46/0,94	59	0,48/0,96	35
	Univ	0,38/0,75	58	0,40/0,78	66
	Zara1	0,45/0,92	74	0,47/0,93	50
	Zara2	0,50/1,00	53	0,51/0,98	27
<b>Casual-HTP, Kaynak kod:(CausalHTP 2023)</b>	Eth	1,00/1,98	391	1,10/2,01	205
	Hotel	0,70/1,41	207	0,69/1,43	316
	Univ	0,69/1,49	214	0,74/1,60	295
	Zara1	0,60/1,36	388	0,65/1,43	399
	Zara2	0,48/1,01	210	0,51/1,08	235

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yaya tespiti, takibi ve rota tahmini işlemlerine 5. seviye otonom araçlar, şehir güvenliği, reklam vb. uygulamalarda, yaya kamera görüntüsüne girdiği anda hangi aksiyonun gerçekleştirilmesi gerektiğine karar verilmesi konusunda ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu ihtiyacı karşılamak için günümüzde yaya rotası tahmin çalışmaları derin öğrenmeye dayalı olarak geliştirilmektedir. Derin öğrenmede, modeller için hızlı eğitim prosedürleri ve bu aşamada düşük işlem maliyetleri ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada, yaya rota tahmin çalışmalarında AdaBelief optimizasyon tekniğinin kullanılmasının eğitim aşamasında “yakınsama” açısından kazanımları incelenmiştir. AdaBelief’in özellikle Çizge ve Evrişimli Ağ kullanılan modellerde tercih edilebilecek bir yöntem olduğu görülmüştür. Örneğin Mesaj Geçişi, İzomorfik Evrişimli Çizge Ağ ve Evrişimli Ağ tabanlı Carpe Posterum’da AdaBelief’in ortalama %32’lik bir kazançla

daha az dönem sayısı ile eğitim gerçekleştirebildiği gözlemlenmiştir. Ancak LSTM veya dikkat tabanlı yaya yolu tahmin uygulamalarında elde edilen görece az olan kazanımın modellere göre parametre ayarlamaları yapılarak artırılabilirdiği düşünülmektedir.

Yaya rotasının tahmin edilmesinde çevredeki tüm nesnelerin yayanın takip edeceği yolu etkileyecektir. Bu nedenle dikkat tabanlı çalışmaların daha hassas ve hızlı eğitilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, bundan sonraki aşamada etkilerin hesaba katılması için Dikkat Tabanlı Çizge Ağ, geçmiş rota bilgilerinin dahil edilebilmesi için Dönüştürücü Ağ kullanılan ve optimizasyon tekniği olarak AdaBelief’in tercih edildiği yaya rotası tahmin çalışması geliştirilecektir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

#### KAYNAKLAR

Alahi A, Goel K, Ramanathan V, Robicquet A, Fei-Fei L, Savarese S (2016). Social LSTM: Human Trajectory Prediction in Crowded Spaces. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Las Vegas, USA.

- Bera A, Kim S, Randhavane T, Pratapa S, Manocha D (2016). GLMP- realtime pedestrian path prediction using global and local movement patterns. IEEE International Conference on Robotics and Automation. Stockholm, Sweden.
- Bottou L (1991). Stochastic gradient learning in neural networks. *Proceedings of Neuro-Nimes*, 91(8): 12.
- CARPE (2023). [https://github.com/TeCSAR-UNCC/CARPe\\_Posterum](https://github.com/TeCSAR-UNCC/CARPe_Posterum).
- CausalHTP. (2023). <https://github.com/CHENGY12/CausalHTP>.
- Chen G, Li J, Lu J, Zhou J (2021). Human Trajectory Prediction via Counterfactual Analysis. IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. Montreal, Canada.
- Goodfellow I, Pouget-Abadie J, Mirza M, Xu B, Warde-Farley D, Ozair S, Courville A, Bengio Y (2014). Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 27.
- Gulzar M, Muhammad Y, Muhammad N (2021). A Survey on Motion Prediction of Pedestrians and Vehicles for Autonomous Driving. *IEEE Access*, 9:137957–137969.
- Guo J, Li J, Leng D, Pan L (2021). Heterogeneous Graph based Deep Learning for Biomedical Network Link Prediction. arXiv preprint arXiv:2102.01649.
- Guo S, Fraser MW (2014). *Propensity score analysis: Statistical methods and applications (Vol. 11)*. SAGE Publications.
- Gupta A, Johnson J, Fei-Fei L, Savarese S, Alahi A (2018). Social GAN: Socially Acceptable Trajectories with Generative Adversarial Networks. Salt Lake City, USA.
- Hariyono J, Shahbaz A, Jo K-H (2015). Estimation of walking direction for pedestrian path prediction from moving vehicle. IEEE/SICE International Symposium on System Integration. Nagoya, Japan.
- Hecht J (2018). Lidar for Self-Driving Cars. *Optics & Photonics News*, 28–33.
- Hochreiter S, Schmidhuber J (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9(8): 1735-1780.
- Huang Y, Bi H, Li Z, Mao T, Wang Z (2019). STGAT: Modeling Spatial-Temporal Interactions for Human Trajectory Prediction. IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. Seoul, Korea.
- Jain AB, Casas S, Liao R, Xiong Y, Feng S, Segal S, Urtasun R (2019). Discrete Residual Flow for Probabilistic Pedestrian Behavior Prediction. Conference on Robot Learning. Osaka, Japan.
- Keller CG, Gavrila DM (2014). Will the Pedestrian Cross? A Study on Pedestrian Path Prediction. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 15(2): 494–506.
- Kingma DP, Ba J (2014). Adam: A Method for Stochastic Optimization. arXiv preprint arXiv:1412.6980.
- Kipf TN, Welling M (2016). Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks. arXiv preprint arXiv:1609.02907.
- Kolcu C, Bolat B (2018). Yayaların yürüyüş rotalarının belirlenmesi. Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineering's Meeting (EBBT). İstanbul, Türkiye.
- Le Cun Y, Jackel LD, Boser B, Denker JS, Graf HP, Guyon I, Henderson D, Howard RE, Hubbard W (1989). Handwritten digit recognition: applications of neural network chips and automatic learning. *IEEE Communications Magazine*, 27(11): 41–46.
- Leinonen J (2021). Improvements to short-term weather prediction with recurrent-convolutional networks. IEEE International Conference on Big Data (Big Data). Orlando, FL, USA.
- Lerner A, Chrysanthou Y, Lischinski D (2007). Crowds by Example. *Computer Graphics Forum*, 26(3): 655–664.
- Liu Y, Zhang M, Zhong Z, Zeng X, Long X (2021). A comparative study of recently deep learning optimizers. International Conference on Algorithms, High Performance Computing, and Artificial Intelligence (AHPICAI 2021). Sanya, China.
- Lv Y, Zhou Q, Li Y, Li W (2021). A predictive maintenance system for multi-granularity faults based on AdaBelief-BP neural network and fuzzy decision making. *Advanced Engineering Informatics*, 49: 101318.
- Ma Y, Zhu X, Zhang S, Yang R, Wang W, Manocha D (2019). TrafficPredict: Trajectory Prediction for Heterogeneous Traffic-Agents. AAAI Conference on Artificial Intelligence. New Orleans, Louisiana, USA.
- Mendieta, M., & Tabkhi, H. (2021, May). Carpe posterum: A convolutional approach for real-time pedestrian path prediction. AAAI Conference on Artificial Intelligence. Vancouver, Canada.

- Mittal S, Vetter JS (2015). A Survey of Methods for Analyzing and Improving GPU Energy Efficiency. *ACM Computing Surveys*, 47(2): 1–23.
- Mohamed A, Qian K, Elhoseiny M, Claudel C (2020). Social-stgcnn: A social spatio-temporal graph convolutional neural network for human trajectory prediction. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Seattle, WA, USA.
- Ozyildirim BM, Kiran M (2020). Do optimization methods in deep learning applications matter? *arXiv preprint arXiv:2002.12642*.
- Pei D, Jing M, Liu H, Sun F, Jiang L (2020). A fast RetinaNet fusion framework for multi-spectral pedestrian detection. *Infrared Physics & Technology*, 105: 103178.
- Pellegrini S, Ess A, Schindler K, Van Gool L (2009). You'll never walk alone: Modeling social behavior for multi-target tracking. *2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision*. Kyoto, Japan.
- Rudenko A, Palmieri L, Herman M, Kitani KM, Gavrila DM, Arras KO (2019). Human Motion Trajectory Prediction: A Survey. *The International Journal of Robotics Research*, 39(8): 895-935.
- SGAN (2023). [https://github.com/agrim Gupta92/sgan\\_](https://github.com/agrim Gupta92/sgan_)
- SGCN (2023). [https://github.com/shuaishiliu/SGCN\\_](https://github.com/shuaishiliu/SGCN_)
- Shi H, Wang L, Scherer R, Wozniak M, Zhang P, Wei W (2021). Short-Term Load Forecasting Based on Adabelief Optimized Temporal Convolutional Network and Gated Recurrent Unit Hybrid Neural Network. *IEEE Access*, 9: 66965–66981.
- Shi, L., Wang, L., Long, C., Zhou, S., Zhou, M., Niu, Z., & Hua, G. (2021). SGCN: Sparse graph convolution network for pedestrian trajectory prediction. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Nashville, TN, USA.
- SocialSTGCNN (2023). <https://github.com/abdullahmohamed/Social-STGCNN>.
- STGAT (2023). <https://github.com/huang-xx/STGAT>.
- Turan S, Milani B, Temurtaş F (2021). Different Application Areas Of Object Detection With Deep Learning. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*. 4(2): 148-164.
- Veličković P, Cucurull G, Casanova A, Romero A, Liò P, Bengio Y (2017). Graph Attention Networks. *arXiv preprint arXiv:1710.10903*.
- Wang H, Li C, Zhang Y, Liu Z, Hui Y, Mao G (2020). A Scheme on Pedestrian Detection using Multi-Sensor Data Fusion for Smart Roads. *2020 IEEE 91st Vehicular Technology Conference (VTC2020-Spring)*. Antwerp, Belgium.
- Wang Y, Liu J, Chang X (2021). Generalizing Adversarial Examples by AdaBelief Optimizer. *arXiv preprint arXiv:2101.09930*.
- Wu Z, Pan S, Chen F, Long G, Zhang C, Yu PS (2019). A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 32(1): 4-24.
- Xue-Wen Chen, Xiaotong Lin (2014). Big Data Deep Learning: Challenges and Perspectives. *IEEE Access*, 2: 514–525.
- Yang L, Shami A (2020). On hyperparameter optimization of machine learning algorithms: Theory and practice. *Neurocomputing*, 415: 295–316.
- Zhang S, Tong H, Xu J, Maciejewski R (2019). Graph convolutional networks: a comprehensive review. *Computational Social Networks*, 6(1): 11.
- Zhou D, Qiu S, Song Y, Xia K (2020). A pedestrian extraction algorithm based on single infrared image. *Infrared Physics & Technology*, 105: 103236.
- Zhou J, Cui G, Hu S, Zhang Z, Yang C, Liu Z, Wang L, Li C, Sun M (2020). Graph neural networks: A review of methods and applications. *AI Open*, 1: 57–81.
- Zhu Z, Sun H, Zhang C (2021). Effectiveness of Optimization Algorithms in Deep Image Classification. *arXiv preprint arXiv:2110.01598*.
- Zhuang J, Tang T, Ding Y, Tatikonda S, Dvornek N, Papademetris X, Duncan JS (2020). AdaBelief Optimizer: Adapting Stepsizes by the Belief in Observed Gradients. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33: 18795-18806.

## Doctor Blade Casting of Thin Films Containing Different Concentrated Endemic Plant Extracts: Determination of Structure and Optical Properties

Yunus Emre FIRAT<sup>1\*</sup>, Buğrahan EMSEN<sup>2</sup>, Adem SARILMAZ<sup>3</sup>, Burak SÜR MEN<sup>2</sup>, Faruk ÖZEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Karamanoğlu Mehmetbey University, Kamil Özdağ Faculty of Science, Department of Physics, Karaman, Türkiye

<sup>2</sup> Karamanoğlu Mehmetbey University, Kamil Özdağ Faculty of Science, Department of Biology, Karaman, Türkiye

<sup>3</sup> Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Karaman, Türkiye

Alındı/Received: 09/02/2024; Kabul/Accepted: 15/03/2024; Yayın/Published: 21/03/2024

\* Corresponding author e-mail: yunusef44@gmail.com

### Abstract

This study provides a thorough properties of the optical analysis of the thin films which produced from *Astragalus tokatensis* Fisch., *Helichrysum noeanum* Boiss. and *Stachys huber-morathii* R. Bhattacharjee extracts. Methanol extracts of plants were obtained via Soxhlet extractor. The highest extract yield (10.10%) was determined in *H. noeanum*. Doctor blade coating method is used to make thin film layer on glass substrate. The optical behavior of the deposited films is tested by means of the UV-vis-near IR absorbance and transmittance characterization. It is found that the maximum transmittance spectra reaches nearly to a value of 90 % for *A. tokatensis* sample. Significantly, all the samples display same optical absorbance spectra behavior. Energy band gaps of the films are presented based on Tauc relation and were found to be in the range between 3.68-3.81 eV. Besides, the analysis of functional groups available in the materials is broadly studied by Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy. FT-IR measurement also confirms that all produced films have carbohydrate pattern. These findings demonstrate a cost-efficient approach for the production of thin films with plant extraction, and open a new perspective on the potential applications of optoelectronic devices.

**Key Words:** Thin film, Optical properties, FT-IR, Energy band gap

## Farklı Konsantrasyonlardaki Endemik Bitki Ekstraktlarını İçeren İnce Filmlerin Doktor Blade Yöntemiyle Üretilmesi: Yapı ve Optik Özelliklerinin Belirlenmesi

### Öz

Bu çalışma *Astragalus tokatensis* Fisch., *Helichrysum noeanum* Boiss. ve *Stachys huber-morathii* R. Bhattacharjee ekstraktlarından elde edilen ince filmlerin optik analizinin kapsamlı bir araştırmasını sunmaktadır. Bitkilerin metanol ekstraktları Soxhlet ekstraktörü aracılığı ile elde edilmiştir. En yüksek ekstrakt verimi (%10,10) *H. noeanum*'da belirlenmiştir. Cam yüzeyine ince filmlerin üretilmesi için doktor blade yöntemi kullanılmıştır. Üretilen ince filmlerin optik davranışları UV-görünür yakın kızıl ötesi aracılığıyla soğurma ve geçirgenlik spektrumları elde edilmiştir. *A. tokatensis* örneği için maksimum geçirgenlik spektrum değerinin hemen hemen %90'a ulaştığı görülmektedir. Üretilen tüm filmler, optik soğurma spektrumunda benzer davranışlar sergilemektedir. Tauc teoremine göre, üretilen filmlerin yasak enerji bant aralıkları 3,68-3,81 eV olarak bulunmuştur. Ayrıca, malzemelerde bulunan fonksiyonel grupları analiz etmek için Fourier dönüşümlü kızıl ötesi (FT-IR) spektroskopisi kullanılmıştır. FT-IR ölçümü neticesinde üretilen filmlerin karbonhidrat modeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, bitki ekstraksiyonu ile ince filmlerin üretimi için ekonomik bir yaklaşım modellemekte ve optoelektronik cihaz uygulamalarında yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İnce film, Optik özellikler, FT-IR, Enerji bant aralığı

**Atf / To cite :** Fırat YE, Emsen B, Sarılmaz A, Sürmen B, Özel F (2024). Doctor Blade Casting of Thin Films Containing Different Concentrated Endemic Plant Extracts: Determination of Structure and Optical Properties. Karamanoğlu Mehmetbey University Journal of Engineering and Natural Sciences, 6(1): 11-17.



## 1. INTRODUCTION

Optical absorbance is a characteristic that measures the amount of light absorbed by a substance. The optical absorbance of a substance indicates how much light at a specific wavelength has been absorbed by the material (Rusak et al. 2010). Transmittance, on the other hand, is a characteristic that measures the amount of light transmitted through a substance. The transmittance of a substance shows how much light at a specific wavelength has passed through the material. These terms are commonly used in techniques like spectrophotometry (Panwar et al. 2023; Gu et al. 2024).

Optical absorbance and transmittance properties are directly related to the physiology and biochemical processes of plants (Saleque et al. 2022; Radotić et al. 2023). Plants are organisms known for their ability to absorb light, undergo photosynthesis, and utilize energy in various biological processes. In photosynthesis, plants absorb light and convert it into chemical energy (Chen et al. 2015; Saewan and Jimtaisong 2015). The pigment chlorophyll, especially, absorbs blue and red light, using this light energy in photosynthetic reactions. The optical absorbance spectrum of plants resembles the absorption spectrum of chlorophyll, indicating that plants strongly absorb light at specific wavelengths. Plant tissues, especially leaves, allow a portion of light to pass through (Barber 2003; Kiang et al. 2007). This transmitted light participates in different biochemical processes within the plant cells. Transmittance measures the ability of plant tissues to allow light to pass through. Optical measurements are commonly used to assess plant health and understand growth conditions (Muñoz-Huerta et al. 2013).

The optical absorbance or transmittance of plant leaves can provide information about plant health, stress conditions, nutrient deficiencies, and environmental factors. Plants exhibit various biological processes in response to light. Phototropism, for example, involves the directional growth of plants toward light. The optical properties of light are associated with signals that direct the growth and development processes of plants (Boichenko 2004). These points highlight the importance of understanding the optical absorbance and transmittance properties of plants to comprehend their impact on energy intake, photosynthesis, and various biological processes (Tang et al. 2020; He et al. 2021). These properties can find applications in various engineering fields. Optical properties can offer insights into plant health and growth conditions. The optical absorbance spectrum of plants can be used for early detection of factors such as diseases, pests, or nutrient deficiencies. This information can assist agricultural engineers and farmers in optimizing plant care. Efforts in engineering aim to enhance the efficiency of photosynthesis by enabling plants to use light more effectively. Optical measurements can be utilized to assess and optimize the effectiveness of such efforts (Vollmann and Eynck 2015; Sargent et al. 2022).

Optical properties are crucial for light management in indoor plant cultivation systems, such as greenhouses and vertical farming. Materials with high transmittance and suitable absorbance properties can be used to optimize

growth conditions (Maraveas 2019). The optical properties of plants can be employed in environmental monitoring applications. For instance, optical measurements can track changes in plant cover and assess plant species used in environmental restoration projects. The optical properties of plants can be valuable in climate change studies, as changes in plant cover can impact the atmospheric carbon cycle (Sharma et al. 2023; Shin et al. 2023). Optical measurements can be used to understand and model such changes. Furthermore, the optical properties of plants can contribute to the design and development of plant-based sensor technologies. Sensors monitoring the optical properties of plants can guide automatic irrigation systems in agricultural fields (Omia et al. 2023).

Thin film deposition from plants is typically achieved by applying plant-based products onto a substrate. This process often involves spreading or spraying oil onto a surface. Thin film deposition is a crucial process used extensively in the food industry, pharmaceuticals, and the cosmetic industry (Wang et al. 2021a). In the food industry, thin film deposition is commonly employed for packaging materials and food preservation purposes (Shin et al. 2023). In the cosmetic industry, thin film deposition can be applied to skincare products and makeup. In the pharmaceutical industry, it is essential for coating and protecting medications. Thin film deposition offers various advantages, including material protection, product durability, and aesthetic enhancements, making it widely applicable (Chang et al. 2015; Wang et al. 2021b). Based on these properties of the plants, we investigated the optical absorbance properties of *Astragalus tokatensis* Fisch., *Helichrysum noeantum* Boiss. and *Stachys huber-morathii* R. Bhattacharjee, which have not been researched on their optical characteristics before.

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Collection and identification of the plant samples

Samples of *A. tokatensis*, *H. noeantum* and *S. huber-morathii* were gathered during their flowering periods from March to October in the vicinity of Kazova, located in Tokat, Turkey. The identification of plant species was carried out using various references (Davis 1988; Güner et al. 2000; Güner et al. 2012). *Astragalus tokatensis* and *H. noeantum* are classified as Irano-Turanian endemic elements, with IUCN risk categories of NT (near threatened) and LC (least concern), respectively. *Stachys huber-morathii*, a Turkey endemic, falls under the IUCN risk category of VU (vulnerable) (Tunç 2019). The entire plant samples underwent drying in an oven at 40°C until a constant weight was achieved, following the removal of soil and waste. Subsequently, the samples were ground for the purpose of the study.

## 2.2. Preparation of the extracts

Samples of *A. tokatensis*, *H. noeanum* and *S. huber-morathii* were air-dried and then pulverized using an ultra-centrifuge grinder (Retsch ZM 200, Germany). The ground dried plant specimens, weighing 10 grams, underwent extraction with 250 mL of methanol at room temperature utilizing a Soxhlet extraction apparatus. The resultant crude extracts from the plant samples were sieved through Whatman No. 1 filter paper. The solvent was eliminated by employing a rotary evaporator (IKA, Staufen Germany) under vacuum conditions, leading to drying, and subsequently lyophilized to obtain ultra-dry powders.

## 2.3. Preparation of thin films

Thin films were produced to investigate the optical properties of plant samples. The solutions of plant extract used in coating thin films were prepared at different concentrations of 5, 10, and 15 mg/mL. These solutions were coated on a glass substrate by the doctor-blade method (Figure 1). The substrate was fixed with tape at both ends, and the solution was coated on the surface with a glass rod. This process was repeated 5 times, and homogeneous thin films were obtained. Furthermore, thicker films were obtained by the drop-casting method by dropping 50  $\mu\text{m}$  solution onto the substrate. Thus, thin films with different thicknesses were obtained using various coating methods.

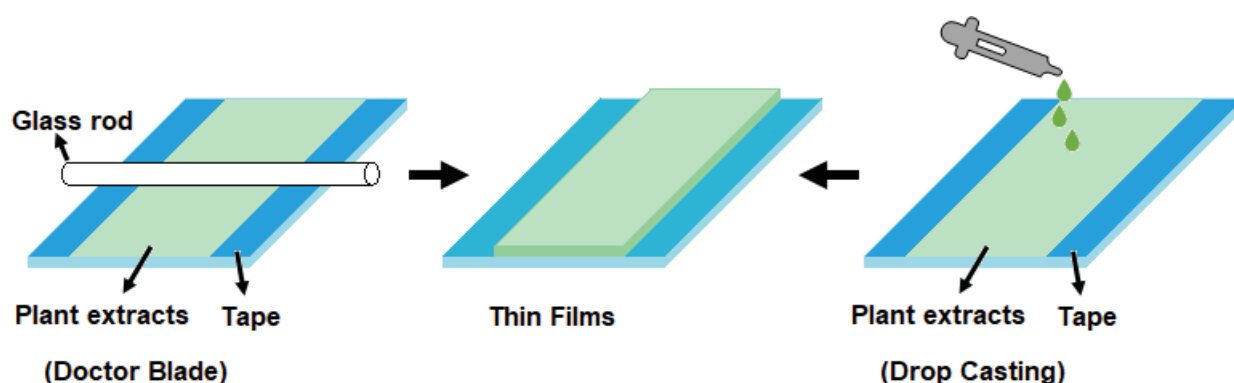


Figure 1. Graphical illustration of the thin film preparation process with Doctor Blade and drop casting method.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

The yield rates of methanol extracts obtained from *A. tokatensis*, *H. noeanum* and *S. huber-morathii* were given in Figure 2. According to yield values, extracts were in the ascending order of *A. tokatensis* (8.75%) < *S. huber-morathii* (9.00%) < *H. noeanum* (10.10%). In the heatmap analysis, extract yield rates of types *A. tokatensis* and *S. huber-morathii* showed a close gradient to each other. *H. noeanum* extract differed from other samples with a red color gradient.

The effect of sample concentration on optical properties and the band gap ( $E_g$ ) values of *A. tokatensis*, *H. noeanum* and *S. huber-morathii* thin films has been investigated. The UV-vis-near IR optical absorbance and transmittance spectra of the *A. tokatensis*, *H. noeanum* and *S. huber-morathii* samples with various concentrations as a function of wavelength are displayed in Figure 3. It has been found that the intensity of absorbance increases with the concentration varied from 5 to 15 mg/mL for all the samples and it is maximum for *H. noeanum* sample. This is a result of enhancements in the particle size and aggregation of the films, contributing to a heightened light absorption. The incline in transmission occurs significantly in the vicinity of ultraviolet region because of the absorption caused by the band gap.

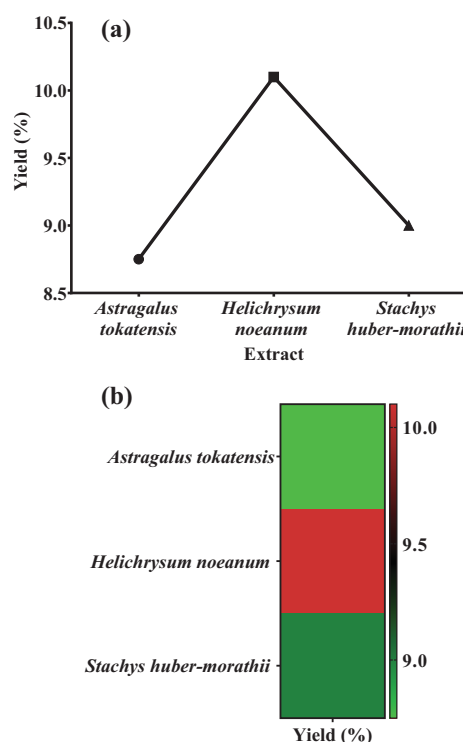
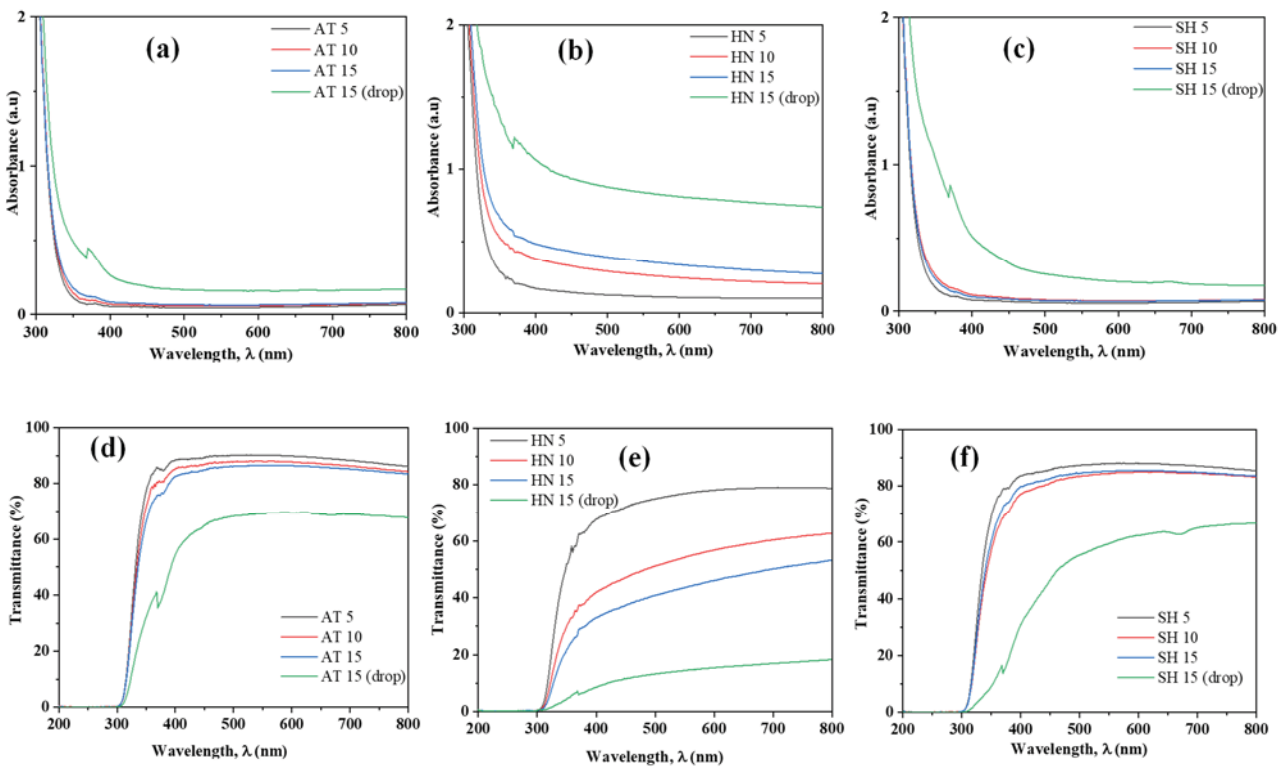


Figure 2. (a) Yield (%) of obtained the plant extracts. (b) Heatmaps depicting the percentage of yield of the methanol extracts are presented. In the heatmap analyses, high and low activities are indicated by red and green colors, respectively.

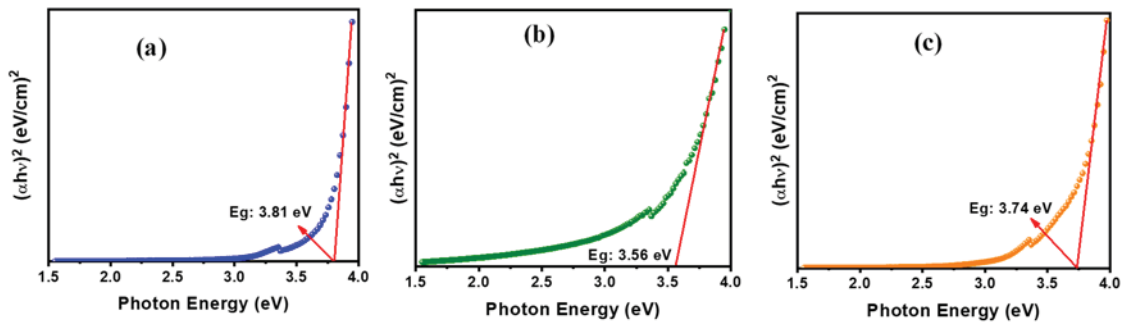
In addition, the highest average value of transmittance in the visible region (450-800 nm) varies between 69% and 90% for *A. tokatensis* sample depending on the concentration of the samples, while the lowest average value of transmittance is observed for *H. noeanum* sample.

Optical properties of our samples are comparable with the earlier literature. Zumahi et al. have reported extraction of different plant (*Portuca grandiflora*, *Rosa ards rovar*, *Celosia argentea* var. *crisia*, *Pereskia bleo*, and *Alternantera ficoidea*) extraction and then analysed aging effect at 25°C and 60°C on their optical properties (Zumahi et al. 2020). They found the transmittance in the range between nearly 60% and 95%. Also, according to their findings, the energy band gap of the samples was found to be 2.07 – 4.15 eV. Jeyaram et al. have published optical

properties of chlorophyll-*a* extracted from *Andrographis paniculata* leaves (Jeyaram and Geethakrishnan 2019). They characterized optical properties of the sample with UV-Vis-NIR spectrophotometer and caused a similar absorbance spectrum behaviour of with our graphs. Sangeetha et al. have synthesized zinc oxide nanoparticles from *Aloe barbadensis miller* leaf extract and, the produced samples have been characterized using UV-Visible spectrophotometer (Sangeetha et al. 2011). The absorption spectra behaviour of this work is in correlation with our study in the wavelength region of 300 to 500 nm. Bajic et al. have worked on chitosan-based films with plant extracts derived from *Quercus robur*, *Humulus lupulus* and *Laminaris hyperborea* (Bajić et al. 2019). They found that the transmittance values varied between 33.6% and 68.7%, similarly to our *H. noeanum* sample.



**Figure 3.** Optical absorbance (a-c) and transmittance (d-f) of the produced samples. AT 5, 10, 15: *A. tokatensis* extract at 5, 10 and 15 mg/mL, respectively. HN 5, 10, 15: *H. noeanum* extract at 5, 10 and 15 mg/mL, respectively. SH 5, 10, 15: *S. huber-morathii* extract at 5, 10 and 15 mg/mL, respectively.



**Figure 4.** Tauc of the a) *A. tokatensis*, b) *H. noeanum* and c) *S. huber-morathii*

The energy band gap ( $E_g$ ) of the produced samples is determined through the analysis of ultraviolet-visible (UV-vis) absorbance spectra and Tauc plots, as depicted in Figure 4, applying the following Tauc equation (Tauc et al. 1966):

$$\alpha hv = A(hv - E_g)^{1/2}$$

where  $\alpha$  is the optical absorption coefficient,  $h\nu$  is the incident photon energy,  $A$  is constant and  $E_g$  is the band gap energy. The optical energy band gaps for the produced samples are determined by fitting the linear parts of  $(\alpha h\nu)^2$  plotted versus incident photon energy  $h\nu$ . The optical band gap of the samples is obtained by identifying the point where the linear portion of the intersects. From figure 4, the  $E_g$  values are 3.81, 3.56 and 3.74 eV for *A. tokatensis*, *H. noeanum* and *S. huber-morathii* samples, respectively. Consequently, it can be concluded that *A. tokatensis* samples have a higher optical energy and a higher energy and gap in comparison to the others. The determined optical values are listed in the Table 1.

**Table 1.** Optical parameters of the produced samples

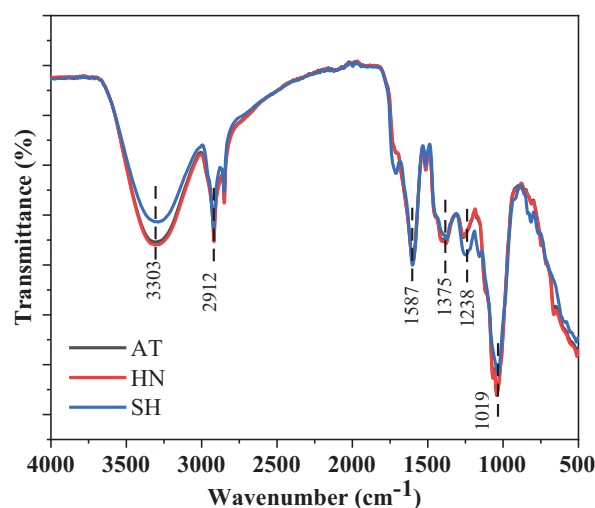
Sample	Transmittance (at 500 nm)	Absorbance (at 500 nm)	Energy band gap (eV)
AT 5	90.08	0.045	3.81
AT 10	87.81	0.056	
AT 15	86.19	0.065	
AT 15 (drop)	68.22	0.166	
HN 5	75.01	0.125	3.56
HN 10	51.15	0.291	
HN 15	40.83	0.389	
HN 15 (drop)	13.25	0.878	
SH 5	87.3	0.059	3.74
SH 10	83.4	0.079	
SH 15	84.47	0.073	
SH 15 (drop)	55.37	0.257	

AT 5, 10, 15: *A. tokatensis* extract at 5, 10 and 15 mg/mL, respectively. HN 5, 10, 15: *H. noeanum* extract at 5, 10 and 15 mg/mL, respectively. SH 5, 10, 15: *S. huber-morathii* extract at 5, 10 and 15 mg/mL, respectively.

Significantly, the produced thin films stand out an ideal candidate for optoelectric device applications due their wide band gap energy ranging from approximately 3.0 to 4.16 eV (Narayanan and Deepak 2017; Islam and Podder 2021). Also, wide-band gap semiconductors in this band gap range can be used in high-efficiency solar cells for conversion electricity (Gloeckler and Sites 2005; McLaughlin and Pearce 2013). Moreover, these materials are suitable for the development of UV Light Emitting Diodes (LEDs) (Lu et al. 2003; Shur 2019).

FT-IR spectroscopy is commonly employed for revealing functional groups in the synthesized materials. FT-IR spectrum of the produced samples recorded within the 500 to 4000  $\text{cm}^{-1}$  range is shown in Figure 5. All of the produced samples displayed similar characteristic FT-IR spectrum profile only with a slight change in the intensity of peaks. As can be seen from Figure 5, the depicted spectra of all

samples are characteristic of carbohydrate pattern in comparison to findings reported in the existing literature (Byun et al. 2008; Jia et al. 2015). It consists of six different bands. The wide peak at 3303  $\text{cm}^{-1}$  is assigned to the hydroxyl group of stretching vibration of O-H in alcohols and phenolic. The reason of differences in intensity can be explained by that *S. huber-morathii* sample has lower O-H groups than the others. In addition, a weak band at 2912  $\text{cm}^{-1}$  was related to C-H stretching vibration of methyl groups (Sharifi-Rad et al. 2020). The absorption around 1375  $\text{cm}^{-1}$  indicates the existence of the symmetrical deformation vibration of C-H (Hu et al. 2016). The absorption peak at around 1019  $\text{cm}^{-1}$  belongs to the stretching vibrations of C-O-C and glycosidic bond. The signal at 1587  $\text{cm}^{-1}$  corresponds to the vibration of C-O. Additionally, the appearance of a weak peak at around 1238  $\text{cm}^{-1}$  is likely due to the C-H asymmetric stretching vibration (Zhang et al. 2015).



**Figure 5.** FT-IR spectra of the produced samples

## CONCLUSION

As a conclusion, *A. tokatensis*, *H. noeanum*, and *S. huber-morathii* extracts were produced on a glass substrate using a simple doctor blade coating technique and characterized by UV-vis-near IR and FT-IR analysis. The optical investigations reveal that different concentrations of the *A. tokatensis* sample have the highest average value of transmittance of 69% and 90% in the wavelength region between 450 and 800 nm. Using Tauc relations, the energy band gap values were found to be 3.81, 3.56, and 3.74 eV for *A. tokatensis*, *H. noeanum*, and *S. huber-morathii* samples, respectively. These values are consistent with the literature on optoelectronic devices, solar cells, and UV LED applications. The remarks of FT-IR spectra showed that all the samples possess a carbohydrate pattern and no significant changes in the functional bonds between each other. Taken together, the suggested technique enables a straightforward approach for creating thin films of plant extraction.

## REFERENCES

- Bajić M, Ročnik T, Oberlintner A, Scognamiglio F, Novak U, Likožar B (2019). Natural plant extracts as active components in chitosan-based films: A comparative study. *Food Packaging and Shelf Life*, 21:100365.
- Barber J (2003). Photosystem II: the engine of life. *Quarterly Reviews of Biophysics*, 36(1):71–89.
- Boichenko VA (2004). Photosynthetic units of phototrophic organisms. *Biochemistry (Moscow)*, 69(5):471–484.
- Byun EH, Kim JH, Sung NY, Choi J il, Lim ST, Kim KH, Yook HS, Byun MW, Lee JW (2008). Effects of gamma irradiation on the physical and structural properties of  $\beta$ -glucan. *Radiation Physics and Chemistry*, 77(6):781–786.
- Chang DP, Barauskas J, Dabkowska AP, Wadsäter M, Tiberg F, Nylander T (2015). Non-lamellar lipid liquid crystalline structures at interfaces. *Advances in Colloid and Interface Science*, 222:135–147.
- Chen L, Shenai P, Zheng F, Somoza A, Zhao Y (2015). Optimal energy transfer in light-harvesting systems. *Molecules*, 20(8):15224–15272.
- Davis PH (1988). *Flora of Turkey and East Aegen islands*. Edinburgh University Press, Edinburgh
- Gloeckler M, Sites JR (2005). Efficiency limitations for wide-band-gap chalcopyrite solar cells. *Thin Solid Films*, 480–481:241–245.
- Gu J, Wu H, Liu J, Ding Y, Liu Y, Huang G, Xu X (2024). A comprehensive review of high-transmittance low-conductivity material-assisted radiant cooling air conditioning: materials, mechanisms, and application perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189:113972.
- Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT (2012). A checklist of the flora of Turkey (Vascular Plants). *Nezahat Gökyiğit Botanical Garden and Flora Research Association Publication, Flora Series 1*, İstanbul
- Güner A, Özhatay N, Ekim T, Başer KH. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean islands, Supplement-II*. Edinburgh University Press, Edinburgh
- He X, Maier C, Chavan SG, Zhao C-C, Alagoz Y, Cazzonelli C, Ghannoum O, Tissue DT, Chen Z-H (2021). Light-altering cover materials and sustainable greenhouse production of vegetables: a review. *Plant Growth Regulation*, 95:1–17.
- Hu J, Jia X, Fang X, Li P, He C, Chen M (2016). Ultrasonic extraction, antioxidant and anticancer activities of novel polysaccharides from *Chuanxiong rhizome*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85:277–284.
- Islam MN, Podder J (2021). The role of Al and Co co-doping on the band gap tuning of TiO<sub>2</sub> thin films for applications in photovoltaic and optoelectronic devices. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 121:105419.
- Jeyaram S, Geethakrishnan T (2019). Linear and nonlinear optical properties of chlorophyll-a extracted from *Andrographis paniculata* leaves. *Optics and Laser Technology*, 116:31–36.
- Jia X, Zhang C, Qiu J, Wang L, Bao J, Wang K, Zhang Y, Chen M, Wan J, Su H, Han J, He C (2015). Purification, structural characterization and anticancer activity of the novel polysaccharides from *Rhynchosia minima* root. *Carbohydrate Polymers*, 132:67–71.
- Kiang NY, Siefert J, Govindjee, Blankenship RE (2007). Spectral signatures of photosynthesis. I. review of Earth organisms. *Astrobiology*, 7(1):222–251.
- Lu P, Zhang H, Shen F, Yang B, Li D, Ma Y, Chen X, Li J, Tamai N (2003). A wide-bandgap semiconducting polymer for ultraviolet and blue light emitting diodes. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 204(18):2274–2280.
- Maraveas C (2019). Environmental sustainability of greenhouse covering materials. *Sustainability (Switzerland)*, 11(21):6129.
- McLaughlin DVP, Pearce JM (2013). Progress in indium gallium nitride materials for solar photovoltaic energy conversion. *Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science*, 44(4):1947–1954.
- Muñoz-Huerta RF, Guevara-Gonzalez RG, Contreras-Medina LM, Torres-Pacheco I, Prado-Olivarez J, Ocampo-Velazquez RV (2013). A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: advantages, disadvantages and recent advances. *Sensors (Switzerland)*, 13(8):10823–10843.
- Narayanan N, Deepak NK (2017). Band gap bowing of nanocrystalline Zn(1-x)CaxO thin films for blue and ultraviolet optoelectronic applications. *Solid State Sciences*, 71:42–50.
- Omia E, Bae H, Park E, Kim MS, Baek I, Kabenge I, Cho B-K (2023). Remote sensing in field crop monitoring: a comprehensive review of sensor systems, data analyses and recent advances. *Remote Sensing*, 15(2):354.

