



EGE COĞRAFYA DERGİSİ

Aegean Geographical Journal

e-ISSN 2636-8056

**Ege Üniversitesi Yayınları
İzmir-Türkiye, 2023**

**Haziran/June
2023**

**Cilt/Volume: 32
Sayı/Number: 1**



Baş Editör / Chief Editor	Prof. Dr. Şevket IŞIK	Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü 35100 Bornova-İzmir-Türkiye e-mail: sevket.i@ege.edu.tr
Yardımcı Editörler Associate Editors	Doç. Dr. İlkey SÜDAŞ	Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü 35100 Bornova-İzmir-Türkiye e-mail: ilkay.sudas@ege.edu.tr
	Doç. Dr. İsmail KERVANKIRAN	Süleyman Demiral Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Isparta-Türkiye e-mail: ismailkervankiran@sdu.edu.tr
	Prof. Dr. Ecmel ERLAT	Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü 35100 Bornova-İzmir-Türkiye e-mail: ecmel.erlat@ege.edu.tr
	Prof. Dr. M. Kirami ÖLGEN	Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü 35100 Bornova-İzmir-Türkiye e-mail: kirami.olgen@ege.edu.tr

Dergi Adres

Ege Üniversitesi
Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü
35100 Bornova – İZMİR-TÜRKİYE
Tel : 0 232 311 13 75
Fax: 0 232 388 11 02
e-mail: ege.cografya.dergisi@gmail.com

Amaç ve Kapsam

Ege Coğrafya Dergisi, yılda iki kez yayımlanan (Haziran ve Aralık) hakemli bir dergidir.

Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Dergi, coğrafya disiplininin farklı alanlarında, bilimsel ve güncel coğrafi bilgi üretimi ve paylaşımına katkı sağlamayı amaçlar.

Coğrafya disiplini çerçevesinde, öncelikli olarak beşeri ve ekonomik coğrafya ile fiziki coğrafya alanlarında olmak üzere, bilimsel (ampirik ya da derleme) makalelere yer verilir. Ege Coğrafya Dergisi, ekonomik coğrafya, kültür coğrafyası, kırsal ve kentsel coğrafya, turizm coğrafyası, nüfus coğrafyası, mekânsal analiz ve modelleme, iklim ve iklim değişimi, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri, jeomorfoloji, hidroğrafya, paleocoğrafya ve coğrafya eğitimi gibi coğrafyanın ve diğer mekânsal bilimlerin farklı alanlarından yazılara açıktır.

Aims and Scope

The Aegean Geographical journal is a peer-reviewed journal. The journal is published twice a year, in June and December.

Official languages of the Journal are Turkish and English. The Journal aims at contributing and disseminating contemporary scientific geographical knowledge.

Scientific articles, both empirical and review, are published, primarily in the areas of physical geography and human geography.

Aegean Geographical Journal is open the diverse articles on the sub-branches of geography such as economic geography, cultural geography, rural and urban geographies, tourism geography, population geography, spatial analysis and modelling, climatology, remote sensing, GIS, geomorphology, hydrography, paleogeography and as well as on geographical education and other spatial disciplines.



EGE COĞRAFYA DERGİSİ
Aegean Geographical Journal

e-ISSN 2636-8056

EGE ÜNİVERSİTESİ EDEBİYAT FAKÜLTESİ YAYINLARI

EGE
Coğrafya
DERGİSİ

Aegean Geographical Journal



Haziran / June 2023
Cilt / Volume 32
Sayı / Number 1

e-ISSN 2636-8056



Yayın Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board

Prof. Dr. Şevket IŞIK	Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İzmir, TÜRKİYE
Prof. Dr. M. Kirami ÖLGEN	Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İzmir, TÜRKİYE
Prof. Dr. E. Murat ÖZGÜR	Ankara Üniversitesi DTCF, Coğrafya Bölümü, Ankara, TÜRKİYE
Prof. Dr. Ayhan KAYA	İstanbul Bilgi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Uluslararası İ. Bl., İstanbul, TÜRKİYE
Prof. Dr. Theano TERKENLİ	University of the Aegean, Department of Geography, Mytilíni, GREECE
Prof. Dr. Mustafa YAKAR	Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Coğrafya Bölümü, Isparta, TÜRKİYE
Doç. Dr. İlkay SÜDAŞ	Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İzmir, TÜRKİYE
Doç. Dr. Tolga GÖRÜM	İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, TÜRKİYE
Doç. Dr. İsmail KERVANKIRAN	Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Isparta, TÜRKİYE
Uwe KRAUSE	Fontys University, NETHERLANDS
Dr. Tibor MADLEŇÁK	Matej Bel University Department of Geography and Geology, Banská Bystrica SLOVAKYA



İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- 1 TÜRKİYE’DE 1950-2022 DÖNEMİNDE ORTALAMA HAVA SICAKLIKLARINDA GÖZLENEN DEĞİŞİM VE EĞİMLER**
*Changes and trends observed in the mean air temperatures in Turkey during the period of 1950–2022.....*1-17
Hakan GÜLER – Ecmel ERLAT
- 2 DOMESTIC WATER QUALITY AND THE DISCRIMINATORY INFLUENCE OF SOCIO-ECONOMIC STRATIFICATION ON ACCESSIBILITY TO SAFE WATER IN A PART OF OSUN STATE, NIGERIA**
Nijerya, Osun Eyaletinin bir bölümünde evsel su kalitesi ve sosyo-ekonomik tabakalaşmanın güvenli suya erişim üzerindeki ayrımcı etkisi19-31
Adebayo ELUDOYIN
- 3 TÜRKİYE’NİN EN UZUN METEOROLOJİ/KLİMATOLOJİ GÖZLEMLERİNE SAHİP OLAN KANDİLLİ RASATHANESİ’NİN SICAKLIK EKSTREMLERİNDE GÖZLENEN DEĞİŞİM VE EĞİMLER (1912-2021)**
*Observed Variations and Trends in Temperature Extremes of The Longest Meteorological/Climatological Observation Station (Kandilli Observatory) in Turkey (1912-2021).....*33-49
Nami YURTSEVEN
- 4 MODIS VERİLERİNE GÖRE İZMİR VE MANİSA ŞEHİRLERİ VE ÇEVRESİNDE YÜZEY SICAKLIK DAĞILIŞI VE EĞİMLERİ**
*Surface Temperature Distribution and Trends in İzmir and Manisa Urban Area and Their Surrounds Using MODIS Data.....*51-68
Yasin Furkan ŞENLİK – Erkan YILMAZ
- 5 ENDÜSTRİYEL GELİŞİME UYGUN YERLERİN BELİRLENMESİNDE CBS VE AHP ENTEGRASYONU YAKLAŞIMI: PALANDÖKEN, AZİZİYE VE YAKUTİYE (ERZURUM)**
*GIS and AHP integration approach in determining suitable sites for industrial development: Palandöken, Aziziye, and Yakutiye (Erzurum).....*69-88
Yusuf KIZILKAN – Salih BİRİNCİ – Çağlar Kıvanç KAYMAZ
- 6 İZMİR KENTİ VE YAKIN ÇEVRESİNDE ENDÜSTRİYEL MİRAS ROTASI ÖNERİSİ**
Muğla’daki Kırsal Yaşam Tarzı Göçmenleri: Video Anlatılarının Nitel Bir Analizi89-113
Gamze PARLAPAN – Sibel ECEMİŞ KILIÇ – Mercan EFE GÜNEY
- 7 SURİYE KRİZİ VE İRAN’IN İNŞACI POLİTİKALARI: “Şİİ HİLALİ” ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME**
*The Syrian Crisis and Iran's Constructive Policies: An Evaluation of the "Shia Crescent".....*115-134
Müslüm REYHANOĞULLARI – Nurettin ÖZGEN



- 8 GÜZELHİSAR HAVZASINDA ENDÜSTRİYEL GELİŞMENİN ARAZİ ÖRTÜSÜ VE ARAZİ KULLANIMI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BULUT TABANLI MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**
Assessing Industrial Development Influence on Land Use and Land Cover Change Detection in Güzelhisar Basin with Cloud-Based Machine Learning Techniques.....135-150
Şevki DANACIOĞLU – Hüseyin Can ÖNGÜL
- 9 KENTSEL ISI ADASININ İKLİM PARAMETRELERİ VE UZAKTAN ALGILAMA ÜZERİNDEN İNCELENMESİ: İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ**
Investigation of Urban Heat Island on Climate Parameters and Remote Sensing: The Case of Istanbul City.....151-171
Pervin AKSAK – Şeyda KARTUM ÖZTÜRK – Ömer ÜNSAL
- 10 TÜRKİYE HAVA ULAŞIM AĞI'NIN (THUA) DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ: DİNAMİK MEKÂNSAL - KARMAŞIK AĞ YAKLAŞIMI**
Modeling the Change of the Turkish Air Transport Network (THUA): Dynamic Spatial-Complex Network Approach.....173-193
Umut ERDEM



Received: 11 April 2023 | Revised: 26 May 2023 | Accepted: 29 May 2023

TÜRKİYE'DE 1950-2022 DÖNEMİNDE ORTALAMA HAVA SICAKLIKLARINDA GÖZLENEN DEĞİŞİM VE EĞİLİMLER

Changes and trends observed in the mean air temperatures in Turkey during the period of 1950–2022

Hakan GÜLER¹ 

*Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,
İzmir-Türkiye
hakan.k.guler@gmail.com*

Ecmel ERLAT¹ 

*Ege Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
İzmir-Türkiye
ecmel.erlat@ege.edu.tr*

Abstract

In the study, the changes and trends in mean air temperatures in Turkey for the period 1950–2022 were examined annually and seasonally. For this purpose, 8053 grid cell data covering Turkey from the ERA5-Land data set produced by the European Medium-Term Weather Forecasting Center (ECMWF) was used. It has been determined that the increase in Turkey's mean air temperature over the last 73 years is 1.31°C and 1.46°C, respectively, according to the simple linear regression and Sen's slope value at a statistically significant level of 0.001. The results reveal that over the last 73 years, annual mean air temperatures in Turkey have shown a warming trend of 0.20°C per decade, almost 3 times the global average. The warming trend that started in the first half of the 1990s has become even stronger since the 21st century. The highest annual mean air temperatures measured in the last 73 years belong to the period after 2005, except for 2011, and the highest annual average temperatures were observed in 2010, 2018 and 2020, respectively. The strongest increasing trend in seasonal mean air temperatures has been observed in the summer season, with an increase of 1.61°C (1.68°C) over the last 73 years according to the simple linear regression analysis (Sen's slope) at a statistically significant level of 0.001. Summer is followed by the spring and autumn seasons, respectively. According to simple linear regression and Sen's slope estimator analyses, mean air temperatures in Turkey have increased by 1.39°C (1.39°C) in the spring season and 0.88°C (1.10°C) in the autumn season in the last 73 years. These trends in mean air temperatures in Turkey are an important indicator of the magnitude and potential impacts of climate change.

Keywords: Climate change, mean air temperature, Turkey, ERA5, time-series analysis.

Öz

Çalışmada 1950-2022 dönemi için Türkiye'de ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen değişim ve eğilimler yıllık ve mevsimlik olarak incelenmiştir. Bu amaçla Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF) tarafından üretilen ERA5-Land veri setinin Türkiye'yi kapsayan 8053 grid hücre verilerinden yararlanılmıştır. Son 73 yılda Türkiye'nin ortalama hava sıcaklığındaki artış, basit doğrusal regresyon analizine ve Sen'in eğim değerine göre istatistiki olarak 0.001 anlamlılık seviyesinde sırasıyla 1.31°C ve 1.46°C olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar son 73 yıllık dönemde Türkiye'de yıllık ortalama hava sıcaklıklarının her on yıl için 0.20°C olmak üzere küresel ortalamasının neredeyse 3 katına yakın bir ısınma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. 1990'lı yılların ilk yarısında başlayan ısınma eğilimi 21. yüzyıldan itibaren daha da kuvvetlenmiştir. Nitekim son 73 yılda ölçülen en yüksek yıllık ortalama sıcaklıklar 2011 yılı hariç, 2005 yılından sonraki döneme aittir. 1950-2022 döneminde yıllık ortalama sıcaklıklarda en yüksek değerler sırasıyla 2010, 2018 ve 2020 yıllarında gözlenmiştir. Mevsimlik ortalama hava sıcaklıklarında en kuvvetli artış eğilimi, istatistiki olarak 0.001 anlamlılık seviyesinde basit doğrusal regresyon analizine (Sen'in eğim değerine) göre son 73 yılda 1.61 °C (1.68°C) ile yaz mevsiminde gözlenmektedir. Yaz mevsimini sırasıyla ilkbahar ve sonbahar mevsimleri izlemektedir. Son 73 yılda Türkiye'de basit doğrusal regresyon analizine ve Sen'in eğim değerine göre ilkbahar mevsimi ortalama hava sıcaklıkları 1.39°C (1.39°C), sonbahar mevsiminde ise 0.88°C (1.10°C) artmıştır. Türkiye'de ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen bu eğilimler, iklim değişikliğinin büyüklüğünün ve olası etkilerinin önemli bir göstergesidir.

Anahtar başlıklar: İklim değişikliği, ortalama hava sıcaklığı, Türkiye, ERA5, zaman dizisi analizi.

¹ Sorumlu Yazar/ Corresponding author

1. INTRODUCTION

19. yüzyılın son çeyreğinde gerçekleşen Sanayi Devrimi ile birlikte atmosferde konsantrasyonları artan sera gazlarının, atmosferin doğal sera etkisini kuvvetlendirmesi sonucu atmosferin alt tabakalarında hava sıcaklıkları artmaktadır. İnsan etkisi ile gerçekleşen küresel hava sıcaklıklarındaki artış, 1850-1900 döneminden 2010-2019 dönemine kadar 1.07°C 'dir (0.8°C ile 1.3°C) (IPCC, 2021). Yaklaşık son 170 yılda gözlenen bu ısınma eğilimi, iklim sisteminin iç dinamikleri nedeniyle düzenli bir artış eğilimi yerine on yıllar ölçeğinde dalgalanmalar şeklindedir. Aletli meteorolojik kayıtlarda "Erken Yirminci Yüzyıl Isınması" olarak adlandırılan 1900'lerden 1940'lara kadar olan dönemde, küresel ortalama hava sıcaklıklarında hızlı bir artış eğilimi gözlenmiştir. 1940'lar ile 1970'lere kadar olan dönemde ise küresel hava sıcaklığındaki artış eğilimi yavaşlamış veya kesintiye uğramış ve 1970'lerden 1990'lara kadar olan dönemde ise tekrar hız kazanmıştır. Yaklaşık 1998-2013 yılları arasında küresel ortalama hava sıcaklıklarındaki artış hızında 20. yüzyılın ikinci yarısındaki artışa göre bir duraksama gözlenirse de özellikle 2014 yılından itibaren küresel hava sıcaklıklarında tekrar hızlı bir artış dönemine girilmiştir (Trenberth, 2015; Loeb vd., 2018). 1850 yılından bu yana küresel ortalama sıcaklıklardaki en yüksek değere sahip 7 yılın 2015 sonrasında gözlenmesi ve en sıcak yılların 2016, 2019 ve 2021 yılları olması, bu hızlı artış eğilimini doğrulamaktadır (Dünya Meteoroloji Örgütü, 2022).

19. yüzyılın son çeyreğinden itibaren küresel ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen artış eğilimi zamansal olduğu gibi alansal olarak da farklılıklar göstermektedir. Türkiye'nin içinde yer aldığı Akdeniz havzası dünyada en hızlı ısınan alanlardan biridir. Gözlemlere dayalı analizler, Akdeniz havzasında kara-deniz üzerinde yıllık ortalama hava sıcaklıklarının 1860-1890 döneminden günümüze kadar 1.54°C arttığını ortaya koymaktadır ve bu değer küresel ortalama değer 0.4°C (yaklaşık %20) üzerindedir (Lionello ve Scarascia, 2018; Akdeniz İklim ve Çevre Değişikliği Uzmanları, 2020).

Oluşturulan iklim modelleri, yüksek sera gazı emisyonu senaryoları altında Akdeniz havzasında 20. yüzyılda başlayan ısınma eğiliminin devam edeceğine ve 21. yüzyılın sonuna kadar çok daha sıcak ve daha kurak koşulların oluşacağına dair güçlü öngörüler sunmaktadır (Mariotti vd., 2015; Öztürk vd., 2018; Zittis vd., 2019; Akdeniz İklim ve Çevre Değişikliği Uzmanları, 2020). Örneğin Türkiye'yi içine alan Ortadoğu ve Kuzey Afrika için oluşturulan bölgesel iklim modeli simülasyonları, uzak gelecekte (2070–2100) ortalama hava sıcaklıklarında 3°C 'den 9°C 'ye kadar değişen bir artışın gerçekleşeceğini öngörmektedir (Öztürk vd., 2018). "Koordineli Bölgesel Ölçek Küçültme Deneyi (CORDEX) simülasyonları, Akdeniz havzasında yüzyılın sonuna kadar, 1986–2005 referans dönemine göre ortalama hava sıcaklıklarında 1°C ile 5°C arasında bir ısınma eğilimini öngörmekte, bu değer yaz mevsiminde 7°C 'ye kadar çıkmaktadır (Zittis vd., 2019). Çoklu iklim modeli simülasyonları, 21. yüzyılın sonunda düşük (RCP2.6) sera gazı emisyonları için 0.9 ile 1.5°C , yüksek (RCP8.5) sera gazı emisyonları için 3.7 ile 5.6°C aralığında bir sıcaklık artışı öngörülmektedir. Öngörülen bu değerler, Akdeniz Havzasının küresel ortalama değerlerden yıllık olarak %20 ve yaz aylarında ise %50'nin üzerinde daha fazla ısınacağını göstermektedir (Akdeniz İklim ve Çevre Değişikliği Uzmanları, 2020).

Türkiye'de küresel değerler ile uyumlu olarak ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları yıllar/on yıllar arası değişkenliğe rağmen artış eğilimi göstermektedir. 1929'dan 1999'a kadar olan dönemde Türkiye'de ortalama hava sıcaklıkları özellikle güney bölgelerde artış eğilimi gösterirken, kuzey ve iç bölgelerde yaz ve sonbahar mevsimlerinde azaldığı belirlenmiştir. Yıllık, kış, ilkbahar ve yaz maksimum sıcaklıkları, İç Anadolu ve Karadeniz bölgeleri ile kısmen Doğu Anadolu bölgesi dışındaki birçok istasyonda artış eğilimi, sonbahar mevsiminde ise Ege bölgesi hariç, Türkiye'nin büyük bölümünde biraz azalma eğilimi göstermiştir (Türkeş vd., 2002). Türkiye'de 54 istasyonun 1950-2004 dönemine ait sıcaklık gözlemleri esas alındığında, 2000'li yıllardan itibaren kuvvetli bir ısınma eğiliminin gözlemlendiği görülmektedir. Özellikle kentleşmeye bağlı olarak minimum sıcaklıklar ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde tüm bölgelerde önemli ölçüde artmıştır. Alansal analizler, ülkenin kuzey kesimlerindeki bazı istasyonlarda önemli olmayan soğuma eğilimleri dışında özellikle güney ve güneydoğu bölgelerinde ısınma eğiliminin daha kuvvetli olduğunu göstermiştir (Tayanç vd., 2009). Türkiye'de aylık ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları 1950-2010 döneminde kuvvetli olmayan bir artış eğilimi sergilemiştir. 1980 yılından sonra ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen artış 0.19°C (13.11 – 12.92°C), maksimum sıcaklıklarda 0.33°C (25.71 – 25.38°C) ve minimum sıcaklıklarda 0.34°C

(1.63–1.29°C) olarak saptanmıştır (Türkeş vd., 2016). 1901–2014 dönemine ait İklim Araştırma Birimi Zaman Serisi (CRU TS V3.23) veri setindeki 81 gride ait aylık ortalama sıcaklıklarının analizi, Türkiye’de yıllık ortalama hava sıcaklığının bir yüzyılda 0.88°C arttığını ortaya koymuştur. Tüm bölgeleri kapsayan hava sıcaklıklarındaki artış eğilimi 1993 yılı sonrası önem kazanmıştır (Hadi ve Tombul, 2018).

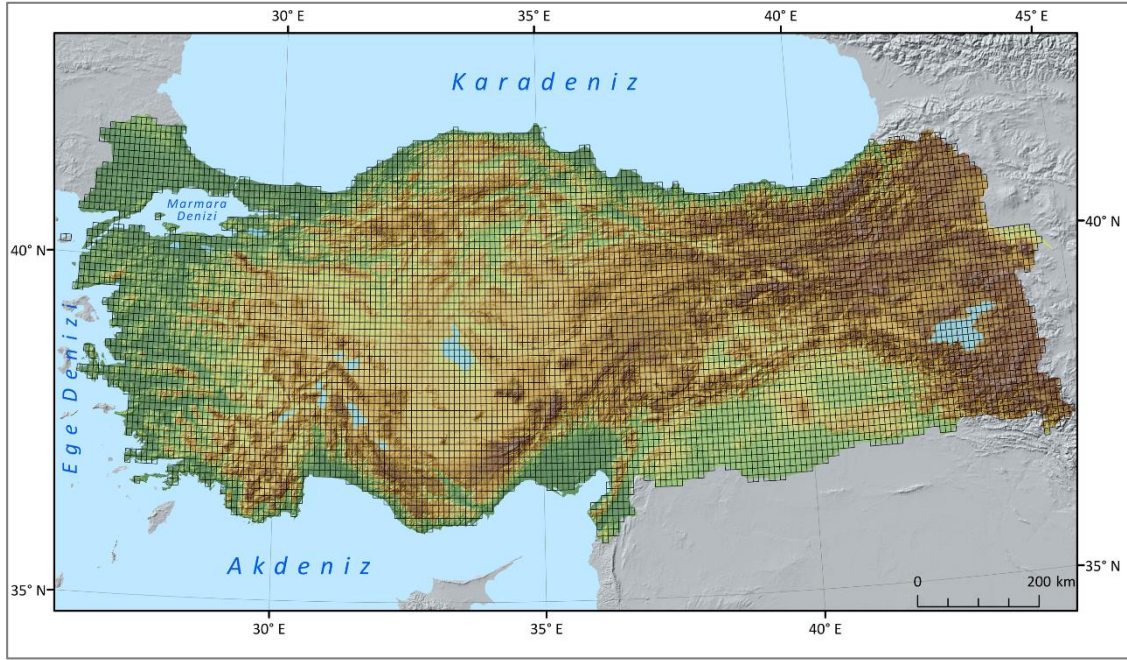
Yukarda görüldüğü gibi, Türkiye’de ortalama hava sıcaklıklarının zamansal değişimi konusunda yaklaşık son on yıllık dönemi kapsayan çalışmaların sayısı çok azdır. Ayrıca Türkiye’de hava sıcaklıklarına ilişkin çalışmaların hemen hemen tümü, sayısı en fazla 244 meteoroloji/klimatoloji istasyonunda kaydedilen aletli meteorolojik gözlemlere dayanmaktadır. Bu çalışmanın amacı aletli meteorolojik gözlemlerin olmadığı alanları da kapsayan 8053 grid hücresinin ortalamasını alarak, Türkiye’de, yıllık ve mevsimlik ortalama hava sıcaklıklarının 1950-2022 döneminde gösterdiği zamansal değişimleri ortaya koymaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Türkiye’de ortalama hava sıcaklığında gözlenen değişim ve eğilimleri incelemek için Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF)’nin, Kopernik İklim Değişikliği Servisi (Copernicus Climate Change Service - C3S) tarafından üretilen, ERA5 (ECMWF Reanalysis v5)’in arazi parametrelerine göre oluşturulmuş ERA5-Land yeniden analiz (reanalysis) veri seti kullanılmıştır (Muñoz-Sabater, 2019, 2021; Kopernik İklim Değişikliği Servisi, 2021). ERA5 veri seti, küresel ölçekte çeşitli atmosfer ve iklim değişkenlerinin, 1950 yılından günümüze kadar olan saatlik tahminlerini kesintisiz sağlamaktadır. Veriler, yaklaşık 31 km (0.25°) alan çözünürlüğünde Gaussian grid olarak, yüzeyden 0.01 hPa’a kadar 137 ayrı basınç seviyesinde atmosferi çözümlenmektedir (Hersbach vd., 2020). ERA5-Land veri seti (0.1°, saatlik) ise ERA5’in arazi parametrelerine göre oluşturulmuş, daha yüksek çözünürlükteki (~9km) bir veri setidir (Muñoz-Sabater vd., 2021). Çalışmada 1950-2022 döneminde, yerden 2 metre yükseklikteki saatlik olarak sunulan ortalama hava sıcaklıklarından elde edilen, ERA5-Land aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Türkiye’yi kapsayan 8053 grid hücresi, ECMWF C3S Climate Data Store (CDS) üzerinden sunulan küresel ölçekteki verilerden elde edilerek kullanılmıştır (Şekil 1).

Yıllık ortalama hava sıcaklığı zaman serisi, 1950-2022 döneminde Ocak ayından Aralık ayına kadar olan 73 yıllık sıcaklık verilerinin ortalamaları alınarak, mevsimlik ortalama hava sıcaklığı serilerinde ise mevsimi oluşturan üç ayın ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Mevsimlik ortalama hava sıcaklığı zaman serilerinde, 1949 yılı Aralık verisi bulunmadığından analizlerde kış mevsimi 1951 yılından başlatılmıştır. Yıllık, mevsimlik ve aylık hava sıcaklık anomalilerinin belirlenmesinde 1981-2010 yılları arası referans dönem olarak kullanılmıştır.

Çalışmada ortalama hava sıcaklıklarındaki artma veya azalma yönündeki olası eğilimlerin yönü ve büyüklüğünü belirlemek amacıyla, basit doğrusal regresyon analizi ile klimatoloji çalışmalarında sıklıkla kullanılan parametrik olmayan Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı (Sneyers, 1990) yöntemlerinden yararlanılmıştır. Mann-Kendall sınamasının ardışık çözümlenmesinden elde edilen $u(t)$ ve $u'(t)$ örneklem değerleri kullanılarak dizilerdeki eğilimler gösterilmiştir (Şekil 2b ve 4b-7b). Bu değerler kritik değer olan 1.96’den büyük olduğunda istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde (0.05 anlamlılık düzeyinde) artış eğilimi tanımlanmaktadır. Bu eğrilerin kesiştiği nokta trendin veya değişimin başladığı yılı, bu eğrilerin sık sık kesişmesi ise zaman dizisinde herhangi bir trendin olmadığını göstermektedir (Türkeş, 2013). Basit doğrusal regresyon analizinde zaman bağımsız değişken ortalama hava sıcaklıkları ise bağımlı değişken olarak kabul edilerek 8053 grid hücresinin yıllık ve mevsimlik ortalamalarına ait zaman dizilerinin eğilimleri hesaplanmıştır. $n-2$ serbestlik dereceli Student t testi ile regresyon katsayısı β ’nin istatistiksel olarak anlamlılığı sınamıştır. Mann-Kendall sıra katsayısı ile elde edilen olası eğilimlerin büyüklüğü Sen’in eğim yöntemi (Sen’s slope estimator) ile belirlenmiştir (Sen, 1968). Tüm test istatistikleri için istatistiksel olarak anlamlılık üç seviyede ($\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$, $\alpha=0.001$) test edilmiştir. Yıllık ve mevsimlik ortalama hava sıcaklığı anomali dizilerindeki yıllararası değişkenlik 9 noktalı Gauss filtresi ile düzgünleştirilmiştir (Türkeş, 1995).



Şekil 1- Çalışmada kullanılan 8053 grid hücrenin alansal dağılışı.
 Figure 1- Spatial distribution of the 8053 grid cells used in the study.

NetCDF (Network Common Data Form) olarak temin edilen ERA5-Land veri setinin, mevsim ve yıllık analizleri Climate Data Operators (CDO) yazılımı (Schulzweida, 2022) ile yapılmıştır. Türkiye'nin ortalama hava sıcaklığında gözlenen değişim ve eğilimleri belirlemek amacıyla hesaplanan test istatistikleri R yazılımı programı ile hesaplanmış ve görselleştirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Türkiye'de 1950-2022 döneminde yıllık ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen zamansal değişim ve eğilimler

Gridli verilere göre, Türkiye'de 1950-2022 döneminde yıllık ortalama hava sıcaklıkları artma eğilimi göstermiştir. Basit doğrusal regresyon analizine (Sen'in eğim değerine) göre bu artış eğilimi her on yıl için 0.18°C (0.20°C) olmak üzere ($R^2 = 0.212$, t testi = 4.37) 0.01 düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır (Tablo 1). Bu artış eğilimine göre son 73 yılda Türkiye'de ortalama hava sıcaklığı 1.31°C (1.46°C) yükselmiştir. Küresel hava sıcaklıklarındaki artış eğilimine ilişkin sonuçlar ile karşılaştırıldığında, Türkiye'nin daha hızlı ısındığı görülmektedir. Nitekim küresel ortalama hava sıcaklıkları 1981-2020 döneminde her on yılda 0.18°C artarken (Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi, 2021), bu değer aynı dönem için Türkiye'de 0.52°C 'dir. Bu durum Türkiye'nin küresel ortalamasının neredeyse 3 katına yakın bir ısınma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Türkiye'de son 73 yılda ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen bu artış eğiliminin iklim sistemindeki doğal nedenlere bağlı olarak doğrusal olmadığı görülmektedir. Yıllık ortalama hava sıcaklıklarının referans dönemi ortalamasına (1981-2010 referans dönemi ortalaması = 10.36°C) göre gösterdiği değişimler esas alındığında, hava sıcaklıklarındaki artış eğiliminin yavaşladığı veya hız kazandığı belli dönemler ayırt etmek mümkündür (Şekil 2a).

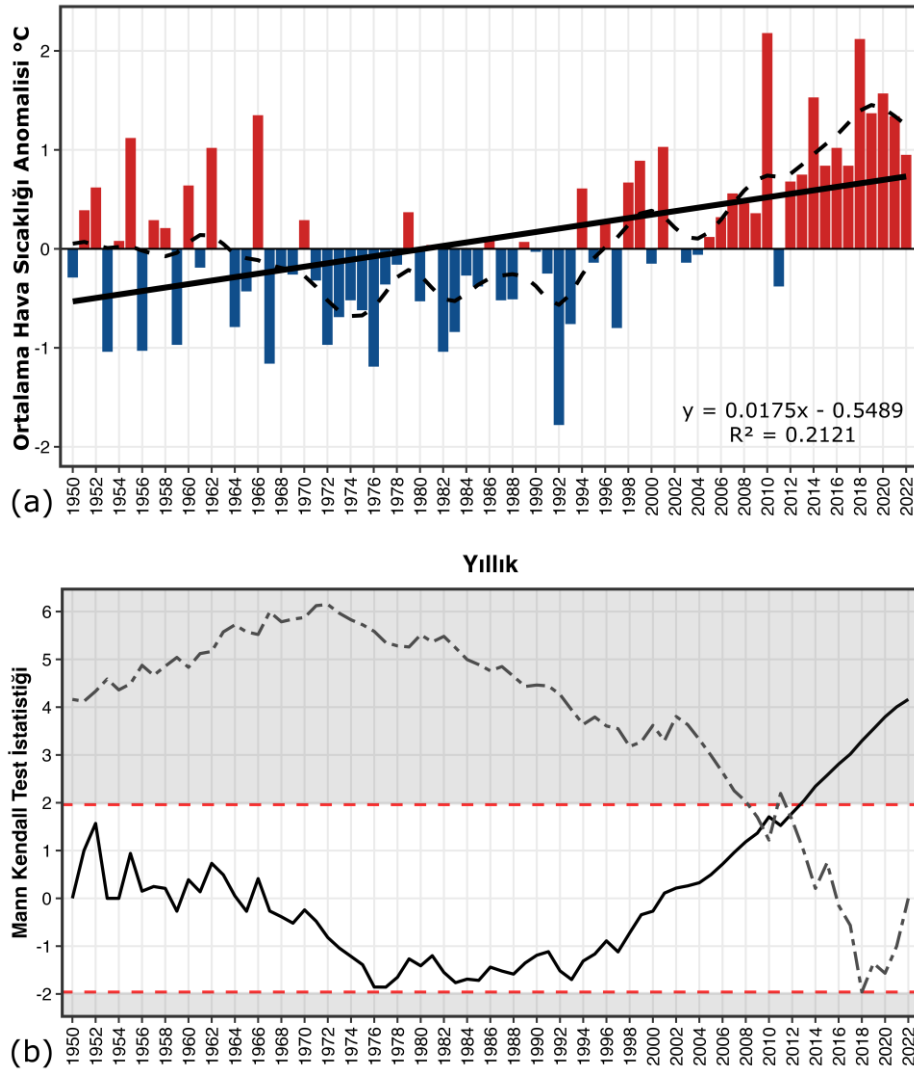
Bunlardan 1950-1966 döneminde, Türkiye'de yıllık ortalama hava sıcaklıklarında değişkenlik yüksektir ve negatif ve pozitif anomali gösteren yıllar birbirini izlemiştir. Ancak bu dönemde her on yıl için 0.15°C olmak üzere hava sıcaklıklarında bir artış eğilimi söz konusudur. 1967-1993 döneminde ise zayıf bir pozitif anomali gösteren beş yıl dışında hava sıcaklıkları referans dönemi ortalamasının altında kalmış ve hava sıcaklıkları 27 yıldan oluşan bu dönemde zayıf bir azalma eğilimi göstermiştir (her on yıl için -0.02°C). Türkiye'de yıllık ortalama hava sıcaklıklarının referans dönemine göre en kuvvetli negatif anomali gösterdiği yıllar 1967-1993

dönemine karşılık gelmektedir. Bunlar sırasıyla 1992 (8.58°C), 1976 (9.17°C) ve 1967 (9.20°C) yıllarıdır. 1994-2022 döneminde Türkiye’de yıllık ortalama hava sıcaklıkları belirgin bir artış göstermiş, 6 yıl dışında yıllık ortalama hava sıcaklıkları referans dönemi ortalamasının üzerinde kalmıştır. 29 yıllık bu son dönemde yıllık ortalama hava sıcaklıkları her on yıl için 0.51°C artış eğilimi göstermiştir. Türkiye’de son 73 yılda ölçülen en yüksek yıllık ortalama hava sıcaklıkları 2011 yılı hariç 2005 yılından sonraki döneme aittir. 2005 yılı sonrası hemen hemen tüm aylarda aylık ortalama hava sıcaklıkları referans dönemi ortalamasının üzerinde kalmıştır (Şekil 3). Türkiye ortalamasına göre 1950-2022 döneminde yıllık ortalama hava sıcaklıklarında en yüksek değerler sırasıyla 12.53°C ile 2010, 12.48°C ile 2018 ve 11.93°C ile 2020 yıllarına aittir. İstasyon bazlı gözlemlerin yapıldığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 2022 Yılı İklim Değerlendirmesi raporuna göre Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklıklar 1981–2010 ortalamasına göre 1998 yılından bu yana (2011 yılı hariç) pozitif anomali değerlerine sahiptir ve 1971-2022 yılından bu yana en yüksek yıllık ortalama sıcaklık 15.5°C ile 2010 yılına aittir.

Çizelge 1- Türkiye’de 8053 gridli veriye göre 1950-2022 dönemine ait ortalama hava sıcaklıklarının basit doğrusal ve Mann-Kendall (M-K) testine göre trend analiz sonuçları. Yıldız işaretleri, istatistiki olarak ‘***’ $p < 0.001$, ‘**’ $p < 0.01$ ve ‘*’ $p < 0.05$ anlamlılık düzeylerini belirtmektedir.

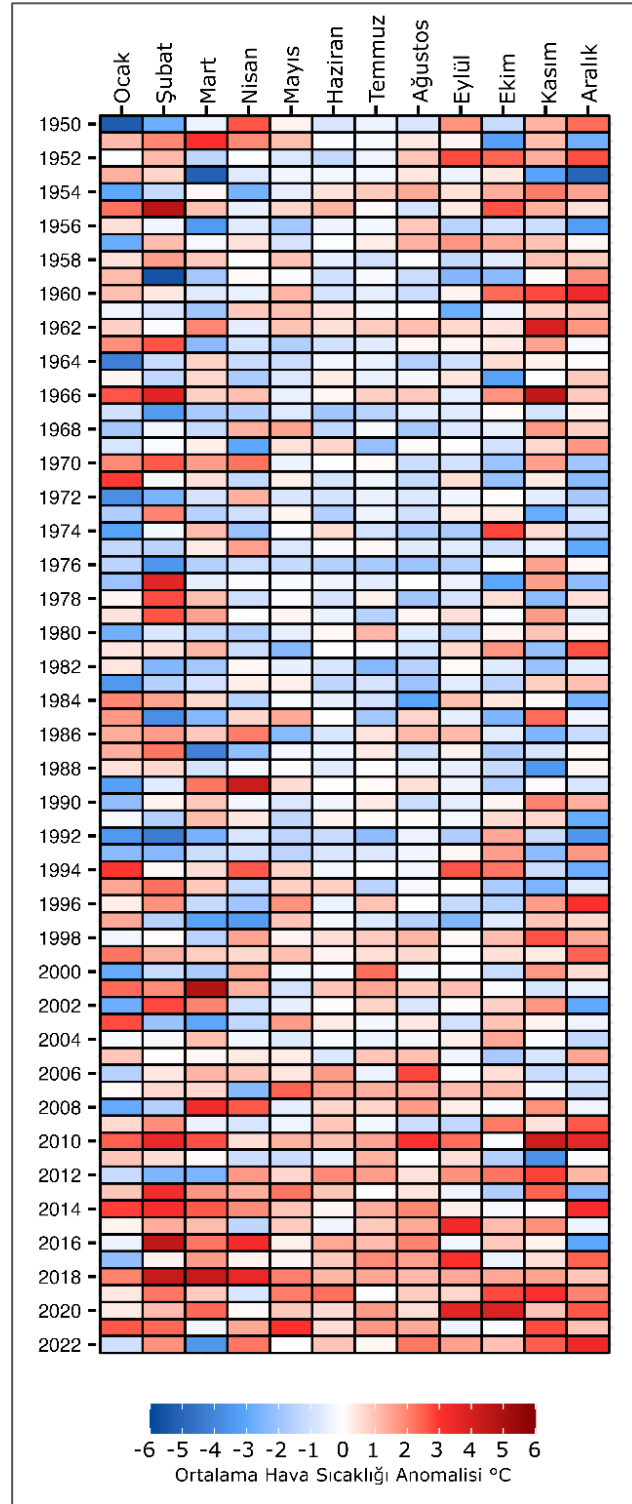
Table 1- Trend analysis results of the mean air temperatures for the period of 1950-2022 in Turkey based on the 8053 gridded data using simple linear and Mann-Kendall (M-K) tests. Asterisks indicate level of statistical significance at ‘***’ $p < 0.001$, ‘**’ $p < 0.01$ and ‘*’ $p < 0.05$.

	Basit doğrusal trend	$\hat{\beta}$ (°C/yıl)	M-K testi Z	Sen’in Eğimi Q (°C/yıl)
Yıllık	4.37	0.018***	4.16	0.020***
İlkbahar	3.31	0.019**	3.09	0.019**
Yaz	5.56	0.022***	4.87	0.023***
Sonbahar	2.12	0.012*	2.40	0.015*
Kış	1.56	0.012	1.53	0.014
Ocak	1.31	0.015	0.96	0.011
Şubat	1.94	0.023	1.83	0.022
Mart	2.25	0.024*	2.20	0.023*
Nisan	1.78	0.016	1.57	0.014
Mayıs	2.95	0.017**	2.53	0.017*
Haziran	4.92	0.020***	4.34	0.021***
Temmuz	4.36	0.022***	4.02	0.022***
Ağustos	3.72	0.023***	3.39	0.025***
Eylül	2.56	0.018*	2.27	0.017*
Ekim	1.65	0.014	1.45	0.015
Kasım	0.47	0.005	0.57	0.006
Aralık	1.22	0.013	0.79	0.011



Şekil 2- 1950-2022 döneminde Türkiye’de yıllık ortalama hava sıcaklıklarının referans dönemine göre gösterdiği anomaliler ve doğrusal trendi. Kalın siyah çizgi basit doğrusal trendi (), kesik çizgi ()’lu gauss süzgecini göstermektedir (a). Mann-Kendall sınavasının ardışık çözümlemesinden elde edilen $u(t)$ ve $u'(t)$ değerlerine göre Türkiye’de yıllık ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen uzun süreli eğilimler. Kırmızı kesik çizgi normal dağılımın 0.05 anlamlılık düzeyindeki 1.96 ve -1.96 olan kritik değerleri göstermektedir (b).