- Panwar J, Autour A, Merten CA (2023). Design and construction of a microfluidics workstation for high-throughput multi-wavelength fluorescence and transmittance activated droplet analysis and sorting. *Nature Protocols*, 18(4):1090–1136.
- Radotić K, Melø TB, Lindgren M (2023). A fluorescence spectroscopic study of light transmission and adaxial-abaxial distribution of emitting compounds in leaves of Christmas star (*Euphorbia pulcherrima*). *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 303:123269.
- Rusak DA, Kawka EA, Trexler EB (2010). Note: investigation of a null measurement of optical absorbance using a pulse width modulated light-emitting diode. *Review of Scientific Instruments*, 81(1):016107.
- Saewan N, Jimtaisong A (2015). Natural products as photoprotection. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 14(1):47–63.
- Saleque AM, Nowshin N, Ivan MNAS, Ahmed S, Tsang YH (2022). Natural porous materials for interfacial solar steam generation toward clean water production. *Solar RRL*, 6(4):2100986.
- Sangeetha G, Rajeshwari S, Venckatesh R (2011). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles by aloe barbadensis miller leaf extract: structure and optical properties. *Materials Research Bulletin*, 46(12):2560–2566.
- Sargent D, Conaty WC, Tissue DT, Sharwood RE (2022). Synthetic biology and opportunities within agricultural crops. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, 1(2):89–107.
- Sharifi-Rad M, Pohl P, Epifano F, Álvarez-Suarez JM (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using *Astragalus tribuloides* Delile. root extract: characterization, antioxidant, antibacterial, and anti-inflammatory activities. *Nanomaterials*, 10:2383.
- Sharma P, Bhardwaj DR, Singh MK, Nigam R, Pala NA, Kumar A, Verma K, Kumar D, Thakur P (2023). Geospatial technology in agroforestry: status, prospects, and constraints. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(55):116459–116487.
- Shin N, Katsumata C, Miura T, Tsutsumida N, Ichie T, Kotani A, Nakagawa M, Khoon KL, Kobayashi H, Kumagai T, Ichii K, Tokumoto Y (2023). Perspective: improving the accuracy of plant phenology observations and land-cover and land-use detection by optical satellite remote-sensing in the Asian tropics. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6:1106723.
- Shur M (2019). Wide band gap semiconductor technology: state-of-the-art. *Solid-State Electronics*, 155:65–75.
- Tang S, Qiu W, Xiao S, Tong Y, Yang S (2020). Harnessing hierarchical architectures to trap light for efficient photoelectrochemical cells. *Energy and Environmental Science*, 13(3):660–684.
- Tauc J, Grigorovici R, Vancu A (1966). Optical properties and electronic structure of amorphous germanium. *Physica Status Solidi (B)*, 15(2):627–637.
- Tunç U (2019). A research on the flora of Kazova valley (Tokat-Merkez-Pazar-Turhal), Master thesis. Ondokuz Mayıs University
- Vollmann J, Eynck C (2015). Camelina as a sustainable oilseed crop: contributions of plant breeding and genetic engineering. *Biotechnology Journal*, 10(4):525–535.
- Wang C, Li M, Wang G, Gu S, Cheng H (2021a). Application progress of plant fiber/thermoplastic polymer prepreg in automotive lightweight field. *Linze Kexue/Scientia Silvae Sinicae*, 57(9):168–180.
- Wang D, Li M, Lu R, Zhang C (2021b). Multilayer thin film based structural color filters: principle, fabrication and applications. *Rengong Jingti Xuebao/Journal of Synthetic Crystals*, 50(7):1287–1306.
- Zhang G, Yin Q, Han T, Zhao Y, Su J, Li M, Ling J (2015). Purification and antioxidant effect of novel fungal polysaccharides from the stroma of *Cordyceps kyushuensis*. *Industrial Crops and Products*, 69:485–491.
- Zumahi SMA Al, Arobi N, Taha H, Hossain MK, Kabir H, Matin R, Bashar MS, Ahmed F, Hossain MA, Rahman MM (2020). Extraction, optical properties, and aging studies of natural pigments of various flower plants. *Heliyon*, 6(9):e05104.

## Karaman İlinin Meşe Ormanları ve Silvikültürel Öneriler

Nurullah GÜVEN<sup>1\*</sup>, Sinan GÜNER<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Karaman Orman İşletme Müdürlüğü, Karaman, Türkiye

<sup>2</sup> Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölüm, Artvin, Türkiye

Alındı/Received: 11/01/2024; Kabul/Accepted: 12/03/2024; Yayın/Published: 19/03/2024

! Nurullah Güven'in "Karaman İlinde Doğal Olarak Yetişen Meşe Türleri, Yayılış Alanları ve Silvikültürel Öneriler" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

\* Sorumlu yazar e-posta: [sinanguner@artvin.edu.tr](mailto:sinanguner@artvin.edu.tr)

### Öz

Karaman ili, Toros dağlarının kuzeyinde bulunmaktadır ve yarı kurak yetişme ortamlarına sahiptir. Karaman ilinde kuraklığa dayanıklı olan meşe ardıç, karaçam, kızılçam ve sedir ağaç türlerinden oluşan orman alanları bulunmaktadır. İlin ormanlarını oluşturan türler arasında meşeler dikkat çekmektedir. Dünya üzerinde 400'den fazla türü bulunan meşe cinsinin Türkiye'de 17'si, 5'i de Karaman ili sınırlarında doğal olarak yayılış yapmaktadır. Karaman ilinde bulunan türler; Makedonya meşesi (*Quercus trojana* Webb), Kermes meşesi (*Quercus coccifera* L.), Saçlı meşe (*Quercus cerris* L.), Mazı meşesi (*Quercus infectoria* Oliv.) ve Kasnak meşesi (*Quercus vulcanica* Boiss)'dir. Kasnak meşesi endemik bir türdür. Bu çalışmada Karaman ilinde yayılış yapan 5 meşe türünün ildeki yayılış alanları tespit edilmiş, haritaları oluşturulmuş ve ağaç varlığı, kapalılıkları gibi meşcere özellikleri ortaya konulmuştur. Yayılış alanlarının tespitinde Karaman ve Ermenek Orman Amenajman Planı meşcere haritaları incelenmiş sonrasında ise arazi gezileri yapılarak, yayılış alanlarında bulunan türlerin tespiti ve yayılış alanlarının sınırları koordinatlı olarak belirlenmiştir. Saf ve karışık halde meşe alanlarının haritası yapılmıştır. Meşeler İlin güney bölgelerindeki dağlık kesimlerde yayılış yapmaktadır. Yöredeki En fazla yayılış yapan tür Makedonya meşesidir. Meşe ormanlarının dinamik ve statik yapıları bozulmuştur. Rehabilitasyon ve restorasyon çalışmaları ile verimli hale getirilmelidirler. Baltalık ormanları ise koru ormanlarına dönüştürülmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** *Quercus coccifera*, *Quercus trojana*, *Quercus cerris*, *Quercus infectoria*, *Quercus vulcanica*

## Oak Forests in Karaman Province and Silvicultural Suggestions

### Abstract

Karaman city is located in the North of the Taurus Mountains at Mediterrean Region and has semi-arid habitats. Karaman forest areas consisting of drought-resistant oak, juniper, larch, red pine and cedar tree species. Oaks attract attention among the species that make up the forests of the province. Of the oak genus, which has more than 400 species in the world, 17 of them are naturally distributed in Turkey and 5 within the borders of Karaman province. Species found in Karaman Province; Macedonian oak (*Quercus trojana* Webb), Kermes oak (*Quercus coccifera* L.), Turkey oak (*Quercus cerris* L), Thuja oak (*Quercus infectoria* Oliv.) and Kasnak oak (*Quercus vulcanica* Boiss). Among them, Kasnak oak is an endemic species. In this study, the distribution areas of these five oak species in Karaman city area were determined, their maps were drawn, and stand stocking and canopy cover were determined with their coordinates. First of all, Karaman and Ermenek Forest Enterprise Managamenet plans and their stand maps were examined. Afterwards, the oak species in the region were identified through field trips and the boundaries of their distribution areas were determined in coordination. Pure and mixed oak areas were mapped. Oaks spread in the mountainous areas in the southern regions of Karaman. Macedonian oak is the most widespread species. The dynamic and static structures of oak forests have been disrupted. They should be made productive through rehabilitation and restoration works. Coppice forests should be converted into the seed forests.

**Key Words:** *Quercus coccifera*, *Quercus trojana*, *Quercus cerris*, *Quercus infectoria*, *Quercus vulcanica*

**Atf / To cite :** Güven N, Güner S (2024). Karaman ilinin meşe ormanları ve silvikültürel öneriler Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(1): 18-27.

## 1. GİRİŞ

Meşe cinsinin dünya üzerinde 400'den fazla türü olduğu bildirilmektedir (Öztürk 2013). Türkiye'de Ak meşeler, Kırmızı meşeler ve Herdemyeşil meşeler olmak üzere 3 seksiyona ait 17 türle temsil edilen meşeler geniş alanlarda yayılış yapmaktadır. Doğal olarak yayılış yapan bu türlerden 3 tanesi (*Quercus vulcanica* Boiss, *Quercus macranthera* Fisch subsp. *sypirensis* ve *Quercus trojana* Webb. subsp. *yaltirikii*) endemiktir (Akkemik 2016). Meşe türlerinin birçoğu derinlere inen kazık kök yapabilmekte ve sürgün verme yeteneğindedir. Kuraklığa dayanıklı türler olarak bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı da kuraklık ve fakir topraklar gibi zor koşulların bulunduğu kritik yetişme ortamlarına uyum sağlayabilen kanaatkâr orman ağacı türlerindedirler (Dickson ve Tomlinson, 1996).

Meşeler kanaatkâr olması nedeniyle olsa gerek 22,93 milyon hektar olan Türkiye ormanlarında 6,75 milyon hektarla en fazla yayılış alanına sahip olan orman ağaçlarıdır (Anonim 2022). Bununla birlikte özellikle yakacak odun ihtiyacı için kırsal kesimlerde en fazla tahribata uğrayan da meşelerin oluşturduğu ormanlar olmuştur. Bunlara ek olarak küresel iklim değişikliği nedeniyle kuraklığın artması gibi etkenler de meşelerin yayılış alanlarını daraltmaya başlamıştır. Sosyal baskılar, yakacak odun ve yaprak yararlanması nedenlerinden dolayı meşe ormanlarının normal kuruluşları bozulmuş, meşçere dinamiği ve stabilizelesi çoğu yerde kaybolmuştur. Meşeler kök ve kütük sürgünü verme yeteneğinde olduklarından dolayı son hasılat için kesildikleri orman alanlarında sürgün (baltalık) ormanlarına dönüşmüşlerdir (Ertaş 2007; Bekiroğlu ve ark. 2013).

Karaman İli, İç Anadolu bölgesinde, Toros dağlarının kuzeyinde yer almaktadır ve Akdeniz ikliminden karasal iklime geçiş noktasında bulunmaktadır. Yarı kurak yetişme ortamlarına sahiptir (Yavuzaslanoğlu ve Yavuz 2012). Karaman ilinde meşe, ardıç, karaçam, kızılçam ve sedir ağaç türlerinde oluşan genellikle gevşek kapalı orman alanları bulunmaktadır. Meşe ormanları Türkiye ormanlarına benzer şekilde ildeki yayılış yapan ağaç türlerine göre en fazla yayılış alanına sahiptirler (Anonim 2022). Karaman İlinde beş adet meşe türünün yayılış yaptığı bilinmektedir.

Mevcut ormanların korunması ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, yeni orman alanlarının oluşturulması gibi ormancılık konuları ile uğraşan bilim dalı silvikültürdür. Terminolojimize yerleşmiş olan silvikültür, latince kökenli olup silva (orman) ve cultura (yetiştirme) kelimelerinin birleşmesinde oluşmaktadır. Genel bir çerçevede açıklanması istenirse "ormanlar yetiştirilmesi, geliştirilmesi ve bakımı ile uğraşır. Orman ağaçlarının yetiştiği ortamın özellikleri, ekolojik istekleri, ağaç türlerinin biyolojisi gibi çok sayıda faktörün analiz edilmesi ile birlikte silvikültür öncelikli olarak orman alanlarının korunmasını planlar. Sürdürülebilir bir şekilde insanoğlunun ormanlardan karşılayabileceği ihtiyaçları sağlamaya çalışır (Genç 2020; Nyland 2016).

Küresel iklim değişikliği etkileri kurak ve yarı kurak iklim bölgelerindeki doğal orman alanlarında yangınların artması, böcek ve mantar hastalıklarının çoğalması ve toplu ağaç ölümlerinin görülmesi şeklinde ilk uyarılarını vermektedir. Kuraklığın artması ile birlikte orman alanlarının sınırlarında daralmaların olması, ormanların yer değiştirmesi veya göç etmesi, orman yoğunluğunun azalması ve nitekim bazı türlerin neslinin kaybolması beklenmektedir. Stepe geçiş noktasında bulunan karasal iklime sahip Karaman İlinde gelecek günlerde kuraklığın etkisinin çok daha fazla hissedileceği beklenen bir durumdur (Yürekli ve ark. 2010; Sattari ve ark. 2011). Buna bağlı olarak başta meşe ormanları olmak üzere Karaman ilinde yayılış gösteren bütün ormanlık alanlarda, iklim değişikliği ile birlikte meşçere kuruluşlarının değişime uğraması, bazı türlerin göçü ve bazı orman alanlarının sınırlarının değişmesi beklenen bir durumdur. İklim değişikliği ile birlikte kaybolacak türler olabileceği gibi alana yeni türlerin gelmesi de olasıdır.

Bu çalışmada öncelikle Karaman ili sınırlarında doğal olarak yayılış gösteren mevcut meşe türlerinin kurmuş olduğu orman alanlarının yayılış alanları ve sınırları belirlenmiş, Karaman ilindeki meşe ormanlarının yayılış haritası oluşturulmuştur. Makalede tür bazında meşelerin bulunduğu mevkiler verilmiştir. Meşe ormanlarının tür bazında ve meşçere (*Meşçere: Kendisini çevresinden belirgin bir şekilde herhangi bir özelliği ile ayıran en az 1 ha büyüklüğündeki orman parçası*) yapıları hakkında bilgiler verilmiştir. Küresel iklim değişikliği ile gelecekteki beklentilerde dikkate alınarak Sonuçta Karaman ilindeki meşe ormanlarının geliştirilmesi ve devamlılığının sağlanması için silvikültürel öneriler yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmanın materyali Karaman il sınırları içerisinde bulunan meşe ormanlarıdır. Orman alanlarının haritalanması ve incelenmesinde Karaman ve Ermenek Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı birimlerin orman amenajman planları ile silvikültür planlarından faydalanılmıştır.

### 2.1. Karaman İli ve Orman Alanları

Karaman ili, 37°11' kuzey enlemleri 33°15' doğu boylamları arasında İç Anadolu Bölgesinin güneyinde, Antalya ve Mersin illerinin birleştiği sınırın hemen kuzeyinde bulunmaktadır. İl merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği 1033 metredir. Toplam yıllık 337 mm yapış almaktadır. Uzun dönem meteorolojik gözlem verilerine göre büyüme mevsiminde aylık yağış miktarları 30-35 mm arasında olmaktadır. Yaz kuraklığı yaşanmaktadır (Anonim 2021). Karaman ilinde Merkez, Ayrancı, Başyayla, Ermenek, Kâzımkarabekir, Sarıveliler ilçeleri olmak üzere toplamda 6 ilçe bulunmaktadır. Nüfusu 260.838'dir (Anonim 2023). İlin temel geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Yüzölçümü 885.100 hektardır (Anonim 2021). İlin % 37' si tarım arazileri, % 22'sini çayır mera arazileri % 29,4'ü de orman



alanlarından oluşturmaktadır (Yavuzaslanoğlu ve Yavuz 2012; Anonim 2022).

Orman idaresi yönünden Karaman İlinin orman alanları Konya Orman Bölge Müdürlüğüne bağlıdır. İldeki ormanlar Karaman ve Ermenek olmak üzere iki Orman İşletme Müdürlüğü sorumluluğunda yönetilmektedir. Karaman Orman İşletme Müdürlüğündeki ormancılık faaliyetleri Karaman, Larende, Karadağ, Bucakışla,

Kâzımkarabekir, Göksu ve Ayrancı olmak üzere toplam 7 ayrı Orman İşletme Şefliği tarafından yürütülmektedir. Ermenek Orman İşletme Müdürlüğün de ise ormancılık faaliyetleri Kazancı, Laçın, Ermenek, Göktepe, Başyayla ve Çamlıca olmak üzere toplam 6 Orman İşletme Şefliği tarafında yürütülmektedir. Karaman ilinde %33,8 normal kuruluştaki, %66,2'si boşluklu (bozulmuş) kuruluştaki olmak üzere toplam 260.518,00 ha orman alanı bulunmaktadır (Tablo 1)

**Tablo 1.** Karaman ve Ermenek Orman İşletme Müdürlüğü Ormanlarının Alansal Dağılımı

İşletme Müdürlüğü	Normal Orman (ha)	Bozuk Orman (ha)	Toplam Orman Alanı (ha)	Ormansız Alan (ha)	Genel Alan (ha)
Karaman	47.962,70	121.354,00	169.316,70	602.172,50	771.489,20
Ermenek	40.869,70	50.869,70	91.201,30	50.001,30	141.202,60
Toplam	88.294,30	172.223,70	260.518,00	652.173,80	912.691,80

Karaman ili orman alanlarında meşe, karaçam, kızılçam, sedir ve göknar gibi asli ağaç türlerinin saf ve karışık meşcereleri bulunmaktadır. Orman alanlarının bir kısmı ise yabani zeytin (delice) ve maki türleri ile kaplı durumdadır. Meşe türleri yöre ormanlarının hakim türleri olarak karşımıza çıkmaktadır ve diğer türlere göre yayılış alanlarının fazlalığı bakımından da dikkat çekmektedir (Anonim 2022).

## 2.2. Araştırma Yöntemi

Karaman İlindeki Meşe orman alanlarının yayılış yerlerinin tespiti için ilk önce Karaman il sınırları içerisinde bulunan Karaman ve Ermenek Orman İşletme Müdürlüklerine bağlı Orman İşletme Şefliklerinin orman amenajman planları ve meşcere haritaları detaylı bir şekilde incelenmiştir. 2016-2035 yılları için hazırlanmış olan Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarında yer alan tablolardan yöredeki meşelik olan orman alanlarının mevkileri ve bulunduğu yerler tespit edilmiştir. Sonrasında planlarda görülen yayılış alanlarına teknik geziler yapılarak o alanda hangi tür meşenin yayılış yaptığı, saf mı, karışık meşcereler mi olduğu, kapalılık dereceleri, gelişme seyirleri gözlemlenmiş bu şekilde silvikültürel özellikleri kayıt edilmiştir. Amenajman planlarındaki sınırları ile arazideki sınırları kontrol edilmiş ve arazide okunan koordinatlarla birlikte NetCAD programında Karaman ilindeki yayılış gösteren meşe türlerinin sınırları belirlenmiş ve Karaman İli Meşe Ormanları Haritası oluşturulmuştur. Meşe ormanlarının meşcere özelliklerini belirlenmesi ve yöreye ekolojik, sosyo-ekonomik katkılarının tespit edilmesi amacıyla yine Karaman ve Ermenek Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Karaman İl sınırlarında bulunan İşletme Şefliklerinin kayıtları incelenmiştir. Bakım, gençleştirme, baltalık işletmesi, rehabilitasyon gibi silvikültürel faaliyetler sırasında son beş yılda elde edilen türler bazında odun üretim miktarları tespit edilmiş ve meşe ormanlarının Karaman iline endüstriyel odun üretimi bakımından katkısı belirlenmiştir. Meşe ormanlarının yöreye ekolojik ve sosyokültürel katkıları değerlendirilmiştir. Ayrıca amenajman planı verileri, işletme şefliklerinin üretim planları ve araziden toplanan bilgilerle yöredeki meşe ormanlarının niteliği hakkında bilgiler derlenmiş ve

yöredeki meşe ormanlarının geleceği için silvikültürel öneriler getirilmiştir.

## 3. BULGULAR

Karaman ili sınırlarında bulunan orman alanlarında karaçam, kızılçam, sedir, göknar ve meşeler doğal olarak yayılış gösteren başlıca ağaç türlerindedir. Yöre ormanlarında 5 meşe türünden oluşan saf ve karışık ormanlar bulunmaktadır. Karaman ilinde orman oluşturan meşeler Kermes meşesi (*Quercus coccifera* L.), Makedonya meşesi (*Quercus trojana* Webb), Saçlı meşe (*Quercus cerris* L), Mazı meşesi (*Quercus infectoria* Oliv.) ve Kasnak meşesi (*Quercus vulcanica* Boiss)'dir. Kasnak meşesi aynı zamanda endemik bir türdür.

Meşe ormanları Karaman İlinin merkez ve güney batı ilçelerinde yoğunlaşmıştır. Kuzey ve doğu bölgelerinde ise diğer bölgelere göre daha az yoğunlukta yayılış yapmaktadırlar. Karaman İlinin ilçeleri olarak ele alındığında en fazla meşe ormanı yoğunluğu Merkez ilçesinde görülmektedir. Kâzımkarabekir İlçesindeki ve Ermenek ilçesindeki meşe ormanlarının yoğunluğu da dikkat çekmektedir (Şekil 1).

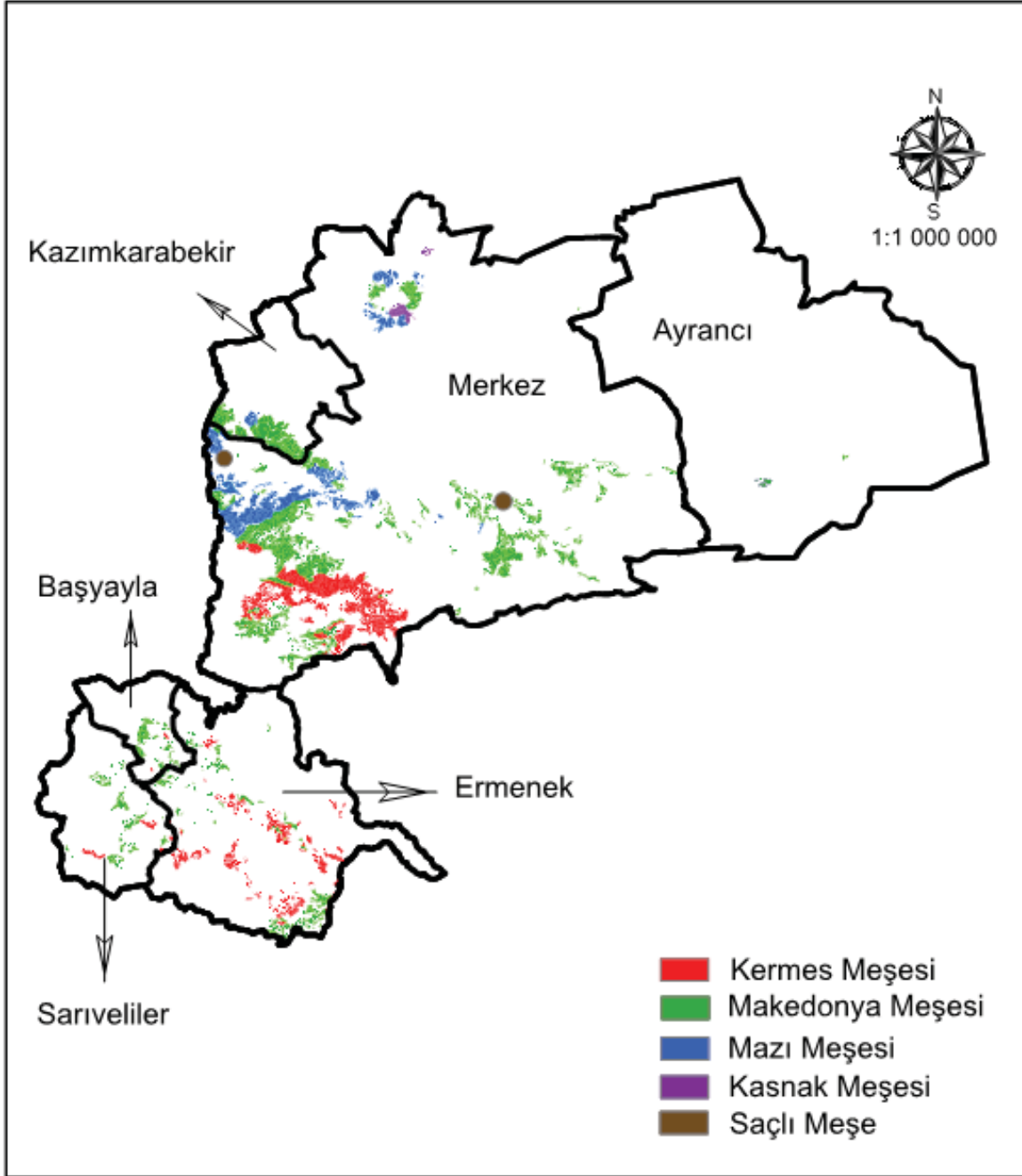
Yöredeki yayılış yapan meşe ormanlarının yarısı (%51,8) Makedonya meşesinden oluşmaktadır. Makedonya meşesini sırasıyla kermes meşesi (%23,5), Mazı meşesi (%23,3), Kasnak meşesi (%1,3) ve Saçlı meşe (%0,03) takip etmektedir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Meşe ormanlarının kapalılık oranlarına göre yayılış alanları

Meşe Türü	Kapalılık Oranları (%)			Alanı (ha)
	0-40	41-70	71-100	
Makedonya	23.532,9	10.762,4	541,2	34.836,5
Kermes	6.505,9	6.552,4	2.609,0	15.667,3
Mazı	10.253,5	5.285,6	4,1	15.543,2
Kasnak	368,8	473	0	841,8
Saçlı	237,5	0	0	237,5
Toplam	40.898,6	23.073,4	3.154,3	67.126,3

Kapalılık oranı verimlilik açısından önemli bir göstergedir. Karaman ilinde yayılış gösteren tüm meşe türleri dikkate alındığında kapalılık oranı % 40'ın altında bulunan normal yapısı bozulmuş meşe ormanları 40.898,6 ha olup tüm meşe ormanlarının % 61 ini oluşturmaktadır. % 34'ünde kapalılık % 40-70 arasında, % 5 i ise normal kapalılıktadır. Normal kuruluştaki olup verimli olan orman 3.154,30 ha olup bunun 2.609,0 ha'ı Kermes meşesinden, 541,2 ha'ı Makedonya meşesinden oluşmaktadır.

Endemik bir tür olan Kasnak Meşesi Karaman Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı ve Ereğli Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı verilerine göre toplam 841,8 ha alanda yayılış göstermiştir. Kasnak meşesinin toplam yayılış olan 841,8 ha alanın 532,8 ha kısmı verimli ormanlardan oluşturmuştur (Tablo 2). Karaman ilinde bulunan 5 adet meşe türünün yayılış mevkileri aşağıdaki başlıklar altında verilmiştir.



Şekil 1. Karaman İlinin Meşe Ormanları

#### Makedonya Meşesi (*Quercus trojana* Webb)

Karaman ili sınırları içerisinde 34.836,5 hektar ile en fazla yayılış alanına sahip meşe türünün Makedonya Meşesi (*Q. trojana*) olduğu belirlenmiştir. İldeki Merkez, Kâzımkarabekir, Ermenek, Başyayla, Sarıveliler ve Ayrancı İlçelerinin orman köylerinin tamamında yayılış

yapmaktadır. Orman İdaresi yönünden Karaman Orman İşletme Müdürlüğü'nün Karaman, Larende, Karadağ, Bucakışla, Kâzımkarabekir, Göksu ve Ayrancı Orman İşletme Şefliklerinde ve Ermenek Orman İşletme Müdürlüğü'nün Kazancı, Ermenek, Göktepe ve Başyayla Orman İşletme Şefliklerinde bulunmaktadır.

Makedonya meşesi Karaman ilinde en alt yayılışını 520 m'de Akçaalan köyü- Nunu vadisinde en yüksek yayılışını ise 2080 m'de Çatköy köyü, İbici kuyusu mevkiinde yapmaktadır.

İlçeler olarak ele alındığında; Karaman-Merkez ilçesinde birbirine komşu olan Göcer, Dağkonak, Çatak ve Çukurbağ köyleri etrafında geniş bir alanda ardıç (*Juniperus* sp.) türüyle karışıma girerek normal kapalılıkta (%70-100) meşçere oluşturmuşlardır. Yine Damlapınar köyü Karaağa Deresi mevki, Nunu vadisinin batı kısmında Göksu Nehri boyunca ince bir hat şeklinde, Kurucabel – Aşağıakın köyleri arasında kalan yamaçlarda, İhsaniye köyü çıkışında, Ada köyü Kuzun Deresi mevkiinde, Bayır köyü Çingen Deresi, Söğütlü Dere, Gökyar Deresi üçgeninde ardıç türleriyle karışıma girerek meşçereler oluşturmuşlardır. Yılangümü, Damlapınar, Dağkonak ve Çatak köylerinin Göksu Nehrine bakan güney yamaçlarında baltalık niteliğinde tahrip edilmiş meşçereleri bulunmaktadır. Kalaba, Ada, Bayır, İhsaniye, Aşağıakın, Morcalı, Çukurbağ, Üçkuyu köylerinin etrafında doğal meşçereleri yer almaktadır. Yılangümü, Pamuk Deresi arasında kalan havzada, Dağkonak köyü Yukarıalan mevkiinde, Göcer köyü Bornaz mevkiinde saf meşçereler halinde bazı noktalarda normal kapalılıkta ormanlar oluşturmuşlardır. Karadağ'ın doğu ve batı yamaçlarında % 10 kapalılıkta meşçereler oluşturarak yayılış göstermektedirler. Dereköy, Gökçe, Lale, Akpınar, Gülkaya, Paşabağ, Başharman köyleri arasında kalan sırt ve derelerde % 10-20 kapalılıkta meşçereler halinde yayılmıştır. Yeşildere köyü ile Ak köprü arasındaki hattın güney yamaçlarında kapalı ve verimli genç meşçereler halinde yayılış göstermektedirler. Güldere köyünün güney kısmında bulunan Kavakalanı mevkiinde yaklaşık 200 ha alanda normal kapalı saf meşçereleri bulunmaktadır. Medreselik köyü, Bolavat mevki, Tavşanlı köyünün etrafında, Boyalı – Çavuşpınarı köyleri arasında küçük meşçereler halinde yayıldığı tespit edilmiştir. Kızılyaka köyü Taşlık mevkiinde kalın ağaçlık çağına gelmiş %30-40 kapalılıklarda meşçereler halinde yayılış göstermektedir.

Kâzımkarabekir ilçesinde Alanözü-Şihlar köyü arasında kalan Yangılı mevkiinde, Hacıbaba Dağının kuzeyinde Kâzımkarabekir ilçesine bakan yamaçlarda ardıç türleriyle karışım oluşturmuştur. Kâzımkarabekir mesire alanı etrafında, Hacıbaba Dağı-Akarköy köyü arasında kalan kuzey yamaçlarda verimli meşçereler oluşturmuştur.

Ermenek ilçesi sınırlarında Olukpınar – İkizçınar köyleri ile Zeyve pazarı arasında kalan geniş bir alanda %20-30 kapalılıkta saf meşçereler oluşturduğu görülmüştür. Boyalık Köyü Kızılbucak mevki, Tepebaşı köyü Avuluk mevki, Elmayurdu köyü Kırac, Endires, Büyükdüz, Çatalçam mevkilerinde, Katranlı köyü Gedemes mevki, Alakilise köyünün kuzey yamaçları, Aşağıçağlar köyünün kuzey yamaçları, Akçamescit Mahallesi Kilise önü mevki, Seyran Mahallesi Bozdağ mevki, Keşirlik Mahallesi Kenelik mevki, Ağaççatı köyü Taşardı mevki yine Makedonya meşesinin %20-30 kapalılıktaki meşçereleri bulunmaktadır. Yalındal köyü Erik Deresi mevkiinde ince ağaçlık çağında %30 kapalılıkta küçük bir meşçeresi vardır.

Başyayla ilçesi sınırlarında ise Başköy Mahallesi Deliktaş mevki ve Üzümlü köyü Hacıgediği mevkilerinde sırkılık direklik çağında normal kuruluşlarda saf meşçereler oluşturarak yayılış göstermektedir. Yine aynı mevkilerde ardıç türleriyle karışıma girerek yayılış gösterdiği meşçereler de bulunmaktadır. Başyayla ilçesinin batı kısımlarında, Büyükpınar köyü etrafında, Kışlaköy, Üzümlü ve Elmayurdu köyleri arasında bulunan yerlerde, Göztepe köyü Suluboğaz mevkiinde kapalılığı bozulmuş (%10-20) meşçereler oluşturduğu tespit edilmiştir.

Sarıveliler ilçesi sınırlarında Civandere-Civler köylerinin kuzey yamaçlarında, Çevrekavak köyü ile Göktepe Kasabası arasında bağlantıyı sağlayan karayolunun sağ ve sol yamaçlarında, Göktepe Kasabası Yarıktaş mevkiinde, Koçaşlı köyü Koçaşlı mevkiinde doğal olarak yayılış göstermektedir. Dumlugöze köyü Küçük alanı mevki, Işıklı köyünün kuzey kısımlarında 5-10 ha büyüklüklerinde parçalı meşçereler oluşturmaktadır.

Ayrancı ilçesi sınırlarında bulunan Makedonya meşelerinin çoğunluğu kapalılığı bozulmuş (%10-20) meşçereler halindedir. Yörede genelde saf meşçereler oluştursa da kasnak meşesiyle karışıma girdiği de tespit edilmiştir. Ayrancı ilçesindeki meşe türleri bloklar halinde yayılmayıp üç ayrı lokasyonda küçük meşçereler halinde bulunmaktadır. Berendi köyünün yaylası da olan Bolkar Dağı Kırkpınar mevkiinin hemen kuzeyinde 25 ha alanda yayılış yaptığı görülmüştür. İlçe sınırlarında Makedonya meşesinin en fazla yayılış yaptığı yer Kayaönü köyünün civarındadır. Yaklaşık olarak 150 ha alanda yayılış göstermekle birlikte tamamı kasnak meşesiyle karışım halindedir. Büyükkoraş köyü ile Kızıllarağını köyü arasında kalan Armutlu Köyü mevkiinde yaklaşık 65 ha alanda normal kapalı saf meşçereler halinde yayılmıştır.

#### **Kermes Meşesi (*Quercus coccifera* L.)**

Karaman ili sınırları içerisinde 15.667,3 ha ile Makedonya Meşesinden sonra en fazla yayılış gösteren meşe türüdür. Merkez, Ermenek ve Başyayla İlçelerinde yayılış göstermektedir.

Orman İdaresi yönünden ise Karaman Orman İşletme Müdürlüğünün Bucakışla ve Göksü Orman İşletme Şefliklerinde, Ermenek Orman İşletme Müdürlüğünün Kazancı, Laçın, Ermenek, Göktepe, Başyayla ve Çamlıca Orman İşletme Şefliklerinde yayılış yapmaktadır.

Karaman İlinde Kermes meşesi en alt yayılışını 300 m'de Kurucabel köyü-Topal Hacı Çiftliği mevkiinde, en üst yayılışını 1450 m Aybastı köyü-Ataalanı mevkiinde yapmaktadır.

İlçeler olarak ele alındığında; Karaman-Merkez ilçe sınırları içerisinde Göksu Nehrinin de bulunduğu Kalaba, Ada, Akçaalan, Göcer, Çatak, Narlıdere, Bademli, Elmadağ, Yukarıakın, Aşağıakın, Kurucabel, Bayır köyleri arasında kalan Göksu vadisinde çok geniş bir alanda ardıç (*Juniperus*) türleriyle karışıma girerek meşçere oluşturmuştur. Bostanözü ve Çukur köyleri etrafında, Nunu vadisi ile Çukur köyü arasında kalan havzada kızılçam (*Pinus brutia*) türüyle karışım oluşturarak yayılış göstermektedir.

Ermenek ilçesi sınırlarında Gökçeseki köyü Gölyalağı mevkiinde bozuk vasıflı meşcereler oluşturmuştur. Yeşilköy, Ardıçkaya köyleri arasında, Pınarönü ve Sarıvadi köyleri etrafında, Yalındal, İkizçınar köyleri arasında geniş alanlarda yayılmıştır. Olukpınar - İhsu köyleri arasında kalan vadi boyunca kapalılığı bozulmuş (%10-20) meşcereler oluşturmuştur. Görmeli köyü Ören ve Taşdibi mevkiilerinde, Çavuş köyü ile Ermenek ilçesi arasında kalan hat boyunca, Ağaççatı, Ermenek Barajı arasında kalan güney yamaçlarda, Meydan Mahallesi Çeşmeboğaz mevki ve Aşağıçağlar Köyiçi mevkiinde yayılış yapmaktadır.

Başyayla ilçesi sınırlarında Kirazlıyayla köyü Burçaklık mevki ve Büyükkarapınar köyü Yayla mevkiinde küçük 5-10 ha büyüklüklerinde küçük meşcereler oluşturmuşlardır. Sarıveliler ilçesi sınırlarında Esentepe köyü Kızalan mevki ve Dumlugöze köyü Delimehmet mevkiilerinde de yayılış yapmaktadır.

#### **Mazı Meşesi (*Quercus infectoria* Oliv.)**

Karaman ili sınırlarında Mazı meşesi 15.543,20 ha alanda yayılış yapmaktadır. Karaman Merkez ve Kâzımkarabekir ilçelerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Orman İdaresi yönünden ise Karaman Orman İşletme Müdürlüğü'nün Larende, Karadağ, Bucakışla ve Kâzımkarabekir Orman İşletme Şefliklerinde yayılış yaptığı görülmüştür. Ermenek Orman İşletme Müdürlüğü içerisinde yayılış bulunmamaktadır.

Karaman ilinde mazı meşesi en alt yayılışını 610 m yükseltide Damlapınar köyü-Göçerdersi mevkiinde en üst yayılışını ise 2190 m'de Kılbasan kasabası- Radar mevkiinde yapmaktadır.