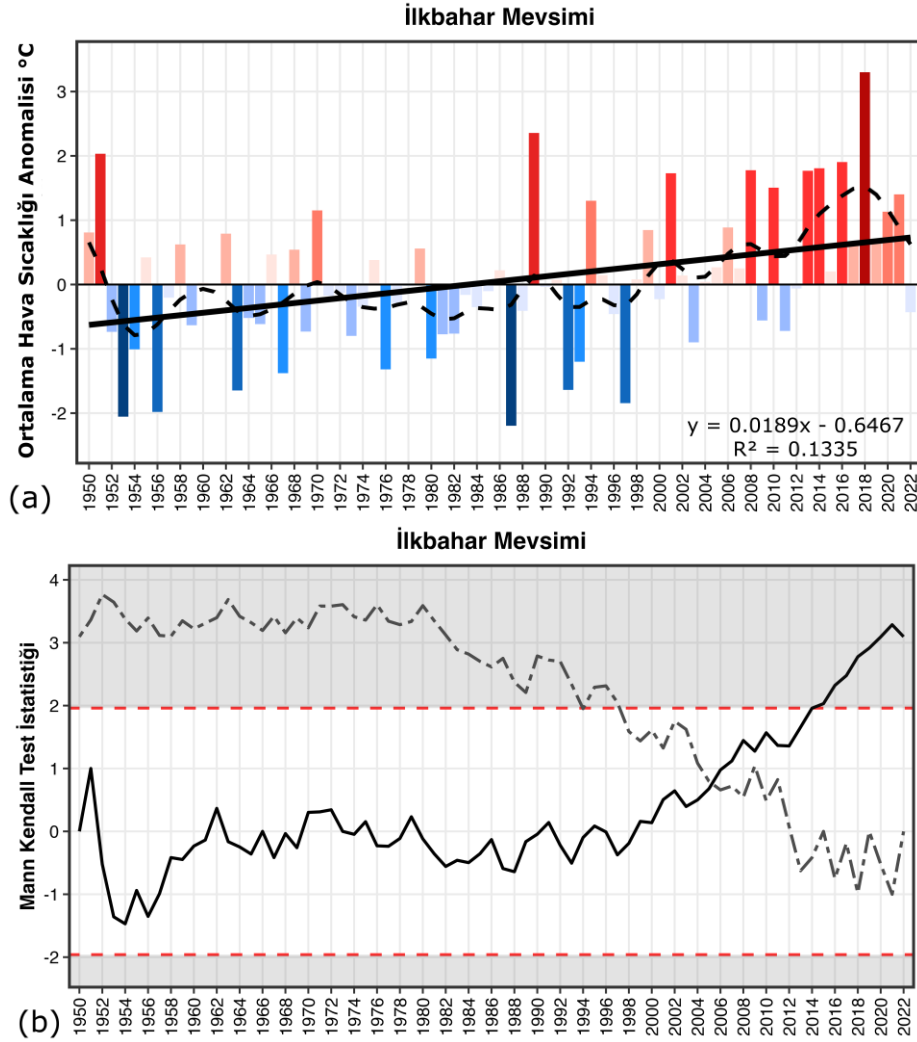
Figure 2- Anomalies and linear trend of annual mean air temperatures in Turkey relative to the reference period during 1950-2022. The thick black line shows the simple linear trend and the dashed line represents the 9-point Gaussian filter (a). Long-term trends observed in annual and seasonal mean air temperatures in Turkey based on the $u(t)$ and $u'(t)$ values obtained from the sequential analysis of the Mann-Kendall test. The red dashed line indicates the critical values of the normal distribution at the 0.05 significance level, which are 1.96 and -1.96 (b).



Şekil 3- Türkiye’de aylık ortalama sıcaklıkların referans dönemine göre gösterdiği değişimler
Figure 3- Changes in monthly mean temperatures in Turkey relative to the reference period.

3.2 İlkbahar mevsimi ortalama hava sıcaklıklarındaki değişim ve eğilimler

Türkiye’de yaz mevsiminden sonra ortalama hava sıcaklıklarında en kuvvetli artış eğilimi ilkbahar mevsimine aittir. 1950-2022 döneminde ilkbahar mevsimi ortalama hava sıcaklıkları, istatistiki olarak 0.01 düzeyinde anlamlı olmak üzere basit doğrusal trend analizi (Sen’in eğim değeri) sonuçlarına göre her on yıl için 0.19°C (0.19°C) artış göstermektedir (Tablo 1). Bu artış eğilimine göre, son 73 yılda Türkiye’de ilkbahar mevsimi ortalama hava sıcaklıkları 1.39°C (1.39°C) yükselmiştir. 2014 yılı ve sonrasındaki artış eğilimi istatistiksel olarak anlamlıdır (Şekil 4b). İlkbahar mevsimindeki ısınma eğilimi doğrusal olmayıp iki döneme ayrılmaktadır. 1950-2000 dönemi genellikle referans dönemi ortalamasına göre negatif anomaliler göstermiş, artma veya azalma yönünde bir eğilim gözlenmemiştir. Bu dönem içerisinde sırasıyla 1987, 1953 ve 1956 yılları olmak üzere en düşük sıcaklık ortalamaları gözlenmiştir. Bunlardan 1987 ilkbahar mevsiminin başlarında, Kuzey Avrupa’da üst atmosferde oluşan blok etkinliği nedeniyle, Orta-Güney Avrupa ve Batı Anadolu’da alçak basınç koşulları uzun süre bölgede etkili olarak, kuzeyli soğuk hava akımlarının alçak enlemlere ulaşmasına olanak sağlamıştır (Tayanç vd., 1998; Twardosz ve Kossowska-Cezak, 2019). İlkbahar mevsimi ortalama hava sıcaklıkları 2000 yılı sonrası oldukça belirgin bir şekilde artış göstermiş ve oldukça zayıf negatif anomali gösteren beş yıl dışında hava sıcaklıkları referans dönemi ortalamasının üzerinde kalmıştır. M-K sınamasının ardışık çözümlmesine göre en önemli değişiklik 2005 yılıdır (Şekil 4b). Özellikle 2018 yılı ilkbahar mevsimi, referans dönemi ortalamasına göre 3.30°C bir pozitif anomali göstererek son 73 yılın en sıcak ilkbahar mevsimi olmuştur (Şekil 4a).



Şekil 4- Şekil 2 ile aynı ancak ilkbahar mevsimi için.

Figure 4- Same as Figure 2 but for spring

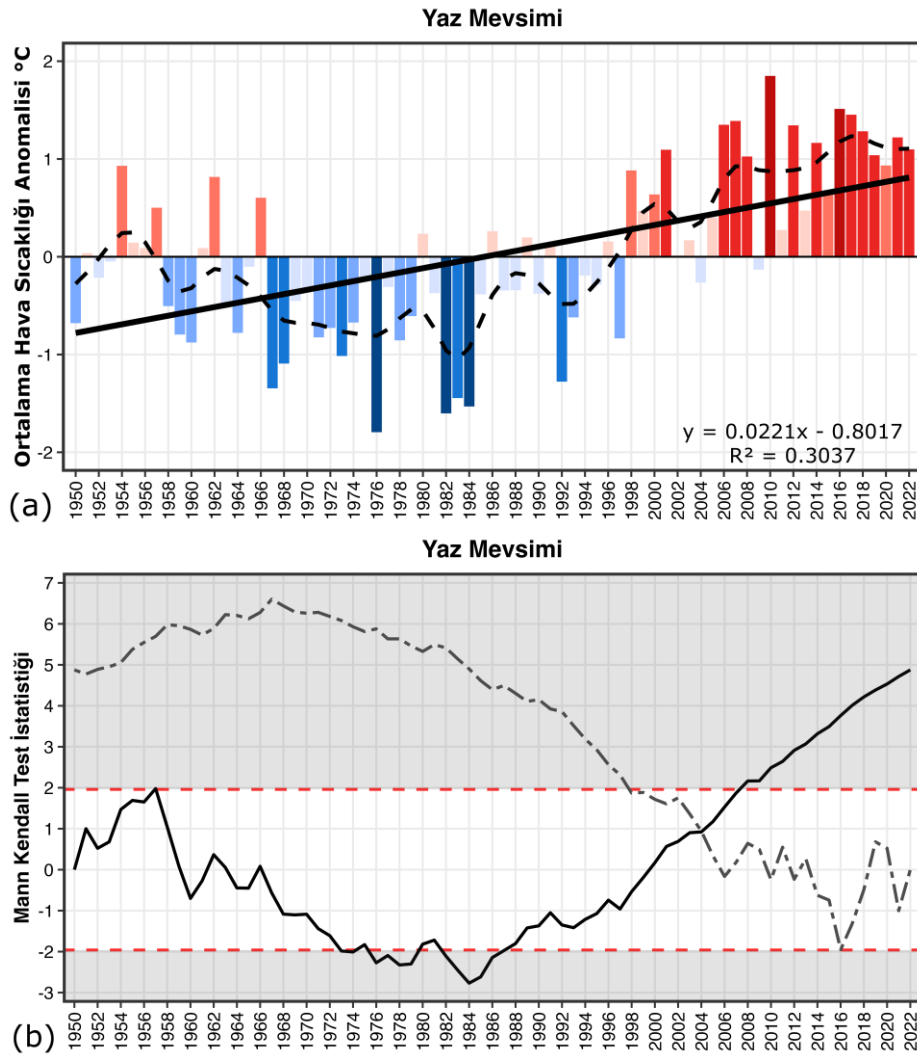
İlkbahar mevsiminde aylık ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, Mart ayında basit doğrusal trende (Sen’in eğim değerine) göre 0.05 (0.05) ve Mayıs ayında 0.01 (0.05) düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bir artış eğilimi vardır. İlkbahar mevsiminde en güçlü sıcaklık artışı Mart ayına aittir. Mart ayı ortalama hava sıcaklıkları 1950-2022 döneminde her on yıl için 0.24°C (0.23°C) artış göstermiş, özellikle 2001 yılından itibaren bu eğilim daha belirgin bir duruma gelmiştir. 2001 yılı Mart ayı referans dönemine göre 4.8°C pozitif anomali göstererek son 73 yılın en sıcak Mart ayı olmuştur. Türkiye’de Nisan ayında aylık ortalama hava sıcaklıkları 1950-2022 döneminde her on yıl için 0.16°C (0.14°C) artış göstermiştir. Bu ayda 2008 yılı itibari ile ısınma eğilimi kuvvetlenmiştir. İlkbahar mevsiminde ısınma eğiliminin gözlemlendiği bir diğer ay Mayıs’tır. 1950-2022 döneminde ortalama aylık hava sıcaklıklarının her on yıl için 0.17°C (0.17°C) artış gösterdiği Mayıs ayında, son 73 yılda en yüksek değerler 2003 yılı sonrası görülmüştür. Mayıs ayında 2021, 2007 ve 2013 yıllarında ise aylık ortalama hava sıcaklıkları 16°C’nin üzerine çıkmıştır. 2021 yılı Mayıs ayı, 16.9°C ile referans dönemine göre 3.05°C pozitif anomali değeri göstererek son 73 yıldaki en sıcak Mayıs ayı olmuştur (Şekil 3).

3.3 Yaz mevsimi ortalama hava sıcaklıklarındaki değişim ve eğilimler

Türkiye’de ortalama hava sıcaklıklarındaki en kuvvetli artış eğilimi yaz mevsimine aittir (Şekil 5a). Basit doğrusal trend analizinin (Sen’in eğim değerinin) sonuçları Türkiye’de yaz mevsiminde ortalama hava sıcaklıklarının 1950-2022 döneminde, istatistiki olarak 0.01 düzeyinde anlamlı olmak üzere her on yıl için 0.22°C (0.23°C) yükseldiğini göstermektedir (Tablo 1). Bu artış eğilimi, son 73 yılda Türkiye’de yaz mevsiminde ortalama hava sıcaklıklarının 1.61°C (1.68°C) arttığını göstermektedir.

Yıllık ortalama hava sıcaklıklarında olduğu gibi, yaz mevsimindeki ısınma eğilimi doğrusal olmayıp, üç dönem ayırt etmek mümkündür. Bunlardan 1950-1966 döneminde yaz mevsiminde ortalama hava sıcaklıkları genellikle referans dönemi ortalamasına göre zayıf bir pozitif anomali göstermiş, artma veya azalma yönünde bir eğilim gözlenmemiştir. 1967-1997 arasındaki 31 yıllık ikinci dönemde ise 5 yıl hariç değerler referans dönemine göre negatif anomali göstermiştir. Türkiye’de son 73 yılda yaz mevsiminde en düşük sıcaklık ortalamaları sırasıyla 1976, 1982 ve 1984 olmak üzere bu dönem içinde gözlenmiştir. Bunlardan 1976 yılı, “1976-1977 iklim kayması” olarak tanımlanan ekvatorial Pasifik’in orta ve doğusunda deniz yüzeyi sıcaklığının yükseldiği ve Pasifik Onyıllık Salınım indisinin 1951-75 dönemini kapsayan 25 yıllık ağırlıklı olarak negatif değerlerinden, 1977-2001 dönemi için ağırlıklı olarak pozitif değerlere kayma gösterdiği bir yıla karşılık gelmektedir (Trenberth ve Hurrell, 1994; Ding vd., 2013). 1982 ve 1984 yaz mevsimlerinde ortalama sıcaklıklardaki belirgin azalma tropikal kuşakta gerçekleşen bir volkanik püskürmenin iklim sistemi üzerindeki etkisi ile ilişkili gözükmektedir. Bu dönemde Meksika’daki El Chichón volkanının 29 Mart, 3-4 Nisan 1982 tarihindeki püskürmesi, püskürmeyi izleyen 36 ay boyunca Türkiye üzerinde özellikle yaz mevsiminde aylık ortalama maksimum sıcaklık değerlerinde önemli azalmalara yol açmıştır (Erlat ve Türkeş, 2019). Nitekim Türkiye’de 1982, 1983 ve 1984 yaz mevsimi ortalama hava sıcaklığı değerleri de kuvvetli negatif sıcaklık anomalileri ile karakterize olmaktadır.

Öte yandan, Türkiye’de ortalama hava sıcaklıkları 1998 yılından itibaren kuvvetli artış eğimi göstermiş olup, 2010 yılından sonra kesintisiz pozitif anomali değerleri gözlenmiştir. M-K sınamasının ardışık çözümlenmesine göre en önemli değişiklik 2004 yılıdır (Şekil 5b). Son 73 yılda en yüksek ortalama değerler sırasıyla 2010, 2016 ve 2017 yılları olmak üzere bu döneme aittir. Türkiye’de en yüksek yaz sıcaklıklarının gözlemlendiği 2010 yılı, merkezi Rusya olmak üzere Türkiye’yi de içine alan mega sıcak hava dalgası ile açıklanabilir (Barriopedro vd., 2011). Ayrıca 2010 yılı 1950-2018 yılları arasında kapsayan dönemde Türkiye’de en yüksek sıcak hava dalgası sayısı, frekansı ve süresine sahip yıldır. Türkiye ortalamasına göre 2010 yılı yaz mevsiminde ilk kez sıcak hava dalgalarının sayısı 6’ya, sıcak hava dalgasının etkili olduğu gün sayısı (frekansı) 25 güne ve kesintisiz sıcak hava dalgasının etkili olduğu gün sayısı yaklaşık 10 güne yükselmiştir. Benzer şekilde 2017 yılı Türkiye’de 24 gün ile en yüksek sıcak hava dalgası frekansına sahip ikinci yıl olarak kayıtlara geçmiştir (Erlat vd., 2021).



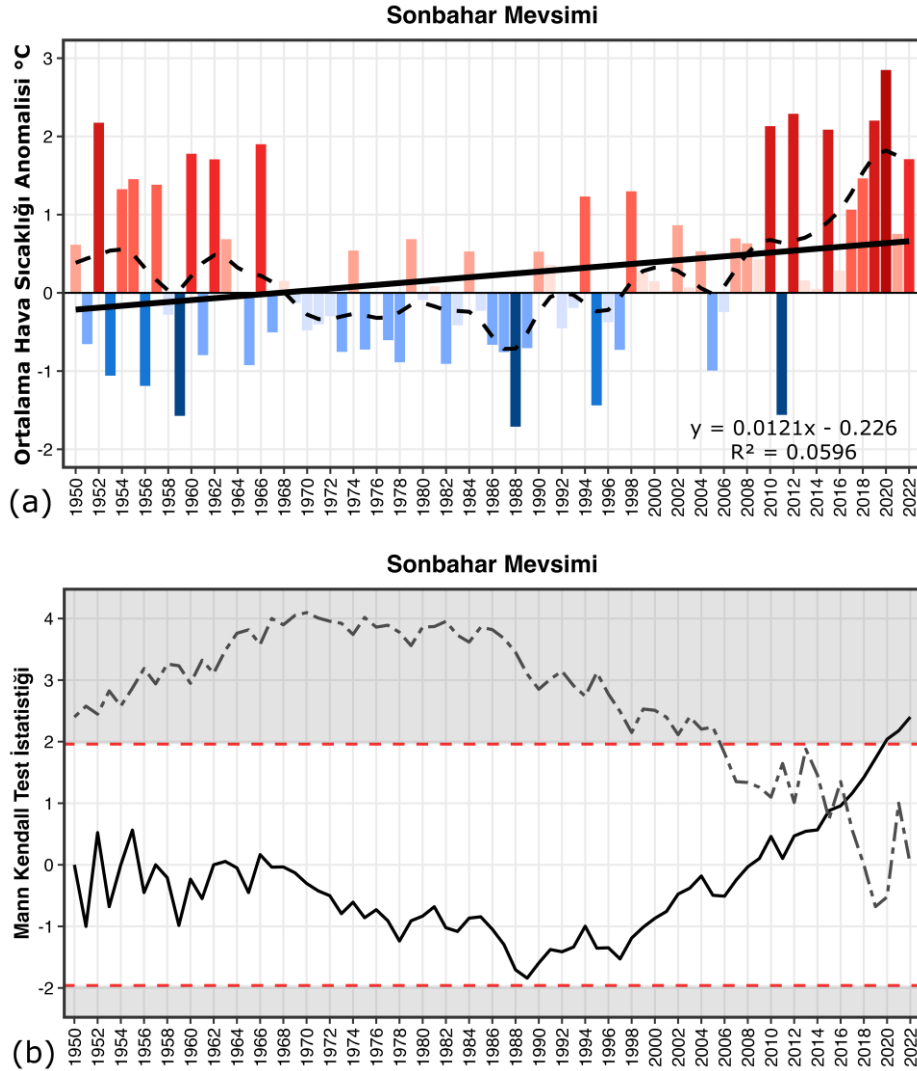
Şekil 5: Şekil 2 ile aynı ancak yaz mevsimi için
Figure 5: Same as Figure 2 but for summer

Yaz mevsiminde en belirgin sıcaklık artışı Haziran ayına aittir. Aylık ortalama hava sıcaklıklarının 1950-2022 döneminde her on yıl için 0.21°C arttığı bu ayda özellikle 2000’li yılların ortalarından itibaren sıcaklıklarda çok belirgin bir artış gözlenmiştir. Son 73 yılda en sıcak Haziran ayı 20.8°C ile 2019 yılına aittir (Şekil 3). Yaz mevsiminde ısınma eğiliminin kuvvetli olduğu bir diğer ay Temmuz’dur. 1950-2022 döneminde her on yıl için 0.22°C artış gösterdiği Temmuz ayında, en yüksek aylık ortalama sıcaklıklar 2010 sonrasında aittir. Referans dönemine göre 21.9°C olan değerler 2010 yılından sonraki 13 yıl boyunca kesintisiz pozitif anomali göstermiştir. Rasat süresi içindeki en yüksek Temmuz ayı ortalama sıcaklık değeri 24.2°C ile 2000 yılına aittir. Nitekim 2000 yılı Temmuz ayında 500 hPa standart basınç düzeyinde Rusya ve Anadolu’nun doğusunda antisiklonik anomali dolaşım deseninin egemen olması ve buna bağlı olarak Türkiye üzerine doğru hareket eden sıcak/nemli hava kütlesi birçok istasyonda hava sıcaklıklarının 40°C ’nin üzerine çıkmasına, 39 istasyonda rekor yüksek sıcaklık değerinin ölçülmesine yol açmıştır (Erlat ve Türkeş, 2015). Türkiye ortalamasına göre Ağustos ayında son 73 yılda sıcaklıklar her on yıl için 0.23°C artış göstermiştir. Ağustos ayındaki ısınma eğilimi 1980’li yılların ortalarından itibaren belirginleşmiş, incelenen dönem içinde en yüksek değere 25.0°C ile 2010 yılında ulaşılmıştır. Türkiye’de hem yaz mevsiminin hem de Ağustos referans dönemi ortalamasına göre en yüksek değerlere sahip 2010 yılı, merkezi Rusya olan mega sıcak hava dalgası ile karakterize olmaktadır. Türkiye’de 2010 sıcak hava dalgası, rekor sıcaklık değerlerinden çok, sıcak hava dalgasının etkili olduğu gün sayısının

uzunluğu ile dikkat çekmektedir. Sıcak hava dalgasının etkili olduğu dönemde Türkiye’de 88 istasyonun 29’unda sıcak hava dalgası frekansı en yüksek değere ulaşmıştır (Erlat vd., 2021).

3.4 Sonbahar mevsimi ortalama hava sıcaklıklarındaki değişim ve eğilimler

Türkiye’de sonbahar mevsiminde ortalama hava sıcaklıkları 1950-2022 döneminde istatistiki olarak 0.05 anlamlılık düzeyinde olmak üzere basit doğrusal trend analizine (Sen’in eğim değerine) göre her on yıl için 0.12°C (0.15°C) artma eğilimi göstermiştir. Bu artış eğilimine göre, sonbahar mevsiminde Türkiye’de ortalama hava sıcaklıkları son 73 yılda 0.88°C (1.10°C) artmıştır (Tablo 1). Sonbaharda ortalama hava sıcaklıklarının 1950-1966 döneminde yıllar arası değişkenliği yüksek iken, 1967-1997 döneminde genellikle referans dönemi ortalamasının altında kalmıştır. 1998 sonrası sonbahar mevsiminde ortalama hava sıcaklıklarındaki artış eğilimi daha belirgin hale gelmiş ve en yüksek değere 2020 yılında ulaşmıştır (Şekil 6a).



Şekil 6: Şekil 2 ile aynı ancak sonbahar mevsimi için.

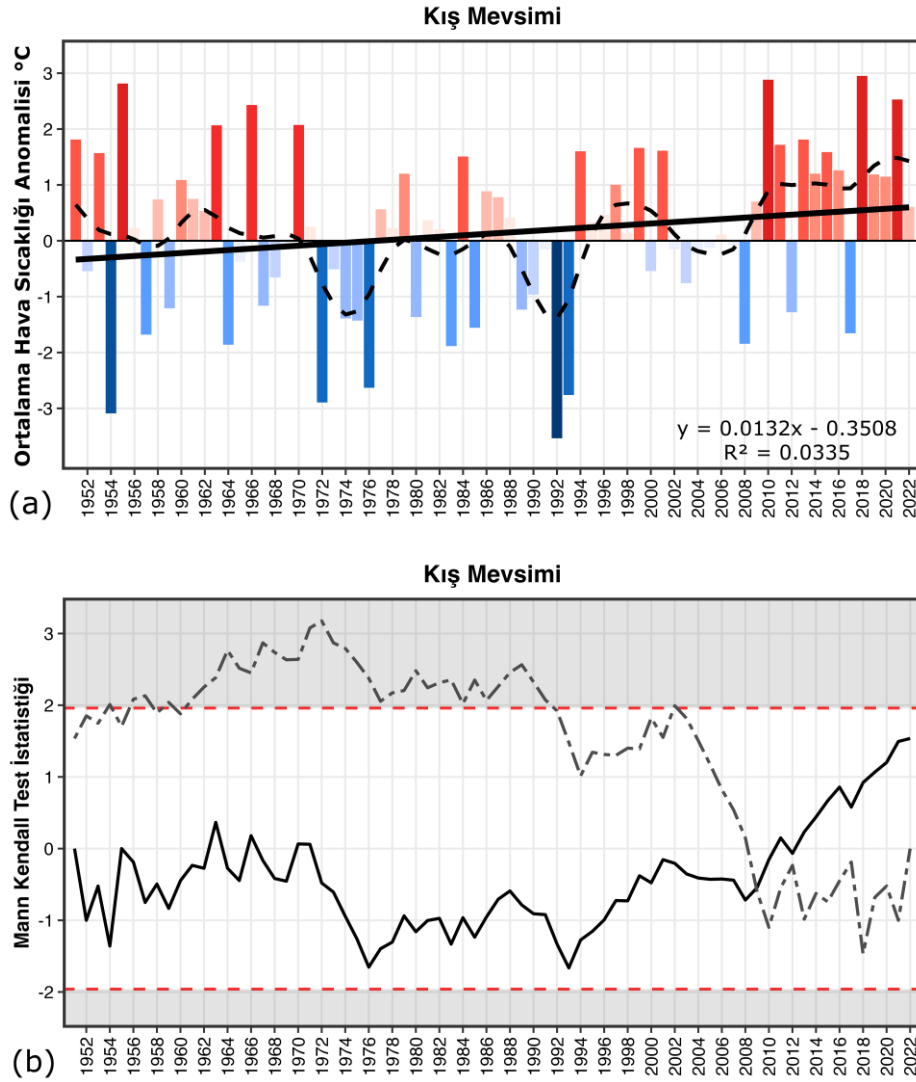
Figure 6: Same as Figure 2 but for Autumn.

Sonbahar mevsiminde aylık ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, son 73 yılda Eylül ayı istatistiki olarak 0.05 anlamlılık düzeyinde, Ekim ve Kasım aylarında istatistiki olarak anlamlı olmayan bir artış eğilimi görülür. Eylül ayında 1950-1961 döneminde azalma eğilimi gösteren aylık ortalama hava sıcaklıkları, 1962-2009 döneminde genellikle referans dönemi ortalaması olan 18°C’ye yakın değerler almıştır. 2010 yılından itibaren sıcaklıklarda belirgin bir artış eğilimi görülmekte ve 2015, 2017 ve 2020 yıllarına olduğu gibi aylık ortalama değerler 21°C’nin üzerine çıkmaktadır. M-K sınavasının ardışık çözümlemesine göre en önemli

değişiklik 2015 yılıdır (Şekil 6b). Türkiye’de son 73 yılda en sıcak Eylül ayı olarak kaydedilen 2020 yılı (Şekil 3), aynı zamanda referans dönemine (1981-2010) kıyasla 0.63°C pozitif anomali değeri ile küresel ölçekte de en sıcak Eylül olarak tarihe geçmiştir. Özellikle 2020 yılı Eylül ayı Türkiye, İsrail ve Ürdün’de yeni yüksek sıcaklık rekorları kırılmıştır (Kopernik İklim Değişikliği Servisi, 2020). Türkiye’de Ekim ayında aylık ortalama sıcaklıklar son 73 yılda düzenli bir artış eğilimi göstermiştir. En yüksek değere 16.3°C ile 2020 yılında ulaşılmıştır. Kasım ayında aylık ortalama sıcaklıklar istatistiki olarak anlamlı olmayan bir artış eğilimi göstermiştir. En yüksek değer 9.6°C ile 1962 yılına aittir.

3.5 Kış mevsimi ortalama hava sıcaklıklarındaki değişim ve eğilimler

Türkiye’de tüm mevsimler içerisinde ortalama hava sıcaklıklarındaki en zayıf artış eğiliminin yanında bu artış eğiliminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tek mevsim kış mevsimidir. 1951-2022 döneminde kış mevsiminde ortalama hava sıcaklıkları basit doğrusal trend analizi (Sen’in eğim değeri) sonuçlarına göre her on yılda 0.12°C (0.14°C) artış göstermektedir (Tablo 1). Bu artış eğilimine göre son 72 yılda kış mevsiminde Türkiye’de ortalama hava sıcaklıkları 0.86°C (1.01°C) yükselmiştir. Kış mevsimi ortalama hava sıcaklıkları genel olarak, yıllık ortalama hava sıcaklıklarında zamansal olarak gözlenen değişim ve eğilimler ile benzer özellikler göstermektedir. Kış mevsimi ortalama hava sıcaklıklarındaki artış eğilimi doğrusal olmayıp üç ana dönem ile karakterize edilen bir dalgalanma göstermektedir (Şekil 7a).



Şekil 7: Şekil 2 ile aynı ancak kış mevsimi için.

Figure 7: Same as Figure 2 but for winter

1951-1970 yılları arasında kış mevsiminde ortalama hava sıcaklıkları referans dönemi ortalamasına göre -0.2°C ile negatif anomali göstermiştir. Kış mevsiminde bu dönemde değişkenlik oldukça yüksektir, referans dönemine göre kuvvetli pozitif ve kuvvetli negatif anomali gösteren yıllar birbirini takip etmiştir. 1971-1993 döneminde zayıf pozitif anomali gösteren birkaç yıl dışında, ortalama hava sıcaklıkları referans dönemi ortalamasının altında kalmış ve 23 yıldan oluşan bu dönemde ortalama hava sıcaklıkları zayıf bir azalma eğilimi göstermiştir. Kış mevsiminde ortalama hava sıcaklıklarının referans dönemine göre en kuvvetli negatif anomali gösterdiği yıllar bu döneme karşılık gelmektedir. Bunlar sırasıyla 1992, 1954 ve 1972 yıllarıdır. 2 Nisan – 2 Eylül 1991 tarihinde Filipinler’deki Pinatubo volkanının püskürmesinin oluşturduğu etki ile Arktik Salınım İndisi’nin kuvvetli pozitif evrede olması, Türkiye’de 1992 ve 1993 kış mevsimi ortalama hava sıcaklıklarında önemli azalmalara yol açmıştır (Erlat ve Türkeş, 2019). 1994 yılı itibarı ile Türkiye’de kış mevsimi ortalama hava sıcaklıklarında belirgin bir artış eğilimi gözlenmektedir. 2002-2008 yılları arası referans dönemi ortalamasına göre oldukça zayıf negatif anomali gösteren 7 yıldan sonra, 2009-2022 döneminde negatif anomali gösteren iki yıl dışında ortalama hava sıcaklıkları referans dönemi ortalamasına göre oldukça güçlü pozitif anomali göstermiştir. Nitekim M-K sınamasının ardışık çözümlenmesine göre en önemli değişiklik 2009 yılında gerçekleşmiştir (Şekil 7b). En sıcak kış mevsimi ortalama hava sıcaklıklarına bu dönem içerisinde rastlanılmaktadır. 2010 yılı kış mevsimi, referans dönemi ortalamasına göre 2.88°C , 2018 yılı ise 2.95°C pozitif anomali ile en sıcak kış mevsimi olmuştur (Şekil 7a).

Kış mevsiminde aylık ortalama hava sıcaklıkları incelendiğinde, tüm aylarda istatistiki olarak anlamlı olmayan bir artış eğilimi bulunmaktadır. 1950-2022 döneminde Aralık ayında ortalama hava sıcaklıkları her on yıl için 0.13°C (0.11°C) artış göstermiştir (Tablo 1). Son 73 yılda en sıcak Aralık ayı 4.5°C ile 2010 yılında aittir. 1951-2022 döneminde Ocak ayı ortalama hava sıcaklıkları her on yıl için 0.15°C (0.11°C) artış göstermiştir. 1972-1983 ile 1999-1993 dönemlerindeki güçlü negatif anomaliler ile ayrılmış soğuk dönemleri dışında 1993 sonrası herhangi bir belirgin bir ısınma veya soğuma eğilimi göstermemiştir. Şubat ayı kış mevsimi içerisindeki en güçlü ısınma eğilimine sahip ay olarak ortalama hava sıcaklıkları 1951-2022 her on yılda 0.23°C (0.22°C) artış göstermiştir. 1951-1993 döneminde belirgin ısınma veya soğuma eğilimi gözlenmeyen bu ayda 1994-2022 döneminde belirgin bir ısınma eğilimi gözlenmektedir. 29 yıllık bu dönemde 5 yıl dışındaki tüm yıllarda ortalama hava sıcaklıkları referans döneminin üzerinde kalmıştır (Şekil 3).

4. SONUÇ

Bu çalışmada 8053 grid hücrenin verisi kullanılarak 1950-2022 döneminde Türkiye’de yıllık ortalama hava sıcaklıklarının zamansal değişimi incelenmiştir. Sonuçlar son 73 yıllık dönemde sıcaklıkların her on yıl için 0.20°C olmak üzere küresel ortalamanın neredeyse 3 katına yakın bir ısınma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Türkiye’nin içinde yer aldığı Akdeniz Havzası’ndaki yıllık ortalama hava sıcaklıkları, Sanayi Devrimi’nden (1861-1890) bu yana yaklaşık 1.5°C artmıştır (Akdeniz İklim ve Çevre Değişikliği Uzmanları, 2020). Bu durum yapılan çok sayıda çalışmanın sonuçları ile uyumlu olarak, Türkiye’nin dünyada en hızlı ısınan alanlardan biri olduğunu göstermektedir (Guiot and Cramer 2016; Lionello ve Scarascia, 2018).

Türkiye’de yıllık ortalama hava sıcaklıkları iklim sistemindeki doğal nedenlere bağlı olarak doğrusal bir yükselme eğilimi göstermemiştir. Referans dönemi ortalaması esas alındığında, son 73 yıl içerisinde yıllık ortalama hava sıcaklıkları için 1950-1966, 1967-1993 ve 1994-2022 olmak üzere üç dönem ayırt edilebilir. İlk dönemde Türkiye’de yıllık ortalama hava sıcaklıklarında değişkenlik yüksektir ve negatif ve pozitif anomali gösteren yıllar birbirini izlemiştir. 1967-1993 yılları arasına karşılık gelen dönemde ise sıcaklıklar referans dönemine göre negatif anomali göstermiştir. Bu duraksama döneminin oluşumu, küresel ölçekte hava sıcaklıklarını etkileyen 1982 yılında El Chichón ve 1991 yılında Pinatubo olmak üzere iki kuvvetli volkanik püskürmenin oluşturduğu soğuma etkisinin yanı sıra Atlantik Çokyıllık Salınımı’nın negatif evresi ve 20. yüzyılın ortalarında antropojenik olarak salınan aerosollerin soğutucu etkisi ile açıklanabilir (Mariotti vd., 2012; Maher vd., 2014; Stolpe vd., 2021). Türkiye’de son 73 yılda yıllık ortalama sıcaklıklarda en düşük değer 20. yüzyılın en şiddetli volkanik püskürmesi olarak kayıtlara geçen 1991 yılındaki Pinatubo volkanının püskürmesini izleyen 1992 yılına aittir. Nitekim Türkiye’de hem maksimum hem de minimum hava sıcaklıkları, kuvvetli volkanik püskürme tarihlerini izleyen 13. ve 14. aylarda en düşük değerini almakta ve hava

sıcaklıklarındaki negatif anomaliler püskürmeyi izleyen 36 ay boyunca etkisini sürdürmektedir (Erlat ve Türkeş, 2019). Türkiye’de ortalama hava sıcaklıkları 1994 yılından sonra hızlı bir artış eğilimi göstermiştir. 46 grid noktasına göre yapılan bir çalışmanın sonucu da Türkiye’de 1993 yılının ortalama hava sıcaklıklarında olası değişimin başladığı tarih olarak işaret edilmektedir (Hadi ve Tombul, 2018). 1994 yılından 2022 yılına kadar geçen son 29 yılda referans dönemine göre 6 yıl dışında tüm değerlerin pozitif anomali göstermesi bu durumu kanıtlamaktadır. Son 73 yılda ölçülen en yüksek yıllık ortalama sıcaklıklar 2011 yılı hariç, 2005 yılından sonraki döneme aittir. Nitekim 1950-2022 döneminde yıllık ortalama sıcaklıklarda en yüksek değerler sırasıyla 2010, 2018 ve 2020 yıllarında gözlenmiştir. M-K sınavasının ardışık çözümlenmesine göre en önemli değişiklik 2010 yılındadır. Bu durum 1990’lı yılların ilk yarısında başlayan ısınma eğiliminin 21. yüzyılın itibaren daha da kuvvetlendiğini kanıtlamaktadır.

Mevsimlik ortalamalar itibarıyla Türkiye’de ortalama hava sıcaklıklarındaki en kuvvetli artış eğilimi önceki çalışmaların sonuçları ile uyumlu olarak (örn. Türkeş vd., 2002; Demir vd., 2008) yaz mevsimine aittir. Bunu ilkbahar ve sonbahar mevsimi izlemektedir. Yaz mevsimindeki ortalama hava sıcaklıkları 1998 yılından itibaren kuvvetli artış eğilimi göstermiş olup, 2010 yılından sonra kesintisiz pozitif anomali değerleri göstermiştir. Bu mevsimdeki kuvvetli ısınma eğilimi Türkiye’nin daha sık ve daha uzun sıcak hava dalgalarına maruz kalması ile uyumludur (Erlat vd., 2021). Yaz mevsiminden sonra ortalama hava sıcaklıklarında en kuvvetli ısınma eğiliminin gözlendiği ilkbahar mevsiminde de hava sıcaklıkları 2000 yılı sonrası oldukça belirgin bir şekilde artış göstermiş ve oldukça zayıf negatif anomali gösteren beş yıl dışında hava sıcaklıkları referans dönemi ortalamasının üzerinde kalmıştır. Türkiye’de istatistiki olarak anlamlı ısınma eğilimi gösteren bir diğer mevsim sonbahardır. Bu mevsimde özellikle 2007 sonrası sıcaklıklarda belirgin bir artışın gerçekleştiği, son 73 yılda en yüksek mevsimlik ortalamaların ise 2010 yılından sonra gözlendiği görülmektedir.

Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklıktaki gözlenen eğilimler, 1950 yılından bu yana insan kaynaklı iklim değişikliğinin iklim sistemi üzerindeki etkilerinin önemli bir göstergesidir. Bu hızlı ısınma eğiliminden insan kaynaklı faaliyetler, özellikle hızla artan sera gazı emisyonları ve arazi kullanımındaki değişiklikler büyük ölçüde sorumludur. İklim değişikliğinin ciddi çevresel, ekonomik ve toplumsal etkilerini önlemek için, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ne (UNFCCC) imza atan tüm ülkeler, 2015 Paris Anlaşması’nda küresel sıcaklık artışını uzun vadede Sanayi Devrimi öncesi seviyesinin 2°C altında sınırlamayı hedeflemişlerdir. Ancak Avrupa ve Türkiye’nin de içinde bulunduğu Akdeniz havzasındaki kara alanlarında son on yılda yıllık ortalama sıcaklığın, Sanayi Devrimi öncesi döneme göre 1.94 ile 2.01°C daha yüksek olması, Paris Anlaşması ile uyumlu olabilecek maksimum 2°C’lik artış hedefinin ötesinde bir ısınmanın gerçekleştiğini göstermektedir. CMIP6 modelinden elde edilen projeksiyonlar da Avrupa ve Akdeniz havzasındaki kara alanlarındaki sıcaklıkların bu yüzyıl boyunca küresel ortalamadan daha yüksek bir oranda artmaya devam edeceğini göstermektedir. Avrupa’daki kara sıcaklıklarının SSP1-2.6 senaryosuna göre 1.2 ile 3.4°C ve SSP5-8.5 senaryosuna göre 4.1 ile 8.5°C artacağını öngörmektedir (2071-2100’e kadar, 1981-2010’a göre). En yüksek ısınma kuzeydoğu Avrupa, kuzey İskandinavya ile birlikte Akdeniz havzasında yer alan ülkelerde öngörülmektedir (Masson-Delmotte vd., 2021). Türkiye’nin de içinde yer aldığı Akdeniz havzasında ortalama hava sıcaklıklarındaki artış eğiliminin devam etmesi durumunda, sıcak ekstremler ve sıcak hava dalgalarının sıklığı, süresi ve etkilediği alan artarken, zamanlaması değişecektir. Türkiye’de hava sıcaklıklarında küresel ortalamaların da üzerinde gerçekleşen artış eğilimi, içinde bulunduğumuz bu yüzyılda su kaynakları, gıda güvenliği, karasal ve denizel ekosistemler, enerji kaynakları, güvenlik ve insan sağlığı üzerinde oluşturduğu olumsuz etkileri daha da şiddetlendirecektir. Bu nedenle Türkiye’de hava sıcaklıklarında gözlenen kuvvetli artış eğiliminin önüne geçmek için hızla insan kaynaklı iklim değişikliğinin ana sorumlusu olan fosil yakıtlardan vazgeçmesi gerekmektedir. Nitekim Türkiye’nin sera gazı emisyonu miktarı genel olarak artış eğilimi içerisinde. 27. İklim Zirvesi’nde (COP27), Türkiye sera gazı emisyonunu azaltmaya yönelik 2030 iklim hedefini, yüzde 41 oranında artıştan azaltım olarak açıklamıştır. Verilen hedef kapsamında emisyonlar 2038 yılından sonra azalmaya başlayacaktır (www.birbucukderece.com). Ancak Türkiye’nin sera gazı emisyonu azaltım taahhütleri ve yeni iklim hedefi yetersizdir. Bu nedenle Türkiye’nin iklim değişikliği ile mücadelesinde emisyon azaltma hedefini güncelleyerek daha kuvvetli sera gazı azaltımlarını içeren kararların alınması, özellikle yeni kömürlü termik santrallerin yapımından vazgeçilmesi ve elektrik üretiminde kömür kullanımını aşamalı

olarak sonlandırması bunun yerine elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını arttırması, enerji kullanımından kaynaklanan emisyonların azaltılması için enerji verimliliğini arttırması ve ormansızlaşmanın önüne geçilmesi gibi önlemleri hayata geçirmesi gerekmektedir.