İlçeler olarak ele alındığında; Karaman-Merkez ilçe sınırlarında Pınarbaşı köyü Karcalı mevki, Başkışla köyü İskelettepe mevki, Madenşehri köyü, Karadağ, Değle Dağı ve Kızıldağ'da yayılmaktadır. Damlapınar köyünün Göksu Nehrine bakan güney yamaçlarında, Şıhlar köyünün hemen kuzeyinde, Bozkandak köyünün Köyüstü mevkiinde, Başkışla köyünün Hacıbaba Dağı mevkiinde, Seyithasan köyü Çardaklar ve Kanlıyokuş mevkiinde ardıç (*Juniperus*) türleriyle karışma girerek yayılış yaptığı tespit edilmiştir.

Kâzımkarabekir ilçesinde ise Özyurt köyü ve Akarköy köyünün güneyinde bulunan Hacıbaba Dağının eteklerinde Yenibağlık mevkiinde kapalı ve boşluklu kapalılıkta meşcereler oluşturmaktadır.

#### **Kasnak Meşesi (*Quercus vulcanica* Boiss.)**

Endemik bir tür olan Kasnak meşesi Karaman ili sınırları içerisinde 841,80 ha alanda Karaman Merkez ve Ayrancı ilçelerinde yayılış yapmaktadır.

Orman idaresi yönünden ise Karaman Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Karadağ ve Ayrancı Orman İşletme Şefliklerinde bulunmaktadır.

Karaman ilinde Kasnak meşesi en alt yayılışını 1220 m'de Karacaören köyünde en üst yayılışını 2200m'de Kılbasan kasabası-Radar mevkiinde yapmaktadır.

İlçeler olarak ele alındığında; Karaman-Merkez ilçede baltalık vasıfta meşçere oluşturan kasnak meşesinin yayılış Karadağ'ın yaklaşık 10 km kuzeyinde yer alan Çet Dağı'nda görülmüştür. Normal kapalı (%70-100) Kasnak meşeleri Karadağ'ın güney yamaçlarında bulunurken kapalılığı bozulmuş (%10-20) baltalık vasıflı meşcereler ise Karadağ'ın zirvesine yakın dağ eteklerinde bulunmaktadır. Bölgedeki Kasnak meşesi orman alanlarının 186,2 olduğu ve bu alanlarda Makedonya meşesi ile karışım yaptığı tespit edilmiştir.

Ayrancı ilçesinde de Makedonya meşesi ile karışma girerek meşçere oluşturan kasnak meşesine Berendi köyü sınırlarında Kırkpınar mevkiinin kuzeyinde 15-20 ha'lık alanda rastlanılmaktadır. Büyükkoraş köyü ile Kızıllarağini köyü arasında Armutlu mevkiinde 2-3 ha büyüklüğündeki alanda meşçere oluşturmuştur. Kayaönü köyü çevresinde yaklaşık 1,5 ha'lık alanda münferit bir yayılış bulunmaktadır.

#### **Saçlı Meşe (*Quercus cerris* L.)**

Karaman İli sınırları içerisinde 237,50 ha alanı ile en az yayılışa sahip olan meşe türü Saçlı meşedir. Sadece Karaman Merkez ilçede doğal olarak yayılış yapmaktadır.

Orman idaresi yönünden ise yayılış yeri Karaman Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Karaman ve Kâzımkarabekir Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalmaktadır.

Karaman İlinde Saçlı meşe en alt yayılışını 1180 m'de Zengen köyü -Köyönü mevkiinde en üst yayılışını 1390 m Muratdede köyü-Kırgınboğazı mevkiinde yapmaktadır.

Karaman Merkez ilçede Başharman ve Muratdede köylerinde bulunmaktadır. Başharman köyünün Karasay mevkiinde ve köyün hemen kuzey yamaçlarında 3-5 ha alanda yayılış gösterdiği görülmüştür. Muratdede köyü Karşiyaka mevkiinde kapalı meşcereleri bulunmaktadır. Kırgınboğazı mevkiinde bozuk vasıfta mazı meşesi ile birlikte karışık meşcereler oluşturarak yayılmıştır. Saçlı meşenin Yeşildere köyünde ve Çavuşpınarı köyünde münferit halde yayılış yaptığı küçük münferit alanların olduğu da tespit edilmiştir. Hatta Çavuşpınarı köyünde bulunan yaşı 180 olarak hesaplanan bir adet saçlı meşe 1991 tarihinde, Yeşildere köyünde bulunan yaşları 180-230 arasında olan üç adet saçlı meşe 2021 yılında anıt ağaç olarak tescillenmiştir.

#### **Meşe Ormanların Endüstriyel Odun Verimi**

Karaman İlindeki meşe ormanlarından endüstriyel orman ürünü olarak lif yonga odunu, sanayi odunu ve yakacak odun üretilmektedir. Endüstriyel orman ürünü üretiminde yöredeki en geniş yayılış alanına sahip olan Makedonya meşesinin katkısı %76,5 oranındadır. Makedonya meşesini %16,3 ile Mazı meşesi, %5,4 ile Kasnak Meşesi ve %1,8 ile Kermes meşesi takip etmektedir. Saçlı meşelerin endüstriyel odun ürünü verebilecek özelliklerdeki bireyleri bulunmamaktadır. Yöredeki meşelerden son beş yılda üretilen odun üretimine yönelik olarak Orman İşletme Şefliklerinden alınan üretim değerleri Tablo 3.te verilmiştir. Ayrıca yine Orman İşletme Müdürlükleri kaynaklarına göre son beş yılda bunlardan başka Makedonya meşesi ormanlarında 3.231

m<sup>3</sup>, kermes meşesi ormanlarında 174 m<sup>3</sup> endüstriyel ağaç dikili halde satışı yapılmıştır.

**Tablo 3.** Karaman İlindeki Meşelerin Endüstriyel Odun verimi (m<sup>3</sup>)

Meşe Türü	2019	2020	2021	2022	2023	Toplam
Makedonya	6.401	3.940	4.667	3.274	6.370	24.652
Mazı	2.819	0	822	1.375	234	5.250
Kasnak	310	957		258	211	1.736
Kermes	0	0	0	584	0	584
Saçlı	0	0	0	0	0	0
Toplam	9.530	4.897	5.489	5.491	6.815	32.222

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Makedonya meşesi kırmızı meşeler grubunda bulunan bir türümüzdür. Kazdağı ve Truva meşesi olarak da bilinmektedirler. Batı, Kuzeybatı ve Güneybatı Anadolu'da doğal yayılış alanları vardır. 300 m ile 1800 m yükseltilerde yayılış yapmaktadır. Sert ve ağır bir odunu vardır. Ortalaması 10-12 m olmakla en fazla 18 m kadar boy yapmaktadır (Yaltırık 1984; Öztürk 2013). İç Anadolu bölgesinde Ankara ili sınırları içerisinde yeni yayılış alanlarının olduğu bildirilmektedir (Körüklü ve ark. 2023). *Quercus trojana* subsp. *trojana* (Makedonya Meşesi) ve *Quercus trojana* subsp. *yaltirikii* (Yaltırık Meşesi) olarak iki alt türü bulunmaktadır. Yaltırık Meşesi endemik türümüzdür (Zieliński ve ark. 2006). Karaman ilinde genellikle *Quercus trojana* subsp. *trojana alt türü* doğal olarak yayılış göstermektedir. Mersin- Antalya sınırında 1200 m yükseltilerde doğal olarak bulunan endemik tür olan Yaltırık Meşesinin Karaman ilinin güney kısımlarında bulunma olasılığı yüksektir.

Kermes meşesi herdem yeşil meşe türlerindedir. Genellikle kermes meşesi, yüksekliği 2 m'yi geçmeyen bir çalıdır, tabandan itibaren sert, yoğun ve birbirine dolanmış dalları olan, 4-6 m yüksekliğinde küçük bir ağaç haline gelebilir (Öztürk 2013; Villar-Salvador ve ark. 2013). Büyümesi yavaş olup genellikle çalı ya da boylu çalı formundadır. Maki vejetasyonunun hâkim olduğu yerlerde yayılış göstermektedir. Uygun yetişme koşullarında 15 metreye kadar boy yapabilmektedir (Yaltırık 1984). Çanakkale Gökçeada'da 300 yaşında 12,5 m boyunda anıt bireyinin olduğu tespit edilmiştir (Akkemik ve ark. 2020)

Mazı meşesi Türkiye, Suriye, İran, Kıbrıs ve Yunanistan'da yayılış yapmaktadır (Ahmad ve ark. 2011). Ortalama 2,5 m yüksekliğinde boy yapabilen meşe küçük bir ağaçtır (Askari ve ark. 2020). Herdem yeşil meşeler gurubundadır. Uygun yetişme koşullarında 20 metreye kadar boylanmaktadırlar. Mazı arısının tomurcuklar üzerine yumurta bırakmasıyla üzerinde mazılar oluştuğu için ismini buradan almıştır (Yaltırık 1984).

Türkiye sınırları içerisinde oldukça geniş yayılış alanları bulunan Saçlı meşe Türk meşesi olarak adlandırılmaktadır. Hızlı gelişen meşe türlerindedir. 20 - 30 metre arasında boy yapar. Kırmızı meşeler grubundadır (Yaltırık 1984). Türkiye'de doğu ve kuzey Anadolu haricinde hemen tüm bölgelerde yayılış yapmaktadır. En

geniş yayılış alanı sahip olan meşe türüdür. Diğer meşe türlerine oranla daha hızlı büyüme ve gelişim özelliği göstermektedir (Şahin 2016).

Ülkemizde kasnak meşesi olarak da bilinen *Q. vulcanica* ak meşeler grubuna aittir. Yayılış alanları genellikle 1300-1800 metre yükseltileri arasındadır. *Quercus vulcanica*, 25-30 m yüksekliğe ve 1,6 m çapa ulaşabilen endemik bir ağaç türüdür (Yaltırık 1984). Dağılımı Anadolu'nun güneybatısından orta-kuzeyine kadar 1200 m ile 1800 m arasındaki yükseltilerde görülür. Türkiye'nin batısında, Isparta şehrinin Kovada göl bölgesinde yaklaşık 1300 hektarlık saf bir *Q. vulcanica* ormanı bulunmaktadır (Yücedağ ve ark. 2021).

Akdeniz ikliminden karasal iklime geçiş noktasında ve yarı kurak /kurak bir bölgede bulunan Karaman ili yılda toplam 300-350 mm/m<sup>2</sup> arasında yağış almaktadır. İlkbaharda büyüme zamanı aylık yağışlar 30-35 mm arasında değişirken temmuz ağustos aylarında bu değer 5-8 mm/m<sup>2</sup> arasında olmaktadır. Ortalama sıcaklık değerleri de büyüme mevsiminde 11-20 °C arasında değişmektedir (Yürekli ve ark. 2010). İklim verilerinden orman ve bitki yetiştirilmesinde yöredeki en önemli sorunlarından birisinin kuraklık olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle yöredeki meşe ormanları da dahil bütün ormanların zayıf bir gelişme gösterdiği, normal kuruluştaki kapalılık oluşturamadığı gözlemlenmektedir.

Karaman ili ve çevresinde iklim analizlerine göre gelecekte kuraklığın artması beklenmektedir (Yürekli ve ark. 2020). Değişen iklim şartlarına bağlı olarak meşe ormanlarının daha yükseklere çıkması olasıdır. Ağaçlandırma çalışmaları yapılırken bu hususun dikkate alınması büyük önem arz etmektedir. Yöredeki meşe cinsleri başta olmak üzere orman alanlarında görülen bütün bitki türleri için tohum bankaları kurularak ve bu bankalarda uygun saklama koşullarında muhafaza edilerek geleceklerinin teminat altına alınması gereklidir.

Yörede en yaygın olan ve endüstriyel odun verebilen Makedonya meşesi ormanları başta olmak üzere diğer tür olan Mazı Meşesi ormanlarında bakım, gençleştirme ve rehabilitasyon çalışmalarının zamanında yapılarak meşcerelerin daha sağlıklı hale getirilebileceği düşünülmektedir. Yöre ormanlarında kapalılık oranları ele alındığında meşe ormanlarının % 61'i boşluklu yapıdadır. Kuraklık ve antropojen etkilerin meşcerelerin kapalılığının bozulmasına ve ağaç formlarının bozulmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Ağaç formlarının bozulmasında otlama ve yaprak yararlanmasının da katkısı yüksektir. Kuraklık nedeniyle kapalılık oluşturamamış bu olan alanlarda koruma ağırlıklı işletmecilik yapılması önerilmektedir. Bu alanlarda kapalılığı ve verimliliği artırabilmek için meşcereler rehabilitasyona tabi tutulmalı, toprak kaybı olan ekosistemi bozulmuş meşe alanlarında restorasyon çalışmaları yapılmalıdır. Antropejen etkilerle zarar görmüş ve sürgün kökenli meşe ormanlarının tohum kaynaklı koru ormanlarına dönüştürülmesi önem arz etmektedir. Yöredeki meşe ormanlarının sağlığı ve geleceği için amenajman ve silvikültür planları yenilenirken özellikle sürgün kökenli olan meşe

ormanlarında koruya tahvili yönünde kararlar alınması ve uygulanması önerilmektedir.

Yörenin değerini artıran ve endemik bir tür olan Kasnak Meşesi ormanları koruma altına alınmalıdır. Bu türün bulunduğu orman alanlarında endüstriye odun üretimi yapılamamalı, yapılacak olan silvikültürel müdahaleler sadece meşçerenin devamlılığını sağlamaya yönelik olmalıdır.

Yöre ormanlarında anıt ağaç özelliği taşıyan bireylerin olduğu bilinmektedir. Ancak birçoğunun tescilleri yapılmamıştır. Anıt ağaçların tescilinin sağlanması ve koruma altına alınması önerilmektedir. Bu husus hem geçmişe ışık tutması hem de yapılacak bilimsel çalışmalar açısından önemlidir.

Meşe ormanları yöreye ekonomisine sağladığı endüstriyel odun hammaddesi ile birlikte bulunduğu yerlerde önemli peyzajlar oluşturmakta, oksijen üretme, erozyon önleme, toprak koruma vb. ekolojik ve sosyo-kültürel faydalar sağlamaktadır. Ayrıca köylü pazar satışı ile satılan meşe odunlarından meşe kömürü elde edilerek yörenin mangal kömürü ihtiyacını karşılamada büyük ölçüde katkı sağladığı da bilinmektedir.

Meşelerin endüstriyel odun hammaddesi sağlaması dışında yöreye yaprağı, palamudu ve kabuğu gibi yan ürünleri ile ekonomik katkı katkılar sağlama potansiyelleri bulunmaktadır.

Mazı meşelerinde oluşan mazılar dericilik, boyacılık, tıp eczacılık gibi çok farklı endüstriyel sektörlerde kullanılmaktadır (Elham ve ark 2021). Mazı meşelerinde bulunan mazılar tanen, asit, nişasta, şeker ve kalsiyum oksalat içermektedirler. Mazı ekstraktının anti bakteriyel özelliği bulunmaktadır İlaç sanayiinde geniş kullanım alanları vardır (Voravuthikunchai ve ark. 2008). İshal kesici ilaçların yapımında kullanılmakta ve kan kesici özelliğinden yararlanılmaktadır (Umachigi 2008). Kimya sanayiinde asit hammaddesidir. Boya mürekkep, çivit imalinde kullanılır (Askari ve ark. 2020). Mazılar, bugün başta Rusya olmak üzere Belçika, Lüksemburg ve Tunus olmak üzere birçok ülkeye ihraç edilmektedir (Anonim 2022). Mazının yörenin ekonomisine katkı sağlama potansiyeli bulunmaktadır.

Meşe yaprakları hayvanlar tarafından yaş veya kuru olarak tüketilebilmektedir. Besin değeri yüksektir. Yörede küçükbaş (koyun ve keçilerin) hayvanların beslenmesinde kullanılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Ahmad W, Zeenat F, Hasan A, Abdullah A, Nargis A, Tarannum T (2011). Mazı (*Quercus infectoria* Oliv)-an overview. Indian Journal of Unani Medicine, 4(1): 17-22.
- Akkemik Ü (2016). Türkiye'nin doğal meşe (*Quercus* L.) türlerinin yayılışı ve botanik özellikleri, Uluslararası Katılımlı Meşe Çalıştayı, 18-20 Ekim 2016. Bildiler Kitabı, İğneada, Kırklareli.
- Akkemik Ü, Yılmaz HÇ, Yılmaz O, Sevgi O, Sevgi E (2020). Gökçeada'da *Quercus coccifera* türüne ait bir anıtsal ağaç tespiti. Turkish Journal of Biodiversity, 3(1): 15-20.
- Anonim (2023). Karaman ilinin nüfus bilgileri, 2023 yılı Türkiye İstatistik Kurumu Verileri, Ankara.
- Anonim (2021). Karaman ilinin sanayi ve ekonomi analizi çalışması, MEVKA ve T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
- Anonim (2022). Orman Genel Müdürlüğü 2022 yılı istatistikleri, Ankara.

Meşe palamutlarının yemlerde besin değerini artırdığı (Kökten ve ark, 2017), besinlerin sindirimine yardımcı olduğu (Zeynettin ve Avcı 2018), ekstraktlarının karaciğer ve pankreası koruyucu etkilerinin bulunduğu (Yaman ve Doğan 2016) bildirilmektedir. Meşe palamudu ekstraktı deri sanayinde (Özgünay 2000), boyar maddelerde (Merdan ve Eyüboğlu 2022), glutensiz dış macunu üretiminde (Şahin ve ark. 2021) ve hatta biyoyakıt üretiminde (Yelekin 2022) hammadde olarak kullanılabilir.

Meşe kabukları tanen (Hathway 1959), polifenol, ağır metaller (Drózdź ve Pyrzyńska 2021) içermektedir. Meşe kabukları ekstraktı tıp, eczacılık, boya sanayisi gibi değişik sektörlerde kullanılan bir hammadde. Nitekim yapılan çalışmalarda meşe kabukları ekstraktının kolesterolü düşürdüğü (Panchal ve Brown 2013), tavuklarda kan lenfositlerini artırdığı (Fisinin ve ark. 2018) tespit edilmiştir.

Kermes meşesi odunlarından Konya ve Karaman yörelerinde yufka ve ekmek açılan tahta (senit) ve dibek (havan) yapıldığı ve Kermes meşesinin uç sürgünleri ezilerek elde edilen toz ile yanık ve pişikleri iyileştirmek için problemler bölgeye sürülerek kullanıldığı bildirilmektedir (Bağcı 2019).

Ülkemizde gün geçtikçe odun dışı orman ürünlerinin önemi artmaktadır. Ormana olan baskıyı azaltmak ve kırsal kesimde yaşayanların ekonomik kalkınmalarına katkı sağlamak amacıyla faydalanma planlarının kapsadığı alanlar da artırılmalıdır. Yapılan ve yapılacak olan bilimsel çalışmalar ışığında meşelerin yaprak, kabuk, palamut ve köklerinden yeni faydalanma şekilleri belirlenmeli ve yöre sakinlerine alternatif gelir sağlanması yoluna gidilmelidir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Makale Prof. Dr. Sinan GÜNER danışmanlığında Nurullah Güven tarafından hazırlanmış olan Yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## TEŞEKKÜR

Karaman Orman İşletme Müdürlüğü personeline katkı ve desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

- Askari SF, Azadi A, Namavar JB, Tansaz M, MirzapourNasiri A, Mohagheghzadeh A, Badr P (2020). A comprehensive review about *Quercus infectoria* G. Olivier gall. Res J Pharmacogn, 7(1): 67-75.
- Bağcı Y (2016). Sarıveliler (Karaman) ve çevresinde yetişen bitkilerin etnobotanik özellikleri, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 42(1): 84-107.
- Bekiroğlu S, Atıcı E, Özer GÖ, Yadiğar S, Uslu B (2013). Baltalıkların oluşumu ve baltalıkların koruya dönüştürülmesinin sosyoekonomik boyutu (İstanbul örneği). Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 63(2): 61-70.
- Dickson RE, Tomlinson PT (1996). Oak growth, development and carbon metabolism in response to water stress. In Annales des Sciences Forestieres, 53(2-3): 181-196.
- Drózd P, Pyrzyńska K (2021). Extracts from pine and oak barks: phenolics, minerals and antioxidant potential. International journal of environmental analytical chemistry, 101(4): 464-472.
- Elham A, Arken M, Kalimanjan G, Arkin A, İminjan M (2021). A review of the phytochemical, pharmacological, pharmacokinetic, and toxicological evaluation of *Quercus Infectoria* galls. Journal of Ethnopharmacology, 273:113592.
- Ertaş A (2007). Baltalık işletmesinin meşcere kuruluşu üzerindeki etkileri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 9(12): 35-47.
- Fisinin VI, Ushakov AS, Duskaev GK, Kazachkova NM, Nurzhanov BS, Rakhmatullin SG, Levakhin GI (2018). Mixtures of biologically active substances of oak bark extracts change immunological and productive indicators of broilers. Agricultural biology, 53(2): 385-92.
- Genç, M (2020). Silvikültür Tekniği, Uygulamalı Orman Ekolojisi, E Kitaplar Serisi No:3. Giresun.
- Hathway DE (1959). Experiments on the origin of oak-bark tannin. Biochemical Journal, 71(3): 533.
- Kökten K, Kaplan M, Turan V, Kale H, Çağan E, Kardeş YM, Tutar H, Tal E (2017). Farklı meşe palamudu türlerinin (*Quercus* sp.) hayvan besleme özellikleri. 12.Tarla Bitkileri Kongresi, Kahramanmaraş.
- Mankolli H, Toros H, Dursun S (2020). Air quality of Karaman city, Türkiye. International Journal of Ecosystems & Ecology Sciences, 10(3): 491-500.
- Merdan N, Eyüpoğlu Ş (2022). Meşe palamudundan elde edilen doğal boyarmadde ile pamuk kumaşın boyanmasına farklı mordan maddelerin etkisinin araştırılması. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 22(43): 33-43.
- Nyland RD (2016). Silviculture: concepts and applications. Waveland Press.
- Özgünay H (2000). Meşe palamutu ekstraktı vales' in deri sanayiinde kullanılabilirliğinin artırılması üzerine araştırmalar (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk S (2013). Türkiye meşeleri teşhis ve tanı kılavuzu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Panchal SK, Brown L (2013). Cardioprotective and hepatoprotective effects of ellagitannins from European oak bark (*Quercus petraea* L.) extract in rats. European journal of nutrition, 52: 397-408.
- Sattari MT, Yürekli K, Ünlükara A (2011). Karaman ilinde yapay sinir ağları yaklaşımı kullanılarak kuraklığın tahmini. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2011(1): 7-13.
- Körüklü ST, Demirtaş A, Gökmen M (2023). The first record of a Macedonian oak (*Quercus trojana* Webb) from Ankara, Türkiye. Herbarium Turcicum, 2023(3): 1-9.
- Şahin A (2016). Marmara Bölgesindeki meşe ormanlarının yayılışı, işletme amaçları ve planlanması. Orman Genel Müdürlüğü Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Uluslararası Katılımlı Meşe Çalıştayı, Kırklareli, Türkiye.
- Şahin ÖY, Kamal H, Yaşar AM, Kaya EŞ (2021). Çölyak hastaları için meşe palamudu meyvesinden glutensiz diş macunu elde edilmesi ve analizi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21(6): 1453-1459.
- Umachigi SP, Jayaveera KN, Kumar CA, Kumar GS, Kumar DK (2008). Studies on wound healing properties of *Quercus infectoria*. Tropical journal of Pharmaceutical research, 7(1): 913-919.
- Villar-Salvador P, Uscola M, Heredia Guerrero N (2013). *Quercus coccifera* L. producción y manejo de semillas y plantas forestales. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Egraf, SA, Madrid.
- Voravuthikunchai SP, Chusri S, Suwalak S (2008). *Quercus infectoria*. Oliv. Pharmaceutical Biology, 46(6): 367-372.
- Yaltırık F (1984). Türkiye meşeleri teşhis kılavuzu, Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını, İstanbul.
- Yaman T, Doğan A (2016). Streptozotosin ile diyabet oluşturulan sıçanlarda meşe palamudu (*Quercus branti* Lindl.) ekstraktların karaciğer ve pankreası koruyucu etkileri. Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2016(1): 7-15.
- Yavuzaslanoğlu E, Yavuz M (2012). Karaman'ın tarım turizmi yönünden potansiyeli. Karamanoğlu Mehmetbey

Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 2012(1): 31-33.

Yelesin E (2022). Meşe palamudu (*Quercus ithaburensis*)'ndan piroliz yöntemiyle yakıt üretiminin optimizasyonu (Yüksek Lisans Tezi), Afyon Kocatepe Üniversitesi.

Yücedağ C, Müller M, Gailing O (2021). Morphological and genetic variation in natural populations of *Quercus vulcanica* and *Q. frainetto*. *Plant Systematics and Evolution*, 307: 1-15.

Yürekli K, Ünlükara A, Yıldırım M (2010). Farklı yaklaşımlarla Karaman ilinin kuraklık analizi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2010(1): 19-23.

Zeynettin E, Avcı M (2018). Yonca kuru otu ve süt sığırı rasyonuna zeolit ve meşe palamudu ilavesinin in vitro organik madde sindirimi ve metan oluşumu üzerine etkisi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1): 67-73.

Zieliński J, Petrova A, Tomaszewski D (2006). *Quercus trojana* subsp. *yaltirikii* (*Fagaceae*) a new subspecies from southern Turkey. *Willdenowia*, 36(2): 845-849.



## Karyotype Symmetry/Asymmetry Index (S/AI) in Bovidae Taxa

Halil Erhan EROĞLU 

Yozgat Bozok University, Faculty of Science and Art, Department of Biology, Yozgat, Turkey

Alındı/Received: 28/01/2024; Kabul/Accepted: 27/03/2024; Yayın/Published: 18/04/2024

\* Corresponding author e-mail: herhan.eroglu@bozok.edu.tr

### Abstract

The chromosomal data, particularly karyotype asymmetry, provide valuable information on karyotypic phylogeny and speciation. The karyotype asymmetry is a good expression of the general morphology of chromosomes. The S/AI is a formula used to calculate the karyotype asymmetry. The formula was applied to 79 species and five subspecies from 46 genera for female individuals and 72 species and five subspecies from 42 genera for male individuals in the Bovidae family. According to the S/AI values between 1.2903 and 3.0000, the dendrograms were drawn to demonstrate the interspecies relationships in the family. The karyotypes of females were symmetrical in 10 species and two subspecies from 6 genera and between symmetrical and asymmetrical in 69 species and three subspecies from 40 genera. Male karyotypes were symmetrical in 10 species and two subspecies from 6 genera and between symmetrical and asymmetrical in 62 species and three subspecies from 36 genera. The dendrograms will contribute to phylogenetic studies in mammals. Already, they showed results similar to those of molecular taxonomy.

**Key Words:** Karyotypic variations, Chromosome, Interspecific relationships

## Bovidae Taksonlarında Karyotip Simetri/Asimetri İndeksi (S/AI)

### Öz

Kromozomal veriler, bunlardan özellikle karyotip asimetrisi, karyotipik filogeni ve türleşme hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. Karyotip asimetrisi, kromozomların genel morfolojisini iyi bir şekilde ifade eder. S/AI, karyotip asimetrisini hesaplamak için kullanılan bir formüldür. Formül, Bovidae familyasında dişi bireyler için 46 cinsten 79 tür ve 5 alttüre, erkek bireyler için 42 cinsten 72 tür ve 5 alttüre uygulanmıştır. Familyadaki türler arası ilişkileri gösteren dendrogramlar, 1.2903 ile 3.0000 arasında değişen S/AI değerlerine göre çizilmiştir. Dişilerin karyotipleri 6 cinsin 10 tür ve 2 alttöründe simetrik, 40 cinsin 69 tür ve 3 alttöründe ise simetrik ve asimetric arasındadır. Erkeklerin karyotipleri 6 cinsin 10 tür ve 2 alttöründe simetrik, 36 cinsin 62 tür ve 3 alttöründe ise simetrik ve asimetric arasındadır. Dendrogramlar, memelilerdeki filogenetik çalışmalara katkıda bulunacaktır. Dendrogramlar ve moleküler taksonomi sonuçları benzer sonuçlar göstermişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Karyotipik varyasyonlar, Kromozom, Türler arası ilişkiler

**Atf / To cite:** Eroğlu HE (2024). Karyotype symmetry/asymmetry index (S/AI) in Bovidae taxa. Karamanoğlu Mehmetbey University Journal of Engineering and Natural Sciences, 6(1): 28-37.

### 1. INTRODUCTION

Bovidae (Gray, 1821) is placed in Artiodactyla (Owen, 1848). The family comprises 146 wild and domestic species in 51 genera (Lynx Nature Books 2023). The Bovidae are the most widespread family of extant Artiodactyla (Wolfe 2015; Itis 2023). The bovinds include the ruminant mammals commonly known as gaur, bison, yak, sheep, duiker, and gazelle. Wild bovinds can be found throughout Africa, much of Europe, Asia, and North America, and they characteristically inhabit grasslands. The number of Bovidae taxa decreases, especially with the human impact (Wolfe 2015). Humans have always hunted

the bovinds in America and Eurasia. According to the IUCN Red List of Threatened Species, 19 species are categorized as Endangered (EN), and six species are categorized as Critically Endangered (CR). *Hippotragus leucophaeus* (bluebuck), *Bos primigenius* (aurochs), *Gazella bilkis* (queen of Sheba's gazelle), and *Gazella saudiya* (Saudi gazelle) are categorized as Extinct (EX) (Iucnredlist 2023).

The family Bovidae is one of the most important members of the world's wildlife and natural life (ADW 2024).

Therefore, many taxonomic and cytotoxic studies have been reported related bovinds till now. The chromosome numbers of Bovidae were generally between  $2n = 50$  and  $2n = 60$ . Many species have 56, 58, and 60 chromosomes (See Table 1 for References). On the other hand, there were also species with lower chromosome numbers, such as  $2n = 30$ , which were *Gazella dorcas*, *Gazella marica* (formerly *Gazella subgutturosa*), and *Raphicerus campestris* (Wallace and Fairall 1967; Wurster 1972; Tez et al. 2005; Saatoğlu et al. 2019). These karyotypic variations resulted from the centric fusions. The biarmed translocation formed the Robertsonian chromosomes (Gallagher and Womack 1992; Oh et al. 2011).

Karyotype asymmetry is a good expression of the general morphology of chromosomes. One of the most cheap, popular and most preferred methods in comparative cytotoxicology is that concerning karyotype asymmetry. Scientists have developed various methods to assess karyotype asymmetry within a set of chromosomes to date. (Paszko, 2006; Eroğlu et al. 2013; Eroğlu 2015). All these quantitative methods depend on parameters such as total chromosome length and arm lengths. Unlike these,  $S/A_1$  is a useful parameter that calculates asymmetry according to chromosome type and centromere position (Eroğlu 2015). This study aims to determine interspecific relationships in the family Bovidae using the  $S/A_1$  parameter and to discuss the effects of karyotypic variations and centric fusions, which play an important role in speciation, on karyotype asymmetry in Bovidae.

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Karyotype Asymmetry Formula

Karyotype asymmetries were calculated with the formula given below.

$$S/A_1 = (1 \times M) + (2 \times SM) + (3 \times A \text{ or } ST) + (4 \times T) / 2n$$

In formula, M, SM, A, ST, and T means the number of metacentric, submetacentric, acrocentric, subtelocentric, and telocentric chromosomes, respectively.  $S/A_1$  value varies between 1.0 and 4.0, and accordingly, karyotypes are full symmetric (1.0), symmetric ( $1.0 < S/A_1 \leq 2.0$ ), between symmetric and asymmetric ( $2.0 < S/A_1 \leq 3.0$ ),

asymmetric ( $3.0 < S/A_1 < 4.0$ ) and, full asymmetric (4.0) (Eroğlu 2015).

### 2.2. The Chromosomal Data

An extensive literature review identified the chromosome numbers, karyotype formulae, karyotype asymmetries, and karyotype types of 79 species and 5 subspecies belonging to 46 genus. The scientific names were checked from the Integrated Taxonomic Information System (Itis 2023) and the IUCN Red List of Threatened Species (Iucnredlist 2023). The scientific names of some species can be reported differently in the literature. The water buffalo is an important example: *Bubalus bubalis* (Itis 2023) and *Bubalus arnee* (Iucnredlist 2023). Another example is mouflon and domestic sheep. The mouflon is the ancestor of domestic sheep, but sometimes the same scientific name is used for both (Itis 2023).

### 2.3. Drawing the Dendrograms

According to the chromosomal data, the dendrograms were drawn showing the interspecific relationships by Past 4.14 software. The first and second dendrograms consisted of karyotypes of 78 species and six subspecies for female individuals and 71 species and six subspecies for male individuals, respectively. There were not seven species in the male dendrogram for two reasons. (i) Only the female karyotype had been reported in *Philantomba maxwellii*, *Pelea capreolus*, and *Kobus ellipsiprymnus* (Hard 1969; Gallagher and Womack 1992; Robinson et al. 2014). (ii) In *Capra aegagrus*, *Ammotragus lervia*, *Budorcas taxicolor*, and *Boselaphus tragocamelus*, because the Y chromosome was too small, its chromosome type could not be determined (Chandra et al. 1967; Nadler et al. 1974; Pasitschniak-Arts et al. 1994).

## 3. RESULTS

Table 1 gives the diploid chromosome numbers, karyotype formulae,  $S/A_1$  values, and karyotype types of the taxa. The diploid numbers and  $S/A_1$  values ranged from 30 to 60 and 1.2000 to 3.0000. While 14 species had the highest  $S/A_1$  value, the lowest value was only in *Gazella marica*.

**Table 1.** The karyotype formulae, index values and karyotype types of the taxa.

Scientific name (common name)	$2n$	Chromosomes	References	$S/A_1$ -F $S/A_1$ -M	Karyotype type
<i>Litocranius walleri</i> (Gerenuk)	60	58A X = A, Y = A	Wurster and Benirschke 1968	3.0000 3.0000	T2
<i>Oreotragus oreotragus</i> (Klipspringer)	60	58A X = A, Y = A	O'Brien et al. 2006	3.0000 3.0000	T2
<i>Philantomba maxwellii</i> (Maxwell's duiker)	60	58A X = A, Y = ?*	Hard 1969	3.0000	T2
<i>Procapra gutturosa</i> (Mongolian gazelle)	60	58A X = A, Y = A	Soma et al. 1980	3.0000 3.0000	T2
<i>Pantholops hodgsonii</i> (Chiru)	60	58A X = A, Y = A	Liu et al. 2012	3.0000 3.0000	T2
<i>Hippotragus equinus</i> (Roan antelope)	60	58A X = A, Y = A	Fordyce-Boyer et al. 1995	3.0000 3.0000	T2
<i>Hippotragus niger</i>	60	58A	Fordyce-Boyer	3.0000	T2

(Sable antelope)		X = A, Y = A	et al. 1995	3.0000	
<i>Capra ibex</i> (Alpine ibex)	60	58A X = A, Y = A	Lux et al. 2004	3.0000	T2
<i>Capra falconeri</i> (Markhor)	60	58A X = A, Y = A	Lux et al. 2004	3.0000	T2
<i>Capra aegagrus</i> (Wild goat)	60	58A X = A, Y minute**	Nadler et al. 1974	3.0000	T2
<i>Capra hircus</i> (Domestic goat)	60	58A X = A, Y = M	Iannuzzi et al. 1996	3.0000 2.9667	T2
<i>Aepyceros melampus</i> (Impala)	60	58A X = A, Y = M	Wurster and Benirschke 1967a	3.0000 2.9667	T2
<i>Naemorhedus goral</i> (Goral)	56	54A X = A, Y = A	Soma et al. 1980	3.0000 3.0000	T2
<i>Naemorhedus baileyi</i> (Red Goral)	56	54A X = A, Y = A	Liu et al. 1994	3.0000 3.0000	T2
<i>Naemorhedus caudatus</i> (Long-tailed goral)	56	54A X = SM, Y = A	Oh et al. 2011	2.9643 2.9821	T2
<i>Naemorhedus griseus</i> (Chinese goral)	54	2SM + 50A X = A, Y = A	Liu et al. 1994	2.9630 2.9630	T2
<i>Tetracerus quadricornis</i> (Four-horned antelope)	38	36A X = A, Y = M	Wurster and Benirschke 1967a	3.0000 2.9474	T2
<i>Cephalophus niger</i> (Black duiker)	60	58A X = SM, Y = A	Hard 1969	2.9667 2.9833	T2
<i>Cephalophus silvicultor</i> (Yellow-backed duiker)	60	58A X = SM, Y = A	Hard 1969	2.9667 2.9833	T2
<i>Cephalophus zebra</i> (Zebra duiker)	58	2SM + 54A X = M, Y = A	Hard 1969	2.8966 2.9310	T2
<i>Bison bison</i> (American bison)	60	58A X = SM, Y = A	Gallagher et al. 1999	2.9667 2.9833	T2
<i>Bison bonasus</i> (European bison)	60	58A X = SM, Y = A	Gallagher et al. 1999	2.9667 2.9833	T2
<i>Bos frontalis</i> (Domestic gaur)	58	2SM + 54A X = SM, Y = SM	Gallagher and Womack 1992	2.9310 2.9310	T2
<i>Bos gaurus</i> (Wild gaur)	58	2SM + 54A X = SM, Y = M	Gallagher et al. 1999	2.9310 2.9138	T2
<i>Bos taurus</i> (Cattle)	60	58A X = SM, Y = SM	Lux et al. 2004	2.9667 2.9667	T2
<i>Bos javanicus</i> (Banteng)	60	58A X = SM, Y = M	Gallagher et al. 1999	2.9667 2.9500	T2
<i>Bos grunniens</i> (Domestic yak)	60	58A X = SM, Y = SM	Popescu 1969	2.9667 2.9667	T2
<i>Connochaetes taurinus</i> (Common wildebeest)	58	2SM + 54A X = A, Y = A	Gerneke 1967	2.9655 2.9655	T2
<i>Connochaetes gnou</i> (Black wildebeest)	58	2SM + 54A X = A, Y = A	Wurster and Benirschke 1968	2.9655 2.9655	T2
<i>Addax nasomaculatus</i> (Addax)	58	2SM + 54A X = A, Y = A	Claro et al. 1996	2.9655 2.9655	T2
<i>Oryx dammah</i> (Scimitar-horned oryx)	58	2SM + 54A X = A, Y = A	Claro et al. 1994	2.9655 2.9655	T2
<i>Oryx leucoryx</i> (Arabian oryx)	58	2SM + 54A X = A, Y = A	Cribiu et al. 1990	2.9655 2.9655	T2
<i>Oryx gazella</i> (Gemsbok)	56	4SM + 50A X = A, Y = A	Hsu and Benirschke 1968	2.9286 2.9286	T2
<i>Nilgiritragus hylocrius</i> (Nilgiri tahr)	58	2SM + 54A X = A, Y = SM	Bernischke and Kumamoto 1980	2.9655 2.9483	T2
<i>Rupicapra rupicapra</i> (Northern chamois)	58	2SM + 54A X = A, Y = SM	Gallagher and Womack 1992	2.9655 2.9483	T2
<i>Tragelaphus angasii</i> (Nyala)	56	2SM + 52A X = A, Y = A	Wurster and Benirschke 1968	2.9643 2.9643	T2
<i>Tragelaphus imberbis</i> (Lesser kudu)	38	10M + 10SM + 16A X = A, Y = A	Benirschke et al. 1980	2.2105 2.2105	T2
<i>Tragelaphus strepsiceros</i>	32	8M + 18SM + 4A	Hsu and	1.9375	T1