Çıkar Çatışması / <i>Conflict of Interest</i>	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / <i>funding conditions</i>	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/ <i>Conception/Design of Study</i>	E. Erlat – H. Güler
Metodoloji/ <i>Methodology</i>	H. Güler - E. Erlat
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/ <i>Data Curation</i>	H. Güler
Analiz/ <i>Analysis and interpretation of data</i>	H. Güler - E. Erlat
Görselleştirme/ <i>Visualization</i>	H. Güler
Yazı taslağı/ <i>Writing - Original Draft</i>	E. Erlat – H. Güler
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/ <i>Writing - Review & Editing</i>	E. Erlat – H. Güler
Proje yönetimi/ <i>Project administration</i>	E. Erlat – H. Güler

REFERANSLAR

- Akdeniz İklim ve Çevre Değişikliği Uzmanları (2020) Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Editörler: Cramer, W., Guiot, J., Marini, K.] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, 632pp. ISBN: 978-2-9577416-0-1.
- Barriopedro, D., Fischer, E.M., Luterbacher, J., Trigo, R.M., García-Herrera, R (2011). The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332(6026): 220–224.
- Birbuçuk Derece (2023) Güvenli Geleceğimiz İçin Güçlü İklim Hedefi. <https://www.birbucukderece.com/sss>
- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M., Sümer, U.M. (2008). Türkiye’de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 69-84. TMMOB adına TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, 13-14 Mart 2008, Ankara.
- Ding, H., Greatbatch, R. J., Latif, M., Park, W., Gerdes, R. (2013). Hindcast of the 1976/77 and 1998/99 climate shifts in the Pacific. *Journal of Climate*, 26:7650-7661.
- Dünya Meteoroloji Örgütü (2022). <https://public.wmo.int/en/media/press-release/2021-one-of-seven-warmest-years-record-wmo-consolidated-data-shows>
- Erlat, E., Türkeş, M. (2015). Türkiye rekor maksimum ve minimum hava sıcaklıklarının frekanslarında 1950-2014 döneminde gözlenen değişimler ve atmosfer koşullarıyla bağlantıları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 24(2): 29-55.
- Erlat, E., Türkeş, M. (2019). Temperature responses of Turkey’s climate to the tropical volcanic eruptions over second half of the twentieth century. *Theoretical and Applied Climatology*, 137:2369–2379.
- Erlat, E., Türkeş, M., Aydın-Kandemir, F. (2021). Observed changes and trends in heatwave characteristics in Turkey since 1950. *Theoretical and Applied Climatology*, 145 (1): 137-157.
- Guiot, J., Cramer, W. (2016). Climate change: The 2015 Paris Agreement thresholds and Mediterranean basin ecosystems. *Science*, 354(6311): 465-468.
- Hadi S. J., Tombul M. (2018). Long-term spatiotemporal trend analysis of precipitation and temperature over Turkey. *Meteorological Applications*, 25: 445–455.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita M., De Chiara, G., Dahlgren, P., Dee, D., Diamantakis M., Dragani R., Flemming J., Forbes, R., Fuentes,

- M., Geer, A., Haimberger, L., Healy, S., Hogan, R. J., Hólm, E., Janisková M., Keeley S., Laloyaux, P., Lopez P., Lupu, C., Radnoti, G., de Rosnay, P., Rozum, I., Vamborg, F., Villaume, S., Thépaut, J.-N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146 (730):1999-2049.
- IPCC (2021) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Baskıda.
- Kopernik İklim Değişikliği Servisi (Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store) (2021). ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). 10.24381/cds.68d2bb30
- Kopernik İklim Değişikliği Servisi (2020). Surface air temperature for September 2020 <https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-september-2020>
- Lionello, P., Scarascia L. (2018). The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. *Regional Environmental Change*, 18:1481–1493.
- Loeb, N., Thorsen, T., Norris, J., Wang, H., Su, W. (2018). Changes in earth's energy budget during and after the "Pause" in global warming: An observational perspective. *Climate*, 6: 62.
- Maher, N., Gupta, A. S., England, M. H. (2014). Drivers of decadal hiatus periods in the 20th and 21st centuries. *Geophysical Research Letters*, 41(16), 5978-5986.
- Mariotti, A., Dell'Aquila, A. (2012). Decadal climate variability in the Mediterranean region: roles of large-scale forcings and regional processes. *Climate Dynamics*, 38: 1129–1145.
- Mariotti, A., Pan, Y., Zeng, N., Alessandri A. (2015). Long-term climate change in the Mediterranean region in the midst of decadal variability. *Climate Dynamics*, 44:1437–1456.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, Ö., Yu, R. and Zhou, B., eds., (2021), 'Summary for policymakers', in: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2022) 2021 Yılı İklim Değerlendirmesi İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Muñoz-Sabater, J., (2019). ERA5-Land monthly averaged data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS).
- Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H., Martens, B., Miralles, D. G., Piles, M., Rodríguez-Fernández, N. J., Zsoter, E., Buontempo, C., and Thépaut, J.-N. (2021). ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data*, 13(9), 4349-4383.
- Muñoz-Sabater, J., (2021). ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to 1980. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS).
- Öztürk, T., Turp, M.T., Türkeş, M., Kurnaz, M.L. (2018). Future projections of temperature and precipitation climatology for CORDEX-MENA domain using RegCM4.4. *Atmospheric Research*, 206: 87-107.
- Schulzweida, U. (2022). CDO User Guide (2.1.0). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7112925>
- Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389.
- Sneyers, R. (1990). On the Statistical Analysis of Series of Observations. WMO Technical Note 43, World Meteorological Organization, Geneva.
- Stolpe, M. B., Cowtan, K., Medhaug, I., Knutti, R. (2021). Pacific variability reconciles observed and modelled global mean temperature increase since 1950. *Climate Dynamics*, 56(1-2), 613-634.
- Tayanç, M., Karaca, M., Dalfes, H. N. (1998). March 1987 cyclone (blizzard) over the eastern Mediterranean and Balkan region associated with blocking. *Monthly Weather Review*, 126(11), 3036-3047.

- Tayanç, M., İm, U., Doğruel, M., Karaca, M. (2009). Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change*, 94(3-4): 483-502.
- Trenberth, K. E., Hurrell, J. W. (1994). Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Climate Dynamics*, 9, 303-319.
- Trenberth, K. E. (2015). Has there been a hiatus?. *Science*, 349(6249): 691-692.
- Türkeş, M. (1995). Türkiye’de yıllık ve mevsimlik yağış verilerindeki eğilimler ve dalgalanmalar. Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) Bilimsel Kongresi, 3-5 Mayıs 1995, Ankara.
- Türkeş, M., Sümer, U.M., Demir, İ. (2002). Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929–1999. *International Journal of Climatology*, 22: 947–977.
- Türkeş, M. (2013). Klimatolojik ve Hidrolojik Verilerin Türdeşlik ve İklimsel Değişkenlik Analizi. Yüksek Lisans Ders ve Kurs Notları (yayımlanmamış), Çanakkale.
- Türkeş, M., Yozgatlıgil, C., Batmaz, İ., İyigün, C., Koç, E. K., Fahmi, F. M., , Aslan, S. (2016). Has the climate been changing in Turkey? *Climate Research*, 70 (19): 77-93.
- Twardosz, R., Kossowska-Cezak, U. (2019). Thermal anomalies in the Mediterranean and in Asia Minor (1951-2010). *International Journal of Global Warming*, 18(3-4): 304-322.
- Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (2021). National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2020, <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202013>.
- Zittis, G., Hadjinicolaou, P., Klanguidou, M., Proestos Y., Lelieveld J. (2019). A multi-model, multi-scenario, and multi-domain analysis of regional climate projections for the Mediterranean. *Regional Environmental Change*, 19: 2621–2635.



DOMESTIC WATER QUALITY AND THE DISCRIMINATORY INFLUENCE OF SOCIO-ECONOMIC STRATIFICATION ON ACCESSIBILITY TO SAFE WATER IN A PART OF OSUN STATE, NIGERIA

Adebayo ELUDOYIN 

Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria
aeludoyin@gmail.com

Abstract

The status of the water supplied to households in an urban local government area in southwest Nigeria was examined. Specific objectives were to characterize household water sources, assess the per capita usage of potable water sources and examine the quality of the household water in the area. The purposively selected study area, Olorunda local government area in Osun State, Nigeria (being an urban local government area) was stratified into 'urban core' (central business district, CBD or high population density area), 'transition' (medium population density area but with less social infrastructure) and 'sub-urban' (typically government reserved area and low population density area) based on household density and associative socio-economic status. The methods were a mix of questionnaire administration to heads of 120 households (40 per stratum) and collection of the drinking water samples from the supply sources at four randomly selected households in each stratum. The water samples were analyzed for the concentrations of nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-), fluoride (F), lead (Pb), and arsenic (As) as well as *E. coli* bacteria contents based on their importance in determining water quality in urban areas. The results showed that domestic water sources are mainly hand dug well (55.8%), boreholes (37.5%), and pipe borne (6.7%). Residents averagely consumed at most 4L of water per day. Furthermore, the investigated chemical parameters varied as NO_2 (0.37-0.94 mg/l), NO_3 (0.29-0.70 mg/l), and F (0.003-0.97 mg/l). As and Pb occurred in trace quantities, and there were no pollution threats to consumers. The amount of *E. coli* and total coliform contents were however outside the safe limits for residents, suggesting contamination of household water by the bacteria sources. The study concluded communities with a low socio-economic status that do not have access to state-provided tap water sources are more likely to consume polluted water than those with high socioeconomic status or that are supplied with state-provided tap water. The study advocates improving urban water management for urban fringe dwellers.

Keywords: Water accessibility, Urban core, Urban Transition Zone, Household water supply, Urban water quality

1. INTRODUCTION

Sustainable water management is most often defined as the enablement to provide for the water demands of both the present time and the future time or adequate provision of water resources (see Eludoyin, 2016; Eludoyin & Olanrewaju, 2020). It is estimated that an individual would have an easy to a minimum of 20 to 50 liters of daily water for sustenance (Mulligan et al., 2020). Issues relating to water sustainability have been a major issue of concern that has received the attention of policymakers for many years (Sanstrom, 1997). Water resources were part of the focus of the Millennium Development Goals (Connor, 2015), and caused an increase of people with access to potable water by 11% (61%-71%) between 2005 and 2015; albeit with 785 million people without adequate basic potable water service (WHO/UNICEF, 2017). Consequently, Sustainable Development Goal 6 is targeted at achieving safe and affordable drinking water for all by 2030 (Bain et al., 2018). It is however unclear how many countries have performed with this goal, but a review of the activities in sub-Saharan Africa has revealed the need for more household interventions and evaluations (see Eludoyin & Olanrewaju, 2020; Eludoyin, 2020).

Household or domestic water refers to water that is used for various domestic purposes such as drinking, food preparation, and personal hygiene (Howard *et al.*, 2003). The main sources of household water supply include

rainfall harvesting, surface (lakes, streams/rivers, springs, and, reservoirs) as well as groundwater sources (machine-drilled boreholes and hand-dug wells), piped water supply, or water vendors. In terms of quality, the water sources are categorized as improved or protected (considered to be free from surface contamination) and unprotected sources (unprotected wells, unprotected springs, rivers) (World Health Organization, 2006). Access to a particular category of water source is often a factor of time, energy, and/ or financial investments (Ehinder, 2006; Eludoyin, 2020).

Many residents of both rural and urban areas in developing countries, including Nigeria lack adequate access to safe potable water. Poor water and sanitation often leave women and children in queues for several hours or are forced to travel long distances for water (Sule & Okeola, 2010). Consequently, many mothers are prevented from working because of the need to fetch water for the family (Ingold, 2010). In addition, water-borne diseases have caused a number of deaths among many communities in sub-Saharan Africa (Bos, 2016). Many urban settlements have developed without adequate consideration for wastewater management, and this has increased the vulnerability of groundwater resources to contamination (Oyeku & Eludoyin, 2010, de Joode et al., 2016). The UN-Water/ Africa (Mwanza, 2005) classifies the sub-Saharan African region as water-poor, indicating low accessibility to safe drinking water. In many countries in this region, pipe-borne water supply service is characterized by interrupted service; communities are either not provided with water or water is provided for a limited number of hours per day. According to Tatlock (2006), 64% of Africans rely on water that is limited and highly variable and roughly 25% of Africa's population suffers from water stress.

A typical community is characterized by segregated populations that are distinguished by varying common traits as explained by different models of urban settlement patterns; concentric, sectoral, and multiple-nuclei models (Burgess, 1925; Hoyt, 1939; Harris & Ullman, 1945). All the models recognize that the structuring and growth of residential neighbourhoods involve some levels of spatially bound and varying socio-economic and/or demographic discriminations. Consequently, Friedmann's core-periphery model, which is based on the differences between regions and development policy (Friedmann, 1966) is considered suitable for this study. The core-periphery model targets that the allocation of public resources ought to be optimum, balanced, and stable. The core-periphery model has been to explain how the core urban tends to attract government focus for the development of public utilities at the expense of the periphery (outskirts) and transitional region (see Omodanisi et al., 2013; Adekola, 2016). The study area is a typical community in southwest Nigeria, where concerns have increased about the impact of urbanization on water supply and use; information on the spatial distribution of water sources is required to plan for efficient and quality water, hence this study. Specific objectives are to characterize potable water sources in the area, assess the per capita usage of potable water sources; and examine selected chemical and microbiological parameters of water samples in the study area.

2. STUDY AREA

The study area is, Olorunda, one of the 137 local government areas, in southwestern Nigeria is in the heart of Osogbo, the administrative capital city of Osun State, Nigeria (Figure 1). A local government area is a unit of governance that is composed of a number of political government areas in a unit of governance in Nigeria. The human population in the area as of 1991 was 83, 347, and by 2006, it became 131,761 by 2006 (NPC, 2006), estimated at 181, 300 in 2016 and predicted as about 329, 917 in 2050; if the population growth rate would be the same based on the annual growth rate of 3% per year.

Based on Koppen – Geiger classification, the study area lies within the tropical climate (A_w) region. It has a tropical dry and wet climate. The wet season starts in April and ends in early October, while the dry season spans between November and March. The months of December through January are characterized by a dry–cold dust harmattan wind from the Sahara Desert. The rainfall pattern has double peaks in June / July and September. The two peaks are separated by a period of a short dry span of August break. The highest rainfall usually occurs between June and July while the mean annual rainfall is about 1, 241 mm. The mean annual temperature is 26.1 °C and the relative humidity for the area is between 92% and 99% (Aguda and Adegboyega, 2013).

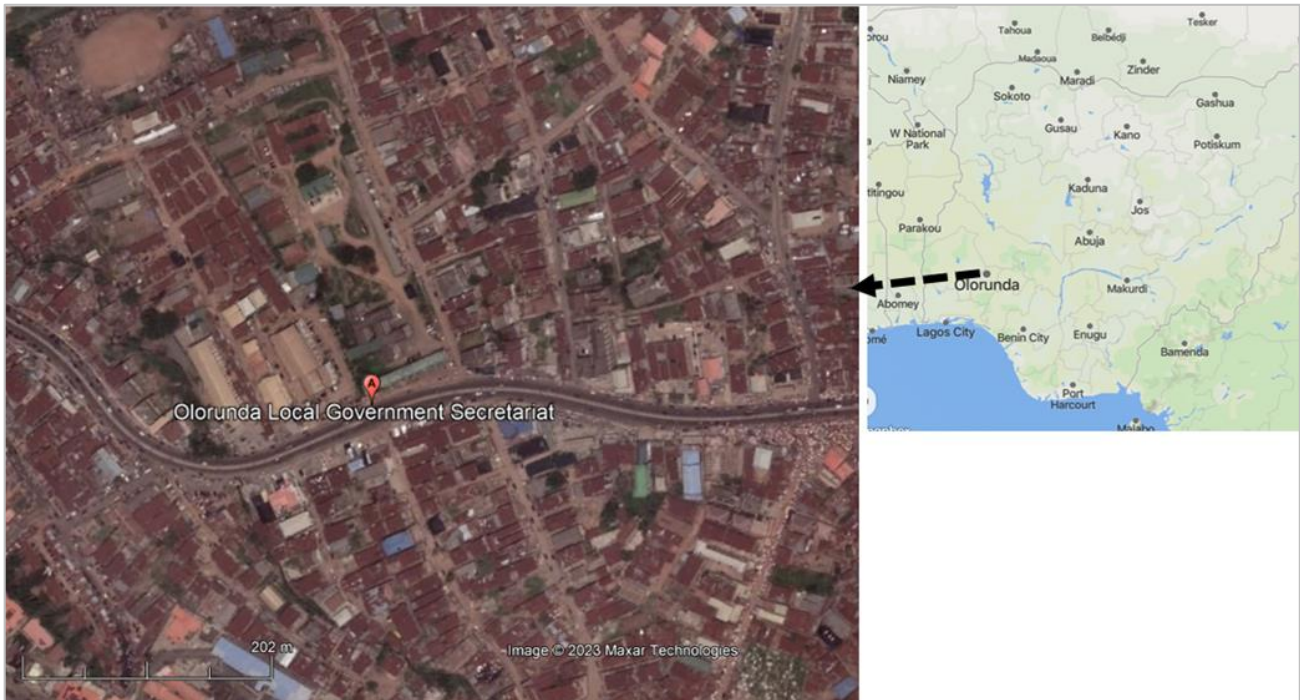


Figure 1- The study area, Olorunda Local Government Area, Osogbo in Southwest Nigeria

3. MATERIALS AND METHODS

3.1. Research design

The study area was first delineated into three homogeneous residential density zones using the concept of core-periphery into urban core (central business district, CBD or high population density area), transition (medium population density area but with less social infrastructure), and sub-urban (typically government reserved area and low population density area) for easier categorization density and associative socio-economic status. In the study area, the communities in the urban core were Sabo and Igbona while those in the transition were Ayekale and Ota-Efun. Sub-urban communities were Government Reserved Area (GRA) and Federal Housing. The core in the study area is predominantly occupied by the natives or indigenes and the buildings are close to one another. The buildings/houses which often followed the traditional courtyard system are also mostly connected by footpaths, and they mostly have basic infrastructure, including toilets, borehole, among others. The sub-urban on the other hand is characterized by well-defined layouts, and the buildings were mostly flats and duplexes with better facilities than the core. The transition residential zone is in-between, with more flats and communal ('Face-Me-I-face-you') bungalows and story-buildings, with easier road accessibilities (than either core or sub-urban) and better sanitation (than the core).