(Greater kudu)		X = A, Y = A	Benirschke 1971	1.9375	
<i>Tragelaphus spekkii</i> (Sitatunga)	30	6M + 20SM + 2A X = A, Y = A	Wurster et al. 1968	1.9333 1.9333	T1
<i>Ammotragus lervia</i> (Aoudad)	58	2M + 54A X = A, Y minute**	Nadler et al. 1974	2.9310	T2
<i>Eudorcas rufifrons</i> (Red-fronted gazelle)	58	2SM + 2ST + 52A X = SM, Y = M	Vassart et al. 1995	2.9310 2.9138	T2
<i>Eudorcas thomsonii</i> (Thomson's gazelle)	58	2SM + 2ST + 52A X = SM, Y = M	Nelson-Rees et al. 1967a	2.9310 2.9138	T2
<i>Antidorcas marsupialis</i> (Springbok)	56	4SM + 50A X = A, Y = M	Wurster and Benirschke 1967b	2.9286 2.8929	T2
<i>Pelea capreolus</i> (Grey rhebok)	56	4SM + 50A X = A, Y = ?*	Robinson et al. 2014	2.9286	T2
<i>Madoqua kirkii</i> (Kirk's dik-dik)	48	4SM + 42A X = A, Y = A	Kumamoto et al. 1994	2.9167 2.9167	T2
<i>Redunca fulvorufula</i> (Mountain reedbuck)	56	2M + 2SM + 50A X = A, Y = A	Rubes et al. 2007	2.8929 2.8929	T2
<i>Nesotragus moschatus zuluensis</i> (Suni)	56	2M + 2SM + 50A X = A, Y = A	Kingswood et al. 1998	2.8929 2.8929	T2
<i>Nesotragus moschatus moschatus</i> (Suni)	54	4M + 2SM + 46A X = A, Y = A	Kingswood et al. 1998	2.8148 2.8148	T2
<i>Nesotragus moschatus akeleyi</i> (Suni)	52	2M + 6SM + 42A X = A, Y = A	Kingswood et al. 1998	2.8077 2.8077	T2
<i>Pseudois nayaur</i> (Bharal)	54	6SM + 46A X = A, Y = A	Bunch et al. 2000	2.8889 2.8889	T2
<i>Ovis ammon</i> (Argali)	56	4M + 50A X = A, Y = M	Bagirov et al. 2012	2.8571 2.8214	T2
<i>Ovis orientalis</i> (Mouflon)	54	6M + 46A X = A, Y = M	Bagirov et al. 2012	2.7778 2.7407	T2
<i>Ovis aries</i> (Domestic sheep)	54	6M + 46A X = A, Y = M	Bagirov et al. 2012	2.7778 2.7407	T2
<i>Ovis canadensis</i> (Bighorn sheep)	54	6M + 46A X = A, Y = M	Bagirov et al. 2012	2.7778 2.7407	T2
<i>Ovis dalli</i> (Thinhorn sheep)	54	6M + 46A X = A, Y = M	Bagirov et al. 2012	2.7778 2.7407	T2
<i>Ovis nivicola</i> (Snow sheep)	52	8M + 42A X = A, Y = M	Bagirov et al. 2012	2.6923 2.6538	T2
<i>Budorcas taxicolor</i> (Takin)	52	8SM + 42A X = A, Y minute**	Pasitschniak-Arts et al. 1994	2.8462	T2
<i>Syncerus caffer</i> (African buffalo)	52	8SM + 42A X = A, Y = A	Gallagher et al. 1999	2.8462 2.8462	T2
<i>Bubalus bubalis</i> (Water buffalo)	50	10SM + 38A X = A, Y = A	Gallagher et al. 1999	2.8000 2.8000	T2
<i>Bubalus depressicornis</i> (Lowland anoa)	48	12SM + 34A X = A, Y = A	Low and Benirschke 1973	2.7500 2.7500	T2
<i>Neotragus pygmaeus</i> (Royal antelope)	36	6SM + 28A X = SM, Y = A	Placentation 2007	2.7778 2.8056	T2
<i>Kobus kob</i> (Kob)	50	2M + 8SM + 38A X = A, Y = A	Kingswood et al. 2000	2.7600 2.7600	T2
<i>Kobus ellipsiprymnus</i> (Waterbuck)	50	10SM + 38A X = SM, Y = ?*	Gallagher and Womack 1992	2.7600	T2
<i>Kobus leche</i> (Southern lechwe)	48	12SM + 34A X = A, Y = A	Wurster and Benirschke 1968	2.7500 2.7500	T2
<i>Hemitragus jemlahicus</i> (Himalayan tahr)	48	12SM + 34A X = A, Y = SM	Nelson-Rees et al. 1967b	2.7500 2.7292	T2
<i>Capricornis crispus</i> (Japanese serow)	50	4M + 6SM + 38A X = A, Y = A	Benirschke et al. 1972	2.7200 2.7200	T2
<i>Capricornis swinhoei</i> (Formosan serow)	50	4M + 6SM + 38A X = A, Y = A	Soma et al. 1981	2.7200 2.7200	T2
<i>Capricornis sumatraensis</i> (Sumatran serow)	48	2M + 10SM + 34A X = A, Y = A	Soma et al. 1982	2.7083 2.7083	T2
<i>Ovibos moschatus</i>	48	4M + 8SM + 34A	Pasitschniak-Arts	2.6667	T2

(Muskox)		X = A, Y = M	et al. 1994	2.6250	
<i>Nanger dama</i> (Dama gazelle)	38	18SM + 18A X = A, Y = A	Wurster and Benirschke 1968	2.5263	T2
<i>Nanger granti</i> (Grant's gazelle)	30 (F) 31 (M)	10M + 18SM X = SM, Y1, Y2 = A	Hsu and Benirschke 1975	1.6667 1.7419	T1
<i>Beatragus hunteri</i> (Hirola)	44	8M + 8SM + 26A X = A, Y = A	Kumamoto et al. 1996	2.4545	T2
<i>Boselaphus tragocamelus</i> (Nilgai)	46	4M + 26SM + 16A X <sup>**</sup> , Y <sup>***</sup>	Chandra et al. 1967	2.2609	T2
<i>Oreamnos americanus</i> (Mountain goat)	42	18M + 22A X = A, Y = M	Wurster and Benirschke 1968	2.1429	T2
<i>Alcelaphus buselaphus</i> (Hartebeest)	40	20M + 18A X = A, Y = A	Wurster and Benirschke 1967a	2.0000	T1
<i>Damaliscus pygargus pygargus</i> (Blesbok)	38	16M + 6SM + 14A X = A, Y = A	Kumamoto et al. 1996	2.0000	T1
<i>Damaliscus pygargus phillipsi</i> (Blesbok)	38	16M + 6SM + 14A X = A, Y = A	Kumamoto et al. 1996	2.0000	T1
<i>Damaliscus lunatus</i> (Topi)	36	12M + 12SM + 10A X = A, Y = A	Kumamoto et al. 1996	2.0000	T1
<i>Gazella spekei</i> (Speke's gazelle)	32 (F) 33 (M)	14M + 12SM + 4A X = SM, Y1, Y2 = A	Hsu and Benirschke 1974	1.6875 1.7576	T1
<i>Gazella dorcas</i> (Dorcas gazelle)	30 (F) 31 (M)	18M + 10SM X = A, Y1, Y2 = SM	Wurster 1972	1.4667	T1
<i>Gazella marica</i> (Arabian sand gazelle)	30 (F) 31 (M)	24M + 4SM X = SM, Y1, Y2 = A	Tez et al. 2005	1.2000	T1
<i>Raphicerus campestris</i> (Steenbok)	30	20M + 8SM X = A, Y = M	Wallace and Fairall 1967	1.4000	T1

Abbreviations: M-metacentric, SM- submetacentric, A-acrocentric, ST-subtelocentric, T-telocentric, F-female, M-male, T1-symmetric, T2-between symmetric and asymmetric. \* There is no male in the karyotype study, \*\* Could not determine the type of chromosome, \*\*\* Not identified.

In Figure 1, while the karyotype type was between symmetric and asymmetric in the 40 genus, 69 species, and three subspecies, it was symmetric in the six genera, ten species, and two subspecies. The  $S/A_1$  values of females ranged from 1.2000 to 3.0000. In Figure 2, while the karyotype type was between symmetric and asymmetric in the 36 genus, 62 species, and three subspecies, it was symmetric in the six genera, ten species, and two subspecies. The  $S/A_1$  values of male ranged from 1.2903 to 3.0000. The genera *Tragelaphus* and *Nanger* had karyotype types both symmetric and between symmetric and asymmetric. All other genera showed only a single karyotype type.

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The ancestral bovid karyotype was  $2n = 60$  (Wurster and Benirschke 1968). Central fusions or Robertsonian translocations had been reported to caused interspecific karyotype variations in the family Bovidae (Gallagher and Womack). Although the chromosome number in genera *Alcelaphus*, *Damaliscus*, *Gazella*, *Tragelaphus*, *Nanger*, and *Raphicerus* was 40 or less, in other genera were greater than 40 (Figures 1 and 2). Interestingly, all species with fewer than forty chromosome numbers had symmetrical karyotypes, excluding lesser kudu, dama gazelle, royal antelope, and four-horned antelope. In the *Nanger* genus, karyotypic variation between dama and

Grant's gazelle was due to differences in X and autosomal chromosomes. While Grant's gazelle had a symmetric karyotype with submetacentric X and metacentric, submetacentric autosomes; Dama's gazelle had more asymmetric karyotype with acrocentric X and submetacentric, acrocentric autosomes (Wurster and Benirschke 1968; Hsu and Benirschke 1975). In the *Tragelaphus* genus, karyotypic variations were due to differences in autosomal chromosomes. While greater kudu and sitatunga had symmetric karyotype with few acrocentric chromosomes; nyala and lesser kudu had more asymmetric karyotype with more acrocentric chromosomes (Wurster and Benirschke 1968; Wurster et al. 1968; Hsu and Benirschke 1971; Benirschke et al. 1980).

The karyotypes of domestic goat (*Capra hircus*) and four-horned antelope were located at the asymmetric limit in Figure 1, but this was not the case in Figure 2. The main reason was a heteromorphism between metacentric Y and acrocentric X (Table 1). In other *Capra* species, all chromosomes were acrocentric (Lux et al. 2004). The metacentric chromosome of the domestic goat probably originated from centric fusion. It was reported that the bovids biamed chromosomes resulted from Robertsonian translocation (Oh et al. 2011).

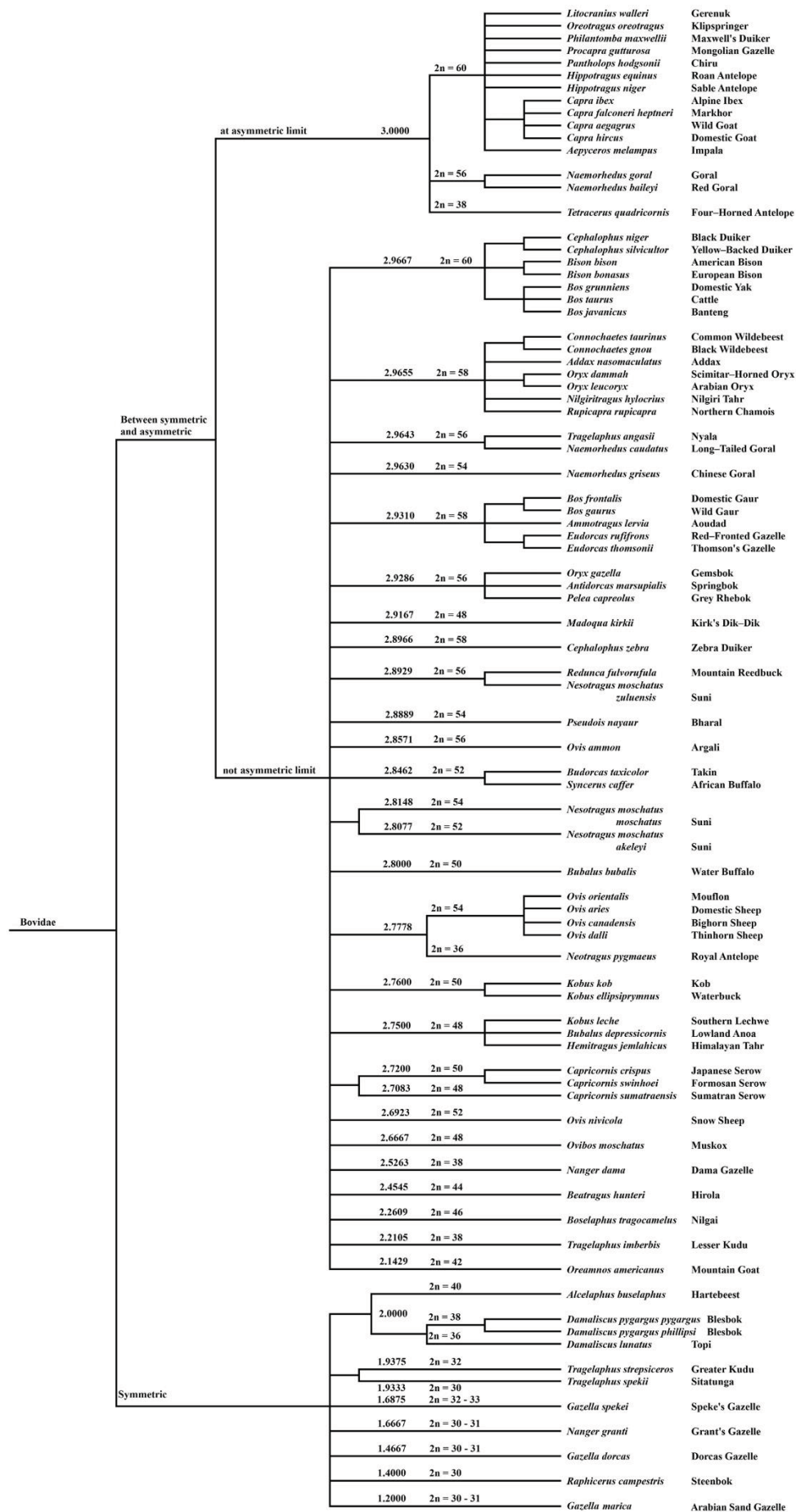


Figure 1. The female dendrogram demonstrating the interspecific relationships in family Bovidae

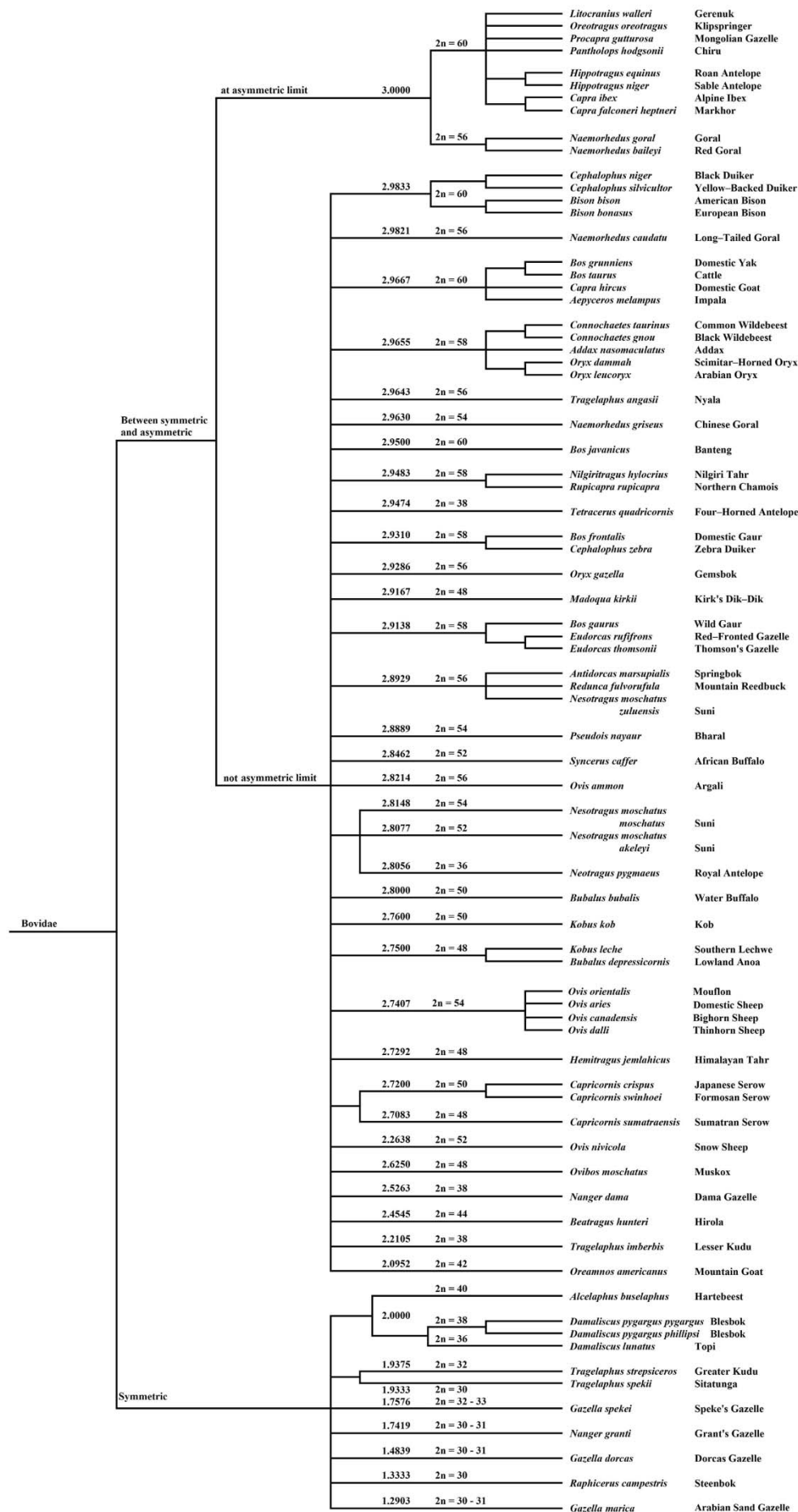


Figure 2. The male dendrogram demonstrating the interspecific relationships in family Bovidae

The karyotypes of the large genus *Bos*, *Bison*, and *Ovis* were between symmetric and asymmetric, but not at the asymmetric limit. The *Bison* genus had no karyotypic variation (Gallagher et al. 1999). In genus *Bos*, the variations were from the centric fusion between chromosome 2 and chromosome 28 of the ancestral karyotype (cattle). The centric fusion gave rise to the gaur karyotype consisting of one pair of submetacentric chromosomes (Gallagher and Womack 1992).

In genus *Ovis*, there was marked karyotypic variation. The karyotypic variation gradually occurred through centric fusions forming four classes. Class I was the ancestral karyotype and included one pair of metacentric chromosomes. Class II included two pairs of metacentric chromosomes; the argali was used in this class. Class III included three pairs of metacentric chromosomes and the mouflon, domestic sheep, bighorn sheep, and thinhorn sheep were in this class. Class IV included four pairs of metacentric chromosomes, and the snow sheep were included in this class (Bagirov et al. 2012). The karyotype asymmetry decreased with increasing metacentric chromosome pairs from Class I to IV.

## REFERENCES

- ADW (2024). <https://animaldiversity.org/accounts/Bovidae/>
- Bagirov VA, Klenovitskiy PM, Iolchiev BS, Zinovieva NA, Kalashnikov VV, Shilo OV, Soloshenko VA, Nasibov SN, Kononov VP, Kolesnikov AV (2012). Cytogenetic characteristic of *Ovis ammon ammon*, *O. nivicola borealis* and their hybrids. *Agricultural Biology*, 6:43-48.
- Bernischke K, Kumamoto AT (1980). The chromosomes of the Nilgiri tahr *Hemitragus hylocrius*. *International Zoo Yearbook*, 20:274-275.
- Benirschke K, Ruedi D, Muller H, Kumamoto AT, Wagner KL, Downes HS (1980). The unusual karyotype of the lesser kudu, *Tragelaphus imberbis*. *Cytogenetics and Cell Genetics*, 26:85-92.
- Benirschke K, Soma H, Ito T (1972). The chromosomes of the Japanese serow, *Capricornis crispus* (Temminck). *Proceedings of the Japan Academy*, 48(8):608-612.
- Bibi FA (2013). Multi-calibrated mitochondrial phylogeny of extant Bovidae (Artiodactyla, Ruminantia) and the importance of the fossil record to systematics. *BMC Evolutionary Biology*, 13:166.
- Bibi F, Tyler J (2022). Evolution of the bovid cranium: morphological diversification under allometric constraint. *Communications Biology*, 5:69.
- Bunch TD, Wang S, Zhang Y, Liu A, Lin S (2000). Chromosome evolution of the blue sheep/bharal (*Pseudois nayaur*). *Journal of Heredity*, 91(2):168-170.
- Chandra HS, Hungerford DA, Wagner J (1967). Chromosomes of five artiodactyl mammals. *Chromosoma*, 21(2):211-220.
- Claro F, Hayes H, Cribiu EP (1994). The C-, G-, and R-banded karyotypes of the Scimitar-horned Oryx (*Oryx dammah*). *Hereditas*, 120:1-6.
- Claro F, Hayes H, Cribiu EP (1996). The karyotype of the addax and its comparison with karyotypes of other species of Hippotraginae antelopes. *Hereditas*, 124:223-227.
- Cribiu EP, Asmondé JF, Durand V, Greth A, Anagariyah S (1990). Robertsonian chromosome polymorphism in the Arabian oryx (*Oryx leucoryx*). *Cytogenetics and Cell Genetics*, 54(3-4):161-163.

In conclusion, the karyotypic variations that gradually arise through the centric fusions described above apply to the entire family. The variations in karyotype asymmetry result from the centric fusions that play an important role in the speciation of family Bovidae. The results present new data regarding the karyological characteristics of the family Bovidae that may be useful to understand interspecific relationships. The karyotype asymmetry and S/A<sub>1</sub> parameter may be used together with the other parameters in phylogenetic studies of mammals. Already the dendrograms showed similar results with molecular taxonomy results (Bibi 2013; Bibi and Tyler 2022). For example, Bibi (2013) determined 16 fossil calibration points of relevance to the phylogeny of Ruminantia and Bovidae and constructed a dated molecular phylogeny with a reanalysis of the full mitochondrial genome of over 100 taxa. There are many similarities between his phylogenetic tree and the dendrograms in terms of species placement, especially *Bos*, *Ovis*, *Raphicerus*, *Nanger*, and *Gazella* species.

## CONFLICT OF INTEREST

There is no conflict of interest.



- Eroğlu HE (2015). Which chromosomes are subtelocentric or acrocentric? A new karyotype symmetry/asymmetry index. *Caryologia*, 68(3):239-245.
- Eroğlu HE, Şimşek N, Koç M, Hamzaoğlu E (2013). Karyotype analysis of some *Mimuartia* L. (Caryophyllaceae) taxa. *Plant Systematics and Evolution*, 299(1):67-73.
- Fordyce-Boyer R, Sanger T, Loskutoff N, Kumamoto AT, Johnston L, Armstrong D (1995). Comparative cytogenetic study of the Roan and Sable antelope, *Hippotragus equinus* and *Hippotragus niger*. *Applied Cytogenetics*, 21:189-191.
- Gallagher Jr DS, Davis SK, De Donato M, Burzlaff JD, Womack JE, Taylor JF, Kumamoto AT (1999). A molecular cytogenetic analysis of the tribe Bovini (Artiodactyla: Bovidae: Bovinae) with an emphasis on sex chromosome morphology and NOR distribution. *Chromosome Research*, 7:481-492.
- Gallagher Jr DS, Womack JE (1967). Chromosome conservation in the Bovidae. *Journal of Heredity*, 83:287-298.
- Gerneke WH (1967). Cytogenetic investigation on normal and malformed animals, with special reference to intersexes. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 34(1):219-299.
- Hard WL (1969). The chromosomes of duikers. *Mammalian Chromosomes Newsletter*, 10:216.
- Hsu TC, Benirschke K (1968). *Oryx gazella* (Cape oryx, gemsbok). An Atlas of Mammalian Chromosomes. Springer.
- Hsu TC, Benirschke K (1971). *Tragelaphus strepsiceros* (Greater kudu). An Atlas of Mammalian Chromosomes. Springer.
- Hsu TC, Benirschke K (1974). *Gazella spekei* (Speke's gazelle). An Atlas of Mammalian Chromosomes. Springer.
- Hsu TC, Benirschke K (1975). *Gazella granti* (Grant's gazelle). An Atlas of Mammalian Chromosomes. Springer.
- Iannuzzi L, Di Meo GP, Perucatti A (1996). G- and R-banded prometaphase karyotypes in goat (*Capra hircus* L.). *Caryologia*, 49:267-277.
- Itis (2023). [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=180704#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=180704#null)
- Iucnredlist (2023). <https://www.iucnredlist.org/search?taxonomies=100491&searchType=species>
- Kingswood SC, Jones ML (1998). Cryptic chromosomal variation in suni *Neotragus moschatus* (Artiodactyla, Bovidae). *Animal Conservation*, 1:95-100.
- Kingswood SC, Kumamoto AT, Charter SJ, Houck ML, Benirschke K (2000). Chromosomes of the antelope genus *Kobus* (Artiodactyla, Bovidae): karyotypic divergence by centric fusion rearrangements. *Cytogenetics and Cell Genetics*, 91(1-4):128-133.
- Kumamoto AT, Charter SJ, Houck ML, Frahm M (1996). Chromosomes of *Damaliscus* (Artiodactyla, Bovidae): simple and complex centric fusion rearrangements. *Chromosome Research*, 4:614-621.
- Kumamoto AT, Kingswood SC, Hugo W (1994). Chromosomal divergence in allopatric populations of Kirk's dik-dik, *Madoqua kirkii* (Artiodactyla, Bovidae). *Journal of Mammalogy*, 75:357-364.
- Liu RQ, Chen YZ, Shi LM, Zhang CZ (1994). Comparative studies on karyotypes between *N.cranbrooki* and *N.g.griseus*. *Zoological Research*, 15(4):49-54.
- Liu K, Wu X, Wei ZY, Bai CL, Su GH, Li GP (2014). Comparative of the cytogenetic characteristics of *Pantholops hodgsonii* and other three species in Bovidae. *Acta Theriologica Sinica*, 34(1):71-79.
- Low RJ, Benirschke K (1973). The chromosome complement and banding pattern of the lowland Anoa, *Anoa depressicornis depressicornis*. *Chromosome Information Service*, 15:23-25.
- Lux E, Perez M, Volobouev VT (2004). G- and C-banded karyotype of the markhor *Capra falconeri heptneri*, and comparison of its banding patterns with the Alpine ibex *Capra ibex* and cattle *Bos taurus*. *Acta Theriologica*, 49:131-137.
- Lynx Nature Books (2023). All the Mammals of the World. Lynx Edicions.
- Nadler CF, Hoffmann RS, Woolf A (1974). G-band patterns, chromosomal homologies, and evolutionary relationships among wild sheep, goats, and aoudads (mammalia, artiodactyla). *Experientia*, 30:744-746.
- Nelson-Rees WA, Kniazeff AJ, Darby NB, Malley RI (1967a). Chromosomes of a male gazelle. *Gazella thomsoni* and a female tapir. *Tapirus terrestris columbianus*. *Mammalian Chromosomes Newsletter*, 8:229-230.

- Nelson-Rees WA, Kniazeff AJ, Malley RL, Darby Jr NB (1967b). On the karyotype of the tahr *Hemitragus jemlahicus* and the Y-chromosome of goats and sheep. *Chromosoma*, 23:154-161.
- Oh SH, Yun YM, Lee JE, Kim IY, Shin JH, Kweon OK, Lee H, Yoon YS, Shin NS, Seong JK. (2011). G-, R- and C-band patterns of goral (*Nemorhaedus caudatus*) and comparison to goat (*Capra hircus*). *Molecules and Cells*, 31(4):351-354.
- Pasitschniak-Arts M, Flood PF, Schmutz SM, Seidel B (1994). A comparison of G-band patterns of the muskox and takin and their evolutionary relationship to sheep. *Journal of Heredity*, 85:143-147.
- Paszko B (2006). A critical review and a new proposal of karyotype asymmetry indices. *Plant Systematics and Evolution*, 258:39-48.
- Placentation (2007). <http://placentation.ucsd.edu/rant.htm>
- Popescu CP (1969). Idiograms of yak (*Bos grunniens*), cattle (*Bos taurus*) and their hybrids. *Annales de Génétique et de Sélection Animale*, 1:207-217.
- O'Brien SJ, Menninger JC, Nash WG (2006). *Atlas of Mammalian Chromosomes*. Wiley & Sons.
- Robinson T, Cernohorska H, Diedericks G, Cabelova K, Duran A, Matthee CA (2014). Phylogeny and vicariant speciation of the Grey Rhebok, *Pelea capreolus*. *Heredity*, 112:325-332.
- Rubes J, Pagacova E, Kopecna O, Kubickova S, Cernohorska H, Vahala J, Di Berardino D (2007). Karyotype, centric fusion polymorphism and chromosomal aberrations in captive-born mountain reedbeek (*Redunca fulvorufula*). *Cytogenetic and Genome Research*, 116:263-268.
- Saatoğlu FD, Denizci Öncü M, Emir H, Hatipoğlu T, Acan SC, Kankılıç T, Togan İ, Koban Bastanlar E (2019). Genetic diversity of gazelles (*Gazella marica* and *Gazella gazella*) in Southeast Turkey: a special emphasis on ongoing conservation studies of *Gazella marica* in Turkey. *European Journal of Biology*, 78(2):89-103.
- Soma H, Kada A, Matayoshi K, Ito T, Miyashita M, Nagase K (1980). Some chromosomal aspects of *Naemorhedus goral* (goral) and *Procapra gutturosa* (Mongolian gazelle). *Proceedings of the Japanese Academy*, 56:273-277.
- Soma H, Kada A, Matayoshi K, Suzuki Y, Meckvichal C, Mahannop A, Vatanaromya B (1982). The chromosomes of the Sumatran serow (*Capricornis sumatraensis*). *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences*, 58:265-269.
- Soma H, Kada A, Matayoshi K, Tsai MT, Kiyokawa T, Ito T, Wang KP, Chen Basil PC, Tseng SC (1981). Cytogenetic similarities between the formosan serow (*Capricornis swinhoi*) and the Japanese serow. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 57(7):254-259.
- Tez C, Özkul Y, Yıldız H, Dursun M, Gündüz İ (2005). The karyotype of the Goitred Gazelle, *Gazella subgutturosa*, from Turkey. *Zoology in the Middle East*, 36(1):105-107.
- Wallace C, Fairall N (1967). The chromosomes of the steenbok. *South African Journal of Medical Science*, 32:55-57.
- Vassart M, Séguéla A, Hayes H (1995). Chromosomal evolution in gazelles. *Journal of Heredity*, 86:216-227.
- Wolfe BA (2015). Bovidae (except sheep and goats) and Antilocapridae. *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*, 8:626-645.
- Wurster DH (1972). Sex-chromosome translocations and karyotypes in bovid tribes. *Cytogenetics*, 11(3):197-207.
- Wurster DH, Benirschke K (1968). Chromosome studies in the superfamily Bovoide. *Chromosoma*, 25:152-171.
- Wurster DH, Benirschke K, Noelke H (1968). Unusually large sex chromosomes in the Sitatunga (*Tragelaphus spekei*) and the blackbuck (*Antilope cervicapra*). *Chromosoma*, 23:317-323.
- Wurster DH, Benirschke K (1967a). Chromosome studies on some deer, the springbok, and the pronghorn with notes on placentation in deer. *Cytologia*, 32(2):273-285.
- Wurster DH, Benirschke K (1967b). The chromosomes of twenty-three species of Cervoidea and Bovoidea. *Mammalian Chromosome Newsletter*, 8:226-229.

## Histological Evaluation of the Protective Role of $\beta$ -glucan Against Cisplatin-Induced Hepatotoxicity

Burcu DEMİREL YILMAZ<sup>1\*</sup>, Banu EREN<sup>2</sup>, Dilek SAĞIR<sup>3</sup>, Ayşe BAŞARDI GÖKÇE<sup>2</sup>, Sevcan MERCAN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ordu University, Akkuş Vocational School, Department of Forestry, Ordu, Türkiye

<sup>2</sup> Ondokuz Mayıs University, Faculty of Science, Department of Biology, Samsun, Türkiye

<sup>3</sup> Sinop University, Faculty of Health Sciences, Department of Occupational Health and Safety, Ordu, Türkiye

<sup>4</sup> Ondokuz Mayıs University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Samsun, Türkiye

Alındı/Received: 10/02/2024; Kabul/Accepted: 31/03/2024; Yayın/Published: 30/04/2024

! It was produced from Burcu Demirel Yılmaz's master's thesis titled "Light microscopic investigation of antioxidant beta-glucan's effects on cisplatin induced liver histologic damage in rat (Wistar albino)".

\* Corresponding author e-mail: bioburcudemirel@gmail.com

### Abstract

Cisplatin is a commonly used chemotherapeutic agent in the treatment of many cancers. The most important dose-limiting side effect is hepatotoxicity. Some studies have shown that antioxidant treatment with cisplatin reduces the toxic effect. In the present study, we were aimed to investigate the protective effects of antioxidant  $\beta$ -glucan on histological injury caused by cisplatin treatment in the liver. Wistar rats were randomly divided into three groups according to time of sacrifice, 7th day and 14th day (n=20 rats each). Both groups were then divided into four sub-groups Control, Cisplatin (10 mg/kg bw),  $\beta$ -glucan (100 mg/kg bw) and cisplatin+ $\beta$ -glucan (n=5 in each group). The rats were sacrificed at the 7th day and 14th day after the last injection. The liver sections were evaluated under a light microscope after the histological procedure. Histological injury caused by cisplatin in different days were evaluated as sinusoidal congestion, hydropic degeneration, disorganization of hepatic cords, and mononuclear cellular infiltration in liver. When  $\beta$ -glucan was administered with cisplatin, it was determined that cellular damage caused by cisplatin decreased considerably in the liver in the different days groups. The light microscopic examination showed that the antioxidant beta-glucan protects against hepatotoxicity caused by cisplatin with its free radical scavenging effect. In conclusion,  $\beta$ -glucan may improve patients' quality of life by reducing cisplatin's toxicity on the liver.

**Key Words:** Cisplatin,  $\beta$ -glucan, Liver, Histopathology

## Sisplatinin Neden Olduğu Hepatotoksisite Üzerine $\beta$ -glukanın Koruyucu Rolünün Histopatolojik Olarak Değerlendirilmesi

### Öz

Sisplatin pek çok kanserin tedavisinde sıklıkla kullanılan kemoterapötik bir ajandır. En önemli doz sınırlayıcı yan etkisi hepatotoksisitedir. Bu çalışmada, sisplatin tedavisinin karaciğerde neden olduğu histolojik hasar üzerinde antioksidan  $\beta$ -glukanın etkilerinin araştırılması amaçlandı. Wistar ratlar sakrifiye edilecek zamana göre rastgele dört gruba ayrıldılar. Bu gruplar 1. gün, 2. gün, 7. ve 14. gün (n=20 her grupta 20 rat) olarak belirlendi. Her grupta kendi içinde Kontrol, Sisplatin (10 mg/kg),  $\beta$ -glukan (100 mg/kg) ve Sisplatin+ $\beta$ -glukan (n=5 her grupta) olmak üzere dört alt gruba ayrıldı. Ratlar son enjeksiyondan sonraki 1. gün, 2. gün, 7. gün ve 14. günde sakrifiye edildi. Histolojik prosedürün ardından karaciğer kesitleri ışık mikroskopik incelendi. Sisplatinin farklı günlerde oluşturduğu histolojik hasar sinüzoidal konjesyon, hidropik dejenerasyon, hepatik kordlarda düzensizlik ve karaciğerde mononükleer hücre infiltrasyonu olarak değerlendirildi. Sisplatin ile birlikte  $\beta$ -glukan uygulandığında farklı gün gruplarında sisplatinin karaciğerde neden olduğu hücresel hasarın önemli ölçüde azaldığı belirlendi. Işık mikroskopik incelemede antioksidan  $\beta$ -glukanın serbest radikal temizleyici etkisi ile sisplatinin neden olduğu hepatotoksisiteye karşı koruma sağladığı görüldü. Sonuç olarak  $\beta$ -glukan, sisplatinin karaciğer üzerindeki toksisitesini azaltarak hastaların yaşam kalitesini artırabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Sisplatin,  $\beta$ -glukan, Karaciğer, Histopatoloji

**Atif / To cite:** Demirel Yılmaz B, Eren B, Sağır D, Başardı Gökçe A, Mercan S (2024). Histological Evaluation of the Protective Role of  $\beta$ -glucan Against Cisplatin-Induced Hepatotoxicity. *Karamanoğlu Mehmetbey University Journal of Engineering and Natural Sciences*, 6(1): 38-43.

## 1. INTRODUCTION

With the use of chemotherapeutic drugs in the treatment of cancer, which is one of the most common diseases nowadays, both the quality of life of cancer patients have increased and new possibilities for treatment have emerged. In spite of its success, some of the most effective cancer advanced treatments cause undesirable toxicities (Tohamy et al. 2023).

The liver has an important role in the breakthrough and detoxification of toxic chemical substances and other materials, and at the same time is the first target of toxins. Cisplatin accumulates in the liver, and hepatotoxicity occurs in high doses (Grant 1991). Nowadays, cisplatin (cis-diamminedichloroplatinum (II), cis-platinum (II) or cis-DDP) is one of the important cytostatic agents used in the treatment of many cancer types such as ovarian, testicular, bladder, head, neck, lung, cervix and endometrial cancers as well as solid tumors (Sindhu et al. 2015; İşeri et al. 2007). However, the clinical application of cisplatin is often restricted with severe side effects on many organs and systems, such as hepatotoxicity, nephrotoxicity, ototoxicity, and neurotoxicity (Kaya et al. 2016). The underlying mechanism of hepatotoxicity induced by cisplatin remains incompletely understood (Palipoch and Punsawad 2013); for this reason, many studies are carried out nowadays to prevent cisplatin toxicity. According to the results obtained from experimental studies, the toxicity of cisplatin in cells is attributed to its inhibition of both DNA replication and RNA transcription by acting on DNA and forming inter-helix and intra-helix adducts (Rabik and Dolan 2007). Cisplatin initiates the process leading to apoptosis by damaging mitochondria in cells, inhibiting the cell cycle and ATPase activity, negatively affecting cellular transport systems (Mansour et al. 2006). The induction of apoptosis based on the anticancer action mechanism of cisplatin is also the basis of the toxicity mechanism (Florea and Busselberg 2011). Moreover, cisplatin causes reactive oxygen species (ROS) such as superoxide dismutase hydroxyl radical formation in tissues, inhibiting the activity of antioxidant enzymes in liver tissues and decreasing glutathione levels (Avcı et al. 2008). Reactive oxygen species can cause cell damage and necrosis due to peroxidation of lipids in the cell membrane, protein denaturation, and DNA damage (Tohamy et al. 2016).

Studies are needed to reduce the dose-limiting side effects that prevent the administration of high-dose cisplatin, which is necessary for tumor destruction in chemotherapy (Liao et al. 2008). In this direction, many studies have been conducted on the simultaneous addition of protective agents to prevent the side effects of cisplatin (Simsek et al. 2016; Soliman et al. 2016). Some compounds such as superoxide dismutase (SOD), glutathione, flavonoids, vitamin E, selenium, vitamin C, glutamine, caffeic acid

phenethyl ester (CAPE) and *Nigella sativa* extract and carotenoids, adenosine antagonists, L-histidinol, aminoguanidine, nifedipine, erdosteine, have been used with cisplatin in support of its protective effect against the oxidative damage caused by cisplatin (Yılmaz et al. 2004; Söğüt et al. 2004).

In this study,  $\beta$ -glucan, which we used to reduce the side effects of cisplatin, is a carbohydrate consisting of glucose polymers found in the cell walls of cereals such as yeast, mushrooms, barley, and oats. The active role of the  $\beta$ -glucan molecule in the immune system and the absence of toxic or any side effects cause studies to focus on this molecule (Toklu et al. 2006; Sener et al. 2007). It is currently approved as one of the most powerful immune-response modifiers (Brown and Gordon 2003). The main immunopharmacological activities of  $\beta$ -glucan include an increase of the host resistance to bacterial, viral, fungal, and parasitic infections, an anti-tumor effect and prevention of carcinogenesis, radioprotective activity and adjuvant effects, and enhancement of the phagocytic and proliferative activity of the reticulo-endothelial system (Tohamy et al. 1991). Among the many features of the  $\beta$ -glucan molecule that are claimed to be protective, the most striking feature is the antioxidant effect of the molecule (Toklu et al. 2006; Aydogan et al. 2016). Many studies have shown that  $\beta$ -glucan is an effective free radical scavenger (Kayali et al. 2005; Akaras et al. 2020). This activity of  $\beta$ -glucan was significantly higher than that of various polymers used as food additives (Kofuji et al. 2012).

In light of these observations, we aimed to investigate the possible protective effects of  $\beta$ -glucan against cisplatin-induced oxidative liver damage evaluated by histopathological.