Grouped the study area into three major regions of core, transition, and suburban were respectively associated with high, medium, and low residential areas. Each of the regions was further divided into groups of lowland (< 250 m) and highland; (at lowest 250 m above sea level). One representative of each group of population density was then identified for the study. Twenty (20) households in each of the sub-area were randomly selected using a random sampling technique for questionnaire administration, making a total of 120 copies of the semi-structured questionnaire. Copies of a set of questionnaires were administered to purposively selected adults in charge of water supply to the selected households, on their sources of water. The sources were characterized in terms of types (protected hand-dug well, borehole, and piped water), and location (x, y, and z coordinates, which were determined by GPS). Furthermore, water samples were collected from two households in each of the sub-area; this made a total of 12 water samples.

3.2. Data

Data used for the study included

- on the status of the selected water sources in terms of location (how far are the sources sited from potential pollution sources such as latrines and septic tanks), level of protection (are the hand-dug wells protected), and some physical characteristics such as colour, taste and odour;
- characteristics of selected water sources (in terms of types; borehole, hand-dug well and pipe borne);
- socio-economic factors that affect accessibility and utilization of domestic water and;
- chemical and microbiological qualities of the water sources across the study area.

The data were obtained through field and laboratory work. The fieldwork involved data collection using in-depth interviews and laboratory data of water samples for selected chemical and microbiological properties. Water sources from each of the selected households were characterized in terms of types (hand dug well, borehole, pipe borne) whose location coordinated were recorded using a downloaded GPS software application. Water samples were collected from two accessible households, with the water source in their compounds and which gave access for their water samples to be obtained, in each of the sub-area (it is not all the households that have water sources in their compounds, and some disallowed sampling their water sources). In all, 12 water samples were obtained (Figure 2). Water samples were collected from the main sources of water used for household consumption. Each water sample was collected in a 1L polyethylene bottle (for both microbiological and chemical analyses); the bottles were rinsed well three times with distilled water and were allowed to dry. A label was attached to the samples indicating date, drinking water system, number, and location. The bottles were capped immediately after collecting the samples. Samples were transported in ice packs and coolers to Obafemi Awolowo University (OAU) Central Laboratory, Ile-Ife, Osun State.

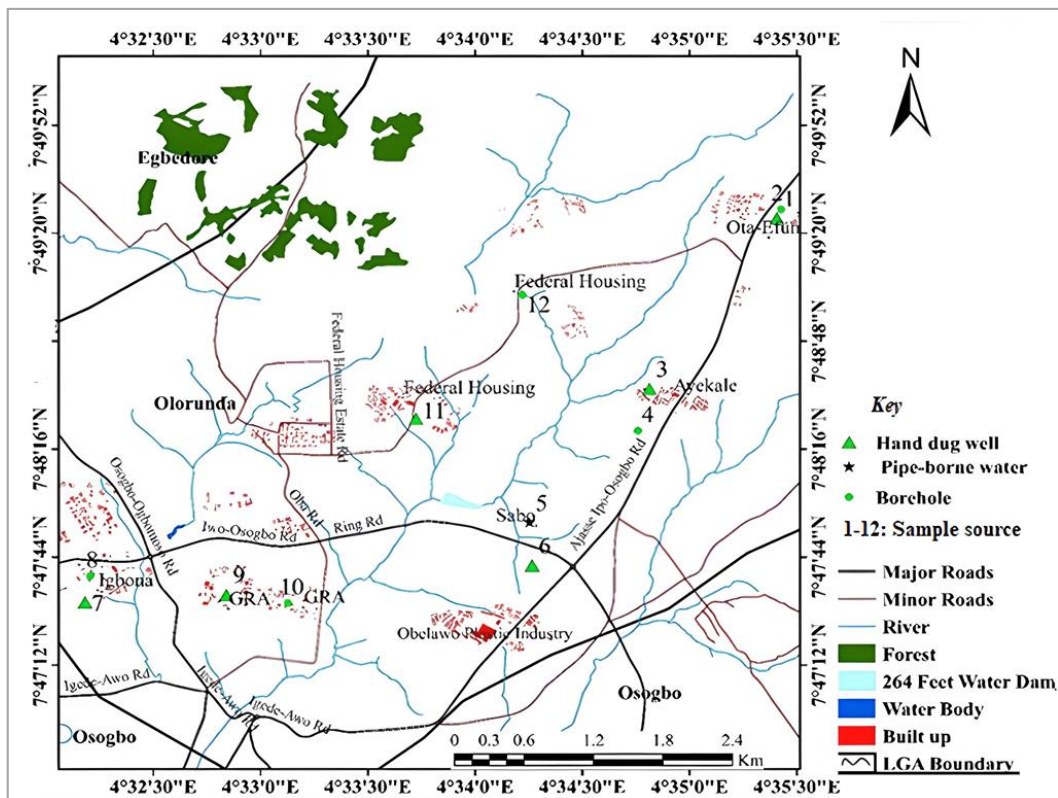


Figure 2- The study area, showing sampling locations in Olorunda local government area, Osun State, Nigeria

In addition, the questionnaire method was chosen and combined with a short interview with selected residents in the household where water samples were collected on topics ranging from sources of drinking water,

quantity and quality of water, distance covered and time taken to get water, availability of water throughout the year and utilization of water.

Water samples were analyzed for their chemical and microbiological constituents at the Central Laboratory and Microbiology Laboratory at the Obafemi Awolowo University, Ile-Ife. Concentrations of Pb and As were determined using Flame Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) technology (AA-650 model, Shimadzu Co. Ltd., Japan) while NO₃⁻ and NO₂⁻ were determined using Automated Cadmium Reduction method 4500 as described in APHA (1998). The concentration of F⁻ was determined using the Colorimetric method while the membrane filtration method was used for the estimation of total coliform counts (TC) and *Escherichia coli* (*E coli*) in the water samples.

4. RESULTS

4.1. Sources of domestic water

Hand-dug well, boreholes and pipe-borne supply are the main sources of domestic water sources in the study area. Boreholes dominated the households of the sub-urban while hand dug wells mostly served the households in other regions of core and transition. Households at the core, were also served with a public pipe-borne water supply (Figure 3). The distribution of the water sources however varies with the socio-economic status of the resident's average economic status in the residents' units. Figure 3 suggests that residents of GRA appear better served with borehole wells than others and are only followed by residents of the Federal Housing Estate of a distance over 20% difference. Figure 4 also indicates that even within the same economic level (based on income group) access to water differs. The least income (below #10,000 per month) earnings represented in Igbona although claimed that borehole source existed but used water from hand dug well because the borehole was not adequately accessible.

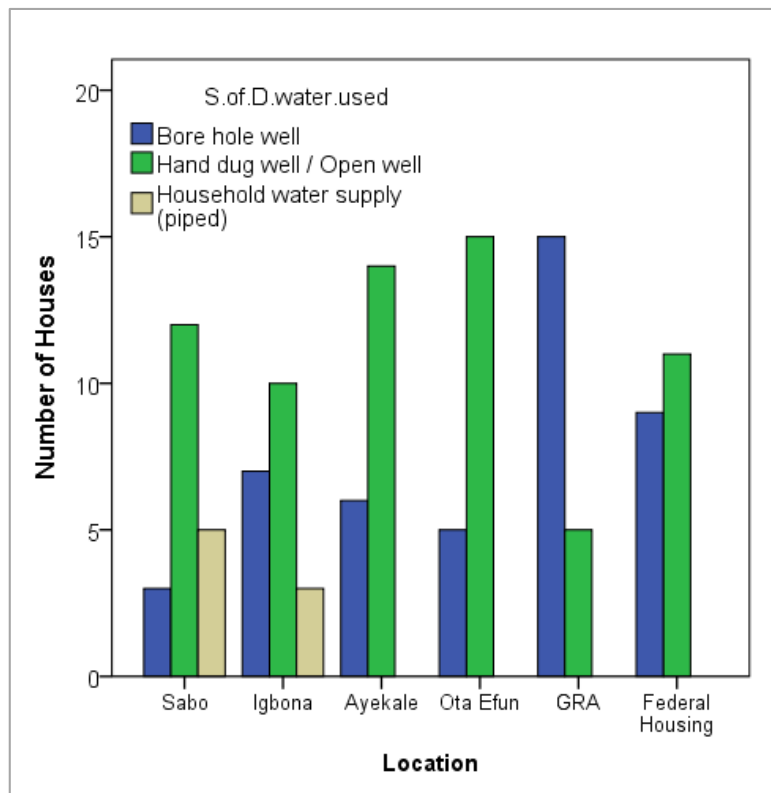


Figure 3- Distribution of sources of domestic water supplies at different households

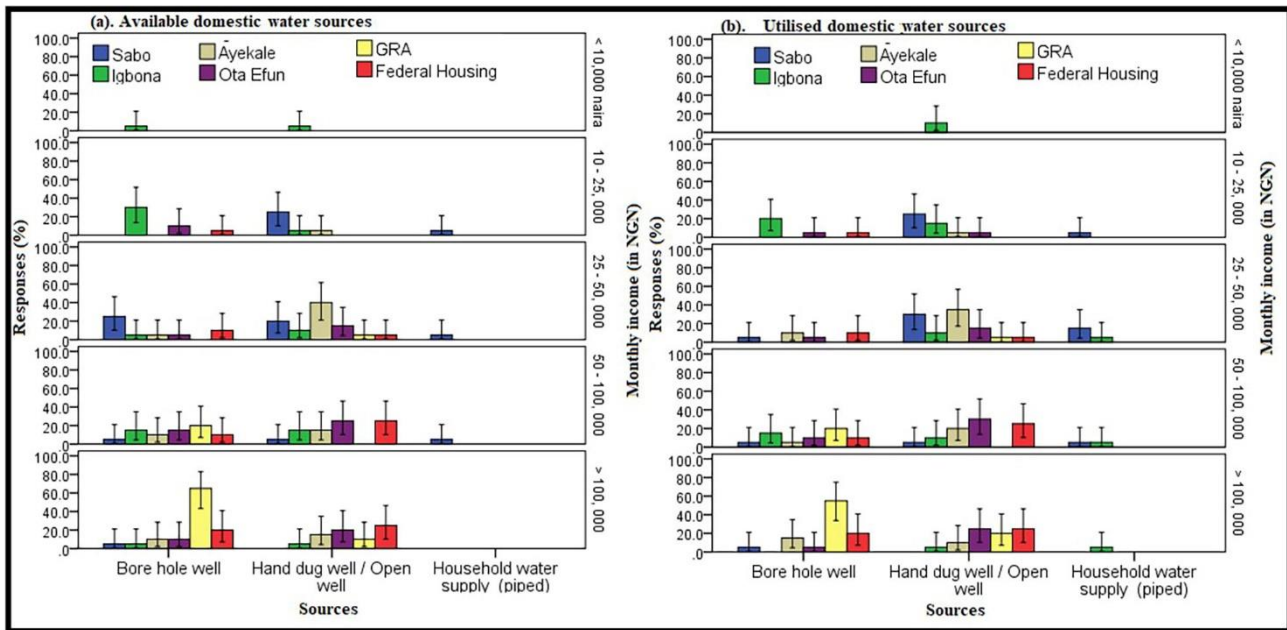


Figure 4- Available and utilized water sources for domestic purposes

In addition, only the core (Sabo and Igbona) residence had access to public pipe borne water supply as at the time of the study. Field investigation indicated that the hand dug wells at GRA and Federal Housing Estate were well designed by well-lining, head well, cover and concretized floor around them while those mostly around the core region were to a larger extent close to pollution sources (such as toilets and septic tanks) and in other cases were deficient by head wells and users made use of not-so-clean bucket that was attached to a rope as fetcher. The core region of the study area is served by pipe-borne water benefited from the Erinle Dam, and the storage facilities at Oke- Ayepe and Oke-Baale reinforced the water supply of the areas that use public pipe borne water supply as at the time of the study.

4.2. Per capita usage of domestic water

Analysis of the responses across the study area revealed that most residents consume 2-4 litres of water per day, except at Ayekale where a slight majority claimed to drink less than 2 litres per day (Figure 5). Factor analysis used indicated that accessibility was the principal factor of consideration, and then was followed by availability. The result of the scattered diagram revealed that both factors (accessibility and availability) clustered in relative isolation from other factors (Figure 6). Figure 6 also reveals that income was mostly correlated with consideration for taste, suggesting the importance of water accessibility and availability over the consideration for quality despite its importance.

Existing studies have shown that water may become an agent of disaster when it is not safe or secure as they exert implication for diseases and infections, yet its availability is essential for sustenance of life. The individual contribution of the selected variables is presented in Table 1. The variables in factors 1 and 2 that were used to plot the scattered diagram shown in Figure 6 explains a total of 36.6% of the total variance while the entire five factors explained 69.9%. This result suggests that about 21% of the explanatory variables have not been considered in this study. Consequently, further studies will be advocated at the end of this report to investigate the missing link. Consequently, the per capita usage of water in the study area can be interpreted to vary with accessibility and availability rather than income or consideration for any other factor in the variables considered. Also, none of the respondents claimed to pay for water.

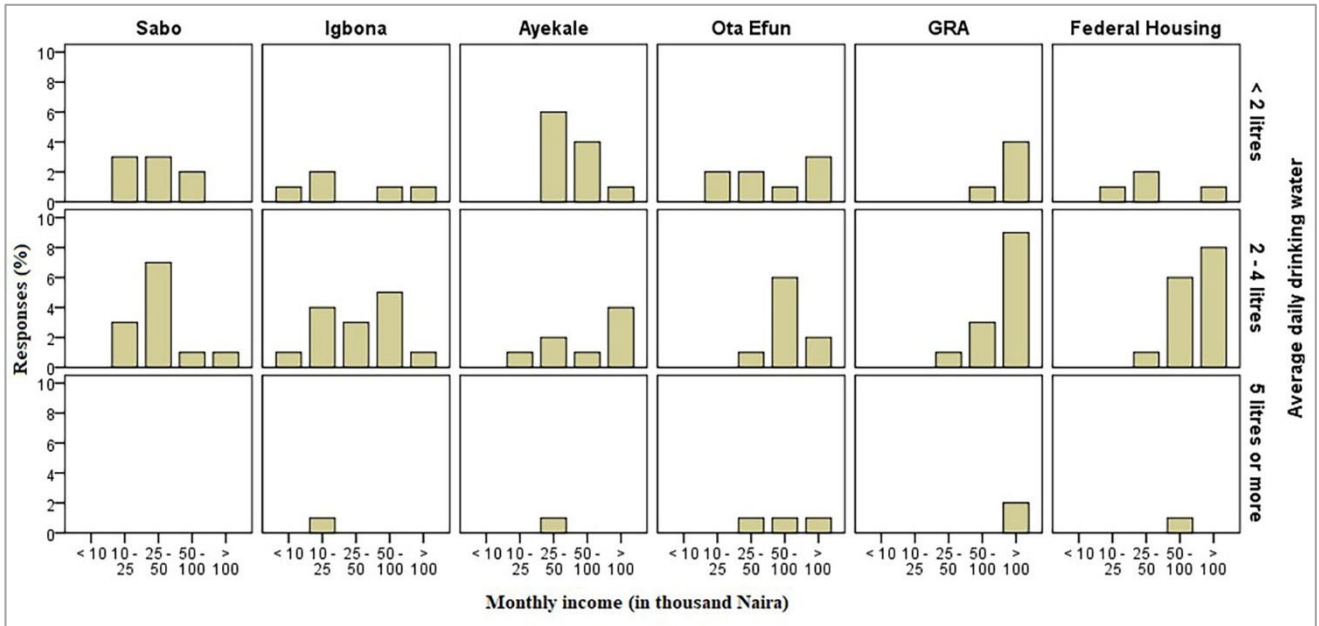


Figure 5- Drinking water demand at different locations and monthly income

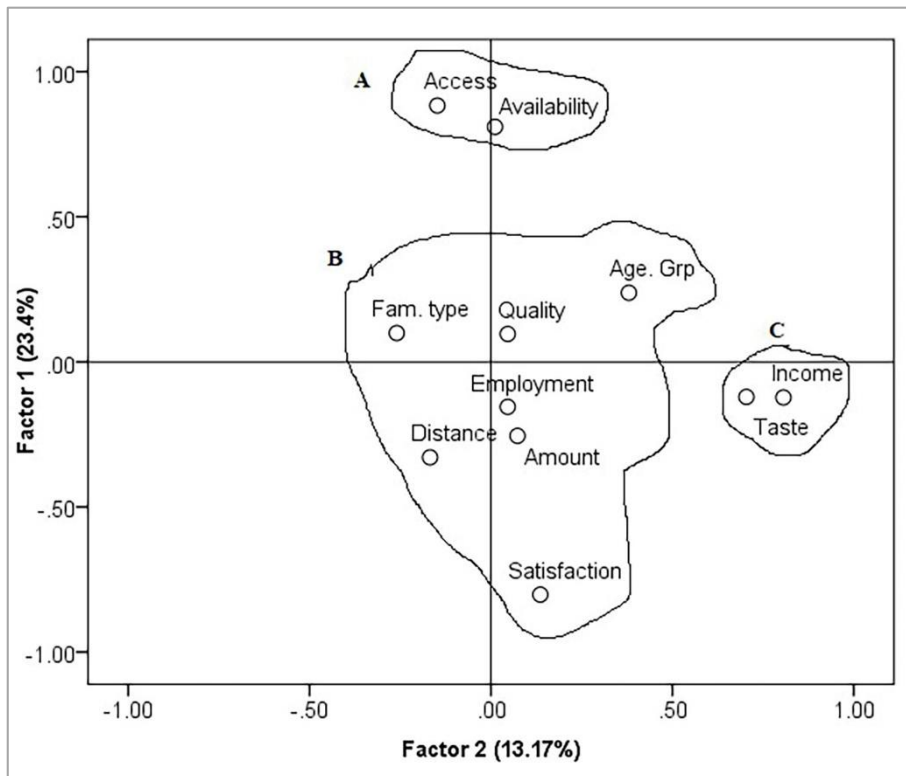


Figure 6- Factors influencing usage of and spending on potable water in the study area

Table 1- Result of rotated factors used for isolation of the explaining variables of water usage

S/N	Variable	Factor (variable explained is in parenthesis)				
		1 (23.4%)	2 (13.2%)	3 (12.1%)	4 (11.5%)	5 (9.8%)
1	Age group	0.238	0.38	0.253	0.718	-0.057
2	Family type	0.099	-0.26	-0.122	0.799	0.123
3	Number of employed members of household	-0.155	0.046	-0.276	0.282	0.779
4	Monthly income	-0.123	0.806	-0.059	0.081	-0.255
5	Water availability	0.81	0.011	0.033	0.061	-0.005
6	Distance from water source	-0.329	-0.168	0.714	0.151	-0.063
7	Adequacy of water quality	0.096	0.046	0.732	-0.061	0.02
8	Taste of water	-0.121	0.704	-0.036	-0.121	0.228
9	Level of satisfaction	-0.802	0.136	0.01	-0.078	-0.034
10	Access to water	0.883	-0.148	-0.1	0.126	0.011
11	Average daily consumption (litre)	-0.255	0.073	-0.372	0.188	-0.655

4.3 Assessment of domestic water quality

Results of the laboratory analysis of water samples from the paramount water sources in the study area are presented in Table 2. Table 2 shows the mean values obtained in all the water supply sources across the study area. The mean values obtained for nitrate from the water sources were lower than the World Health Organisation's (WHO/UNICEF, 2017) permissible limits for drinking water. Nitrates however were noted in low concentrations within the range of 0.37-0.94 0.40 mg/l water and fell within the WHO water quality target of 10 mg/l. This implies that analyzed samples contained a low level of oxidized organic matter. With regards to the extremely low values obtained for nitrate, the waters could be suitable for sundry purposes.

Table 2- Concentrations of selected chemical variables in the water sources

Selected Parameters	Borehole wells	Hand-dug wells	Pipe- borne water
Nitrite (mg/l)	0.62±0.9	0.72±0.22	0.40
Nitrate (mg/l)	0.49±0.6	0.52±0.99	0.41
Fluoride (mg/l)	0.36±0.1	0.21±0.18	0.27
Lead (mg/l)	ND	ND	ND
Arsenic (mg/l)	ND	ND	ND

Abbreviations: ND – Not Detected

Table 2 also shows that the water sources contain detectable nitrate but at values far below the 10 mg/L maximum allowable concentration by WHO.