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Chemicals

The injectable form of cisplatin (50 mg/50 ml) was purchased from Mayne Pharma Plc (Warwickshire, United Kingdom).  $\beta$ -glucan (50 mg capsule Imuneks® Mustafa Nevzat Drug Company, Turkey), prepared from the yeast *Saccharomyces cerevisiae* (1,3-1,6-beta-D-glucan), was dissolved in saline. All other chemicals were obtained from Sigma-Aldrich Chemical Company (St. Louis, MO, US).

### 2.2. Animals

In the present study, we used 80 male Wistar albino rats obtained from Experimental Animals Implementation and Research Center of the Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey. Ethics committee approval was received

for this study from Samsun Clinical Research Ethics Committee of Ondokuz Mayıs University (2009/83). The rats were fed in plastic cages with the standard pellet food and given ad libitum supply of water. The animals were kept at room temperature (25 °C), and 12-hour cycles of light and dark was provided. The rats, chosen from the same generation (6-8 weeks old), 200-300 g body weight.

### 2.3. Experimental Design

Eighty male Wistar albino rats were randomly divided into four groups according to time of sacrifice, first day, second day, seventh day, and 14th day (n=20 rats each). Both groups were then divided into four sub-groups as (i) Control (C), (ii) Cisplatin (CP), (iii)  $\beta$ -glucan ( $\beta$ g), and (iv) cisplatin+ $\beta$ -glucan (CP+ $\beta$ g) (n= 5 in each group). Cisplatin (10 mg/kg body weight) (Palipoch and Punsawad 2013) was administered intraperitoneally (i.p.) as a single dose on the first day of the study.  $\beta$ -glucan and cisplatin+ $\beta$ -glucan groups were administered  $\beta$ -glucan (100 mg/kg body weight) (Beretta et al. 2018) everyday. No injections were performed on the control groups. After the last injection, on 1st day, 2nd day, 7th day, and 14th days, the rats were deeply anesthetized with a mixture of ketamine (40 mg/kg body weight) and xylazine (10 mg/kg body weight) administered intramuscularly. Then, liver tissues were removed and taken in 10% neutral-buffered formalin for histopathological processing.

### 2.4. Liver Histology

For examination under light microscope, liver tissues were fixed in %10 neutral-buffered formalin for 48 hours, and samples were then routinely processed and embedded in paraffin blocks. After embedding, 5- $\mu$ m thick sections were taken using a microtome (Leica RM 2135; Nussloch, Germany). Sections were stained with Hematoxylin-eosin (Mansour et al. 2006). Sections were examined under a light microscope (Leica DM 1000) and photographed by using a digital camera (Leica DFC 290).

At the histological evaluation, all groups' injury in the liver section was investigated based on sinusoidal congestion, hydropic degeneration, disorganization of hepatic cords, and mononuclear cellular infiltration in the liver. Hepatic injury was assessed using a semiquantitative scale which was assigned a score: 0, normal; 1 (minimal), < 25%; 2 (mild), <50%; 3 (moderate), < 75%; 4 (severe), > 75% of the affected area. Ten fields of each group were examined with 40x magnification and took average. The slides were scored and identified as blind (Hamad et al. 2015).

## 3. RESULTS

### 3.1. Histopathological Results of The Liver

Light microscopic evaluation revealed that the general structure of the liver in control and  $\beta$ -glucan groups was in normal histological appearance. These groups showed hepatic lobules separated by interlobular septa transversed by portal vein. The liver parenchymal cell (hepatocyte) is a polygonal cell with a central nucleus (fig. 1 A). The cisplatin groups demonstrated histopathological changes,

such as sinusoidal congestion, hydropic degeneration, disorganization of hepatic cords, and mononuclear cellular infiltration. Histopathological liver injury in cisplatin groups began on days 2, and injury was most pronounced on day 7. On the 14th day, it was observed that the effect of the damage continued to a mild level (tab. 1). In all groups of the cisplatin+ $\beta$ -glucan, liver injury was significantly reduced (tab. 2).

**Table 1.** Histopathological score for rat liver tissues treated with cisplatin.

Group Data	Control	2 <sup>st</sup> day	1 <sup>st</sup> day	7 <sup>th</sup> day	14 <sup>th</sup> day
Sinusoidal congestion	0	2	1	4	3
Hydropic hepatocyte degeneration	0	2	0	3	2
Disorganization of hepatic cords	0	2	1	3	2
Mononuclear cellular infiltration	0	1	0	3	2

0, normal; 1 (minimal), < 25%; 2 (mild), <50%; 3 (moderate), < 75%; 4 (severe), > 75% of affected area.

**Table 2.** Histopathological score for rat liver tissues treated with cisplatin+ $\beta$ -glucan.

Group Data	Control	1 <sup>st</sup> day	2 <sup>st</sup> day	7 <sup>th</sup> day	14 <sup>th</sup> day
Sinusoidal congestion	0	0	1	2	1
Hydropic hepatocyte degeneration	0	0	1	1	1
Disorganization of hepatic cords	0	0	1	2	1
Mononuclear cellular infiltration	0	0	1	1	1

0, normal; 1 (minimal), < 25%; 2 (mild), <50%; 3 (moderate), < 75%; 4 (severe), > 75% of affected area.

There were no significant histologic changes in the  $\beta$ -glucan all days group and cisplatin 1st days group compared to the control group (fig.1 B-C). In the 2nd days group of cisplatin, moderate sinusoidal congestion, hypertrophic hepatocyte degeneration, disorganization of hepatic cords, inflammatory cell infiltrates, and cell foci were observed compared to the control group (fig. 1 D). On the first and second days groups of cisplatin+ $\beta$ -glucan, it was observed that histological changes were not observed in the 1st days group, but in the 2nd days group histological changes were observed to be at a minimal level (fig. 1 G, H).

When compared to cisplatin 7th days group control and other cisplatin groups, it was determined that severe histological damage occurred. Sinusoidal congestion, hydropic degeneration, disorganization of hepatic cords, and mononuclear cellular infiltration were more severe in the centrilobular area around the central ven in 7th days group. Mononuclear cells usually spread in portal areas, these cells formed aggregates (foci) in parenchyma (fig.1 E; tab. 1). Cisplatin+ $\beta$ -glucan group on the 7th days had sinusoidal congestion, hydropic degeneration, disorganization of hepatic cords, and mononuclear cellular

infiltration were mild in comparison to the cisplatin 7th day group (fig. 1 I; tab. 2).

In the cisplatin 14th days group, less histological changes were observed compared to 7th days group of cisplatin (fig 1 F; tab. 1). The cisplatin+ $\beta$ -glucan 14th days group nearly it showed normal histological structure, when compared with the control group (fig.1 J; tab. 2).

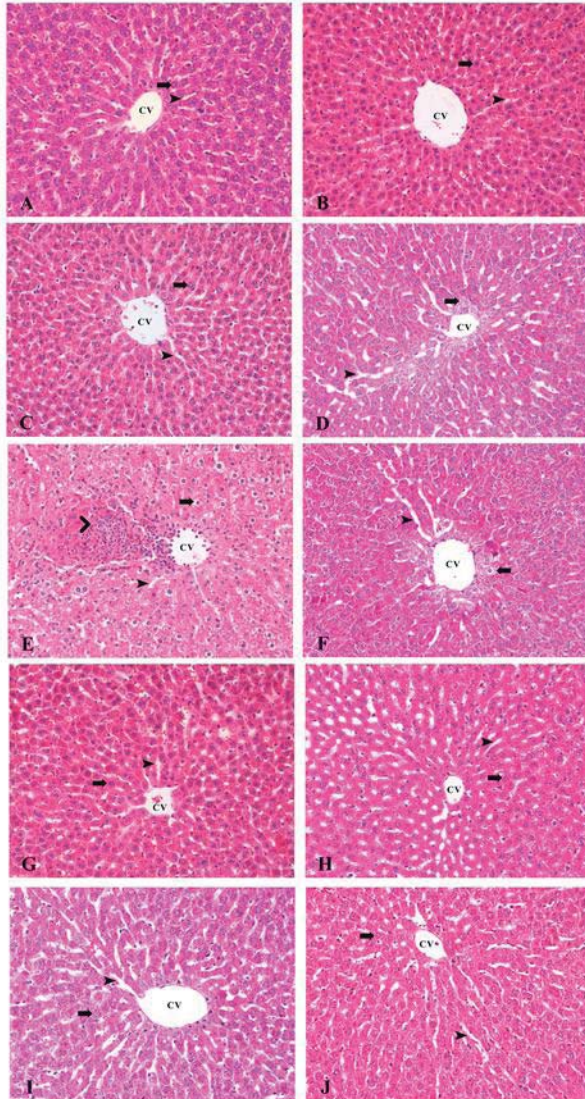


Fig. 1. Light microscopic image of rat liver in the C group (A),  $\beta$ g 2th days group (B), CP 1st day group (C), CP 2nd days group (D), CP 7th days group (E), CP 14th days group (F), CP+ $\beta$ g 1st day group (G), CP+ $\beta$ g 2nd days group (H), CP+ $\beta$ g 7th days group (I) and CP+ $\beta$ g 14th days group (J). Central ven (Cv), Hepatocyte (arrow), Sinusoid (arrowhead), Mononuclear cellular infiltration (>). Stain: Hematoxylin-eosin x200.

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSION

Cisplatin is the most commonly used chemotherapy drug. However, high doses of cisplatin cause damage to many different tissues, such as the liver, kidney, and testes (Atessahin et al. 2005). The liver has many basic physiological functions such as balancing blood glucose and lipoprotein synthesis, bile acid synthesis and

secretion, detoxifying and storing vitamins. Therefore, any dysfunction that may occur in the liver can affect all systems in the body (Rajendrakumar 2020). In light of this information, we aimed to observe the effects of antioxidant beta-glucan on the negative effects of cisplatin on the liver, an important organ.

Some reports have shown that cisplatin induces oxidative stress, causing damage due to the release of free oxygen species (Mansour et al. 2006; Soliman et al. 2016). Recently many studies have shown that cisplatin induces a decrease in endogenous antioxidant SOD, catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GSH-Px) levels in the liver due to the formation of free radicals and it has been shown to induce lipid peroxidation as a result of an increase in MDA level, which is indicative of damage (Pinar et al. 2019; Abbasi et al. 2020)—in addition to Kaymak et al. (2022) demonstrated that alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), lactate dehydrogenase (LDH), and albumin levels in the serum were significantly increased in liver Cis (7 mg/kg) group on the eighth day. This study determined that the severity of liver damage varied on different days (7th and 14th days). It was observed that the damage started on the 7th day due to oxidative stress, and the damage was nearly mild on the 14th day. The liver can explain the decrease in cell damage on the 14th day has regenerative properties can repair itself within a few weeks in cases of significant tissue injury (Adam et al. 2012).

We were showed many histopathological abnormalities in the cisplatin treatment rat liver, including sinusoidal congestion, hydropic degeneration, disorganization of hepatic cords, and mononuclear cellular infiltration. In parallel with our findings, histopathological damage such as structural modifications (Zicca et al. 2002), hepatic vacuolization, degenerated hepatocytes, kupffer cells, and enlarged sinusoids (İşeri et al. 2007) mononuclear cell infiltration (Rajendrakumar et al. 2020) were detected in some studies. Koc et al. (2005) showed that structural changes in the liver, central parenchyma around the central vein, hepatocellular vacuolization, enlargement of the sinusoids, majority of the plasma cells around the portal region, and lymphocytes in the liver five days after treatment with cisplatin (10 mg/kg body weight). In addition, Avcı et al. (2008) reported that 3 days of cisplatin (10 mg/kg body weight) treatment caused that enlargement of sinusoids, intense hepatocyte irregularity with hydropic degeneration, fibrosis around the central venous and enlarged periportal areas.

Several mechanisms have been proposed to relieve the adverse effects of cisplatin, such as reducing drug accumulation, increasing repair of damaged tissue, and increasing detoxification factors (Beretta et al. 2008). This suggests that serious side effects of cisplatin treatment, including nephrotoxicity and hepatotoxicity, are reduced by antioxidant treatment (Tohamy et al. 2016). In light of this information, we examined the protective effects of  $\beta$ -glucan on cisplatin injury.

This study demonstrated the effect of  $\beta$ -glucan antioxidant co-administered with cisplatin in the liver by reducing

histological damage. Cisplatin+ $\beta$ -glucan in the seventh day group, it was determined that the severity of the damage was at a mild level compared to the 7th day group.  $\beta$ -glucan is a potent antioxidant, especially on the 7th days, by reducing free radical-induced cellular damage. Cisplatin+ $\beta$ -glucan 14th day group showed minimal cellular damage. These results suggest that  $\beta$ -glucan acts as an antioxidant and an immunomonitor, reducing the cellular damage cisplatin produces in the liver. A study paralleling our findings stated that cisplatin caused an unusual, excessive amount of reactive oxygen species in the cellular environment, and antioxidant  $\beta$ -glucan swept these reactive oxygen species (Tohamy et al. 2003). The combination of  $\beta$ -glucan with chemotherapy agents can be administered to human cancer patients because it can serve as an immunomodulator for many side effects of cancer chemotherapy drugs (Wakui et al. 1986). In addition, previous studies have shown that glucans have a protective effect against oxidative damage (Sener et al. 2006; Toklu et al. 2006; Karaduman et al. 2010).

In the present study,  $\beta$ -glucan was found to decrease CP-induced hepatotoxicity considerably. It was concluded that co-administered cisplatin with  $\beta$ -glucan showed that  $\beta$ -glucan was protective against cisplatin-induced hepatic injury. Potential of  $\beta$ -glucan to reduce oxidative stress, antioxidants and its scavenging power of free radicals may explain its therapeutic effect.

We suggest that some antioxidants, such as  $\beta$ -glucan may play a protective role against cisplatin-induced hepatotoxicity during treatment. More experimental and clinical studies may be conducted to investigate the therapeutic molecular mechanism of  $\beta$ -glucan on cisplatin-induced hepatotoxicity in rats.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest. The authors declared that this study hasn't received financial support.

#### REFERENCES

- Abbasi MM, Hassanalilou T, Khordadmehr M, Vardin AM, Kohlan AB, Khalili L (2020). Effects of cornus mas fruit hydro-methanolic extract on liver antioxidants and histopathologic changes induced by Cisplatin in rats. *Indian J Clinical Biochemistry*, 35(2):218-224.
- Adam R, Bhangui P, Vibert E, Azoulay D, Pelletier G, Duclos-Vallée JC, Samuel D, Guettier C, Castaing D (2012). Resection or transplantation for early hepatocellular carcinoma in a cirrhotic liver: does size define the best oncological strategy?. *Annals of Surgery*, 256:883-91.
- Akaras N, Abuc OO, Koc K, Bal T, Geyikoglu H (2020). (1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -d-glucan enhances the toxicity induced by Bortezomib in rat testis. *J Food Biochemica*, 44(3):e13155.
- Atessahin A, Yılmaz S, Karahan I, Ceribasi AO, Karaoglu A (2005). Effects of lycopene against cisplatin-induced nephrotoxicity and oxidative stress in rats. *Toxicology*, 212(2-3):116-23.
- Avcı A, Çetin R, Ergüder İB, Devrim E, Kılıçoğlu B (2008). Cisplatin causes oxidation in rat liver tissues: possible protective effects of antioxidant food supplementation. *Turkish J Med Sci*, 38(2):117-120.
- Aydoğan MS, Polat A, Vardi N, Erdoğan MA, Yucel A (2016). Protective effects of melatonin and  $\beta$ -D-glucan against acetaminophen toxicity in rats. *Med Sci*, 5(2):539-43.
- Bancroft JD, Stevens A (1995). *Theory and practice of histological techniques*, fourth edition. Churchill livingstone.
- Beretta GL, Gatti L, Corna E, Carenini N, Zunino F (2008). Defining targets of modulation of human tumor cell response to cisplatin. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 102:1406-1415.
- Brown BG, Gordon S (2003). Fungal  $\beta$ -glucans and mammalian immunity. *Immunity*, 19:311-315.
- Florea AM, Busselberg D (2011). Cisplatin as an anti-tumor drug: cellular mechanisms of activity, drug resistance and induced side effects. *Cancers (Basel)*, 3(1):1351-71.
- Grant DM (1991). Detoxification pathways in the liver. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, 14(4):421-30.
- Hamad R, Jayakumar C, Ranganathan P, Mohamed R, El-Hamamy MMI (2015). Honey feeding protects kidney against cisplatin nephrotoxicity through suppression of inflammation. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 42(8):843-848.
- İşeri S, Ercan F, Gedik N, Yüksel M, Alican İ (2007). Simvastatin attenuates cisplatin-induced kidney and liver damage in rats. *Toxicology*, 230:256-732.
- Karaduman D, Eren B, Keles ON (2010). The protective effect of Beta-1,3-D-glucan on taxol induced hepatotoxicity: a histopathological and stereological study. *Drug and Chemical Toxicology*, 33(1):8-16.
- Kaya K, Ciftci O, Cetin A, Tecellioglu M, Başak N (2016). Beneficial effects of  $\beta$ -glucan against cisplatin side effects on the nervous system in rats. *Acta Cirúrgica Brasileira*, 31(3):198-205.
- Kayali H, Özdağ MF, Kahraman S, Aydın A, Gonul E (2005). The antioxidant effect of Beta-glucan on oxidative stress status in experimental spinal cord injury in rats. *Pub-Med Medline*, 28(4):298-302.

- Kaymak E, Ünsal M, Akın AT, Öztürk E, Ceylan T, Kuloğlu N, Karabulut D, Yakan B (2022). Protective effect of melatonin on cisplatin-induced liver injury in rats. *Çukurova Medical Journal*, 47(1):250-258.
- Koc A, Duru M, Ciralik H, Akcan R, Sogut S (2005). Protective agent, erdosteine, against cisplatin-induced hepatic oxidant injury in rats. *Molecular Cell Biochemistry*, 278(1-2):79-84.
- Kofuji K, Aoki A, Tsubaki K, Konishi M, Isobe T, Murata Y (2012). Antioxidant activity of  $\beta$ -glucan. *ISRN Pharm*, 2012:125864.
- Liao Y, Lu X, Lu C, Li G, Jin Y (2008). Selection of Agents for prevention of cisplatin-induced hepatotoxicity. *Pharmacological*, 57:125-131.
- Mansour HH, Hafez FH, Fahmy, NM (2006). Silymarin modulates cisplatin-induced oxidative stress and hepatotoxicity in rats. *Journal Biochemical Molecular Biology*, 30:39(6):656-61.
- Palipoch S, Punsawad C (2013). Biochemical and histological study of rat liver and kidney injury induced by cisplatin. *Journal Toxicol Pathology*, 26:293-299.
- Pınar N, Çakırca G, Hakverdi S, Kaplan M (2019). Protective effect of Alpha lipoic acid on cisplatin induced hepatotoxicity in rats. *Biotechnic&Histochemistry*, 95(3):219-224.
- Rabik CA, Dolan ME (2007). Molecular mechanisms of resistance and toxicity associated with platinating agents. *Cancer Treatment Reviews*, 33(1):9-23.
- Rajendrakumar T, Rao S, Satyanarayana ML, Narayanaswamy HD, Byregowda SM, Purushotham KM (2020). Cisplatin induced histopathological changes in the liver and its amelioration by *Andrographis paniculata*. *The Pharma Innovation Journal*, 9(5):46-56.
- Rajendrakumar T, Rao S, Satyanarayana ML, Narayanaswamy HD, Byregowda SM, Purushotham KM (2020). Cisplatin induced histopathological changes in the liver and its amelioration by *Andrographis paniculata*. *The Pharma Innovation Journal*, 9(5):46-56.
- Sener G, Eksioğlu Demiralp E, Çetiner M, Ercan F, Yeğen BC (2006).  $\beta$ -glucan ameliorates methotrexate-induced oxidative organ injury via its antioxidant and immunomodulatory effects. *European J of Pharmacology*, 542:170-178.
- Sener G, Toklu HZ, Cetinel Ş (2007). Beta-glucan protects against chronic nicotine-induced oxidative damage in kidney and bladder. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 23:25-32.
- Simsek N, Koc A, Karadeniz A, Yıldırım ME, Celik HT (2016). Ameliorative effect of selenium in cisplatin-induced testicular damage in rats. *Acta Histochemica*, 118(3):263-70.
- Sindhu G, Nishanthi E, Sharmila R (2015). Nephroprotective effect of vanillic acid against cisplatin induced nephrotoxicity in wistar rats: a biochemical and molecular study. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 39(1):392-404.
- Soliman AM, Desouky S, Marzouk M, Sayed AA (2016). *Origanum majorana* attenuates nephrotoxicity of cisplatin anticancer drug through ameliorating oxidative stress. *Nutrients*, 8(5):264.
- Söğüt S, Yılmaz HR, Songur A, Güleç M, Kotuk M (2004). Sıçanlarda cisplatin ile oluşturulan nefrotoksisitede bazı metabolik enzim aktiviteleri ve bunlar Üzerine E vitamini etkileri. *Tıp Araştırmaları Dergisi*, 2(1):23-28.
- Tohamy AA, Aref AM, Moneim AEA, Sayed RH (2016). Cinnamic acid attenuates cisplatin-induced hepatotoxicity and nephrotoxicity. *Journal of Basic and Environmental Sciences*, 3:1-9.
- Tohamy AA, El-Ghor AA, El-Nahas SM, Noshay M (2003). Beta-glucan inhibits the genotoxicity of cyclophosphamide, adriamycin and cisplatin. *Mutation Research*, 541(1-2):45-53.
- Toklu HZ, Şehirli AÖ, Velioğlu Oğünç A, Çetinel Ş, Şener G (2006). Acetaminophen-induced toxicity is prevented by Beta-glucan treatment in mice. *European Journal of Pharmacology*, 543:133-140.
- Wakui A, Kasai M, Konno K (1986). Randomized study of lentinan on patients with advanced gastric and colorectal cancer. *Tohoku Lentinan Study Group*, *Gan To Kagaku Ryoho*, 13(4 Pt 1):1050-9.
- Yılmaz HR, Söğüt S, Özyurt H, Iraz M, Yıldırım Z (2004). Sıçanlarda cisplatinle oluşturulan nefrotoksisitede metabolik enzim aktivitelerine kafeik asit fenetil esterinin etkisi. *Van Tıp Dergisi*, 11(1):1-6.
- Zicca A, Cafaggi S, Mariggio MA, Vannozzi MO, Ottone M (2002). Reduction of cisplatin hepatotoxicity by procainamide hydrochloride in Rats. *European Journal of Pharmacology*, 442:265-272.



## Ultra Geniş Bant Kablosuz Haberleşme Uygulamaları İçin Eş Düzlemsel Dalga Kılavuz Beslemeli 3D Baskılı Yama Anten Tasarımı

Mehmet YERLİKAYA<sup>1\*</sup>, İbrahim KUŞULAY<sup>1</sup>, Hüseyin DUYSAK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye

Alındı/Received: 05/04/2024; Kabul/Accepted: 28/05/2024; Yayın/Published: 15/06/2024

\* Sorumlu yazar e-posta: myerlikaya@kmu.edu.tr

### Öz

Kablosuz iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, yüksek hızlı veri transferi için ihtiyacı artırıyor. Bu bağlamda, ultra geniş bant (UGB) teknolojisi, geniş frekans aralığında çalışabilen yeni bir kablosuz iletişim çözümü olarak öne çıkıyor. Bu teknolojinin önemli bir bileşeni olan antenlerin üretimi için ise 3D baskı teknolojisi dikkat çekiyor. Bu çalışmada, geniş bantlı kablosuz haberleşme sistemlerinde kullanılmak üzere tasarlanmış kompakt bir monopol yama antenin 3D baskı teknolojisi ile tasarımı, üretimi ve karakterizasyonu incelenmiştir. Işıyıcı olarak kullanılan üçgen bir yama, dik yamuğa benzeyen toprak düzlemlerinden oluşan eş düzlemsel dalga kılavuz beslenmiştir. Toplam boyutu  $20.7 \times 28.6 \text{ mm}^2$  olan bu kompakt antenin üretiminde alttaş olarak 1 mm kalınlığında PLA malzemesi tercih edilmiştir. Önerilen UGB antenin yama ve toprak düzlemlerinden oluşan iletken kısımları ise bakır bant ile kaplanarak oluşturulmuştur. 2.75-13 GHz çalışma frekans aralığı ile %165 oransal bant genişliğine sahip anten çalışma bandı boyunca %83'ün üzerinde bir ışımaya verimliliği sunmaktadır. Maksimum kazanç değerinin 5.5 dBi olduğu 3D baskılı UGB yama anten, çok yönlü ışımaya karakteristiğine de sahiptir. Ayrıca, yapılan ölçümlerle önerilen antenin ışımaya performansı da doğrulanmıştır. Bu çalışma ile 3D baskı teknolojisinin yama antenlerin üretimindeki kullanılabilirliği ve tasarım esnekliği vurgulanmaktadır. Gelecekte, bu teknoloji üzerindeki çalışmaların kablosuz haberleşme sistemlerinin daha da gelişmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yama anten, ultra geniş bant, 3D baskı, PLA

## 3D Printed Patch Antenna Design with Coplanar Waveguide Feed for Ultra Wideband Wireless Communication Applications

### Abstract

Advancements in wireless communication technologies are driving the need for high-speed data transfer. In this context, ultra-wideband (UWB) technology emerges as a new wireless communication solution capable of operating over a wide frequency range. The production of antennas, an essential component of this technology, is drawing attention to 3D printing technology. This study examines the design, production, and characterization of a compact monopole patch antenna designed for use in wideband wireless communication systems using 3D printing technology. A triangular patch serving as the radiator is fed by a coplanar waveguide resembling a tapered trapezoid. This compact antenna, with a total size of  $20.7 \times 28.6 \text{ mm}^2$ , utilizes PLA material with a thickness of 1 mm as the substrate. The conductive parts consisting of the patch and ground planes of the proposed UWB antenna are constructed using copper tape. With a working frequency range of 2.75-13 GHz and a 165% fractional bandwidth, the antenna provides over 83% radiation efficiency across the operating band. The antenna exhibits a maximum gain of 5.5 dBi and features omnidirectional radiation characteristics. Additionally, measurements confirm the radiation performance of the proposed antenna. This study highlights the usability and design flexibility of 3D printing technology in patch antenna production. Future research on this technology is expected to further contribute to the advancement of wireless communication systems.

**Key Words:** Patch antenna, ultra-wideband, 3D printing, PLA

**Atf / To cite :** Yerlikaya M, Kuşulay İ, Duysak H (2024). Ultra Geniş Bant Kablosuz Haberleşme Uygulamaları İçin Eş Düzlemsel Dalga Kılavuz Beslemeli 3D Baskılı Yama Anten Tasarımı. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(1): 44-50.

## 1. GİRİŞ

Sürekli gelişen kablosuz haberleşme teknolojileri sebebiyle yüksek spektral verimlilik ve yüksek veri transfer hızına sahip haberleşme sistemlerine olan talep de her geçen gün artmaktadır. Ultra geniş bant (UGB), genellikle nanosaniye veya piko saniye darbeler kullanarak geniş bir frekans aralığında işlem çalışabilen yeni nesil bir kablosuz haberleşme teknolojisidir. Antenler de, elektromanyetik sinyallerin iletilmesi ve alınması açısından UGB haberleşme sistemlerinde önemli bir yere sahiptir. Federal haberleşme komisyonunun (FCC) 3.1-10.6 GHz frekans aralığını lisanssız kullanım için UGB haberleşmesine tahsis etmesinden sonra geniş bant özellikleri, yüksek veri hızları, düşük güç iletimi ve düşük profilli nedeniyle UGB antenlere olan ilgi giderek artmıştır. UGB bir antenin 500 MHz'lik minimum bant genişliğinin yanında en az %20'lik bir oransal bant genişliğine sahip olması istenmektedir (FCC 2002; Schantz 2004). UGB haberleşmesinde vivaldi, log-periyodik, spiral anten gibi anten türleri kullanılabilir. Fakat, geniş bant kablosuz haberleşme sistemleri, ucuz, yüksek verimliliğe sahip, geniş bantta çalışan hafif ve kompakt antenlere ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple, mikroşerit anten olarak da bilinen yama antenlerin düşük maliyet ve düzlemsel yapıları sebebiyle başta UGB haberleşmesi olmak üzere pek çok mikrodalga ve haberleşme uygulamalarında kullanımı daha yaygındır (Ramadan ve Dahle 2019).

Literatürde UGB uygulamaları için dikdörtgen, üçgen, dairesel gibi geleneksel yama türleri de dahil olmak üzere pek çok farklı yama geometrisine sahip monopollü anten yapıları yer almaktadır. Verma ve Kumar (2014), 40×40 mm<sup>2</sup> boyutlarında Newton yumurtası şeklinde eliptik bir monopollü yama anten tasarımı sunmuşlardır. Bağlı geçirgenliği 4.3 olan FR-4 alttaşı üzerine basılan anten, 2.9-11 GHz aralığında yaklaşık %116'lık bir bant genişliğine sahiptir. Bir başka çalışmada, UGB kablosuz haberleşme uygulamaları için yine FR-4 alttaşı üzerine tasarlanmış altıgen mikroşerit fraktal yama anteni (HMSFA) sunulmaktadır (Sawant ve Kumar, 2015). Toplam boyutu 51×63×1.53 mm<sup>3</sup> olan monopollü yama anten 3.1-12.7 GHz aralığından 9.6 GHz büyüklüğünde bir empedans bant genişliği sunmaktadır. Toktas ve ark. (2016), 2.6-18.2 GHz gibi geniş bir frekans aralığında çalışan kompakt bir UGB yama anten tasarlamışlardır. Toplam boyutu 23×31 mm<sup>2</sup> olan antende ışığı olarak monopollü üçgen bir yama tercih edilmiştir. Bir başka çalışmada, UGB uygulamaları için kısmi toprak düzleminde dikdörtgen ve Ψ şekilli yama antenleri tasarımları verilmiştir (Peram ve ark., 2019). Her ikisinde 30×30 mm<sup>2</sup> boyutunda FR-4 alttaşı üzerinde üretilen antenler, sırasıyla 3.8–11.4 GHz ve 3.4–12.0 GHz empedans bant genişliklerine sahiptirler. Yadav ve ark. (2020), biyomedikal uygulamalar için tekstil alttaşı üzerine mikroşerit hat beslemeli bir UGB monopollü anten tasarımı önermişlerdir. 2.96-11.6 GHz çalışma frekans aralığı olan giyilebilir esnek anten, 1.7 olan 25×25×1 mm<sup>3</sup> boyutlarındaki jean kumaş üzerine bakır bant yapılandırılarak üretilmiştir. Diğer bir esnek anten çalışmasında, 3.2 bağlı geçirgenlik değerine sahip bir polietilen tereftalat (PET) alt tabaka üzerine mürekkep

püskürtmeli baskılı dairesel şekilli monopollü UGB anten tasarımı sunulmuştur (Kirtania ve ark., 2021). Nesnelerin interneti (IoT) uygulamaları için tasarlanan antende besleme hattı olarak eşdüzlemsel dalga kılavuz (EDK) beslemesi kullanılmıştır. Ebatları 47×25×0.14 mm<sup>3</sup> olan yama anten, 3.05-10.7 GHz ve 15.1-18 GHz olmak üzere iki frekans bölgesinde -10dB altında bir yansımaya katsayısı eğrisine sahiptir. Tariq ve ark. (2023) ise, 3.4-9.8 GHz empedans bant genişliğine sahip bir UGB monopollü yama anten üzerine çalışmışlardır. Önerilen anten 40mm×20mm'lik boyutuyla 1.52mm kalınlıkta Rogers 6002 ticari alttaşı üzerine tasarlanmıştır. Bununla birlikte, antenin kazancını artırmak üzere antene frekans seçici yüzey eklenmiş olup bunun neticesinde anten kazanç seviyesi 4.5 dBi'den 9.5 dBi seviyesine yükselmiştir. Ancak, eklenen frekans seçici yüzey ile anten sisteminin toplam boyutları da 58×58 mm<sup>2</sup> olmuştur.

Geleneksel mikroşerit antenler, geleneksel olarak baskılı devre kartı (PCB) tekniği ile üretilmektedir. Ancak, PCB üretim tekniğinde gereken litografik üretim işleminin çevre kirliliği dezavantajının yanında kullanılan ticari alttaşı (substrat) sayısının ve özelliklerinin sınırlı olması tasarım esnekliğini kısıtlamaktadır (Olan-Nuñez ve Murphy-Arteaga 2023). Eklemeli imalat olarak da bilinen 3 boyutlu (3D) baskı teknolojisi, düşük maliyet, hafiflik, hızlı prototipleme, çevre dostu üretim, yüksek malzeme kullanımı ve kalıp gerektirmemesi gibi avantajları nedeniyle hem akademik hem de endüstri araştırmacılarından yoğun ilgi görmektedir. 3B baskı teknolojisinin anten ve diğer mikrodalga bileşenlerinin üretimindeki önemi de giderek artmaktadır (Bjorgaard ve ark. 2018). Yama antenlerin üretiminde 3D baskı teknolojisinin kullanımı, litografi temelli geleneksel baskılı devre kartı (PCB) tekniğine kıyasla tasarım esnekliğini, üretim kolaylığını, karmaşık geometrilerin gerçekleştirilmesini, ayarlanabilir dielektrik özellikleri ve daha çevreci olması gibi avantajları da beraberinde sunmaktadır (Olan-Nuñez ve Murphy-Arteaga 2023). Geçmişten çok çeşitli 3D baskı teknikleri geliştirilmiş ve bu teknikler yedi kategori altında sınıflandırmıştır. Bu tekniklerden eriyik yığıma modelleme (FDM), anten üretiminde yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Malzeme ekstrüzyonu kategorisinde sınıflanan bu teknikte, filament adı verilen malzemenin bir ekstrüzyon nozulu aracılığıyla eritildiği ve istenen nesnelere oluşturmak için katmanlar halinde yerleştirilir. FDM'de en sık kullanılan malzemeler arasında akrilonitril bütadien stiren (ABS), polilaktik asit (PLA) ve polikarbonat (PC) gibi termoplastikler yer alır (Wang ve ark. 2023).

Bu çalışmada, 3D baskı teknolojisi kullanılarak kompakt boyutlu monopollü yama anten tasarımı sunulmuştur. Önerilen anten, eş düzlemsel dalga kılavuzu beslemeli üçgen şeklinde bir yama içermektedir. Antenin dielektrik alt tabakası için bağlı geçirgenliği ( $\epsilon_r$ ) 2.82 olan 1 mm kalınlıkta PLA tercih edilmiştir. Besleme hattı, yama ve toprak düzlemleri gibi iletken kısımlar ise bakır bant ile oluşturulmuştur. Önerilen 3D baskılı UGB monopollü antenin toplam boyutu 20.7×28.6 mm<sup>2</sup> olup elektriksel

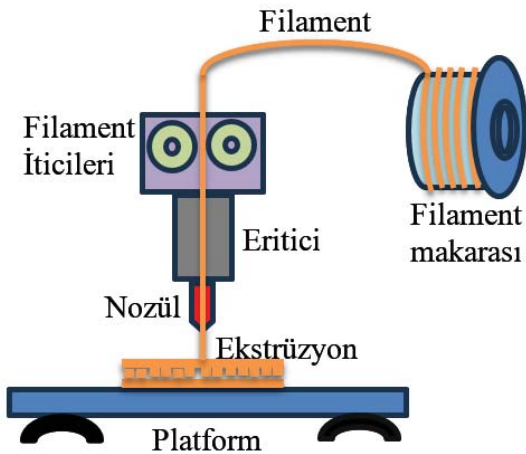
boyutu  $0.19\lambda_0 \times 0.26\lambda_0 \times 0.01\lambda_0$  olarak bulunmuştur. Tasarlanan anten 2.8-13 GHz çalışma frekans aralığı ile tüm lisanssız UGB frekans bölgesini kapsarken; rezonans frekans noktaları ise 5 ve 12 GHz olarak tespit edilmiştir. Maksimum kazanç değeri 5 dBi olan antenin tüm çalışma bandı boyunca ışıma verimliliği %87'nin üzerindedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. FDM 3D Baskı Tekniği

Hull (1984) tarafından sterolitografi (SLA) olarak bilinen bir süreçle geliştirilmiş olan eklemeli imalat olarak da bilinen 3B baskı teknolojisinde, günümüze kadar farklı işlevlere sahip çok çeşitli teknikleri geliştirilmiştir. Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu (ASTM)'in yayınlamış olduğu standart ile 3D baskı teknolojisi yedi alt kategoride sınıflandırılmıştır (ASTM, 2012).

Malzeme olarak genellikle termoplastik polimerlerin kullanıldığı ve kısaca FDM olarak bilinen eriyik yığıma modelleme (fused deposition modelling) tekniği, 3D baskı teknolojisinde en yaygın kullanılan tekniklerin başında gelmektedir. Bu yöntemde, Şekil 1'de gösterildiği gibi bir termoplastik polimerden oluşan filament, nozulda ısıtılarak yarı-sıvı bir halde tutulur ve ardından platform üzerine veya önceden basılmış katmanların üzerine çıkarılır. Kullanılan filamentlerin termoplastik olması, baskı sırasında bir araya gelmesine ve baskıdan sonra oda sıcaklığında katılaşmasına izin vermesi açısından önemlidir. Düşük maliyet, yüksek hız ve işlem basitliği FDM'nin başlıca avantajlarıdır. Diğer yandan, zayıf mekanik özellikler, katmanlı görünüm, düşük yüzey kalitesi ve sınırlı sayıda termoplastik malzeme bulunması FDM'nin başlıca dezavantajlarıdır. (Ngo ve ark. 2018).



Şekil 1. FDM 3D baskı tekniğinin şematik gösterimi

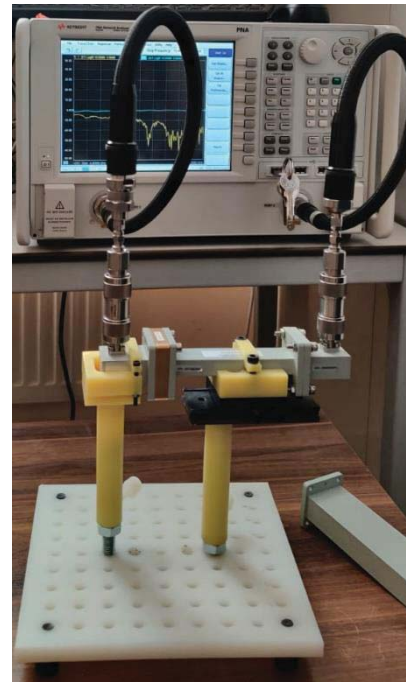
### 2.2. PLA Malzemesinin Di-elektrik Katsayısının Belirlenmesi

Günümüzde hem ticari hem de amatör kullanıcılar tarafından yoğun şekilde kullanılan FDM tipi yazıcılarda en yaygın kullanılan malzemelerin başında gelen PLA, yenilenebilir kaynaklardan elde edilmiş ve biyolojik olarak parçalanabilen son derece kullanışlı bir polimerdir.

Alternatiflerine göre çevre dostu olan ve baskı yapılırken toksik koku yaymadığı için kapalı ortamlarda bile güvenle kullanılabilen PLA, düşük sıcaklıkta işlenebilen ve kolay bükülmeyen bir filament çeşididir (Musa ve ark. 2022).

Kullanılan di-elektrik alttaş malzemenin bağlı geçirgenlik olarak da bilinen di-elektrik katsayısı ( $\epsilon_r$ ) ve tanjant kaybı ( $\tan\delta$ ), yama antenlerde ışıma performansını etkileyen en önemli etkenlerden birisidir. Literatürde PLA malzemesi için 2.5 ila 2.9 arasında değişen  $\epsilon_r$  değerleri verilmekle birlikte,  $\epsilon_r$  değeri malzemenin türüne bağlı olmakla beraber frekans, doluluk yüzdesi, dolgu geometrisi, sıcaklık ve nem gibi faktörlere de bağlıdır. Bu sebeple, 3B baskıyla üretilen di-elektriklerde, daha karmaşık bir tasarımı üretmeden önce malzemenin di-elektrik özelliklerinin ölçülmesi önemlidir. Di-elektrik malzemelerin malzeme karakterizasyonu için dalga kılavuzları, boşluk rezonatörleri ve koaksiyel problemleri içeren çeşitli teknikler kullanılabilir (Chen ve ark. 2004).

Bu çalışmada kullanılacak olan colorFabb PLA malzemesinin di-elektrik özelliklerini belirlemek için Şekil 2'de ölçüm düzeneği gösterilen dikdörtgen dalga kılavuzu iletim hattı yöntemi kullanılmıştır.