Furthermore, concentrations of nitrate and nitrite were lowest in the pipe-water source and highest in hand-dug wells. In addition, the spatial distribution of the chemical constituents in the study area showed that most of the water sources were richer in nitrogen compounds than in fluoride (Figure 7). Excessive concentrations of nitrogen compounds are associated with water sources that are vulnerable to nitrogenous wastes from agricultural, commercial, and domestic wastes (Eludoyin *et al.*, 2004). Fluoride ion, on the other hand, is not as common in most environment as nitrogenous compounds (Chapman, 2021), and this probably accounted for their low availability in the study area. Nonetheless, the relatively higher concentration of fluoride in the sampled water at Ota-Efun requires further investigation. Table 3 indicates that *E coli* was present in the sampled hand-dug well at Ota Efun, making it to be a potential source of water-borne diseases, including diarrhea, and cholera, among others. Similarly, the assessment of the total coliform count (which according to the WHO standard criteria, is scaled < 1 = conformity, 1 – 10 = low risk, 1 – 100 = intermediate risk, and >100 = high risk; WHO/UNICEF, 2017) revealed that consuming the water sources possess intermediate – to – high risk to the residents.

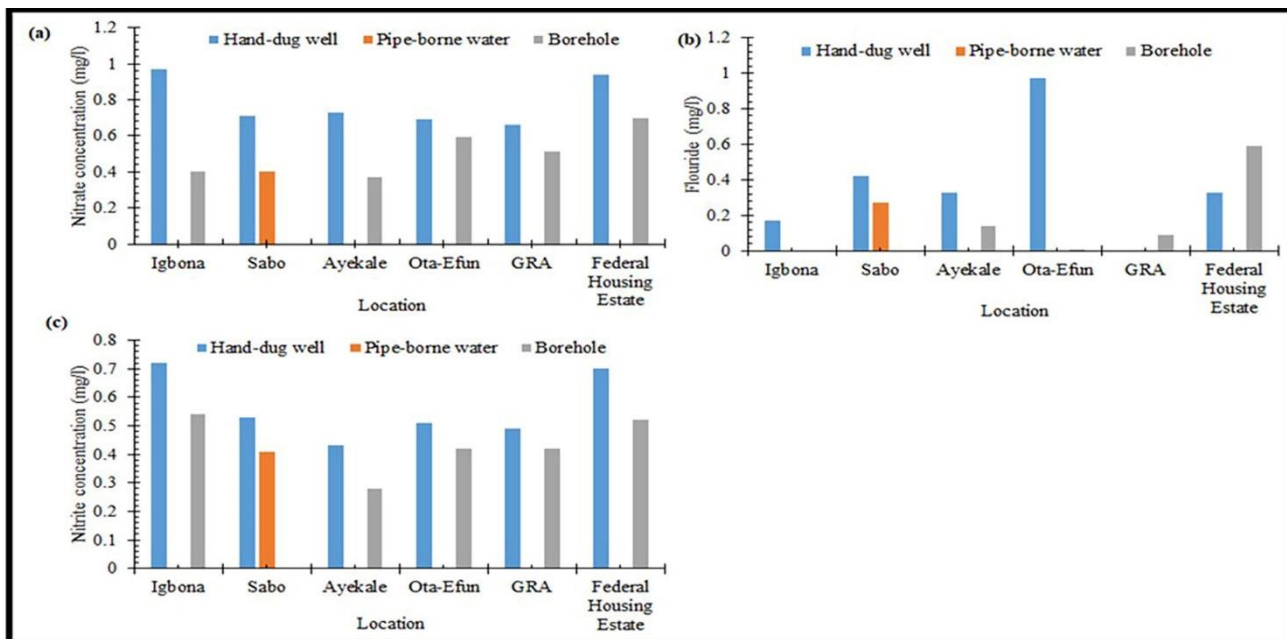


Figure 7- Concentrations of selected chemical variables (nitrate, nitrite, and fluoride) in drinking water sources across the study area

Table 3- Concentrations of the total coliform count and test for *E coli* in the water sources in the study area

Location	Water Source type	TCC (CFU/100ml)	<i>E -coli</i>
Igbona	borehole well	$>1.1 \times 10^3$	Absent
	hand dug well	1.1×10^3	Absent
Sabo	borehole well	1.1×10^2	Absent
	pipe borne	$>1.1 \times 10^2$	Absent
Ayekale	borehole well	75.0	Absent
	hand dug well	$>1.1 \times 10^3$	Absent
Ota Efun	borehole well	$>1.1 \times 10^3$	Absent
	hand dug well	$>1.1 \times 10^3$	Present
GRA	borehole well	4.6×10^2	Absent
	hand dug well	43.0	Absent
Federal Housing Estate	borehole well	$>1.1 \times 10^3$	Absent
	hand dug well	1.1×10^3	Absent

5. DISCUSSION

The study showed that an average of 55.8% of the residents in the area depend on hand-dug wells, a result that is similar to the report of Tearfund, Water Aid (2008) and WHO/UNICEF (2017); 37.5% and 6.7% respectively depended on boreholes and pipe-borne supply. This result probably suggests that no significant improvement may have occurred in water infrastructure in many parts of the country, inspired by the increasing population and urban growth. Studies also indicated that many residents of some of the communities also seek water from hand-dug wells which often are not covered (e.g., Olajuyigbe, 2010) while more privileged residents of the urban areas may rely more heavily on machine-drilled borehole wells, protected hand-dug wells and rainwater harvesting (Eludoyin et al., 2007; Eludoyin et al., 2021). In the study area, machine-drilled boreholes were mostly found in newer neighborhoods but more people still depend on hand-dug wells. The result of the study also showed that pipe-borne water supply should have been a better alternative to hand-dug wells, but the supply is inconsistent. As of 2012, the report of WHO/UNICEF (2014) indicated that only 25% of Nigerians, in both urban and rural areas, have had access to pipe-borne water supply and that 90% of all existing water schemes

in the country are urban-based, and it is not equitably distributed among communities; while some neighborhood appeared favoured, others lack this privileged water infrastructure. On-site investigation during the course of the study showed that even where the pipes were in good working conditions, water supply is rationalized, i.e., only supplied at a particular time of the day or week. Furthermore, the entire local government area is supplied only 10,000 m³/day, and this is far less than the estimated water requirement (33,154,800 m³, based on household population) required as daily consumption by residents. The study area is not isolated in the problem of water shortage, especially as Kelkar & Perez (2002), among others reported a 5 hours/day period of water supply in Panji city, India. Fadare & Olawuni (2008) as well as a report from the Osun State Water Corporation (2021, *pers. com.*) also noted a reduction in water supply from the main water works in the state, despite the increasing population and urban growth in the state. Studies have reported a reduction in reservoirs storage capacity due to siltation, increased pollution, poor power supply due to unstable electricity supply, and outdated water and operational infrastructure as main problems facing water supply from the waterworks in the State (Oyebanjo et al., 2012; Babatimehin et al, 2020). Consequently, many households are required to seek alternative water supply sources in the area.

Whereas most water from machine-drilled boreholes is preferred for their quality by many residents that were not supplied with public pipe-borne water, the boreholes are not available for every household in the area. Many of the households in the low-economic communities, with restricted access to boreholes, made use of water from hand-dug wells, and streams. This assertion was supported by the results of the factor analysis and PCA, which showed accessibility to water sources and availability of the source as principal factors for water usage by the residents. Previous studies from the states have shown that water from surface water and hand-dug wells is heavily prone to surface contamination (Eludoyin et al., 2004; Oyeku and Eludoyin, 2010). Nnenna (2014) in a study of Owerri in southeastern Nigeria also found that residents would travel for over one hour to access borehole but less than 30 minutes for hand-dug wells and that this distance made the less pristine hand-dug wells more favorite for many poor residents. Conversely, Erah et al., (2018) showed that the relatively low cost of drilling boreholes in Benin City, due to the shallow aquifer, has encouraged boreholes to be widespread, and therefore promote access to more pristine water from borehole wells than hand-dug wells.

The study also showed that even within the same economic level (based on income group) average daily drinking water differs. Average water consumption per capita was found to be 3L per person per day at no cost because none of the respondents claimed to pay for water. More than 60% of the residents attained the average daily water need for survival (2.5 liters per person (capita) per day, Lpcd) and the basic water need of 50 Lpcd (see Gleick, 1996). The World Health Organisation however recommended 50 - 100 liters per person per day for basic needs. It therefore might not be incorrect to note that the residents struggle to meet up their water needs despite the challenges, but further study will be required to investigate the impact on their sanitation needs in the area.

While the study did not show excessive concentrations of nitrite, nitrate, fluoride, arsenic, total coliform count, or *E. coli* in the water sources, studies have however shown that bioaccumulation of these materials in the body may become harmful over time, especially with continuous consumption (see Dubrovsky et al., 2010). Also, given the WHO recommendation of the maximum contaminant level (MCL) of nitrate in drinking water as 10 mg/l and nitrite as 1 mg/l, some of the water sources may be described as unsafe and unhealthy to consume. Nitrite and nitrate occurred in very low concentrations in the pipe-borne water but high in hand-dug wells. WHO/UNICEF (2017) documents that there has been increasing evidence that nitrate levels in many aquifers are rising and that the problem of increased exposure of the world population to high nitrate inputs will become more alarming in the nearest. Similarly, an estimate has shown that in more than 150 countries (Nigeria, inclusive), nitrate from the application of fertilizers has seeped into water wells especially shallow wells (Goldsmith & Hildyard, 1988). According to Sampson (2008), nitrates and salt have the potential of polluting water supplies especially shallow wells, farms, and other land use activities as well as poor waste management. According to Adelana et al. (2003), the occurrence and distribution of nitrate in the Nigerian groundwater system are higher in hand-dug wells than in boreholes or piped water. Arsenic and Lead were both found absent in all the sources. The study also showed that *E. coli* was present in one of the sampled hand-dug wells. On-site observation as regards this was that there

was a soak away situated less than 10m away from the well. This contradicts the minimum distance of 30m adopted by the World Health Organization. Assessment of the total coliform count (according to the WHO criteria for risk) showed that all the sources are not fit for drinking without treatment. This is because all the water sources can be scaled to pose a high risk of contamination to the users as the concentration of almost all the sources are not only greater than counts of hundreds but even thousand counts.

6. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

All sampled households use either piped water, hand dug well, or boreholes as their main source of drinking water. The chemical quality of all systems tested was within WHO permissible limit for drinking water; this implies that the chemical constituents determined still exist in safe levels in the sampled water sources across the study area. The water sources are however inadequately protected and are apparently unsustainable at the time of the study. The study showed that the water samples from the sources were bacteriologically contaminated as the bacteriological qualities of all systems tested were not within an acceptable range (0 to 10 CFU/100 ml); the most contaminated being a hand-dug well in Ota-Efun, one of the communities in the transition areas, although none of the water sources were chemically contaminated. Nonetheless, microbiological quality is as essential as the chemical quality, hence the domestic water sources in the study area – whose water system may be typical of many urban local government areas in the country essentially require a significant level of bacteriological treatment before the water can be consumed. Meanwhile, there is no evidence that the majority of the households, except in the sub-urban communities treat such water before they are consumed. Also, the study noted that the important influence of accessibility on water utilization and that of the varying socio-economic status of the users made water supply of the required quality impossible for all in the study area. Consequently, the study recommends improved awareness of the consequences of drinking contaminated water at the household level for the residents, as well as enhanced communal and governmental efforts to assist the poor communities in the provision of quality water in line with the targets of Sustainable Development Goals (6).

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. The authors declared no conflict of interest
Finansal Destek / funding conditions	Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir. The author declared that this study has received no financial support

REFERANSLAR

- Adediji, A., & Ajibade, L. T. (2005). Quality of well water in Ede Area, southwestern Nigeria. *Journal of Human Ecology*, 17(3), 223-228.
- Adekola, A. O. (2018). Assessment of water infrastructure and occurrence of water related diseases in Oyo town, Oyo State, Nigeria; Unpublished M.Sc. Dissertation; Department of Geography, Obafemi Awolowo University, Ile Ife, Nigeria, 135p
- Aguda, A. S., & Adegboyega, S. A. (2013). Evaluation of spatio-temporal dynamics of urban sprawl in Osogbo, Nigeria using satellite imagery & GIS techniques. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, 1(1), 39-51.
- APHA (1998) Standard Methods for the examination of water and waste water American Public Health Association. 84pp.
- Bain, R., Johnston, R., Mitis, F., Chatterley, C., & Slaymaker, T. (2018). Establishing sustainable development goal baselines for household drinking water, sanitation and hygiene services. *Water*, 10(12), 1711.
- Bos, V. (2016). Trends in socioeconomic inequalities in self-associated health in 10 European countries, *International Journal of Epidemiology*, 34(2); 295-305.
- Burgess, E. W. (2015). The growth of the city: an introduction to a research project. In *The city reader* (pp. 212-220). Routledge.
- Chapman, D. (2021). *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. CRC Press.

- Connor, R. (2015). *The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world* (Vol. 1). UNESCO publishing.
- de Joode, B.V.W., Mora, A.M., Lindh, C.H., Hernández-Bonilla, D., Córdoba, L., Wesseling, C., Hoppin, J.A. and Mergler, D. (2016). Pesticide exposure and neurodevelopment in children aged 6–9 years from Talamanca, Costa Rica. *cortex*, 85, 137-150.
- Dubrovsky, N. M., Burow, K. R., Clark, G. M., Gronberg, J. M., Hamilton, P. A., Hitt, K. J., ... & Wilber, W. G. (2010). The quality of our Nation's waters—Nutrients in the Nation's streams and groundwater, 1992–2004. *US geological survey Circular*, 1350(2), 174
- Ehinder, O. J. (2006). Environmental education and sustainable development. *Lagos: lantern books*.
- Eludoyin, A. O. (2016). Sustainability and water reclamation. In *Urban Water Reuse Handbook* (pp. 1077-1084). CRC Press.
- Eludoyin, A. O. (2020). Accessibility to safe drinking water in selected urban communities in southwest Nigeria. *Water Productivity Journal*, 1(2), 1-10.
- Eludoyin, A. O., & Olanrewaju, O. E. (2022). Water supply and quality in sub-Saharan Africa. In *Clean Water and Sanitation* (pp. 897-913). Cham: Springer International Publishing.
- Eludoyin, A. O., Akinbode, O. M., & Ediang, O. A. (2007, September). Challenges of river basin information system (RBIS) as a framework for the assessment and monitoring of surface water in Nigeria. In *International Symposium on New Directions in Urban Water Management* (pp. 12-14).
- Eludoyin, A. O., Ofoezie, I. E., & Ogunkoya, O. O. (2004). The effect of Oja-titun market effluent on the chemical quality of receiving OPA reservoir in Ile-Ife, Nigeria. *Journal of environmental management*, 72(4), 249-259.
- Eludoyin, A., Eludoyin, O., Martins, T., Oyinloye, M., & Eslamian, S. (2021). Water Security Using Rainwater Harvesting. *Handbook of Water Harvesting and Conservation: Basic Concepts and Fundamentals*, 57-67.
- Erah, P. O., & Akujieze, C. N. (2002). The Quality of Groundwater in Benin City: A baseline study on inorganic chemicals and microbial contaminants of health importance in boreholes and open wells. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 1(2), 75-82.
- Fadare, S. O., & Olawuni, P. O. (2008). Domestic Water Supply and Health of Households in the Three Residential Densities in Osogbo, Osun State, Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 1(2), 35-43.
- Friedmann, J. (1966). *Regional development policy: a case study of Venezuela*. MIT press.
- Gleick, P. H. (1996). Basic water requirements for human activities: meeting basic needs. *Water international*, 21(2), 83-92.
- Goldsmith, E., & Hildyard, N. (1988). *The Earth report: monitoring the battle for our environment*. Mitchell Beazley. London, pp 79- 88.
- Harris, C. D., & Ullman, E. L. (1945). The nature of cities. *The annals of the American academy of political and social science*, 242(1), 7-17.
- Howard, G., Bartram, J., Water, S., & World Health Organization. (2003). Domestic water quantity, service level and health, WHO, Geneva. [Copyrightrestric.PDF \(who.int\)](#)
- Hoyt, H. (1939). *The structure and growth of residential neighborhoods in American cities*. US Government Printing Office. USA,
- Ingold, T. (2010). Footprints through the weather-world: walking, breathing, knowing. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 16, S121-S139.
- Kelkar, M., & Perez, G. (2002). Applied geostatistics for reservoir characterization, <https://doi.org/10.2118/9781555630959>.
- Mulligan, M., van Soesbergen, A., Hole, D. G., Brooks, T. M., Burke, S., & Hutton, J. (2020). Mapping nature's contribution to SDG 6 and implications for other SDGs at policy relevant scales. *Remote Sensing of Environment*, 239, 111671.
- Mwanza, D. D. (2005). Water for sustainable development in Africa. In *The world summit on sustainable development* (pp. 91-111). Springer, Dordrecht.
- National Population Commission. (2006). Nigerian population census. *Published by NPC, Abuja*.

- Nnenna, D. P. (2014). Implications of Borehole Water as A Substitute for Urban Water Supply: The Case of Egbeada Federal Housing Estate Owerri, Imo State. *International Journal for Innovation Education and Research*, 2, 10-14.
- Olajuyigbe, A. (2010). Some factors impacting on quantity of water used by households in a rapidly urbanizing state capital in South Western Nigeria. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 12(2), 321-37.
- Omodanisi, E. O., Eludoyin, A. O., & Salami, A. T. (2014). A multi-perspective view of the effects of a pipeline explosion in Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 7, 68-77.
- Oyebanjo, O. A., Joshua, E. O., & Jibiri, N. N. (2012). Natural radionuclides and hazards of sediment samples collected from Osun River in Southwestern Nigeria. *The pacific journal of science and technology*, 13(2), 391-396.
- Oyeku, O. T., & Eludoyin, A. O. (2010). Heavy metal contamination of groundwater resources in a Nigerian urban settlement. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 4(4).
- Sampson, R. J. (2008). Moving to inequality: Neighborhood effects and experiments meet social structure. *American journal of sociology*, 114(1), 189-231.
- Sanstrom, K. (1997). *Ephemeral rivers in the tropics: hydrological processes and water resources management: a review and pathfinder* (No. 8). Research Report.
- Sule, B. F., & Okeola, O. G. (2010). Measuring willingness to pay for improved urban water supply in Offa City, Kwara State, Nigeria. *Water Science and Technology: Water Supply*, 10(6), 933-941.
- Tatlock, J. R. (2006). *How in ancient times they sacrificed people: Human immolation in the Eastern Mediterranean basin with special emphasis on ancient Israel and the Near East*. University of Michigan.
- Tearfund, WaterAid (2008). *Sanitation and water - Why we need a global framework for action*, WaterAid. Retrieved from <https://policycommons.net/artifacts/2332350/sanitation-and-water/3092975/> on 26 Dec 2022. CID: 20.500.12592/qs7zjn.
- WHO and UNICEF (2017). Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and Sustainable Development Goal Baseline. New York, WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.
- WHO/UNICEF Joint Water Supply, & Sanitation Monitoring Programme. (2014). *Progress on drinking water and sanitation: 2014 Update*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2006). Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating first addendum. Vol. 1, Recommendations, [GDWPR \(who.int\)](http://www.who.int/gdwpr/).



Received: 8 April 2023 | Revised: 16 June 2023 | Accepted: 19 June 2023

TÜRKİYE’NİN EN UZUN METEOROLOJİ/KLİMATOLOJİ GÖZLEMLERİNE SAHİP OLAN KANDİLLİ RASATHANESİ’NİN SICAKLIK EKSTREMLERİNDE GÖZLENEN DEĞİŞİM VE EĞİLİMLER (1912-2021)

Observed Variations and Trends in Temperature Extremes of The Longest Meteorological/Climatological Observation Station (Kandilli Observatory) in Turkey (1912-2021)

Nami YURTSEVEN 

İzmir Bakırçay Üniversitesi Coğrafya Bölümü,
İzmir-Türkiye
nami.yurtseven@bakircay.edu.tr

Abstract

In this study, the changes and trends of extreme temperatures in Kandilli (Istanbul) Observatory, which has the longest meteorological/climatological observations (1912-2021) in Turkey were analysed. The 14 extreme temperature indices recommended by the Expert Team on Climatology for Climate Change Detection, Monitoring and Indices were used. Mann-Kendall rank correlation coefficient test was used to determine possible trends in extreme indices and the statistical significance of trends. Sen's Slope Estimation method was used to determine the magnitude of trends. As a result, cold days and cold nights showed significant decreasing trend of -0.96, -1.04 days/decade, respectively, while warm days and warm nights showed significant increasing trend of +0.44, +0.58 days/decade, respectively. The lowest daytime, the lowest night-time, the highest daytime, and the highest night-time air temperatures were determined to have increasing trends of +0.10, +0.18, +0.05, +0.14 °C/decade, respectively. Frost days (-0.93 days/decade) was found significant decreasing trends and summer days (+3.13 days/decade), tropical nights (+3.23 days/decade) were found significant increasing trends. The warm spell duration was determined an increasing trend, while the cold spell duration (-1.37 days/decade) showed significant decreasing trend. These results show that the frequency, duration, and intensity of warm extremes have increased, and cold extremes have decreased over time during observation period, and that both daily maximum and daily minimum air temperatures have shown a warming trend. In addition, daily minimum air temperatures show a faster warming trend than daily maximums. All these results are an important indicator of anthropogenic climate change associated with the increase in the concentration of anthropogenic greenhouse gases in the atmosphere. The fact that the warming in daily minimum air temperature is faster than the warming in daily maximums can be explained by urban heat island due to existence of a "mega" city like Istanbul and/or changes in urban/regional land use.