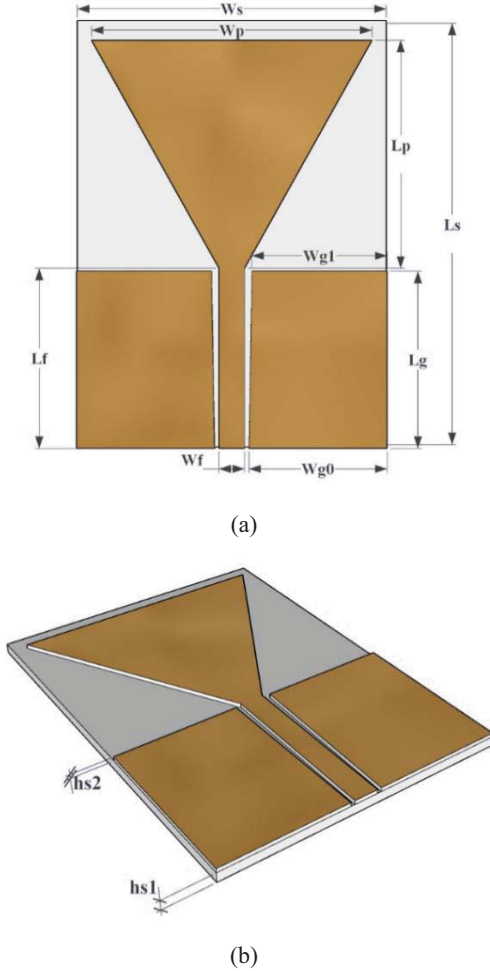


Şekil 2. X-band di-elektrik özellik ölçüm düzeneği

Şekilde görüldüğü gibi iki portlu vektör ağ analizörü (VNA) koaksiyel kablolar ile WR-90 X-band dalga kılavuzu adaptörlerine bağlanmıştır. 3D yazıcı ile üretilen PLA numunesi adaptörler arasında yer alan numune tutucu içine yerleştirilmiştir. Port 1'den gelen enerji dalga kılavuzu ve numune içinde yayılarak Port 2'ye iletilir. Böylelikle malzemeye ilişkin yansıma ve iletim parametreleri ( $S_{11}$  ve  $S_{21}$ ) belirlenir. Elde edilen s-parametreleri Nicholson Ross Weir (NRW) yaklaşımına göre işlenerek malzemenin di-elektrik özellikleri bulunur. Çalışmada kullanılan mat beyaz renkli colorFabb PLA için yapılan ölçümlerden di-elektrik sabitinin gerçek kısmı ( $\epsilon'$ ) X-bandı boyunca 2.82 seviyelerinde olmuştur.

### 3. 3D UGB YAMA ANTEN TASARIMI

Mikroşerit antenler için geniş bant empedans uyumu, çok yönlü ışına örüntüsü, kompakt tasarım ve düşük üretim maliyeti en önemli tasarım parametreleridir. Bu çalışmada önerilen 3D baskılı UGB yama anten Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 3D baskılı UGB yama antenin (a) üstten (b) perspektif görünümü

Yama antenlerin boyutları, alt kesim frekansı ( $f_L$ ), rezonans frekansı ( $f_r$ ), karakteristik empedans ( $Z_0$ ) ve bağlı dielektrik geçirgenlik ( $\epsilon_r$ ) gibi parametrelere bağlıdır (Garg, 2001). Toplam boyutu  $20.7 \times 28.6 \times 1 \text{ mm}^3$  olan antenin, elektriksel boyutu ise  $0.26\lambda_L \times 0.19\lambda_L \times 0.01\lambda_L$ 'dir. Bağlı dielektrik geçirgenliği ( $\epsilon_r$ ) 2.82 olan PLA'nın kullanıldığı antenin alttaşı (substrat), malzeme tasarrufu ve iletken kısımları oluştururken imalat kolaylığı açısından katmanlı olarak tasarlanmıştır. Yüksek bant genişliği avantajı sunması sebebiyle eş düzlemsel dalga kılavuz (EDK) beslemesinin kullanıldığı antende, ışıyıcı olarak da monopul üçgen yama kullanılmıştır. Geniş bant eşleşmesini sağlamak için besleme hattının karakteristik empedansı Simons (2004)'un sunduğu tasarım eşitliklerine göre hesaplanmıştır. Ayrıca, geniş bant empedans uyumunu artırmak için eş düzlemsel dalga kılavuz besleme iletim hattının her iki yanındaki toprak düzlemleri, dikdörtgen yerine genişliği daralan dik yamuk şeklinde tasarlanmıştır. Önerilen antenin tasarım boyutları Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 1. 3D baskılı UGB yama anten boyutları (mm)

$W_s$	$L_s$	$W_f$	$L_f$	$W_{g0}$	$W_{g1}$
20.7	28.6	1.7	12	9.2	9.0
$L_g$	$W_p$	$L_p$	$hs1$	$hs2$	
11.8	18.7	15.2	0.7	0.3	

### 4. 3D UGB YAMA ANTENİN ÜRETİMİ VE ÖLÇÜM SONUÇLARI

Bu çalışmada tasarlanan UGB yama antenin alt tabaka üretiminde Şekil 4'de gösterilen Ultimaker 2+ 3D yazıcısı kullanılmıştır. Ultimaker 2+ 3D yazıcısının baskı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 4. Ultimaker 2+ 3D yazıcısı

Tablo 2. Ultimaker 2+ 3D yazıcısı baskı özellikleri

Baskı teknolojisi	FDM
Baskı hacmi ( $\text{mm}^3$ )	223 x 220 x 205
Uyumlu filament çapı (mm)	2.85
Katman çözünürlüğü ( $\mu\text{m}$ )	20-600
Nozzle çapları (mm)	0.25, 0.4, 0.6, 0.8
Baskı ucu sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	180-260

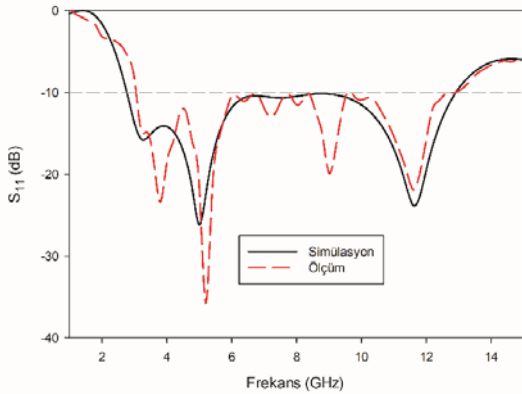
Tasarlanan UGB yama antenin performans incelemesi için gereken prototipi, 2.85 mm mat beyaz renkli PLA filament ile 70mm/s baskı hızı, 0.15mm katman kalınlığı ve 0.4mm nozzle ile üretilmiştir. Prototip oluştururken ilk olarak, simülasyon programında oluşturulan model ".STL" dosya formatında dışa aktarılır. Sonrasında ".STL" uzantılı çizim Ultimaker Cura yazılımıyla 3D yazıcı için ".gcode" formatına dönüştürülür. Ultimaker 2+ 3D yazıcısı ile oluşturulan anten alt tabakasına yapışkan bakır bant

kullanılarak 3D baskılı UGB antenin yama ve toprak katmanları kaplanır. Son olarak ölçüm yapabilmek için gereken SMA konnektör besleme hattına lehimlenerek anten prototipi tamamlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. 3D baskılı UGB antenin yama anten prototipi

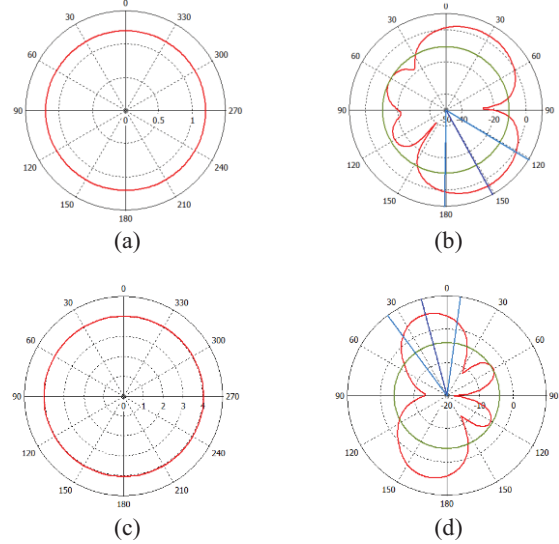
Üretimi tamamlanan 3D baskılı UGB yama antenin geri dönüş kaybı ( $S_{11}$ ) ölçümü, 10 MHz – 43.5 GHz ölçüm aralığına sahip Keysight PNA N5224A vektör ağ analizörü (VNA) ile yapılmıştır. Önerilen UGB yama antenin simülasyon ve ölçüm geri dönüş kayıplarının karşılaştırmalı grafikleri Şekil 6'da gösterilmiştir.  $S_{11}$  simülasyon grafiklerinden görüleceği üzere önerilen UGB antenin -10 dB empedans bant genişliği 2.75-13 GHz aralığında iken, ölçüm bant genişliğinin de 3.05-12.9 GHz aralığında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, simülasyon sonuçlarına göre 5 GHz ve 11.8 GHz'de iki rezonans frekansına sahip antenin ölçümlerde ise 3.8, 5.2, 9 ve 11.6 GHz frekanslarında olmak üzere dört rezonans noktası bulunmaktadır. Genel olarak geri dönüş kaybı grafikleri incelendiğinde ise, 3D baskılı UGB yama antenin simülasyon ve ölçüm sonuçları açısından iyi bir uyum sağladığı da görülmektedir. Simüle edilen ve ölçülen eğriler arasında oluşan farkların nedeni ise, üretim sürecinin toleransı ve SMA konnektörünün kaynak kaybından olduğu düşünülebilir.



Şekil 6. 3D baskılı UGB anten için simüle edilen ve ölçülen geri dönüş kaybı ( $S_{11}$ ) grafikleri

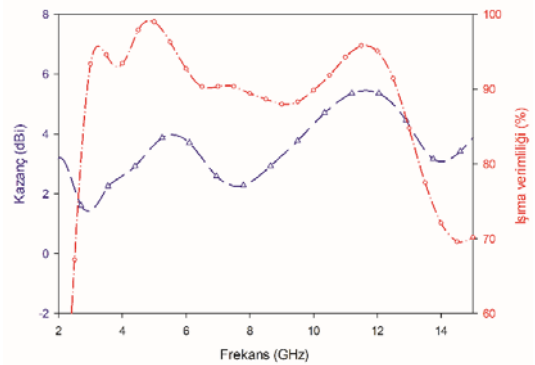
İşıma örüntüsü, bir antenin çevresine yaydığı elektromanyetik enerjinin dağılımını gösteren önemli parametrelerden birisidir. Yama antenleri için istenen performans genelde çok yönlü bir ışıma örüntüsüdür. Çok yönlü bir ışıma örüntüsü, antenin farklı yönlerde eşit güçte ve homojen bir şekilde sinyal yayması anlamına gelir. Bu özellik, antenin iletişim sisteminin geniş bir alana

yayılmasını sağlar ve iletişim kalitesini artırır. Ayrıca, antenin çevresindeki engellerden etkilenme olasılığını azaltır. 3D UGB yama antenin 5 GHz ve 11.8 GHz rezonans frekanslarındaki E-düzlemi ( $\phi=0^\circ$ ) ve H-düzlemi ( $\phi=90^\circ$ ) ışına örüntüleri Şekil 7'de verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi, her iki frekansta da neredeyse kararlı ve çok yönlü ışına örüntüsü sağlandığı açıkça görülmektedir.



Şekil 7. 3D baskılı UGB antenin ışına örüntüleri; (a) 5 GHz E-düzlemi (b) 5 GHz H-düzlemi (c) 11.6 GHz E-düzlemi (d) 11.6 GHz H-düzlemi

Son olarak, Şekil 8'de anten maksimum kazanç ve ışına verimliliğinin frekansa bağlı değişimi karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çalışma bandı boyunca antenin maksimum kazanç değeri 1.8 dBi ile 5.5 dBi aralığında değişmektedir. Rezonans frekansları olan 5 ve 12 GHz frekansları için maksimum kazanç değerleri sırasıyla 3.8 dBi ve 5.5 dBi olarak bulunmuştur. Anten ışına verimliliği de tüm çalışma bandı boyunca %83'ün üzerinde ölçülmüştür. Maksimum verimlilik değeri de 4.8 GHz'de %99 seviyesindedir.



Şekil 8. 3D baskılı UGB antenin maksimum kazanç ve ışına verimliliği eğrileri

Önerilen 3D baskılı UGB monopollü anteni ile literatürde bildirilen UGB antenler ile karşılaştırması Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Önerilen 3B antenin mevcut UGB yama antenler ile karşılaştırması

Referanslar	Alttaş türü	Bant genişliği (GHz)	Anten boyutları (mm)	Anten boyutları ( $\lambda_L$ )	Kazanç (dBi)
Verma ve Kumar (2014)	FR-4	2.9-11	40×40×1.6	0.38×0.38	2.2–2.9
Sawant ve Kumar (2015)	Polyamide	3.1-12.7	51×63×1.53	0.52×0.65	-
Toktas ve ark. (2016)	FR-4	2.6-18.2	23×31×1.6	0.2×0.27	2.2-4.5
Peram ve ark. (2019)	FR-4	3.4–12.0	30×30×1.6	0.34×0.34	0.2-4.6
Yadav ve ark. (2020)	Jean	2.9-11.6	25×25×1	0.24×0.24	0-5.7
Kirtania ve ark. (2021)	PET	3.04–10.7 ve 15.2–18	47×25×0.14	0.47×0.26	1-5.7
Tariq ve ark. (2023)	Roger 6002	3.4-9.9	40×30×1.52	0.45*0.34	1.5-4.5
Bu çalışma	PLA	2.75-13	20.7×28.6×1	0.19*0.26	1.8-5.5

Tablodan da görüldüğü üzere, önerilen antenin yakın zamanda yayınlanan çalışmalardan daha küçük olduğu görülmektedir. Ayrıca, her ne kadar maksimum kazanç olarak daha iyi olan iki çalışma yer alsada da çalışma bandı boyunca ortalama kazanç değerine bakılacak olursa diğer antenlerden daha iyi olduğu anlaşılmaktadır.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada 3D baskı teknolojisi kullanılarak kompakt boyutlu bir monopol yama anten tasarımı sunulmuştur. Önerilen anten, eş düzlemsel dalga kılavuzu beslemeli üçgen şeklinde bir yama içermektedir. Antenin alt tabakası için di-elektrik katsayısı 2.82 olan 1mm kalınlıkta PLA kullanılırken, yama ve toprak kısımlarında bakır bant tercih edilmiştir. Tasarlanan UGB monopol antenin toplam boyutu 20.7×28.6 mm<sup>2</sup> olup, 2.8-13 GHz çalışma frekans aralığı ile tüm UGB bandını kapsamaktadır. Simülasyon sonuçları ve ölçüm verileri

karşılaştırıldığında, antenin iyi bir uyum sağladığı görülmüştür. Ayrıca, ışına örtütüsü analizi, antenin farklı frekanslarda çok yönlü bir ışına sağladığını ortaya koymuştur. Antenin maksimum kazanç ve ışına verimliliği de çalışma bandı boyunca değerlendirilmiş ve %83'ün üzerinde bir verimlilik elde edilmiştir. Bu sonuçlar, 3D baskı teknolojisinin mikroşerit antenlerin üretiminde kullanılabilirliğini ve tasarım esnekliğini vurgulamaktadır. Önerilen anten tasarımı, geniş bant kablosuz iletişim sistemleri için uygun, kompakt ve yüksek performanslı bir çözüm sunmaktadır. Gelecekte, bu teknoloji üzerinde yapılan çalışmaların, kablosuz iletişim sistemlerinin daha da gelişmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## KAYNAKLAR

- ASTM (2012). Standard terminology for additive manufacturing technologies. ASTM International F2792-12a, 46:10918-10928.
- Bjorgaard J, Hoyack M, Huber E, Mirzaee M, Chang YH, Noghianian S (2018). Design and fabrication of antennas using 3D printing. *Progress In Electromagnetics Research C*, 84:119-134.
- Chen LF, Ong CK, Neo CP, Varadan VV, Varadan VK (2004). *Microwave electronics: measurement and materials characterization*. John Wiley & Sons.
- FCC (2002). Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems. Federal Communications Commission.
- Garg R, Bhartia P, Bahl I, Ittipiboon I (2001). *Microstrip antenna design handbook*. Artech House.
- Hull CW (1984). Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. United States Patent, Appl. No. 638905.
- Kirtania SG, Younes BA, Hossain AR, Karacolak T, Sekhar PK (2021). CPW-fed flexible ultra-wideband antenna for IoT applications. *Micromachines*, 12(4):453.
- Musa L, Kumar NK, Rahim SZA, Rasidi MSM, Rennie AEW, Rahman R, Kanani AY, Azmi AA (2022). A review on the potential of polylactic acid based thermoplastic elastomer as filament material for fused deposition modelling. *Journal of Materials Research and Technology*, 20:2841-2858.
- Ngo TD, Kashani A, Imbalzano G, Nguyen KT, Hui D (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143:172-196.
- Olan-Nuñez KN, Murphy-Arteaga RS (2023). Dual-band antenna on 3D-printed substrate for 2.4/5.8 GHz ISM-band applications. *Electronics*, 12(11):2368.
- Peram A, Reddy ASR, Prasad MNG (2019). Miniaturized single layer ultra wide band (UWB) patch antenna using a partial ground plane. *Wireless Personal Communications*, 106(3):1275-1291.
- Ramadan M, Dahle R (2019). Characterization of 3-D printed flexible heterogeneous substrate designs for wearable antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 67(5):2896–2903.

- Sawant KK, Kumar CS (2015). CPW fed hexagonal micro strip fractal antenna for UWB wireless communications. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 69(1):31-38.
- Schantz HG (2004). A brief history of UWB antennas. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 19(4):22-26.
- Simons RN (2004). *Coplanar waveguide circuits, components, and systems*. John Wiley & Sons.
- Tariq S, Hussain Q, Alzaidi MS, Ghoniem RM, Alibakhshikenari M, Althuwayb AA, Virdee BS, Aslam M (2023). Frequency selective surfaces-based miniaturized wideband high-gain monopole antenna for UWB systems. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 170:154841.
- Toktaş A, Yerlikaya M, Yiğit E (2016). Microstrip-fed Triangular UWB Microstrip Antenna Based on DGS. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, Special Issue-1:43-47.
- Verma S, Kumar P (2014). Printed Newton's egg curved monopole antenna for ultrawideband applications. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 8(4): 278-286.
- Yadav A, Singh VK, Bhoi AK, Marques G, Garcia-Zapirain B, Díez IT (2020). Wireless body area networks: UWB wearable textile antenna for telemedicine and mobile health systems. *Micromachines*, 11(6):558.
- Wang Y, Zhang X, Su R, Chen M, Shen C, Xu H, He R (2023). 3D printed antennas for 5G communication: current progress and future challenges. *Chinese Journal of Mechanical Engineering: Additive Manufacturing Frontiers*, 2(1):100065.

## Kentsel Alanlarda Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Belirleme Çalışmalarında Spektral İndekslerin Kullanılması: Ceyhan İlçe Merkezi Örneği

Sevim Yasemin ÇİÇEKLİ<sup>1</sup>,

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

Alındı/Received: 04/03/2024; Kabul/Accepted: 02/05/2024; Yayın/Published: 15/05/2024

\* Sorumlu yazar e-posta: s.y.cicekli@gmail.com

### Öz

Uydu tekniklerinin gelişmesiyle birlikte arazi kullanımı ve arazi örtüsü belirlemek amacıyla görüntü uzaktan algılama teknikleri daha sık kullanılmaktadır. Ceyhan ilçesi, tarımsal faaliyetler açısından oldukça önemli bir konumda olup, arazi kullanımı ve arazi örtüsünün düzenli gözlemlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmanın temel amacı Ceyhan ilçe merkezi çevresinde arazi örtüsü ve arazi kullanımını Sentinel-2B uydu görüntüleri kullanılarak ve bant oranlama teknikleri yardımı ile belirlemektir. Bu çalışmada Ceyhan İlçe merkezine ait 24 Haziran 2023 tarihinde alınan Sentinel-2B uydu görüntüsü kullanılmıştır. Sentinel-2B görüntüsüne Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi uygulanarak bitki örtüsü dağılımı ve yoğunlukları, Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi uygulanarak su alanları, Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi ve Şehir İndeksi bant oranlama teknikleri uygulanarak yerleşim alanları belirlenmiştir. Otsu yöntemi ile eşik değerleri tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki 100 adet kontrol noktası kullanılarak her yöntem için doğruluk analizi yapılmıştır. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi %91, Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi %99, Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi %89, Şehir İndeksi %92 doğruluk sağlamıştır. Tüm yöntemlerin beklenen doğruluğu karşıladığı ve bu yöntemlerle oluşturulmuş sınıfların birbiri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sentinel-2, Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi, Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi, Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi, Şehir İndeksi.

## Using Spectral Indices in Land Use and Land Cover Determination Studies in Urban Areas: The Case of Ceyhan District

### Abstract

With the development of satellite techniques, image remote sensing techniques are used more frequently to determine land use and land cover. Ceyhan district is in a very important position in terms of agricultural activities, and regular monitoring of land use and land cover is important. The main purpose of this study is to determine land cover and land use around Ceyhan district using sentinel-2B satellite images and spectral indices. In this study, Sentinel-2B satellite image of Ceyhan District taken on June 24, 2023 was used. Vegetation distribution and densities were determined by applying the Normalized Difference Vegetation Index to the Sentinel-2B image, water areas were determined by applying the Normalized Difference Water Index, and residential areas were determined by applying the Normalized Difference Built-up Index and Urban Index band ratio techniques. Threshold values were determined by Otsu method. Accuracy analysis was performed for each method using 100 control points in the study area. Normalized Difference Vegetation Index provided %91 accuracy, Normalized Difference Water Index provided %99 accuracy, Normalized Difference Built-up Index provided %89 accuracy, Urban Index provided %92 accuracy. It has been determined that all methods provide high accuracy and the classes created by these methods are compatible with each other.

**Key Words:** Sentinel-2, Land Use and Land Cover, Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Difference Water Index, Normalized Difference Built-up Index, Urban Index.

**Atf / To cite:** Çiçekli SY (2024). Kentsel Alanlarda Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Belirleme Çalışmalarında Spektral İndekslerin Kullanılması: Ceyhan İlçe Merkezi Örneği. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(1): 51-61.



## 1. GİRİŞ

Uzaktan algılama, arazi kullanımı ve arazi örtüsünün (LULC) belirlenmesi, sulak alan yönetimi, ekolojik çalışmalar ve deformasyonların izlenmesinde en çok tercih edilen disiplinlerden biridir. Bu çalışmada kentsel alan üzerinde Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) ve Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) ve Şehir İndeksi (UI) bant oranlama tekniği uygulanmış ve karşılaştırılmıştır.

Literatürde çok sayıda NDWI, NDVI, NDBI ve UI bant oranlama teknikleri çalışması bulunmaktadır. Ma ve ark. (2018); Çin'in Liaoning ili Panjin bölgesine ait Modis ve Lnadat uydu görüntülerine NDWI, NDVI bant oranlama teknikleri uygulayarak mevsimsel değişimleri yüksek doğrulukla gözlemlemiştir (Ma ve ark. 2018). Deoli ve ark. (2022); Hindistan Nainital Gölü bölgesinin 2001, 2012,2013 ve 2018 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerine NDWI, WRI ve MNDWI bant oranlama tekniklerini uygulamış ve göl alanının zamansal değişimini gözlemlemiştir (Deoli ve ark. 2022). NDWI tekniğinin %96,94 ile en yüksek doğruluğu veren yöntem olduğunu tespit etmiştir. Kuc ve Chormański (2019), Warsaw bölgesine ait Sentinel-2 görüntüleri kullanarak NDBI ve NDVI yöntemi ile şehir haritaları oluşturmuştur (Kuc ve Chormański 2019). Kaya ve Kaplan (2021); Burdur Gölü'ndeki alansal değişimi belirlemek için Normalleştirilmiş NDWI tekniğini kullanmış ve 2009-2019 yılları arasındaki 17 km<sup>2</sup> alan değişimini yüksek doğrulukla elde etmiştir (Kaya ve Kaplan 2021). Mutlu ve ark. (2020); Akşehir gölüne ait 1995, 2010 ve 2018 Landsat uydu görüntülerine NDWI, MNDWI ve NDWIGAO bant oranlama teknikleri uygulamış ve alansal değişimi tespit etmiştir (Mutlu ve ark. 2020). Özdarıcı Ok (2014) Mersin bölgesinde GeoEye uydu görüntülerini kullanarak NDVI yöntemi ile ağaçları %65-%90 doğrulukla tespit etmiştir (Özdarıcı 2014). Gündoğdu (2018) buğday ekili alanların zamana ve konuma bağlı değişimini Landsat-8 uydu görüntüleri kullanarak NDVI tekniği ile tespit etmiştir (Gündoğdu 2018). Öztürk (2022) Sentinel-2A ve Landsat-9 görüntülerine içerisinde NDBI ve UI bant oranlama tekniklerinin de bulunduğu geçirimsiz yüzey indekslerini kullanarak her iki uydu görüntüleri için de doğruluk analizi yapmıştır (Öztürk 2022). Khorshid (2016), hem yerleşim alanları hem de boş alanlar için içerisinde NDBI ve UI bant oranlama tekniklerinin de olduğu geçirimsiz yüzey indekslerini kullanarak doğruluk analizi yapmıştır (Khorshid 2016). Essaadia ve ark. (2022) Fas'taki iklim ve çevresel ortam arasındaki uzaysal-zamansal korelasyonu göstermek amacıyla Sentinel-2A, ASTER ve Landsat uydu görüntülerine NDVI bant oranlama tekniği ve diğer bitki örtüsü indekslerini uygulamış, NDVI tekniğinin kuraklık çalışmalarında verimli sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Essaadia ve ark. 2022). Ceyhan ilçesi Çukurova'da yer alıp, tarımsal faaliyetler açısından oldukça önemli bir

konumdadır. Bölgedeki arazi kullanımı ile ilgili literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Turgut ve ark. (2021) Ceyhan ilçe merkezi ve Ceyhan Ovasındaki arazi kullanımının değişimini analiz edebilmek için 1977-1981 yılları arasında üretilmiş arazi kullanım haritalarını sayısallaştırmış, 2015 yılı Google Earth arşiv görüntüleri ile karşılaştırmıştır. İlçe merkezinde yerleşim alanında büyüme olduğunu tespit etmiştir (Turgut ve ark. 2021). Dikici ve Aksel (2021), Ceyhan havzasında kuraklık tehlikesini tespit etmek için bant oranlama tekniklerini kullanmış, tüm teknikler kuraklığın aynı periyodiklikte olduğu ve bölgede kuraklık tehlikesi olduğunu tespit etmiştir (Dikici ve Aksel 2021).

Çalışma alanında hem yerleşim bölgesi hem tarım alanları hem de su yapısı bulunduğundan, bitki örtüsü tespit etmekte kullanılan bir teknik olan NDVI, su yapılarını tespit etmekte kullanılan NDWI ve yerleşim alanlarını tespit etmek için kullanılan NDBI, UI teknikleri bir arada kullanılmıştır. Bu yöntemlerin bir arada kullanılması ile literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı, NDWI, NDVI, NDBI ve UI bant oranlama tekniği kullanarak Ceyhan ilçe merkezi ve çevresinde LULC belirlemektir. 24 Haziran 2023 tarihinde algılanmış Sentinel-2B uydu görüntülerine NDW, NDVI, NDBI ve UI bant oranlama yöntemi uygulanmış, Otsu eşik belirleme yöntemi ile sınıflar oluşturulmuş ve her yöntem için doğruluk analizi yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir.

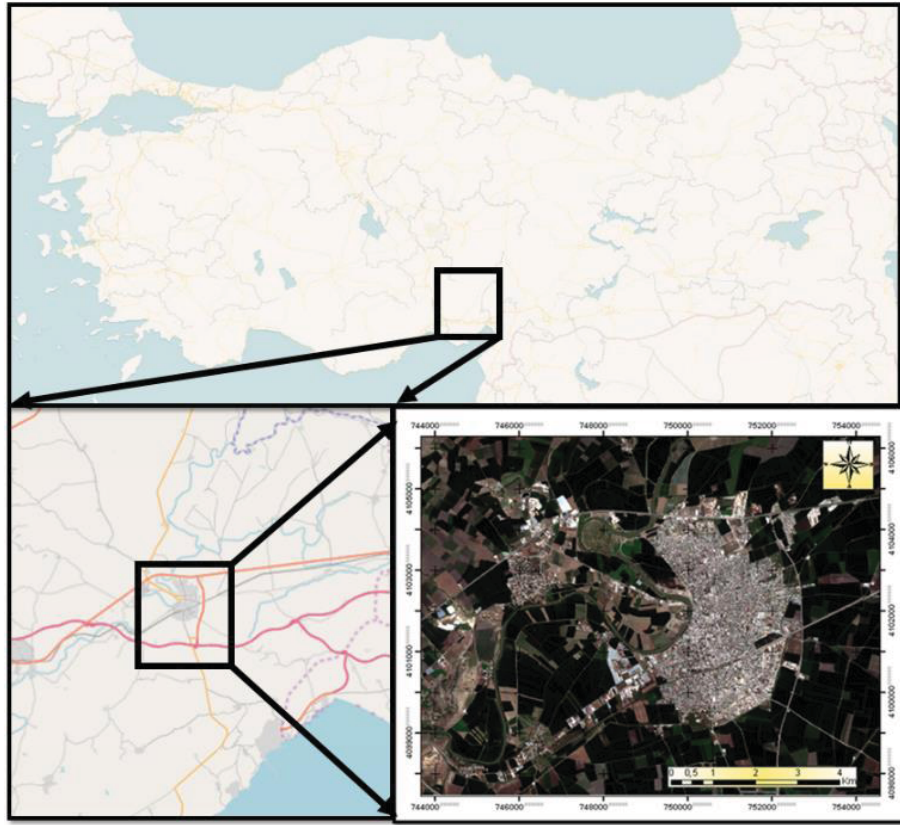
Çalışmanın “2. Materyal ve Metot” bölümünde, çalışma alanının konumu, kullanılan Sentinel-2B uydu görüntüsünün bantlarının ve özellikleri, çalışmada kullanılan bant oranlama teknikleri ve eşik belirleme yöntemi açıklanmıştır. “3. Bulgular” bölümünde, uydu görüntüsüne uygulanan ön işleme aşaması, bant oranlama teknikleri uygulanarak elde edilen NDVI, NDWI, NDBI ve UI görüntüleri, Otsu yöntemi uygulanarak belirlenen eşik değerlerle oluşturulan haritalar, her bir sınıf için hesaplanan piksel sayıları ve alanlar, hata matrisleri kullanılarak belirlenen doğruluk değerleri yer almaktadır. “4.Tartışma ve Sonuç” bölümünde çalışma sonunda elde edilen tüm sonuçlar açıklanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Adana'nın Ceyhan ilçe merkezine ait Sentinel-2B uydu görüntülerine NDWI, NDVI, NDBI ve UI bant oranlama teknikleri uygulanmış, Otsu eşik belirleme yöntemi ile sınıflar oluşturulmuştur.

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma Alanı, Adana ilinin 47 km doğusunda yer alan almakta olan Ceyhan ilçe merkezidir. Tarımsal faaliyetler açısından oldukça önemli bir konumda olup, Adana ilinin merkez ilçeleri dışında, en yüksek nüfuslu ilçesidir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı (ESA 2023)

## 2.2. Materyal

Bu çalışmada 24 Haziran 2023 tarihinde algılanmış Sentinel-2B uydu görüntüsü kullanılmıştır (ESA 2023).

Sentinel-2B uydusunun bantlarının özellikleri Tablo 1’de yer almaktadır.

**Tablo 1.** Sentinel-2B bantları ve Özellikleri

Sentinel-2 Uydu Bantları	Özellikler	
	Dalgaboyu (micrometre)	Çözünürlük (m)
Bant-1 (Kıyı Aerosol)	0.442	60
Bant-2 Mavi	0.492	10
Bant-3 Yeşil	0.559	10
Bant-4 Kırmızı	0.665	10
Bant-5 Bitki örtüsü Red Edge	0.703	20
Bant-6 Bitki örtüsü Red Edge	0.739	20
Bant-7 Bitki örtüsü Red Edge	0.779	20
Bant-8 NIR	0.833	10
Band-8A Bitki örtüsü Red Edge	0.864	20
Band-9 Water vapor	0.943	60
Band-10 SWIR Cirrus	1.376	60
Band-11 SWIR	1.610	20
Band-12 SWIR	2.185	20

### 2.3. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Bitki örtüsü tespit etmek için NDVI sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Pettorelli ve ark. 2011). NIR ve kırmızı bantları kullanır. Formülü aşağıdaki gibidir. (1).

$$NDVI = \frac{BAND_{NIR} - BAND_{KIRMIZI}}{BAND_{NIR} + BAND_{KIRMIZI}} \quad (1)$$

### 2.4. Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI)

Normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI), su yüzeylerini tespit etmek için yeşil bant ve yakın kızıl ötesi bantlarını kullanan bir oranlama yöntemidir. (Xu 2006) Formülü aşağıdaki gibidir (2).

$$NDWI = \frac{BAND_{YEŞİL} - BAND_{NIR}}{BAND_{YEŞİL} + BAND_{NIR}} \quad (2)$$

### 2.5. Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı indeksi (NDBI) ve Şehir İndeksi (UI)

NDBI, uzaktan algılama görüntülerinden kentsel alanlardan geçirimsiz yüzeyleri tespit etmek için kullanılabilir (Kebede ve ark. 2022). NDBI, kısa dalga kızılötesi (SWIR1) ile yakın kızılötesi (NIR) farkını ve oranını kullanır (3).

$$NDBI = \frac{BAND_{SWIR1} - BAND_{NIR}}{BAND_{SWIR1} + BAND_{NIR}} \quad (3)$$

UI, uzaktan algılama görüntülerinden kentsel alanlardan geçirimsiz yüzeyleri tespit etmek için kullanılabilir (Kawamura ve ark. 1996). NDBI, kısa dalga kızılötesi

(SWIR2) ile yakın kızılötesi (NIR) farkını ve oranını kullanır (4).

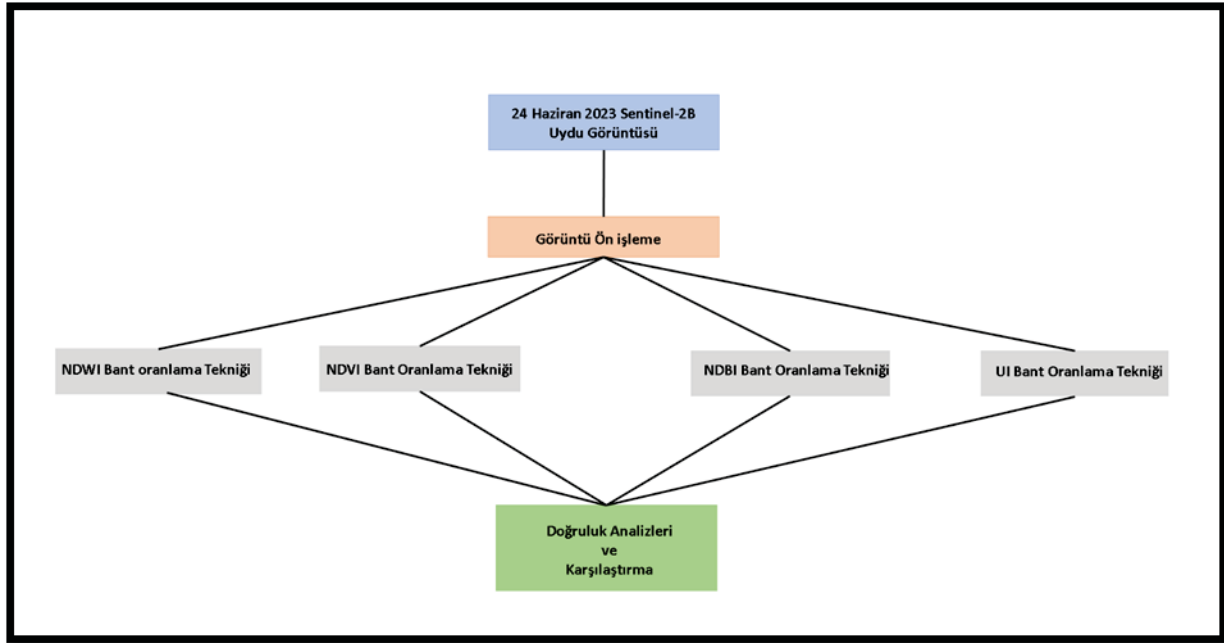
$$UI = \frac{BAND_{SWIR2} - BAND_{NIR}}{BAND_{SWIR2} + BAND_{NIR}} \quad (4)$$

### 2.6. Otsu Yöntemi

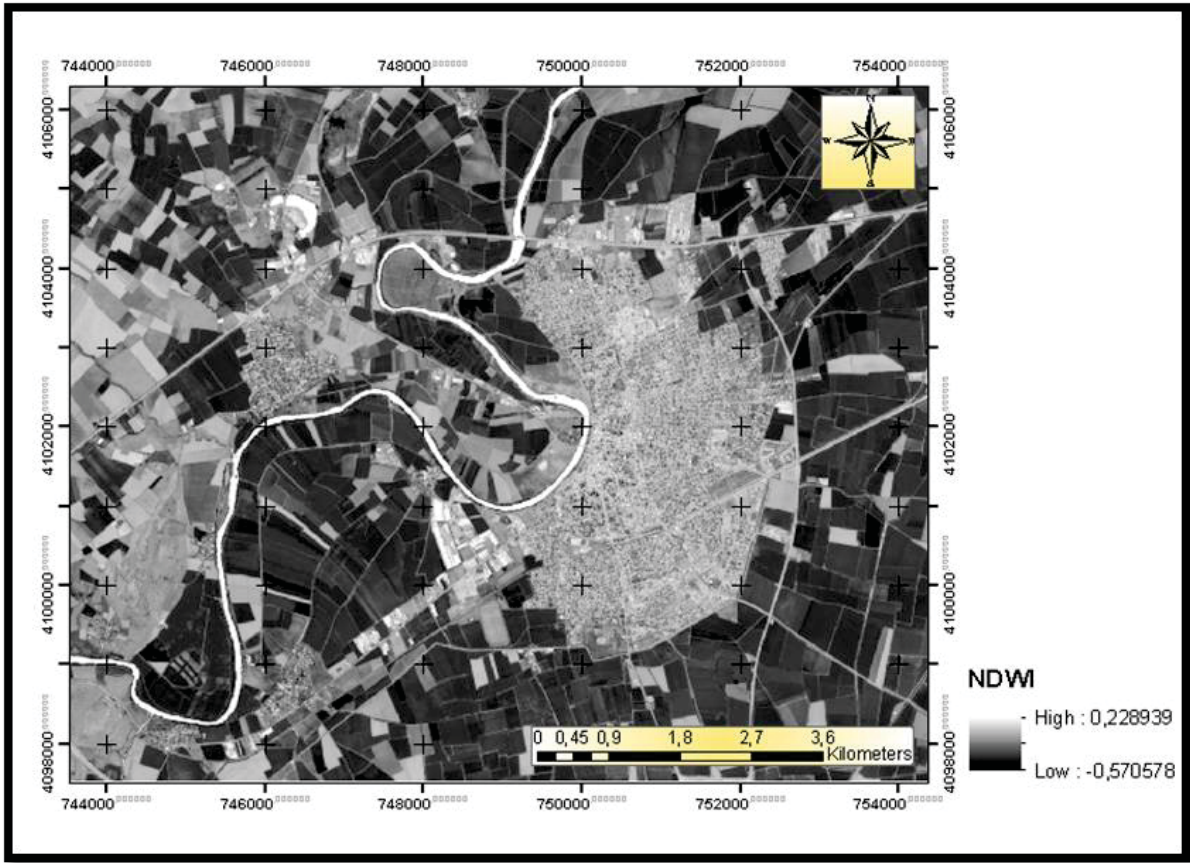
Otsu yöntemi, eşik değeri otomatik olarak belirleyen bir teknik olup, herhangi bir görüntü için bimodal histogramda sınıf içi varyansı  $\sigma^2(t)$  maksimize eder (Yılmaz 2023). Otsu yöntemi, bir görüntü için gri seviyeleri kullanarak çalışır (Otsu 1979). Sınıflara ayırma işlemi gerçekleştirilirken tüm eşik değeri için ayrı sınıf içi veya sınıf arası varyans değerini hesaplar, sınıf içi varyans değeri en küçük olan değer ile en uygun eşik değerini belirler (Kaygısız ve Çakır 2020).

## 3. BULGULAR

Sentinel-2B görüntüleri, ESA web sayfasından temin edilmiştir (ESA 2023). Kullanılan görüntüler, L1C serisi olduğundan ve atmosferik düzeltmeleri yapılmış halde sunulmuş olduğundan ön işleme aşamasında yalnızca görüntüler kesilmiş, NDBI ve UI uygulanırken kullanılan NIR bantı 10 m, SWIR1 ve SWIR2 bantları 20 m çözünürlüklü olmasından dolayı, bu oranlama teknikleri uygulanırken kullanılan NIR bantı 20 m'ye yeniden örnekleme işlemi uygulanarak kullanılmıştır. (Şekil 2). 10 metre çözünürlüğe sahip yeşil ve NIR bantları kullanılarak NDWI bant oranlama tekniği uygulanmıştır (Şekil 3).



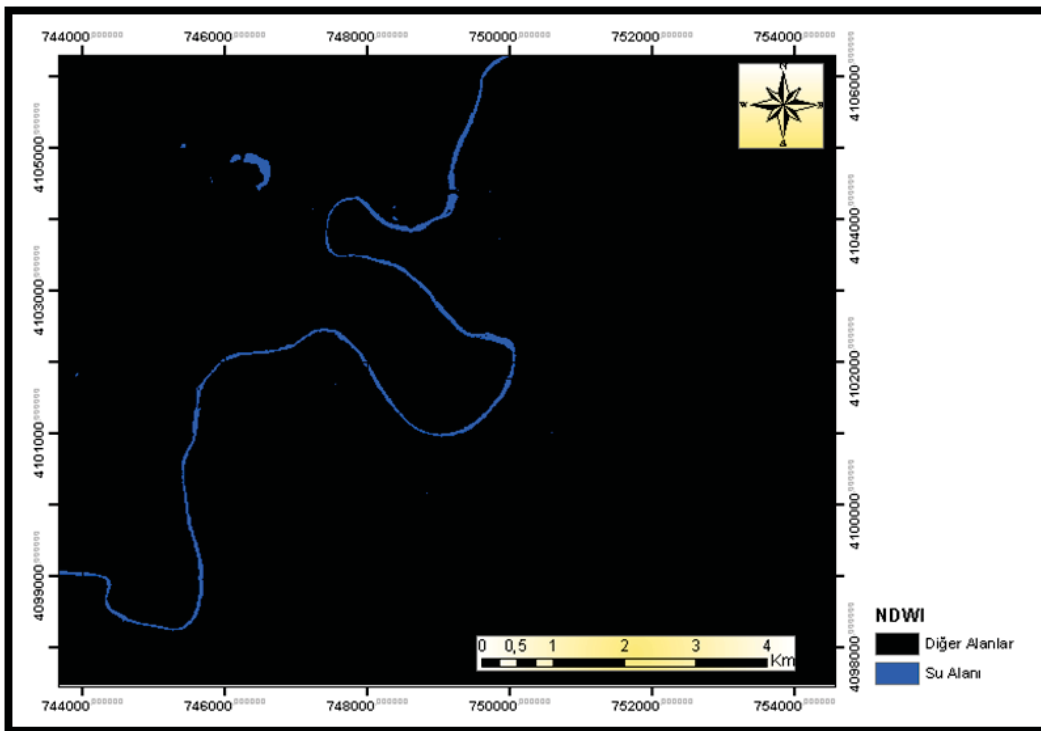
Şekil 2. İş akış diyagramı



Şekil 3. NDWI haritası

Su Alanları ve Diğer Alanlar olmak üzere iki sınıf oluşturulmuştur. Sınıflar oluşturulurken kullanılan eşik değeri Otsu yöntemi ile 0.07 olarak tespit edilmiştir. Otsu

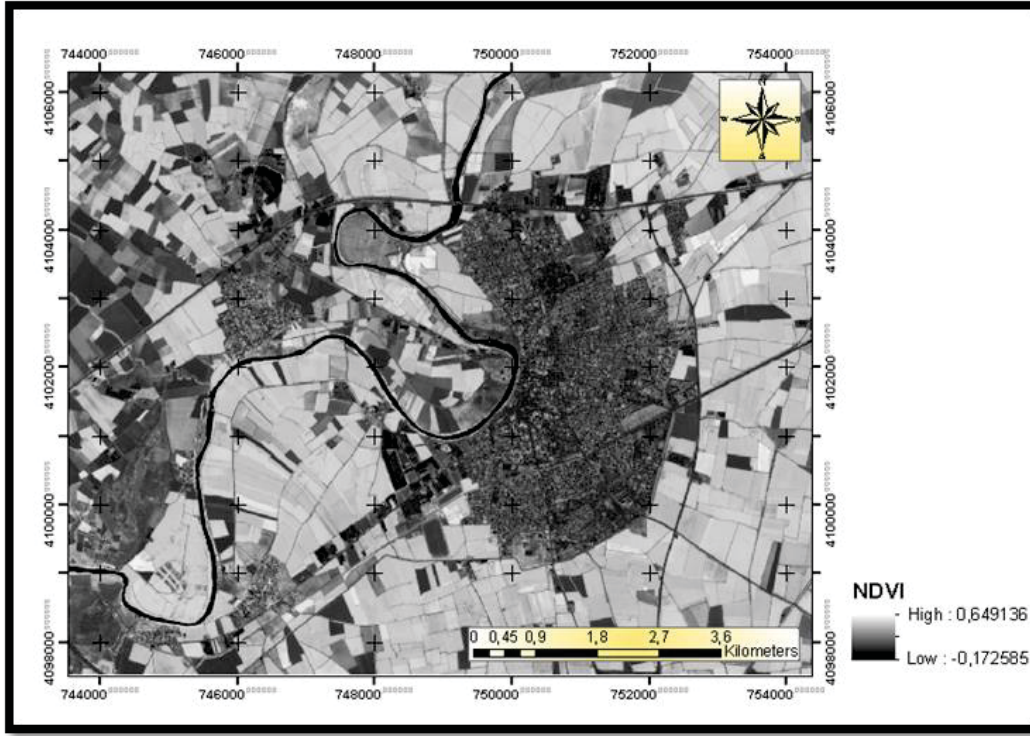
yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen NDWI haritası şekilde sunulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Otsu yöntemi uygulanmış NDWI haritası

NDWI yöntemi ile belirlenen su alanı 12270 piksel olup 1.22km<sup>2</sup> dir. 10 metre çözünürlüğe sahip kırmızı ve NIR

bantları kullanılarak NDVI bant oranlama tekniği uygulanmıştır (Şekil 5).

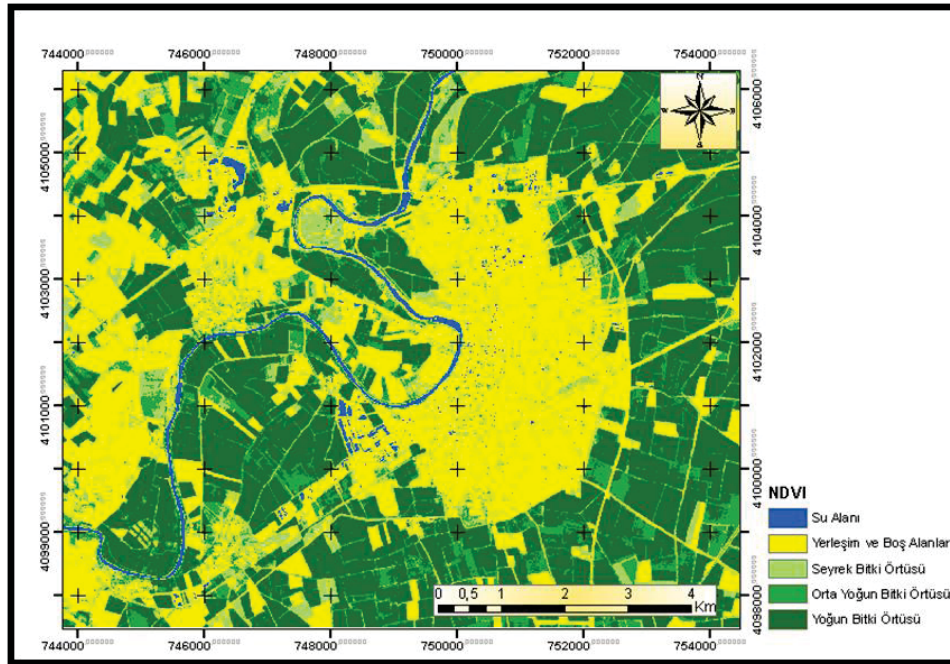


Şekil 5. NDVI haritası

Sınıflar oluşturulurken kullanılan eşik değerleri Otsu yöntemi tespit edilmiştir. Su Alanları, Yerleşim ve boş alanlar, seyrek bitki örtüsü, orta yoğun bitki örtüsü, yoğun bitki örtüsü olmak üzere beş sınıf oluşturulmuştur (Tablo 2). Otsu yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen NDVI haritası şekilde sunulmuştur (Şekil 6). NDVI yöntemi ile tespit edilen sınıflar Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 2. NDVI sınıfları aralıkları

Sınıf	NDVI Aralığı
Su Alanı	<0.007
Boş Alan	0.007- 0.1529
Seyrek Bitki Örtüsü	0.1529- 0.2818
Orta Yoğunluklu Bitki Örtüsü	0.2818- 0.4203
Yoğun Bitki Örtüsü	0.4203- 0,64913

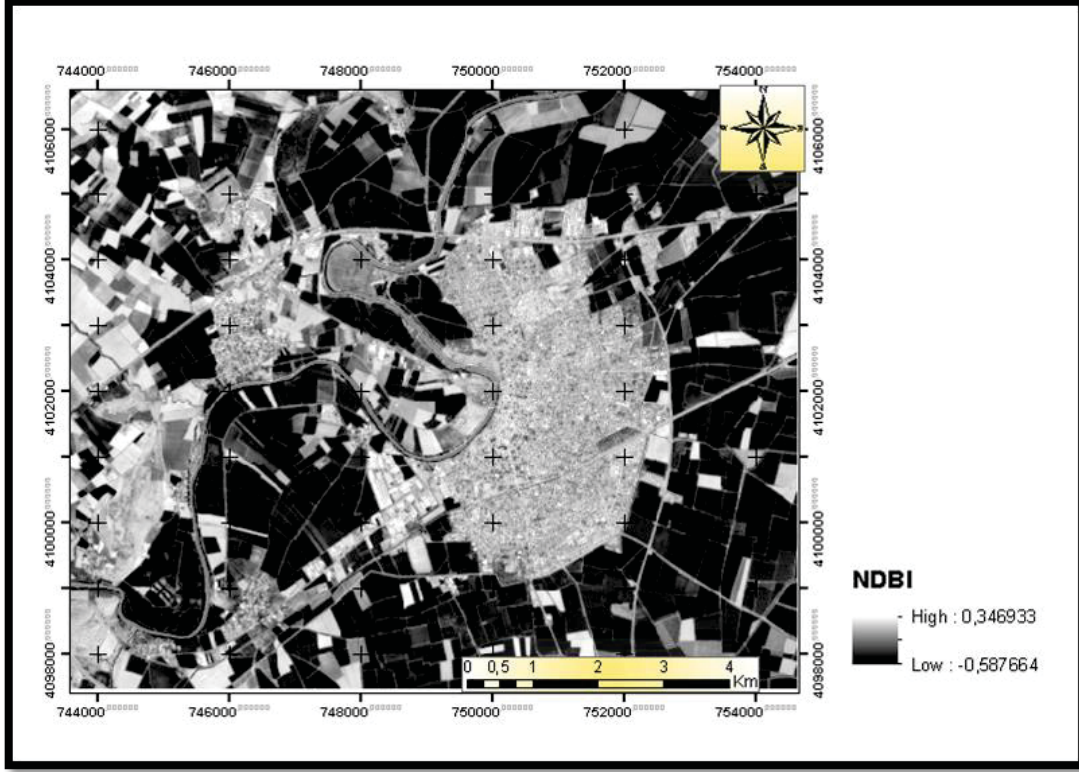


Şekil 6. Otsu yöntemi uygulanmış NDVI haritası

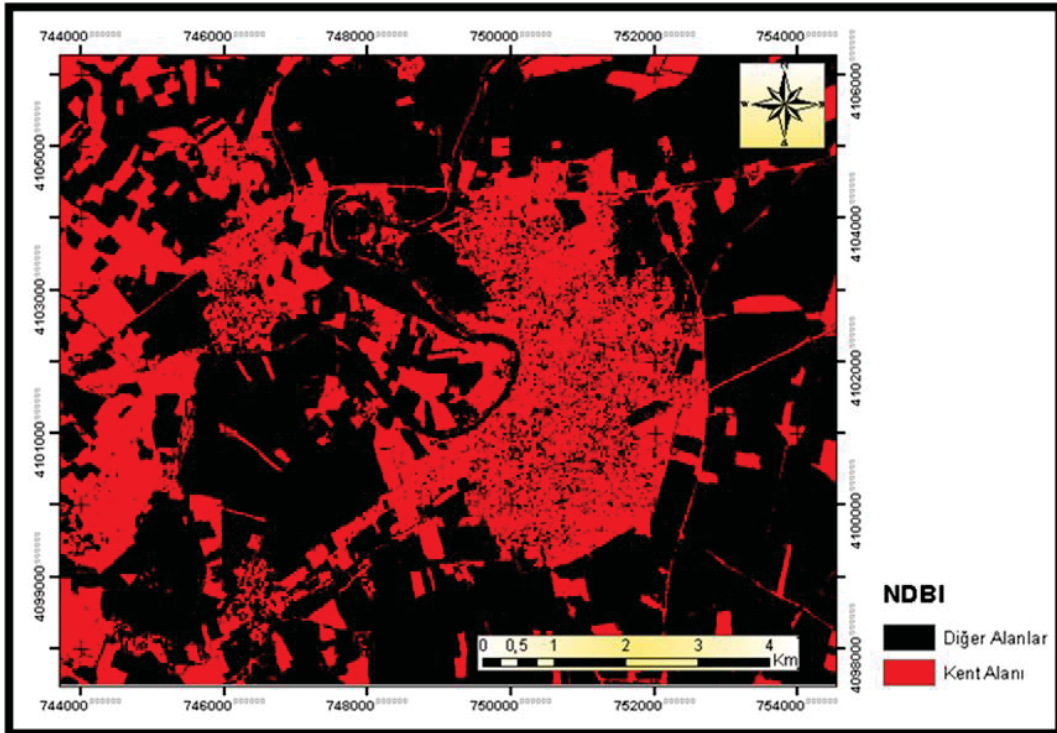
**Tablo 3.** NDVI sınıf piksel sayıları ve Alanlar

Sınıf	Piksel Sayısı	Alan (km <sup>2</sup> )
Su	17190	1.71
Yerleşim ve Boş alanlar	245692	24.5
Seyrek Bitki Örtüsü	190033	19.0
Orta Yoğunlukta Bitki Örtüsü	145726	14.5
Yoğun Bitki Örtüsü	499371	49.93

20 metre çözünürlüğe yeniden örneklenen NIR ve 20 metre çözünürlüklü SWIR bantları kullanılarak NDBI bant oranlama tekniği uygulanmıştır (Şekil 7). Kent alanı ve diğer alanlar olmak üzere iki sınıf oluşturulmuştur. Sınıflar oluşturulurken kullanılan eşik değerleri Otsu yöntemi ile 0.0314 olarak tespit edilmiştir. Otsu yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen NDBI haritası şekilde sunulmuştur (Şekil 8).



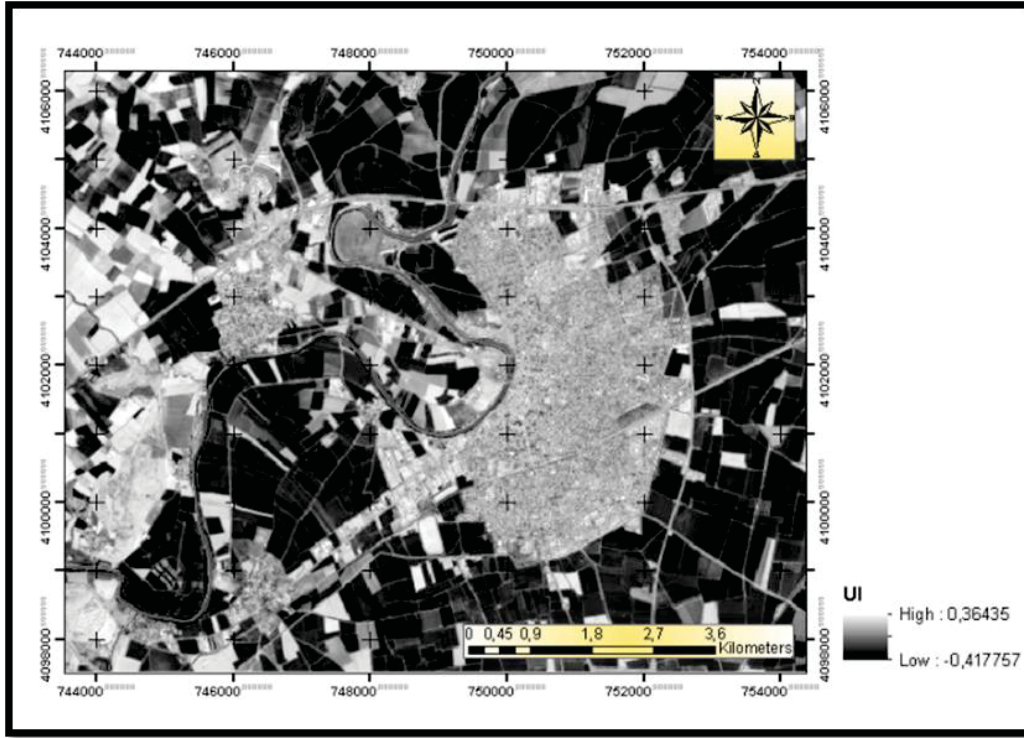
Şekil 7. NDBI haritası



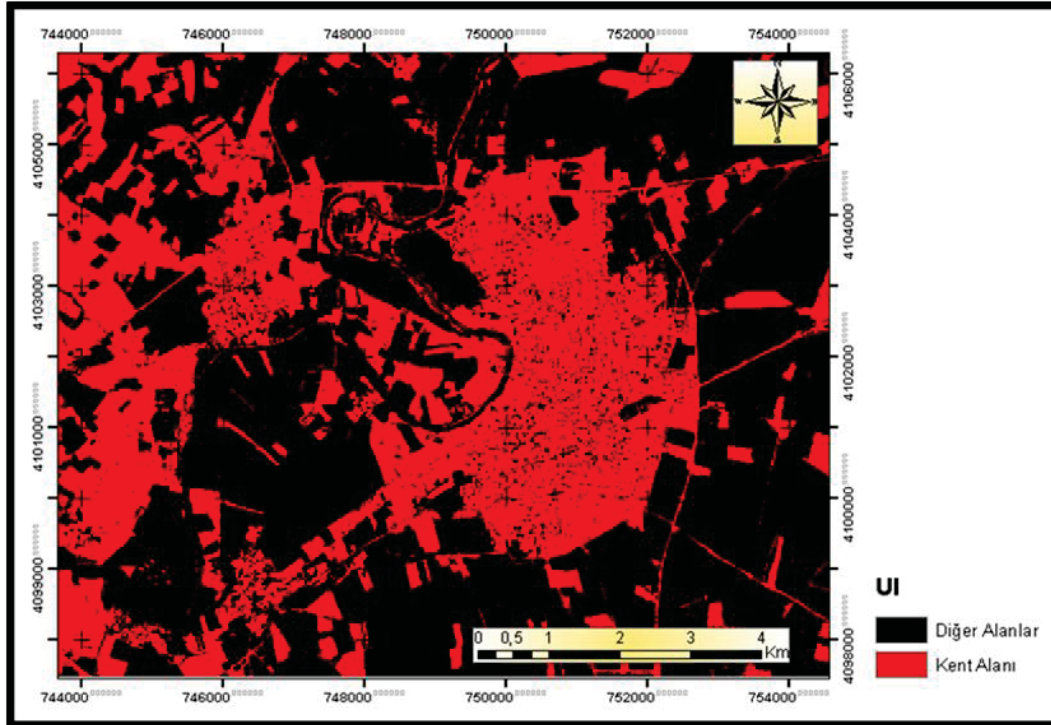
Şekil 8. Otsu uygulanmış NDBI haritası

20 metre çözünürlüğe yeniden örneklenen NIR ve 20 metre çözünürlüklü SWIR bantları kullanılarak UI bant oranlama tekniği uygulanmıştır (Şekil 9). Sınıflar oluşturulurken kullanılan eşik değerleri Otsu yöntemi ile

0.05 olarak tespit edilmiştir. Otsu yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen UI haritası şekilde sunulmuştur (Şekil 10). NDBI yöntemi ile belirlenen kent alanı 22,8 km<sup>2</sup>, UI yöntemi ile belirlenen kent alanı 19,7km<sup>2</sup> dir.



Şekil 9. UI haritası

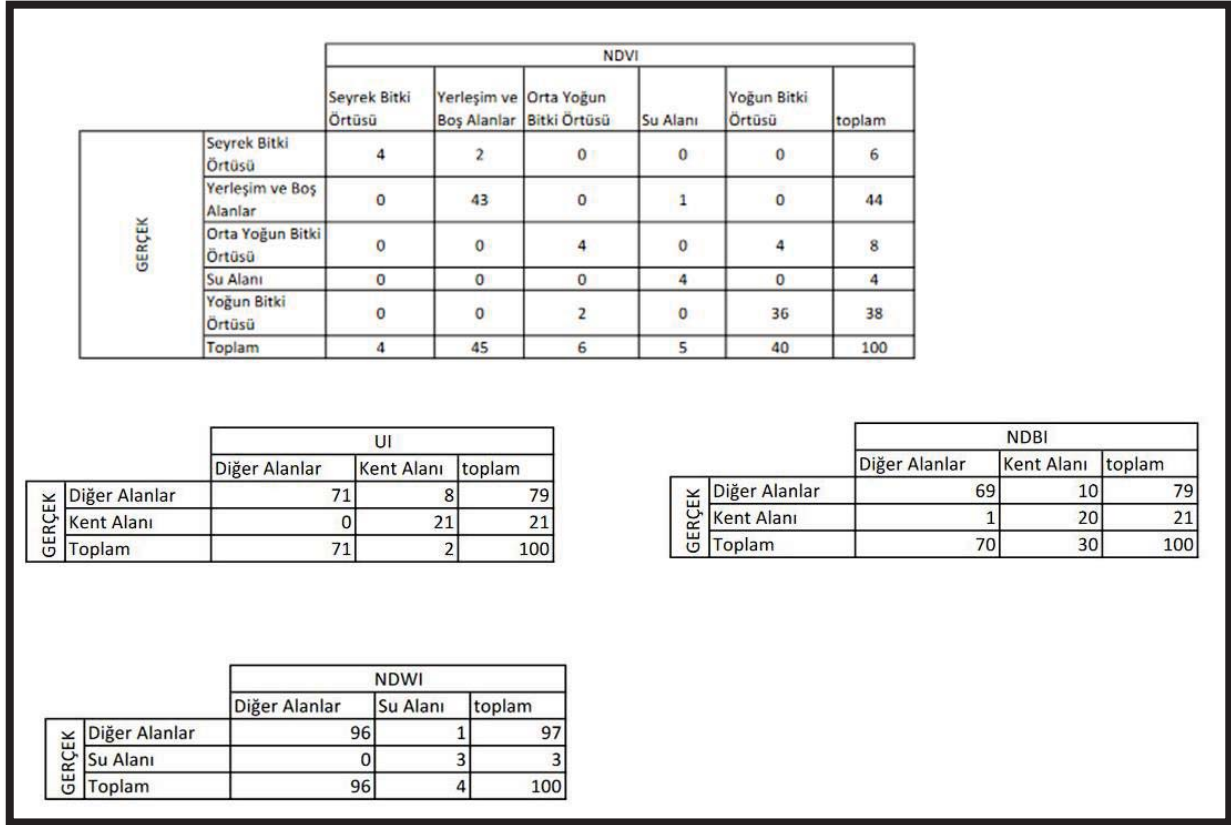


Şekil 10. Otsu uygulanmış UI haritası

NDBI ve UI yöntemleri ile belirlenmiş kent alanı ve diğer alanların piksel sayıları Tablo 4'de sunulmuştur. 100 adet kontrol noktası ile hata matrisleri oluşturulmuştur (Şekil 11).

Tablo 4. NDBI ve UI sınıf piksel sayıları

Yöntem	Kent Alanı Piksel Sayısı	Diğ. Alanlar Piksel Sayısı
NDBI	57002	217758
UI	49308	225495



Şekil 11. Hata Matrisleri

Hata matrisi üzerinde doğruluk doğru biçimde sınıflandırılmış piksellerin toplam sayısının (köşegen toplamı) kontrol noktalarının toplam sayısına bölünmesiyle elde edilir (Davarcı 2011). Hata matrisleri üzerinden yapılan doğruluk analizleri Tablo 5’de sunulmuştur.

**Tablo 5.** Genel doğruluklar ve kappa değerleri

Yöntem	Genel doğruluk	Kappa değeri
NDVI	%91	0.86
NDWI	%99	0.85
NDBI	%89	0.721
UI	%92	0.788

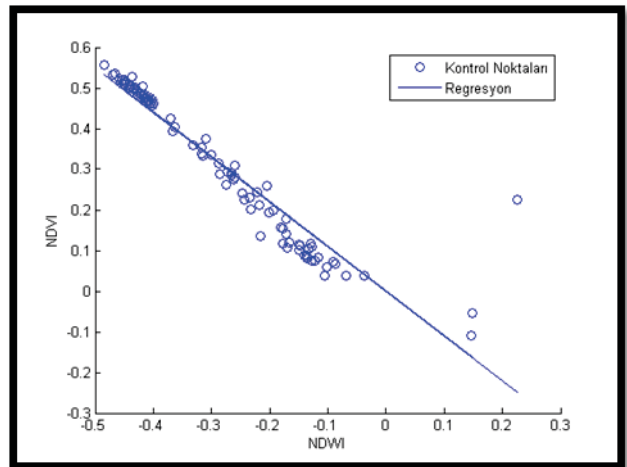
Kullanılan tüm yöntemler yüksek doğruluklu sonuç vermiştir. NDWI ve NDVI yöntemleri ile tespit edilen su alanları birbirine çok yakındır. Doğruluk analizinde kullanılan 100 adet kontrol noktasının NDWI ve NDVI değerleri arasında lineer bir ilişki vardır, korelasyon katsayısı  $R^2$ , 0.885’dir (Şekil 12).

NDVI yöntemi ile tespit edilmiş yerleşim ve diğer alanlar sınıfları ile UI yöntemi ile tespit edilen kent alanı sınıfı uyumludur. NDVI yöntemi ile tespit edilmiş bitki örtüsü alanları ise, UI yöntemi ile tespit edilen diğer alanlar sınıfı ile uyumludur. Doğruluk analizinde kullanılan 100 adet kontrol noktasının UI ve NDVI değerleri arasındaki korelasyon katsayısı  $R^2$ , 0.731 olup, dağılımları şekildeki gibidir (Şekil 13).

NDBI yöntemi ile tespit edilmiş kent alanı ve diğer alanlar sınıfları ile UI yöntemi ile tespit edilen kent alanı ve diğer alanlar sınıfları uyumludur. Doğruluk analizinde kullanılan 100 adet kontrol noktasının UI ve NDBI

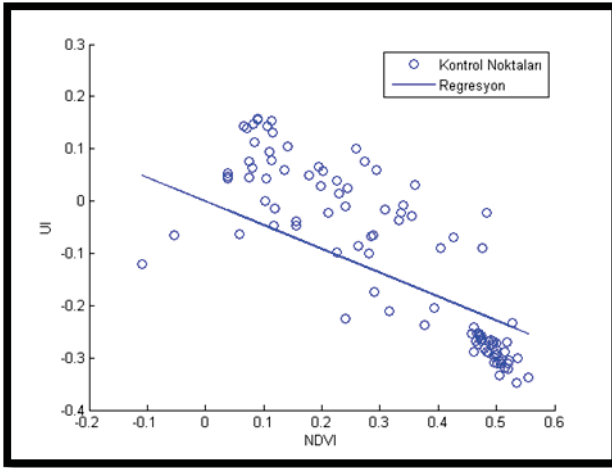
değerleri arasındaki korelasyon katsayısı  $R^2$ , 0.900 olup, dağılımları şekildeki gibidir (Şekil 14).

NDVI yöntemi ile tespit edilmiş yerleşim ve diğer alanlar sınıfları ile NDBI yöntemi ile tespit edilen kent alanı sınıfı uyumludur. NDVI yöntemi ile tespit edilmiş bitki örtüsü alanları ise, NDBI yöntemi ile tespit edilen diğer alanlar sınıfı ile uyumludur. Doğruluk analizinde kullanılan 100 adet kontrol noktasının NDBI ve NDVI değerleri arasındaki korelasyon katsayısı  $R^2$ , 0.808 olup, dağılımları şekildeki gibidir (Şekil 15).

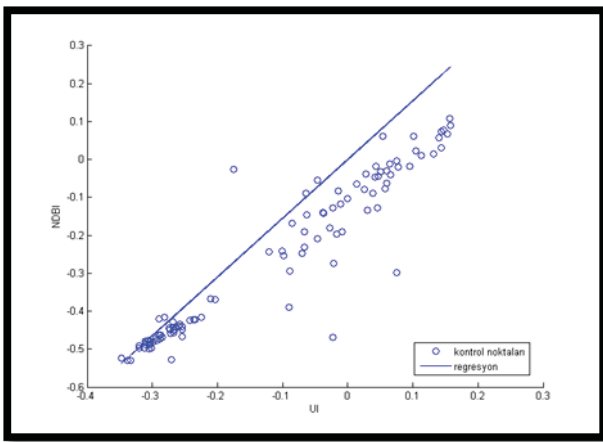


Şekil 12. NDWI – NDVI dağılım grafiği

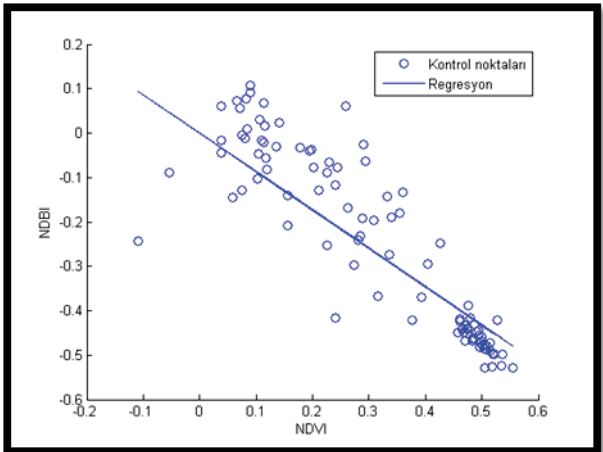




Şekil 13. UI – NDVI dağılım grafiği



Şekil 14. UI – NDBI dağılım grafiği



Şekil 15. NDBI – NDVI dağılım grafiği

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ceyhan, Çukurova’da tarımsal faaliyetler açısından son derece önemli bir konumda yer almaktadır. Bu nedenle

tarımsal faaliyetlerin, su alanlarının ve yerleşim bölgelerinin takibi büyük önem taşımaktadır. Tarımsal faaliyetlerin gözlemlenmesi ve yönetimi açısından, uzaktan algılama teknikleri LULC belirleme çalışmalarında büyük bir öneme sahiptir.

Bu çalışmada, 24 Haziran 2023 tarihinde algılanmış Sentinel-2B uydu verileri kullanılarak Ceyhan ilçe merkezi ve çevresinde LULC'nin belirlenmesi için NDWI, NDVI NDBI ve UI bant oranlama teknikleri kullanılmış ve doğruluk analizi yapılmıştır.

Su alanlarını tespit etmek için NDWI, bitki örtüsü alanlarını tespit etmek için NDVI, yerleşim alanlarını tespit etmek için NDBI ve UI yöntemi tercih edilebilir. Çalışma alanının yerleşim alanı, bitki örtüsü alanları ve su yapıları içermesi nedeniyle tüm yöntemler uygulanmıştır.

Doğruluk sonuçları göz önüne alındığında, tüm bant oranlama teknikleri yüksek doğruluklu sonuçlar sunmaktadır. Bant oranlama tekniklerinden elde edilen sonuçlar birbiri ile uyumludur. UI indeksi SWIR2 bandını kullanırken NDBI SWIR1 bandının kullanır (Zha ve ark. 2023). UI, NDBI yönteminden daha yüksek doğruluklu sonuç vermiştir. Literatürdeki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir. Öztürk (2022), Sentinel-2A ve Landsat 9 OLI görüntüleri üzerinde UI yönteminin NDBI yönteminden daha yüksek doğruluk sağladığını tespit etmiştir.

Khorshid (2016), hem yerleşim alanları hem de boş alanlar için bant oranlama teknikleri kullanmış UI yönteminin, NDBI yönteminden daha yüksek doğruluk sağladığını tespit etmiştir. SWIR1 ve SWIR2 bantları 20 metre çözünürlüklüdür. Bu nedenle UI ve NDBI bant oranlama teknikleri kullanılırken NIR bandı 10 metreden 20 metreye yeniden örneklenerek kullanılmıştır. Elde edilen NDBI ve UI haritaları 20 metre çözünürlüklüdür. Daha düşük çözünürlüklü harita elde edilmesi de bu yöntemlerin dezavantajıdır. NDWI yöntemi çok yüksek doğruluklu sonuç vermiştir. Elde edilen bu sonuç literatürdeki çalışmalarla uyumludur (Kaya ve Kaplan 2021; Deoli ve ark. 2022). NDVI yöntemi yüksek doğruluk sağlamış olup, sağladığı doğruluk literatürdeki çalışmalarla uyumludur (Özdarıcı 2014). NDVI yöntemi ile belirlenen sınıf sayısı diğer tekniklerden daha fazladır bu durum, doğruluk değerini düşüren bir faktördür.

Elde edilen sonuçlar, kentsel alanlar ve çevresinde, tarımsal faaliyetlerin gözlemlenmesi için LULC çalışmalarında bant oranlama tekniklerinin kullanılabilirliğini göstermektedir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur.

**KAYNAKLAR**

- Davarcı MA (2011). 2006-2010 yılları arasında Seyhan ve Yüreğir ilçelerinde uzaktan algılama ile ekili ürün değişimi tespiti. Yüksek lisans tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Deoli V, Kumar D, Kuriqi A (2022). Detection of water spread area changes in eutrophic lake using Landsat data. *Sensors*, 22:1-15.
- Dikici M, Aksel M (2021). Comparison of drought indices in the case of the Ceyhan Basin. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(2):113-125
- ESA (2023). <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>.
- Essaadia A, Abdellah A, Ahmed A, Abdelouahed F, Kamal E (2022). The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics. *Heliyon*, 8(12):1-10.
- Gündoğdu KS (2018). Buğday ekili parsellerde NDVI değerlerinin konumsal ve zamana bağlı değişiminin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4):492-499.
- Kawamura M, Jayamana S, Tsujiko Y (1996). Relation between social and environmental conditions in Colombo Sri Lanka and the urban index estimated by satellite remote sensing data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 31:321-326.
- Kaya ÖA, Kaplan G (2021). Uzaktan algılama yöntemleri ile Burdur Gölü'ndeki alansal değişiminin belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1):1-12.
- Kaygısız H, Çakır A (2020). FPGA kullanılarak görüntülerin gerçek zamanlı olarak otsu metodu ile bölütlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18:911-917.
- Kebede TA, Hailu BT, Suryabagavan KV (2022). Evaluation of spectral built-up indices for impervious surface extraction using Sentinel-2A MSI imageries: a case of Addis Ababa City, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 8:1-14.
- Khorshid K (2016). Uzaktan algılama teknikleri ile geçirimsiz yüzey tahmini ve haritalanması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kuc G, Chormański J (2019). Sentinel-2 imagery for mapping and monitoring imperviousness in urban areas. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42:43-47.
- Ma F, Wang Q, Zhang M (2018). Dynamic changes of wetland resources based on Modis and Landsat image data fusion. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2018(63):1-10.
- Mutlu AZ, Kazancı B, Özçetin AY, Sarıyılmaz FB (2020). Akşehir Gölü zamansal değişiminin bant oranlama yöntemleri ile belirlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi (TUZAL)*, 2(1):22-28.
- Otsu N (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, 9:62-66.
- Pettorelli N, Ryan, S, Mueller T, Bunnefeld N, Jędrzejewska B, Lima M, Kausrud K (2011). The normalized difference vegetation index (NDVI): unforeseen successes in animal ecology. *Climate Research*, 46(1):15-27.
- Özdarıcı OA (2014). Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinden otomatik ağaç tespiti: yeni bir yaklaşım. 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu. İstanbul, Türkiye.
- Öztürk D (2022). Sentinel-2A MSI ve Landsat-9 OLI-2 görüntüleri kullanılarak farklı geçirimsiz yüzey indekslerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi: Samsun örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 31(2):401-423.
- Turgut YŞ, Keleş B, Şenol S (2021). Toprak veritabanı kullanılarak Ceyhan Ovası arazi kullanımında zamansal değişimlerin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(3):622-631.
- Xu H (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14):3025-3033.
- Yılmaz OS (2023). Uzaktan algılama teknikleri ile su yüzeylerinin tespit edilmesinde kullanılan su çıkarma indekslerinin performans analizi. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 4(2):242-261.
- Zha Y, Gao J, Ni S (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3):583-589

## Avokado (*Persea americana* Mill.)'nun Besin İçeriği, Antioksidan Özelliği ve Potansiyel Sağlık Faydaları

Rumeysa GÖLDAĞ<sup>1</sup>, Muhammet DOĞAN\*<sup>2</sup>

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Karaman, Türkiye

Alındı/Received: 30/11/2023; Kabul/Accepted: 17/01/2024; Yayın/Published: 24/01/2024

\*Corresponding author e-posta: mtdogan1@gmail.com

### Öz

Avokado (*Persea americana* Mill.) Lauraceae ailesine ait çift çenekli bir bitkidir. Avokado, sağlıklı beslenme ve besin değeri yüksek gıdalar arasında öne çıkan bir meyvedir. İçinde bulunan yüksek miktarda fitokimyasallar nedeniyle süper gıda olarak kabul edilmektedir. Avokado, bir dizi biyoaktif fitokimyasal içerir. Bu bileşenler, avokadonun sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden sorumlu olan antioksidan, anti-inflamatuar ve diğer sağlık yararlarına katkıda bulunan özelliklere sahiptir. Avokado, özellikle tekli doymamış yağlar bakımından zengindir. Bu yağlar, kalp sağlığını destekler ve kötü kolesterolü düşürmeye yardımcı olabilir. Avokado, C vitamini, K vitamini, B<sub>6</sub> vitamini, folik asit, potasyum gibi birçok vitamin ve mineral içerir. Bu besin öğeleri, bağışıklık sistemini güçlendirmek, kemik sağlığını desteklemek ve enerji üretimine katkıda bulunmak gibi çeşitli sağlık yararlarına sahiptir. Avokado, yağda çözünen vitaminler olan A, D, E ve K vitaminlerini içerir. Bu vitaminler, göz sağlığı, kemik sağlığı ve genel vücut fonksiyonları için önemlidir. Avokado, antioksidanlar açısından zengin bir besindir. Antioksidanlar, vücudu serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruyabilir ve hücre yaşlanmayı geciktirebilir. Avokado yüksek antioksidan özellikleri ve biyobiyokimyasal özellikleri ile antimikrobiyal, antihipertansif, antiviral, antiinflamatuar etkiler göstermektedir. Bu özellikleriyle avokado, dengeli bir beslenme planının önemli bir parçası olarak kabul edilir ve birçok sağlık yararı sağlar. Bu derleme çalışmada avokadonun besinsel bileşimleri, antioksidan özellikleri ve potansiyel sağlık yararları sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan, Beslenme ve diyetetik, Fonksiyonel besin, Sağlıklı beslenme

## Nutrient Content, Antioxidant Properties and Potential Health Benefits of Avocado (*Persea americana* Mill.)

### Abstract

Avocado (*Persea americana* Mill.) is a dicotyledonous plant belonging to the Lauraceae family. Avocado is a fruit that stands out among healthy nutrition and foods with high nutritional value. It is considered a super food due to the high amount of phytochemicals it contains. It contains several bioactive phytochemicals. These ingredients have properties that contribute to antioxidant, anti-inflammatory, and other health benefits that are responsible for avocado's positive effects on health. Avocado is especially rich in monounsaturated fats. These fats support heart health and may help lower bad cholesterol. Avocado contains many vitamins and minerals such as vitamin C, vitamin K, vitamin B<sub>6</sub>, folic acid and potassium. These nutrients have various health benefits, such as strengthening the immune system, supporting bone health, and contributing to energy production. Avocado contains fat-soluble vitamins A, D, E and K. These vitamins are important for eye health, bone health and general body functions. Avocado is a food rich in antioxidants. Antioxidants can protect the body from the harmful effects of free radicals and delay cellular aging. Avocado has antimicrobial, antihypertensive, antiviral, and anti-inflammatory effects with its high antioxidant properties and biocompounds. With these properties, avocado is considered an important part of a balanced diet plan and provides many health benefits. In this review study, the nutritional composition, antioxidant properties and potential health benefits of avocado were presented.

**Key Words:** Antioxidant, Nutrition and dietetics, Functional food, Healthy nutrition

Atıf / To cite: Göltaş R, Doğan M (2024). Avokado (*Persea americana* Mill.)'nun besin içeriği, antioksidan özelliği ve potansiyel sağlık faydaları. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(1): 62-69.

## 1. GİRİŞ

Avokado meyvesi (*Persea americana* Mill.) Lauraceae ailesine ait çift çenekli bir bitkidir (Araújo ve ark. 2020; Majid ve ark. 2020; Alkaltham ve ark. 2021). Avokado meyvesinin ağacı odunsu bir gövdeye sahiptir. Yaklaşık yüksekliği 10-12 m kadar uzanmaktadır. Çapı ise 25-30 yaşlarına geldiğinde 80 cm ile 1 m arasında bir değere ulaşmaktadır (Majid ve ark. 2020). Avokado, yaprak dökmeyen bitki olarak sınıflandırılrsa da bazı çeşitler çiçek açmadan önce yapraklarını kısa bir süreliğine kaybetmektedir. Yaprakları; 7-41 cm uzunluğunda ve değişken şekillerde olabilmektedir. Gençken genellikle tüylü ve kırmızımsı, olgunlaştıklarında pürüzsüz ve koyu yeşil rengini almaktadırlar. Meyve, yağlı bir posa ile çevrili tek bir büyük tohumdan oluşmaktadır. Olgunlukta meyve rengi çeşide göre yeşil, siyah, mor veya kırmızımsıdır (Yasir ve ark. 2010). Avokadonun meyve oranı %73, çekirdek oranı %16, kabuk oranı ise %11 kadar olmakla birlikte değişiklik gösterebilmektedir (Salazar-López ve ark. 2020).

Avokado üretimi farklı tropik bölgelere uyarlanabilir. Bu nedenle avokado başta Meksika, Kolombiya, İsrail, Amerika Birleşik Devletleri ve Dominik Cumhuriyeti olmak üzere 60'tan fazla ülkede üretilmektedir (Araújo ve ark. 2018; Salazar- López ve ark. 2020; Dal-Bó ve Freire 2022). Meksika dünya üzerindeki en büyük avokado üreticisi olan ülkedir (Segovia ve ark. 2018; Bhuyan ve ark. 2019; Jimenez ve ark. 2021; da Silva ve ark. 2022). Avokadonun ilk adı, Amerikalılar tarafından verilen timsah armududur (Ameer 2016; Majid ve ark. 2020; Bhuyan ve ark. 2019). Meyve; Batı Hint ırkı (*Persea americana* var. *americana*), Meksika ırkı (*Persea americana* var. *drymifolia*) ve Guatemala ırkı (*Persea nubigena* var. *guatemalensis*) olmak üzere üç ekolojik ırka ayrılmaktadır (Araújo ve ark. 2018; Majid ve ark. 2020; Jimenez ve ark. 2021). İsimler, meyvenin büyüme koşulları ve özelliklerindeki ilgili farklılıklara ve kökenlere dayanmaktadır. Şu anda, ticari çeşitler esas olarak Guatemala ve Guatemala-Meksika melez çeşitlere dayanmaktadır (Figuerola ve ark. 2018; Araújo ve ark. 2018). Avokadoların beslenme profillerini çeşitlilik, olgunlaşma derecesi, iklim, toprağın bileşimi ve gübreler büyük ölçüde etkileyen başlıca faktörlerdendir (Araújo ve ark. 2018; Bhuyan ve ark. 2019).

Günümüzde avokado sahip olduğu yüksek miktarda fitokimyasallar nedeniyle süper gıda olarak kabul edilmektedir (Bhuyan ve ark. 2019; Myung ve Kim 2019). Avokado, yüksek besin değerine sahip enerji dolu bir meyvedir ve önemli bir tropikal meyve olarak kabul edilir, çünkü diğer meyvelerde eksik olan protein ve yağda çözünen vitaminler içerir, bunlar arasında A ve B vitaminleri ile D ve E vitaminlerinin orta düzeylerde bulunması da dahildir (Duarte ve ark. 2016). Bir avokado meyvesi kabuk, posa ve tohum olmak üzere üç anatomik bölüme ayrılabilir. Meyvenin en büyük kısmını yenilebilir sarımsı hamur (%65) oluştururken, geri kalanını kabuk (%15) ve tohum (%20) oluşturur (Costagli ve Betti 2015; Tan ve Ghazali 2019). Asidik ve/veya tatlı tadı olan tipik meyvelerin aksine, avokado posası pürüzsüz ve tereyağı benzeri kıvamda bir tada sahiptir.

Avokado posasının bol miktarda lipid ve kalsiyum, fosfor, magnezyum ve potasyum gibi temel mineralleri içermektedir (Tan ve Ghazali 2019). Avokado tüketimi, bağışıklık sistemini güçlendirmeye ve organizmadaki hücrel metabolik faaliyetler aracılığıyla ortaya çıkan oksidatif hasara karşı korumaya yol açar (Stephen ve Radhakrishnan 2022). Bitkisel kaynakların sağlık için önemli olduğu birçok çalışmada ifade edilmiştir (Dogan ve Emsen 2018; Doğan 2020; Qin ve ark. 2022; Shi ve ark. 2022; Nath ve ark. 2022; Göldağ ve ark. 2022; Erkorkmaz ve ark. 2023). Bu derleme çalışmada avokadonun besinsel bileşimleri, antioksidan özellikleri ve potansiyel sağlık yararları sunulmuştur.

## 2. AVOKADONUN BESİN BİLEŞİMİ VE ANTIOKSIDAN ÖZELLİKLERİ

### 2.1. Biyoaktif Bileşenler

Avokado, yüksek miktarda biyoaktif bileşen içeren tropikal bir meyvedir (Tremocoldi ve ark. 2018) ve sağlık üzerindeki faydaları nedeniyle dünya çapındaki tüketimi hızla artmaktadır (Sadiye 2021). Mevcut tahminler, küresel olarak her yıl yaklaşık 5 milyon ton tüketildiğini göstermektedir (Sommaruga ve Eldridge 2021). Avokado posasının besinsel bileşiminin %67-78 arasında değişen nem içeriğine, %12-24 arasında değişen lipid içeriğine, %0.8-4.8 arasında değişen karbonhidrat içeriğine, %1.0-3.0 arasında değişen protein içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Araújo ve ark. 2018). Avokado; önemli vitaminleri (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>, C, D, E ve K), mineralleri (potasyum, fosfor, kalsiyum, demir, çinko ve sodyum), esansiyel amino asitleri (valin, lizin, fenilalanin, izölösin, lösin, treonin ve metiyonin) ve doymamış yağ asitlerini (oleik, linoleik ve linolenik) içermektedir (Tremocoldi ve ark. 2018; Alkhalaf ve ark. 2019; Bahru ve ark. 2019; Salazar-López ve ark. 2020; Sanches ve Repolho 2022).

Avokado meyvesindeki lipidlerin yaklaşık %60'ını tekli doymamış yağ asitleri oluşturur ve %13'ünü ise linoleik ve linolenik asit gibi insan kardiyovasküler sağlığına faydalı esansiyel yağ asitleri oluşturur (Ge ve ark. 2017). Ortalama ağırlığı 300 gram olan bir avokado yaklaşık olarak 478 kcal sahiptir (Dal-Bó ve Freire 2022). Bu enerji içeriğinin çoğunu yağlar oluşturur çünkü avokadodaki lipid içeriği diğer meyvelere göre çok daha yüksektir. Avokadoda bulunan lipidlerin çoğu, hücre zarlarının ikinci haberciler olarak işlev görmesi gibi çeşitli hücrel süreçlerde temel bir rol oynayan polar lipidlerdir (glikolipidler ve fosfolipidler). Bu lipidler ayrıca su ve lipidlerin emülsiyonlarını yapmak için kullanılır ve gıda, ilaç ve kozmetik endüstrilerinde çok çeşitli uygulamalara sahiptir. Toplam yağ içeriği ve yağ asidi bileşimi açısından avokado yağının zeytinyağına benzer olduğu düşünülmektedir (Krumreich ve ark. 2018; Bhuyan ve ark. 2019). Sandviçlerdeki tereyağı, krem peynir ve mayonez gibi diğer yağlı alternatifler yerine avokado sürmek kalori, doymuş yağ, sodyum ve kolesterol alımını önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olabilir (Bhuyan ve ark. 2019).

## 2.2. Yan Ürünleri

Avokadonun farklı kısımları antimikrobiyal, antihipertansif, antihiperglisemik, antiviral, antihiperkolesterolemik, analjezik, antiinflamatuvar ve antiülseratif ajanlar dahil olmak üzere birçok farklı şekilde kullanılabilir. Meyve ve yaprak özleri geleneksel ilaçlarda kullanılır. Avokado tohumunun rapor edilen kullanımları, hipertansiyon, diyabet, kanser ve inflamasyon tedavisini içerir (Egbunu ve ark. 2017).

Avokado çekirdeği, biyoaktif bileşikler açısından zengin bileşimi nedeniyle son zamanlarda çeşitli uygulamalar için araştırılmıştır (Puşcaş ve ark. 2022). Avokado kabuğunda ve çekirdeğinde tanımlanan ana fenolik bileşikler; klorojenik asit (kafeoilkinik asitler ve kumaroilkinik asitler gibi) ve bazı flavonoidlerin (kateşinler, kersetin glikozitler, prosiyanidinler gibi) türevleridir (Tremocoldi ve ark. 2018; Melgar ve ark. 2018; Velderrain-Rodríguez ve ark. 2021). Bu bitki materyalinin fenolik analizi, tıp alanında uygulanabilecek en az 37 biyoaktif bileşiğin (esas olarak fenolik asitler ve flavonoidler) tanımlanmasına olanak sağlamıştır (Castro-López ve ark. 2019). Bu tür fenolik bileşikler açısından zengin gıdaların düzenli tüketimi, antioksidan, antiproliferatif, antiinflamatuvar ve antimutajenik özelliklerinden dolayı sağlıkla ilgili faydalarla ilişkilendirilmiştir (Velderrain-Rodríguez ve ark. 2021).

Avokadonun tohumu, meyvenin yenmeyen kısmı olarak kabul edilir ve genellikle ihmal edilen kalıntılardır. Gıda endüstrisi, yüksek ekonomik önemi nedeniyle bu mahsulün işlenmesine ve değerinin artırılmasına büyük ilgi göstermiştir (Weremfo ve ark. 2020). Meyvelerde kalan kısımların kullanılması, atık sayısını azalttığı ve bu kısımlarda özellikle antioksidanlar olmak üzere yeni aktif bileşikler keşfedildiği bilinmektedir (Alkhalaf ve ark. 2019). Avokado tohumları polifenoller açısından zengindir ve çok sayıda farklı fitokimyasal sınıfı içerir (Gómez ve ark. 2014). Tohum, posadan daha yüksek polifenol içeriğine ve daha fazla antioksidan aktiviteye sahiptir (Dabas ve ark. 2019; Velderrain-Rodríguez ve ark. 2021). Yararlı etkilerinden dolayı, avokado tohumları alternatif ucuz bir biyoaktif bileşik kaynağı olabilir ve önemli fenoliklerin avokado atıklarından verimli bir şekilde çıkarılması avokado endüstrisinin ekonomisini iyileştirebilir ve çevresel etkiyi en aza indirebilir (Weremfo ve ark. 2020; Velderrain-Rodríguez ve ark. 2021). Bu umut verici sonuçlar, bitki tıbbındaki tıbbi değerlerinin belki de gerisindeki bitkilerin atık kısımlarının değerlerine işaret etmektedir (Alkhalaf ve ark. 2019).

## 2.3. Antioksidan Özellikleri

Fitokimyasallar, bitkiler tarafından üretilen önemli ikincil metabolik bileşiklerdir ve diğer meyve ürünlerine kıyasla avokado kabuklarında büyük miktarlarda bulunurlar (Sadiye 2021). Polifenoller ise insan sağlığı için çeşitli ve dikkat çekici biyolojik fonksiyonları ile bilinen fitokimyasalların en büyük sınıfıdır. Fenolik fitokimyasallar, antitümör, yaşlanma önleyici, diyabet önleyici, antioksidan ve iltihap önleyici özellikler gibi birçok sağlık yararı ile ilişkilendirilmiştir (Sadiye 2021;

Mohammed ve ark. 2023a; Mohammed ve ark. 2023b).

Fenolik bileşikler, serbest radikalleri azaltmak ve yıkıcı kademeli reaksiyonları önlemek için yüksek redoks reaktiviteleri nedeniyle mükemmel antioksidan potansiyele sahiptir (Vieites ve ark. 2012; Romero-Márquez ve ark. 2023; Tokgoz ve ark. 2023). Antioksidanlar, serbest radikallerin tetiklediği etkileri inhibe ederek ve/veya azaltarak etki gösteren bileşikler olup, oksidatif süreçlerde oluşan oksijenli ve nitrojenli serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı hücreleri koruyan bileşikler olarak tanımlanabilir (Vieites ve ark. 2012; Uysal ve ark. 2023). Böylece kan damarı duvarlarını güçlendirebilmekte, sindirim sisteminin çalıştırmakta, kan lipid seviyesini azaltabilmekte, insan bağışıklığını artırabilmekte, ateroskleroza ve trombozu önleyebilmekte, kan basıncını düşürebilmekte ve bakteri ve kanser hücrelerinin çoğalmasını önleyebilmektedir (Romero-Márquez ve ark. 2023).

## 3. AVOKADONUN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

### 3.1. Nöroprotektif Etkisi

Avokadonun posası, tohumları veya kabukları gibi avokado yan ürünlerinin de potansiyel nöroprotektif etkileri belirlenmiştir. Özellikle antioksidan bakımından yüksek fitokimyasal içeriğe sahiptirler. Bu nedenle, biyoaktif moleküller içeren gıdaların alınması, Alzheimer hastalığı da dahil olmak üzere demans gibi nörodejeneratif hastalıkların önlenmesine ve yönetilmesine yardımcı olabileceği düşünülmektedir (Romero-Márquez ve ark. 2023). Yaşlanma, Alzheimer ve Parkinson hastalıkları gibi nörodejeneratif hastalıklar için en önemli risk faktörüdür (Ameer 2016; da Silva ve ark. 2022). Çok sayıda veri, bu hastalıkların patofizyolojisinde oksidatif stresin yer aldığını göstermektedir. Oksidatif stres, nöronal hasarlara neden olabilir ve hücre içi sinyali modüle edebilir ve bunun sonucunda apoptoz veya nekroz yoluyla nöronal ölümüne yol açar. Bu nedenle antioksidanlar, bu zararlı etkileri ve nöronal ölümü azaltmadaki etkinlikleri nedeniyle birçok çalışmada kullanılmıştır (Ameer 2016). Avokado tohumlarından elde edilen sulu ekstrakt, toksisiteye ve oksidatif strese karşı koruma sağlayan hipoglisemik etkilere sahiptir (Weschenfelder ve ark. 2015). Ayrıca avokado kabuğunun hidroetanolik ekstraktlarının anksiyolitik aktiviteye sahip olduğu ve deney hayvanlarında açlık ve yeniden beslenmede gelişmiş öğrenme ve hafızaya sahip olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle avokado kabuğu, anksiyolitik etkisi, hafızayı geliştirmesi nedeniyle doğal bir tedavi olarak takip edilmeye değerdir (Ilochi ve Chuemere 2019).

### 3.2. Kardiyoprotektif Etkisi

Dislipidemi, lipid metabolizmasının herhangi bir fazındaki bozukluklardan kaynaklanan ve serum lipoprotein düzeylerini etkileyen önemli bir kardiyovasküler risk faktörüdür. Avokadonun lipid düşürücü etkisi esas olarak  $\beta$ -sitosterol nedenine dayanmaktadır. Avokado, paraoksonaz1 (PON1) enzim aktivitesini artırarak yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) yapısını değiştirebilir. HDL-kolesterolün kardiyoprotektör etkisi kısmen lipid hidroperoksitlerin

(lipit oksidasyonunun ürünleri) hidrolizinden sorumlu olan PON1 etkinliğinden kaynaklanmaktadır. Avokadonun fitokimyasal bileşikleri, hücre yapılarında oksidatif strese neden olan serbest radikalleri yakalama yetenekleri açısından önemlidir (Corrales-García ve ark. 2019). Ayrıca avokadodaki yüksek potasyum ve lutein içeriği, oksidatif stresi ve iltihabı kontrol ederek kan basıncı değerlerini iyileştirebilir. Avokadodaki yüksek tekli yağ asitleri (MUFA) konsantrasyonları, avokado açısından zengin bir diyetin kan lipidleri üzerinde faydalı etkilere yol açtığını göstermektedir (Tramontin ve ark. 2020). MUFA açısından zengin diyetler, düşük MUFA içeriğine sahip diyetlerle karşılaştırıldığında sistolik ve diyastolik kan basıncı seviyelerini iyileştirebilir (Weschenfelder ve ark. 2015).

Avokado, LDL oksidasyonunu azaltmakta (Forero-Doria ve ark. 2017) ve dolayısıyla LDL aterosklerozunu azaltmada önemli role sahiptir (Wang ve ark. 2020). Araştırmalara göre, avokado yaprakları antioksidan aktiviteye sahiptir ve oksidatif strese bağlı çeşitli hastalıkların ilerlemesini önlemede veya yavaşlatmada yardımcıdır (Owolabi ve ark. 2010; Irawati 2015). Avokado yaprağı ekstrelerinin tüketimi, kan basıncı yüksek hastalarda kan basıncını önemli ölçüde düşürebilmekte ve böbreklerdeki üre ve kreatinin seviyelerini düşürebildiği bilinmektedir (Irawati 2015).

### 3.3. Diyabet ve Obezite Üzerine Etkisi

Epidemiyolojik kanıtlar, avokado tüketenlerin, tüketmeyenlere göre önemli ölçüde daha yüksek bir diyet kalitesine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca avokado tüketenlerin, tüketmeyenlere göre önemli ölçüde daha düşük abdominal obeziteye, vücut ağırlığına ve beden kitle indeksine (BKİ) sahip oldukları bildirilmektedir (Khan ve ark. 2021). Araştırmalar, avokadoların yüksek yağ ve lif bileşiminin, tokluğu koruyarak ve bağırsak mikrobiyota bileşimini değiştirerek kilo kaybına katkıda bulunabileceğini öne sürmektedir (Guan ve ark. 2022).

Meyvedeki düşük şeker içeriği ile diyabetik insanların diyetinde önerilen önemli bir parça haline gelmiştir (Alkhalaf ve ark. 2019). Son araştırmalar, avokadonun hiperkolesterolemiyi iyileştirebileceğini ve hipertansiyon ve tip-2 diabetes mellitus tedavisinde yararlı olabileceğini göstermiştir (Campos ve ark. 2020). Avokado, diyet lifi ve MUFA'lar açısından zengin bir meyvedir. MUFA'lar ve lif açısından zengin diyetler, obezite ve tip-2 diyabet riskini azaltma potansiyelleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir. Ayrıca, 55.000'den fazla kişi arasında yapılan bir çalışmada, 11 yıl sonra değerlendirildiğinde, alışılmış avokado tüketimi, daha düşük kilo alımı ve daha az fazla kilo veya obezite riski ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle avokado tüketiminin, yalnızca daha kaliteli bir diyetin göstergesi olmakla kalmadığı, aynı zamanda metabolik sağlığı ve kilo durumunu da iyileştirebileceği bilinmektedir (Khan ve ark. 2021).

### 3.4. Kansere Üzerine Etkisi

Avokadodan ekstrakt edilen fitokimyasal bileşiklerin, bazı kanser hücre hatlarında hücre döngüsü durmasını etkileyebileceği, gelişimi geciktirebileceği ve apoptozu

aktive edebileceği düşünülmektedir. Bu ekstrakt edilen biyoaktif bileşikler, birçok aktif radikallerin temizlenmesinde de rol oynamaktadır. Avokado özünden ekstrakt edilen temel antioksidanlar, oksijenli karotenoidlerdir (Alkhalaf ve ark. 2019). Avokado çekirdeği özleri, doza bağlı bir şekilde HCT-116 (kolorektal karsinom) ve HepG-2 (karaciğer kanseri) hücre hatlarına karşı anti-inflamatuar ve antiproliferatif aktiviteler göstermiştir (Velderrain-Rodríguez ve ark. 2021).

Avokado ayrıca prostat kanserine karşı korunmaya yardımcı olan lutein adlı bir karotenoid içerir (Duarte ve ark. 2016). Avokado çekirdeği ekstraktındaki terpenoid ile ilgili son araştırmalar, antikanser bileşeni için araştırılmıştır. Araştırmanın sonucunda insan meme Michigan Cancer Foundation-7 (MCF-7) kanser hücrelerine karşı antikanser aktivite, avokado çekirdeği ekstraktından elde edilen saflaştırılmış bir terpenoid ekstraktı kullanılarak geliştirilmiştir. Böylece izole edilmiş triterpenoidin, tümör ve kanser hücreleri büyümesini inhibe etmek üzere kemoterapötik maddeler için daha da geliştirilebileceği düşünülmektedir. 30 µg/mL avokado konsantrasyonunda MCF-7 hücrelerinin %50'den fazlası öldürülmüş ve 48 saat içinde hücre bütünlüğüne neden olmuştur (Setyawan ve ark. 2021). Avokadoda bulunan β-sitosterol, bağışıklık üzerinde de özel bir etkiye sahiptir ve kanser hastalığının tedavisine karsinogenezi baskılayarak katkıda bulunur (Duarte ve ark. 2016).

### 3.5. Anti-İnflamatuar ve Antimikrobiyal Etkisi

Doğal antioksidanlar, özellikle polifenoller, inflammatuar hastalık riskini azaltma ve lipid oksidasyonunu önleme gibi sayısız faydaları nedeniyle ilaç ve gıda endüstrisinde önemli bir kullanım potansiyeline sahiptir (Segovia ve ark. 2016; Uysal ve ark. 2023b). Avokado, dünyanın hemen hemen tüm tropikal ve subtropikal bölgelerinde üretilen, antioksidan ve antibakteriyel özelliklere sahip bir meyvedir (Amado ve ark. 2019). Avokado çekirdeği kabuğu ekstraktları, *Helicobacter pylori* gibi mide-bağırsak sisteminde bir inflammatuar yanıt oluşturan patojenlere karşı stratejiler olarak önerilen önemli miktarda prosiyanidin pentamerlerine sahiptir (Velderrain-Rodríguez ve ark. 2021). Avokado metanolik özütünde, *E. coli* ve *S. pyogenes* gibi patojenik bakterilerin neden olduğu bakteriyel enfeksiyonları önleyen ve tedavi eden bir ajan olduğu bulunmuştur (Setyawan ve ark. 2021). Avokadoda bulunan β-sitosterol ise HIV ve bazı enfeksiyonların tedavisine katkıda bulunur. HIV'de bağışıklık sistemini güçlendirerek etki eder. Ayrıca istilacı mikroorganizmaları etkisiz hale getiren lenfositlerin çoğalmasını ve doğal öldürücü hücre aktivitesini artırmaktadır (Duarte ve ark. 2016). Ayrıca avokadonun yaprak ve tohum özleri ishal, dizanteri tedavisi ve antibiyotik gibi çeşitli tıbbi uygulamalarda kullanıldığı bilinmektedir (Bahru ve ark. 2019). Atopik Dermatit (AD), bağışıklık sistemi düzensizliğinden kaynaklanmaktadır ve alerjik iltihaplanma ile sonuçlanmaktadır. Yapılan çalışmada avokadonun AD gibi inflammatuar cilt hastalıklarının tedavisi için potansiyel bir aday olabileceğini göstermektedir (Myung ve Kim 2019).

#### 4. SONUÇ

Günümüzde sağlıklı beslenme alışkanlıkları giderek önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, avokado gibi besinlerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri incelendiğinde, bu yeşil meyvenin gerçek bir süper gıda olduğu görülmektedir. İçerdiği biyoaktif bileşenler ve yıl boyunca mevcut olması sebebiyle avokado, gün geçtikçe popülaritesi artmakta olan bir bitkidir. Avokado yüksek kaliteli besin içeriği ve sağlığa yararlı etkilerinin yanında ilaç ve gıda için de yetiştirilerek birçok araştırmacının odak noktası olmuştur. Avokado bir dizi vitamin ve minerali içerir. C vitamini, K vitamini, B vitaminleri, potasyum, folat ve lif gibi besin

maddelerini içermesi, vücut için gerekli olan birçok temel öğeyi sağlar. Bu öğeler, bağışıklık sistemini güçlendirmek, kemik sağlığını desteklemek ve sindirim sistemi sağlığını iyileştirmek gibi bir dizi sağlık yararı sağlar. Sonuç olarak, avokado sağlığa bir dizi olumlu etki sağlayan bir besindir. Ancak, her şeyde olduğu gibi, dengeli ve çeşitli bir diyetin bir parçası olarak tüketilmelidir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

#### KAYNAKLAR

- Alkaltham MS, Uslu N, Özcan MM, Salamatullah AM, Ahmed IAM, Hayat K (2021). Effect of drying process on oil, phenolic composition and antioxidant activity of avocado (cv. Hass) fruits harvested at two different maturity stages. *LWT - Food Science and Technology*, 148:111716.
- Alkhalaf MI, Alansari WS, Ibrahim EA, Elhalwagy ME (2019). Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. *Journal of King Saud University-Science*, 31(4):1358-1362.
- Amado DAV, Helmann GAB, Detoni AM, Carvalho SLCD, Aguiar CMD, Martin CA, Tiunan TS, Cottica SM (2019). Antioxidant and antibacterial activity and preliminary toxicity analysis of four varieties of avocado (*Persea americana* Mill.). *Brazilian Journal of Food Technology*, 22:e2018044.
- Ameer K (2016). Avocado as a major dietary source of antioxidants and its preventive role in neurodegenerative diseases. The benefits of natural products for neurodegenerative diseases, *Advances in Neurobiology*, 12:337-354.
- Araújo RG, Rodriguez-Jasso RM, Ruiz HA, Govea-Salas M, Pintado ME, Aguilar CN (2020). Process optimization of microwave-assisted extraction of bioactive molecules from avocado seeds. *Industrial Crops and Products*, 154:112623.
- Araújo RG, Rodriguez-Jasso RM, Ruiz HA, Pintado MME, Aguilar CN (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 80:51-60.
- Bahru TB, Tadele ZH, Ajebe EG (2019). A review on avocado seed: Functionality, composition, antioxidant and antimicrobial properties. *Chemical Science International Journal*, 27(2):1-10.
- Bhuyan DJ, Alsherbiny MA, Perera S, Low M, Basu A, Devi OA, Barooah MS, Li CG, Papoutsis K (2019). The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*) and their health benefits. *Antioxidants*, 8(10):426.
- Campos D, Teran-Hilares F, Chirinos R, Aguilar-Galvez A, García-Ríos D, Pacheco-Avalos A, Pedreschi R (2020). Bioactive compounds and antioxidant activity from harvest to edible ripeness of avocado cv. Hass (*Persea americana*) throughout the harvest seasons. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5):2208-2218.
- Castro-López C, Bautista-Hernández I, González-Hernández MD, Martínez-Ávila GC, Rojas R, Gutiérrez-Díez A, Medina-Herrera N, Aguirre-Arzola VE (2019). Polyphenolic profile and antioxidant activity of leaf purified hydroalcoholic extracts from seven Mexican *Persea americana* cultivars. *Molecules*, 24(1):173.
- Corrales-García JE, del Rosario García-Mateos M, Martínez-López E, Barrientos-Priego AF, Ybarra-Moncada MC, Ibarra-Estrada E, Medina-Herrera N, Becerra-Morales D (2019). Anthocyanin and oil contents, fatty acids profiles and antioxidant activity of Mexican landrace avocado fruits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74:210-215.
- Costagli, G, Betti M (2015). Avocado oil extraction processes: method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production. *Journal of Agricultural Engineering*, 46(3):115-122.
- da Silva GG, Pimenta LPS, Melo JOF, Mendonça HDOP, Augusti R, Takahashi JA (2022). Phytochemicals of avocado residues as potential acetylcholinesterase inhibitors, antioxidants, and neuroprotective agents. *Molecules*, 27(6):1892.
- Dabas D, Elias RJ, Ziegler GR, Lambert JD (2019). *In vitro* antioxidant and cancer inhibitory activity of a colored avocado seed extract. *International Journal of Food Science*, 2019:6509421.
- Dal-Bó V, Freire JT (2022). Effects of lyophilization on colorimetric indices, phenolics content, and antioxidant activity of avocado (*Persea americana*) pulp. *Food Control*, 132:108526.
- Dogan M, Emsen B (2018). Anti-cytotoxic-genotoxic influences of *in vitro* propagated *Bacopa monnieri* L. Pennell in

- cultured human lymphocytes. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 1(2):48-53.
- Doğan M (2020). Su teresinin (*Nasturtium officinale* R. BR.) beslenme-diyet potansiyeli ve antioksidan özellikleri: bir derleme. *International Anatolia Academic Online Journal Health Sciences*, 6(3):222-233.
- Duarte PF, Chaves MA, Borges CD, Mendonça CRB (2016). Avocado: characteristics, health benefits and uses. *Ciência Rural*, 46:747-754.
- Egbuonu ACC, Opara CI, Atasie OC, Mbah UO (2017). Vitamins composition and antioxidant properties in normal and monosodium glutamate-compromised rats' serum of *Persea americana* (Avocado Pear) seed. *Open Access Journal of Chemistry*, 1:19-24.
- Erkorkmaz F, Altunbay M, Demirci Z, Doğan M (2023). Chia tohumunun (*Salvia hispanica* L.) bileşimi, besinsel değeri ve sağlık faydaları. *Scientific and Academic Research*, 2(1):96-106.
- Figuroa JG, Borrás-Linares I, Lozano-Sánchez J, Segura-Carretero A (2018). Comprehensive identification of bioactive compounds of avocado peel by liquid chromatography coupled to ultra-high-definition accurate-mass Q-TOF. *Food Chemistry*, 245:707-716.
- Forero-Doria O, García MF, Vergara CE, Guzman L (2017). Thermal analysis and antioxidant activity of oil extracted from pulp of ripe avocados. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 130:959-966.
- Ge Y, Si X, Cao J, Zhou Z, Wang W, Ma W (2017). Morphological characteristics, nutritional quality, and bioactive constituents in fruits of two avocado (*Persea americana*) varieties from Hainan province China. *Journal of Agricultural Science*, 9(2):1-10.
- Gómez FS, Sánchez SP, Gallego Iradi MG, Mohd Azman NA, Almajano MP (2014). Avocado seeds: extraction optimization and possible use as antioxidant in food. *Antioxidants*, 3(2):439-454.
- Göldağ R, Göldağ ÖG, Doğan M. (2022). Beslenme ve sağlık için kara mürver'in (*Sambucus nigra* L.) önemi: biyolojik aktiviteleri. *Academic Platform Journal of Halal Lifestyle*, 4(1):10-17.
- Guan VX, Neale EP, Probst YC (2022). Consumption of avocado and associations with nutrient, food and anthropometric measures in a representative survey of Australians: a secondary analysis of the 2011–2012 National Nutrition and Physical Activity Survey. *British Journal of Nutrition*, 128(5):932-939.
- Ilochi O, Chuemere AN (2019). Neuroprotective potential of avocado peel correlates with antioxidant status in starvation and refeeding in wistar rats. *World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 5(1):70-74.
- Irawati NAV (2015). Antihypertensive effects of avocado leaf extract (*Persea americana* mill). *Jurnal Majority*, 4(1):44-48.
- Jimene P, Garcia P, Quitral V, Vasquez K, Parra-Ruiz C, Reyes-Farias M, Garcia-Diaz DF, Robert P, Encina C, Soto-Covasich J (2021). Pulp, leaf, peel and seed of avocado fruit: A review of bioactive compounds and healthy benefits. *Food Reviews International*, 37(6):619-655.
- Khan NA, Edwards, CG, Thompson SV, Hannon BA, Burke SK, Walk AD, Mackenzie RWA, Reeser GE, Fiese BH, Burd NA, Holscher HD (2021). Avocado consumption, abdominal adiposity, and oral glucose tolerance among persons with overweight and obesity. *The Journal of Nutrition*, 151(9):2513-2521.
- Krumreich FD, Borges CD, Mendonça CRB, Jansen-Alves C, Zambiasi RC (2018). Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chemistry*, 257:376-381.
- Majid D, Dar BN, Parveen S, Jabeen A, Allai FM, Sofi SA, Ganaie, TA (2020). Avocado. *Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits*. Springer, Singapore.
- Melgar B, Dias MI, Ciric A, Sokovic M, Garcia-Castello EM, Rodriguez-Lopez AD, Barros L, Ferreira IC (2018). Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. *Industrial Crops and Products*, 111:212-218.
- Mohammed FS, Sevindik M, Uysal İ, Sabik AE (2023a). Quercetin: derivatives, biosynthesis, biological activity, pharmacological and therapeutic effects. *Prospects in Pharmaceutical Sciences*, 21(3):49-56.
- Mohammed FS, Uysal I, Yaz HH, Sevindik M. (2023b). Papaver species: usage areas, essential oil, nutrient and elements contents, biological activities. *Prospects in Pharmaceutical Sciences*, 21(4):1-9.
- Myung NY, Kim SJ (2019). The Beneficial Effect of Avocado on Skin Inflammation in a Mouse Model of AD-like Skin Lesions. *Korean Journal of Plant Resources*, 32(6):705-713.
- Nath H, Samtiya M, Dhewa T (2022). Beneficial attributes and adverse effects of major plant-based foods anti-nutrients on health: A review. *Human Nutrition & Metabolism*, 28:200147.
- Owolabi MA, Coker HAB, Jaja SI (2010). Bioactivity of the phytoconstituents of the leaves of *Persea americana*. *Journal*



- of Medicinal Plants Research, 4(12):1130-1135.
- Puşçaş A, Tanislav AE, Marc RA, Mureşan V, Mureşan AE, Pall E, Cerbu C (2022). Cytotoxicity evaluation and antioxidant activity of a novel drink based on roasted avocado seed powder. *Plants*, 11(8):1083.
- Qin P, Wang T, Luo Y (2022). A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7:100265.
- Romero-Márquez JM, Navarro-Hortal MD, Orantes FJ, Esteban-Muñoz A, Pérez-Oleaga CM, Battino M, Sánchez-González C, Rivas-García L, Giampieri F, Quiles JL, Forbes-Hernández TY (2023). In vivo anti-alzheimer and antioxidant properties of avocado (*Persea americana* Mill.) honey from Southern Spain. *Antioxidants*, 12(2):404.
- Sadiye A (2021). Phytochemicals in avocado peel and their potential uses. *Food and Health*, 7(2):138-149.
- Salazar-López NJ, Domínguez-Avila JA, Yahia EM, Belmonte-Herrera BH, Wall-Medrano A, Montalvo-González E, González-Aguilar GA (2020). Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 138:109774.
- Sanches AG, Repolho RPJ (2022). Exogenous salicylic acid preserves the quality and antioxidant metabolism of avocado 'Quintal' cultivar. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 5(1):79-92.
- Segovia FJ, Corral-Pérez JJ, Almajano MP (2016). Avocado seed: modeling extraction of bioactive compounds. *Industrial Crops and Products*, 85:213-220.
- Segovia FJ, Hidalgo GI, Villasante J, Ramis X, Almajano MP (2018). Avocado seed: A comparative study of antioxidant content and capacity in protecting oil models from oxidation. *Molecules*, 23(10):2421.
- Setyawan HY, Sukardi S, Puriwangi CA (2021). Phytochemicals properties of avocado seed: A review. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing.
- Shi M, Gu J, Wu H, Rauf A, Emran TB, Khan Z, Mitra S, Aljohani ASM, Alhumaydhi FA, Al-Awthan YS, Bahattab O, Thiruvengadam M, Suleria HAR (2022). Phytochemicals, nutrition, metabolism, bioavailability, and health benefits in lettuce-A comprehensive review. *Antioxidants*, 11(6):1158.
- Sommaruga R, Eldridge HM (2021). Avocado production: Water footprint and socio-economic implications. *EuroChoices*, 20(2):48-53.
- Stephen J, Radhakrishnan M (2022). Avocado (*Persea americana* Mill.) fruit: Nutritional value, handling and processing techniques, and health benefits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12):e17207.
- Tan CX, Ghazali HM (2019). Avocado (*Persea americana* Mill.) oil. *fruit oils: Chemistry and Functionality*, Springer.
- Tokgoz A, Emsen B, Dogan M (2023). Allelopathic effects of some lichens on growth and antioxidant activities of in vitro propagated *Bacopa monnieri* (L.) Wettst. *Journal of Taibah University for Science*, 17(1):2229595.
- Tramontin NDS, Luciano TF, Marques SDO, de Souza CT, Muller AP (2020). Ginger and avocado as nutraceuticals for obesity and its comorbidities. *Phytotherapy Research*, 34(6):1282-1290.
- Tremocoldi MA, Rosalen PL, Franchin M, Massarioli AP, Denny C, Daiuto ÉR, Paschoal JAR, Melo PS, Alencar SMD (2018). Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PloS ONE*, 13(2):e0192577.
- Uysal I, Mohammed FS, Sevindik M, Şabik AE, Sevindik E, Dogan M (2023a). Genus *Thymbra*: a review on their usage areas, phytochemical contents and biological activities. *Egyptian Journal of Nutrition*, 38(3):1- 12.
- Uysal İ, Mohammed FS, Koçer O, Doğan M, Sevindik M (2023b). Antioxidant and oxidant status, DPPH activity, total phenolic and flavonoid contents of mountain tea (*Sideritis libanotica* subsp. *kurdica* (Bornm.) Hub.-Mor). *International Journal of Chemistry and Technology*, 7(1):82-85.
- Velderrain-Rodríguez GR, Quero J, Osada J, Martín-Belloso O, Rodríguez-Yoldi M (2021). Phenolic-rich extracts from avocado fruit residues as functional food ingredients with antioxidant and antiproliferative properties. *Biomolecules*, 11(7):977.
- Vieites RL, Daiuto ÉR, Fumes JGF (2012). Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate'Fuerte'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34:336-348.
- Wang L, Tao L, Hao L, Stanley, TH, Huang KH, Lambert JD, Kris-Etherton PM (2020). A moderate-fat diet with one avocado per day increases plasma antioxidants and decreases the oxidation of small, dense LDL in adults with overweight and obesity: a randomized controlled trial. *The Journal of Nutrition*, 150(2):276-284.
- Weremfo A, Adulley F, Adarkwah-Yiadom M (2020). Simultaneous optimization of microwave-assisted extraction of phenolic compounds and antioxidant activity of avocado (*Persea americana* Mill.) seeds using response surface methodology. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2020:7541927

- Weschenfelder C, dos Santos JL, de Souza PAL, de Campos VP, Marcadenti A (2015). Avocado and cardiovascular health. *Open Journal of Endocrine and Metabolic Diseases*, 5(07):77-83.
- Yasir M, Das S, Kharya MD (2010). The phytochemical and pharmacological profile of *Persea americana* Mill. *Pharmacognosy Reviews*, 4(7):77-84.