Keywords: Kandilli (Istanbul) Observatory, Extreme Temperature Indices, Climate change and Variability, Urban Heat Island, Temperature Extremes

Öz

Bu çalışmada; Türkiye'nin en uzun meteoroloji/klimatoloji gözlemlerine sahip olan Kandilli (İstanbul) Rasathanesi'nde ekstrem hava sıcaklıklarının 1912-2021 dönemindeki değişim ve eğilimleri analiz edilmiştir. Çalışmada İklim Değişikliği Tespiti, İzleme ve İndisler Konusunda Klimatoloji Uzman Ekibi (ETCCDMI) tarafından önerilen 14 ekstrem sıcaklık indisi kullanılmıştır. Ekstrem sıcaklık indislerinde olası eğilimleri belirlemede ve eğilimlerin istatistiksel olarak anlamlılığını denetlemede parametrik olmayan Mann-Kendall (M-K) sıra ilişki katsayısı testinden yararlanılmıştır. Eğilimlerin büyüklüğünü belirlemek için de parametrik olmayan Sen'in Eğim Tahmin (Sen's Slope Estimation) yöntemi kullanılmıştır. Analizler sonucunda; soğuk gün ve gece sayılarında her on yıl için sırasıyla -0.96, -1.04 gün olmak üzere anlamlı azalma eğilimleri, sıcak gün ve gece sayılarında ise sırasıyla +0.44 gün/on yıl, +0.58 gün/on yıl olmak üzere anlamlı artma eğilimleri saptanmıştır. En düşük gündüz, en düşük gece, en yüksek gündüz ve en yüksek gece hava sıcaklıklarında her on yıl için sırasıyla +0.10, +0.18, +0.05, +0.14 °C olmak üzere artma eğilimleri belirlenmiştir. Minimum hava sıcaklığı rekorlarındaki artma eğilimleri istatistiksel olarak anlamlı olmuştur. Don olaylı gün sayılarında -0.93 gün/on yıl olmak üzere anlamlı azalma eğilimi, yaz günü ve tropikal gece sayılarında ise sırasıyla +3.13 gün/on yıl, +3.23 gün/on yıl olmak üzere anlamlı artma eğilimleri tespit edilmiştir. Sıcak dönem süresinde artma eğilimi, soğuk dönem süresindeyse -1.37 gün/on yıl olmak üzere anlamlı azalma eğilimi saptanmıştır. Bu bulgular, 1912-2021 döneminde zaman içinde sıcak ekstremlerin sıklığı, şiddeti ve süresinin arttığını, soğuk ekstremlerinse azaldığını göstermiş ve hem günlük minimum hem de günlük maksimum hava sıcaklıklarının ısınma eğiliminde olduğunu ortaya koymuştur. Bunların yanında günlük minimum hava sıcaklıklarındaki ısınmanın günlük maksimumlardaki ısınmadan daha hızlı olduğunu göstermiştir. Tüm bu sonuçlar, antropojenik sera gazlarının atmosfer birikimindeki artışla ilişkili olarak Kandilli'nin (İstanbul) antropojen iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilendiğinin göstergeleridir. Diğer taraftan günlük minimum hava sıcaklığındaki ısınmanın günlük maksimumlardan daha hızlı olması İstanbul gibi "mega" bir kentin varlığından kaynaklı kentsel ısı adasıyla ve/veya kentsel/bölgesel arazi kullanımındaki değişimlerle açıklanabilir.

Anahtar Kelimeler: Kandilli (İstanbul) Rasathanesi, Ekstrem Sıcaklık İndisleri, İklim Değişikliği ve Değişkenliği, Sıcaklık Ekstremleri, Kentsel Isı adası.

1. GİRİŞ

İklim sistemi, geçmişten günümüze kendi iç dinamiğinde meydana gelen değişimlere, dışsal zorlama ve etmenlerine bağlı olarak doğal nedenlerle birçok kez değişmiştir (Le Treut vd., 2007; Türkeş, 2012). 18. yüzyılda Sanayi Devrimi'yle birlikte atmosferde sera gazı birikimlerindeki artış, atmosferin doğal sera etkisini kuvvetlendirmiştir. Atmosferin kuvvetlenen sera etkisinin dünyanın enerji bilançosuna yapmış olduğu pozitif etki nedeniyle, doğal nedenli değişikliklerin yanı sıra insan kaynaklı/antropojenik değişiklikler ortaya çıkmıştır. Antropojen iklim değişikliği en başta küresel olarak hava sıcaklıklarında artışa neden olmuştur. Aletli meteorolojik/klimatolojik gözlemlerin yapılmaya başlandığı 1880'li yıllardan 20. yüzyılın ikinci yarısına doğru küresel ortalama hava sıcaklığında artış eğilimi gözlenmiş ve söz konusu artış eğilimi 1980'li yıllarda daha da belirginleşerek günümüze doğru artarak devam etmiştir. Nitekim 21. yüzyılda hemen her yıl bir önceki yıla göre daha sıcak olmak üzere, küresel hava sıcaklığı rekorları kırılmıştır. Çeşitli veri setlerine göre değişmekle birlikte küresel ortalama hava sıcaklıklarının 1850-1900 dönemine göre 2011-2020 döneminde $1.09\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.95\text{-}1.20$) daha yüksek olduğu belirtilmiş ve bu değer kara yüzeylerinde $1.59\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1.34\text{-}1.83$), deniz yüzeylerinde ise $0.88\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.68\text{-}1.01$) olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda çok modellenmiş iklim simülasyonlarına göre küresel ortalama hava sıcaklığının 21. yüzyıl boyunca artmaya devam edeceği ifade edilmiştir (IPCC, 2021).

1950'li yıllardan itibaren küresel ortalama hava sıcaklığında gözlenen artış eğiliminin yanı sıra, bu artışın termodinamik bir sonucu olarak ekstrem hava sıcaklıklarının sıklığı, şiddeti ve süresinde bazı değişimler görülmüştür (IPCC, 2013; Ning vd., 2015; IPCC, 2021). Bu değişimler neredeyse dünyanın hemen her bölgesinde sıcak ekstremlerde artma, soğuk ekstremlerdeyse azalma eğilimi şeklinde olmuştur (Donat vd., 2013; Alexander vd., 2016; Wang vd., 2020). Örneğin; Dunn vd.'nin (2020) 1901-2018 dönemi için İklim Değişikliği Tespiti, İzleme ve İndisler Konusunda Klimatoloji Uzman Ekibi (ETCCDMI) tarafından önerilen ekstrem sıcaklık indislerini küresel gridli veri seti şeklinde (HadEX3) oluşturdukları çalışmada; sıcak ekstremlerden sıcak gündüz ve gece sayılarında (TX90p, TN90p) artma; soğuk ekstremlerden soğuk gündüz ve gece sayılarında (TX10p, TN10p) ise azalma eğilimleri ortaya konmuştur. Diğer taraftan çalışmada rekor hava sıcaklıklarının tamamında da (en yüksek gündüz hava sıcaklıkları (TXx), en düşük gündüz hava sıcaklıkları (TXn), en yüksek gece hava sıcaklıkları (TNx), en düşük gece hava sıcaklıkları (TNn)) artma eğilimleri belirlenmiştir. Söz konusu artma eğilimlerinin minimum hava sıcaklıklarından hesaplanan indislerde (TN10p, TN90p, TNn, TNx) maksimum hava sıcaklıklarındakine (TX10p, TX90p, TXn, TXx) göre daha hızlı olduğu belirtilmiştir.

Küresel ölçekte yapılmış olan çalışmaların sonuçlarıyla uyumlu olarak, iklim değişikliğine karşı dünyanın en hassas/duyarlı bölgelerinden biri olan Akdeniz Havzası'nda da (Giorgi, 2006) sıcak ekstremlerin sıklığı, şiddeti ve süresi artmakta, soğuk ekstremlerinse azalmaktadır (El Kenawy vd., 2013; Donat vd., 2014a; Fioravanti vd., 2016; Erlat & Güler, 2018). Örneğin; birçoğu Kuzey Afrika'da dağılışı gösteren 61 meteoroloji/klimatoloji istasyonundaki günlük hava sıcaklığı gözlemlerinden yararlanılarak yapılan bir çalışmada; sıcak gündüz ve gece sayılarında ve sıcak dönem sürelerinde artma; soğuk gündüz ve gece sayılarında ve soğuk dönem sürelerinde ise azalma eğilimleri belirlenmiştir (Donat vd. 2014b). Akdeniz Havzası'nın dahil edildiği diğer bir çalışmada bölge genelinde 1979-2016 rasat süresinde her 10 yılda sıcak ekstremlerin %1.9 oranında artış gösterdiği, soğuk ekstremlerinse azaldığı belirtilmiştir (Kelebek vd., 2021). Doğu Akdeniz Havzası'nda yapılan başka bir çalışmada da ortalama olarak sıcak hava dalgalarının 1960'lı yıllardan itibaren %8 oranında artış gösterdiği ve sıcak hava dalgalarının sayısının (6.2 ± 1.1), şiddeti (7.6 ± 1.3) ve süresinin (7.5 ± 1.5) faktör olarak arttığı tespit edilmiştir (Kuglitsch vd., 2010).

Akdeniz Havzası'nın doğu bölümünde yer alan Türkiye'de de antropojen iklim değişikliğinin ortalama hava sıcaklıkları, ekstrem hava sıcaklıkları gibi iklim değişkenleri üzerindeki etkisi belirgin bir şekilde görülmektedir (Hadi & Tombul, 2018; Abbasnia & Toros, 2020). Nitekim Türkiye'de 1950'li yıllardan itibaren yıllık ve mevsimlik ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ısınma eğilimi göstermiştir (Türkeş & Sümer, 2004; Türkeş, 2012; Hadi & Tombul, 2018). Gözlenen ısınma eğiliminin doğal bir sonucu olarak da 1950'li yıllardan itibaren ekstrem hava sıcaklıklarının sıklığı, şiddeti ve süresi değişmiştir (Sensoy vd., 2013). Bu tür değişimler genel olarak Türkiye'de, özellikle 1990'lı yıllardan itibaren don olaylı gün sayılarında azalma ve don olaylı günlerin gözlenmediği dönemin uzunluğunda artma (Erlat & Türkeş, 2012; Erlat ve Türkeş, 2016);

yaz günü ve tropikal gece sayılarında artma (Erlat & Türkeş; 2013; Sensoy vd., 2013; Abbasnia & Toros, 2020); sıcak gün ve gece sayılarında artma, soğuk gün ve gece sayılarında azalma (Sensoy vd., 2013; Abbasnia & Toros, 2020); sıcak dönem süresinde artma; soğuk dönem süresinde azalma (Erlat & Güler; 2018); rekor minimum hava sıcaklıklarının sıklığında azalma; rekor maksimum hava sıcaklıklarında artma (Erlat & Türkeş; 2015); sıcak hava dalgalarının sıklığında, süresi ve şiddetinde artma (Erlat vd., 2021) eğilimleri şeklinde olmuştur. Öte yandan Türkiye'nin en uzun aletsel ve sistematik meteoroloji/klimatoloji ölçümlerine sahip olan Kandilli Rasathanesi'nde yapılmış bir çalışmada da 1912-2014 rasat dönemi içinde tropikal gün sayılarında artma, don olaylı gün sayılarında azalma eğilimleri ortaya konmuştur (Toros vd., 2015). Özetle hem küresel hem de bölgesel sonuçlarıyla uyumlu olarak, Türkiye'de genel olarak sıcak ekstremlerin sıklığı, şiddeti ve süresi artmış, soğuk ekstremlerinse azalmıştır.

Türkiye ve yakın çevresinde ekstrem hava sıcaklıkları üzerine yapılan çalışmalarda, genellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren meydana gelen değişim ve eğilimler incelenmiştir. Ancak bilindiği üzere küresel ve bölgesel ölçekte iklim salınımlarının, iklim değişikliği ve değişkenliğinin bilimsel perspektifte tespit edilmesi, anlaşılması, açıklanması ve tahmin edilmesi için uzun süreli meteorolojik/klimatolojik gözlemlere ihtiyaç vardır. Özellikle de bu gözlemler, Sanayi Devrimi öncesinde ve/veya 20. yüzyılın ilk yarısındaki iklim özelliklerinin belirlenmesinde; bunların değişkenlikleri, değişimleri ve eğilimlerinin ortaya konulmasında, antropojen iklim değişikliğinin anlaşılmasında ve gelecekteki iklim değişikliğinin değerlendirilmesinde önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, bu çalışmada Türkiye'nin en uzun aletsel ve sistematik meteoroloji/klimatoloji ölçümlerine sahip olan (110 yıllık) Kandilli Rasathanesi'nin ekstrem hava sıcaklıklarında meydana gelen değişim ve eğilimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada, Türkiye'nin en uzun meteorolojik/klimatolojik rasatlarına sahip olan Kandilli (İstanbul) Rasathanesi'nin 1912-2021 rasat süresindeki günlük minimum ve maksimum hava sıcaklığı gözlemleri kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1- Çalışmada gözlemlerinden yararlanılan Kandilli Rasathanesi'nin özellikleri.

Table 1- The characteristics of the Kandilli Observatory.

İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Rasat Dönemi	Kaynak
Kandilli Rasathanesi	41° 05' K	29° 03' D	1912-2021	Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve D.A.E Meteoroloji Laboratuvarı

Meteoroloji/klimatoloji gözlemlerinin homojenliğini/türdeşliğini denetlemek ve zaman dizilerinde kırılmalar varsa bunları tespit etmek amacıyla Pettitt (Pettitt, 1979), SNHT (Standard Normal Homogeneity Test) (Alexandersson, 1986) ve Buishand (Buishand, 1982) homojenlik testlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada, homojenlik testleri, günlük hava sıcaklığı gözlemlerinden hesaplanmış olan yıllık ortalama hava sıcaklığı dizilerine uygulanmıştır. Testlerde sıcaklık dizileri 0.05 (α) anlamlılık düzeyinde kontrol edilmiştir. Homojenlik test sonuçları, maksimum ve minimum hava sıcaklığı dizilerinin 0.05 anlamlılık düzeyinde ($p < 0.05$) homojen olmadığını göstermiştir. Başka bir deyişle test sonuçlarına göre hava sıcaklıklarının zaman dizilerinde belirli tarihlerde kırılmalar vardır. Bu kırılmalar maksimum hava sıcaklığında 1954 yılında; minimum hava sıcaklığında ise Pettitt testine göre 1993 yılında, SNHT ile Buishand testine göre ise 1997 yılındadır (Tablo 2).

Ekstrem sıcaklık indislerinin hesaplanmasında, ETCCDMI tarafından önerilen 14 ekstrem sıcaklık indisi kullanılmıştır. İndisler çalışmada (i) persantil (yüzdeler) tabanlı indisler, (ii) mutlak (rekor) sıcaklık indisleri, (iii) eşik değerine sahip indisler ve (iv) süre (uzunluk) tabanlı indisler olmak üzere 4 farklı gruba ayrılarak

incelenmiştir (Tablo 3). Ekstrem sıcaklık indislerinden don olaylı günler su yılına (1 Ekim-30 Eylül) göre; diğer indisler ise bir yıla göre hesaplanmıştır.

Tablo 2- Kandilli Rasathanesi'nin 1912-2021 rasat dönemi içindeki yıllık ortalama sıcaklık dizilerinin homojenlik test istatistikleri.

Table 2- The homogeneity test statistics of the annual mean air temperature series within the observation period of 1912-2021 by the Kandilli Observatory.

Homojenlik Testleri	Maksimum Hava Sıcaklıkları			Minimum Hava Sıcaklıkları		
	Test İstatistikleri	Kırılma Tarihi (t)	p-değeri (İki Yanlı)	Test İstatistikleri	Kırılma Tarihi (t)	p-değeri (İki Yanlı)
Pettitt Testi	1965 (K)	1954	< 0.0001	1910 (K)	1993	< 0.0001
SNHT Testi	36.32 (T0)	1954	< 0.0001	60.40 (T0)	1997	< 0.0001
Buishand testi	30.98 (Q)	1954	< 0.0001	30.82 (Q)	1997	< 0.0001

İndisler, ETCCDMI tarafından R diliyle yazılmış RCLimDEX yazılımına dayanan ClimPACT2 paketi ile hesaplanmıştır (<https://github.com/ARCCSS-extremes/climpact2>; Alexander ve Herold 2016). Pakette aynı zamanda meteoroloji/klimatoloji gözlemlerinin kalite kontrolü de yapılmıştır (Zhang ve Yang, 2004). R dili, kaynak kodu biçiminde Özgür Yazılım Vakfı'nın (FSF) GNU Genel Kamu Lisansı (GNU GPL) şartlarına göre ücretsiz olarak kullanılabilir (https://www.r-project.org/).

Tablo 3- Çalışmada yararlanılan ekstrem sıcaklık indisleri ve tanımlamaları.

Table 3- Extreme temperature indices and definitions used in the study.

	İndis	İndis Adı	Tanımlama	Birim
Persantil (Yüzdeler) Tabanlı İndisler	TX90p	Sıcak Gün Sayıları	Tmax > 90. Persantil Olduğu Günler	Gün
	TX10p	Soğuk Gün Sayıları	Tmax < 10. Persantil Olduğu Günler	Gün
	TN90p	Sıcak Gece Sayıları	Tmin > 90. Persantil Olduğu Günler	Gün
	TN10p	Soğuk Gece Sayıları	Tmin < 10. Persantil Olduğu Günler	Gün
Mutlak (Rekor) Sıcaklık İndisleri	TXx	En Yüksek Gündüz Hava Sıcaklığı	Maksimum Hava Sıcaklığının Maksimum Değeri	°C
	TXn	En Düşük Gündüz Hava Sıcaklığı	Maksimum Hava Sıcaklığının Minimum Değeri	°C
	TNx	En Yüksek Gece Hava Sıcaklığı	Minimum Hava Sıcaklığının Maksimum Değeri	°C
	TNn	En Düşük Gece Hava Sıcaklığı	Minimum Hava Sıcaklığının Minimum Değeri	°C
Eşit Değerine Sahip İndisler	FD	Don Olaylı Gün Sayıları	Tmin < 0 °C	Gün
	ID	Buzlu Gün Sayıları	Tmax < 0 °C	Gün
	SU	Yaz Günü Sayıları	Tmax > 25 °C	Gün
	TR	Tropikal Gece Sayıları	Tmin > 20 °C	Gün
Süre (Uzunluk) Tabanlı İndisler	WSDI	Sıcak Dönem Süresi	Tmax > 90. Persantil Olduğu En Az 6 Ardışık Gün Sayısı	Gün
	CSDI	Soğuk Dönem Süresi	Tmin < 10. Persantil Olduğu En Az 6 Ardışık Gün Sayısı	Gün

Ekstrem sıcaklık indislerinde olası eğilimleri belirlemede ve eğilimlerin istatistiksel olarak anlamlılığını denetlemede klimatoloji çalışmalarında yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan Mann-Kendall (M-K) sıra

ilişki katsayısı testi kullanılmıştır (Sneyers, 1990; Türkeş, 2013). Eğilimlerin büyüklüğünü belirlemek için de parametrik olmayan Sen'in Eğim Tahmin (Sen's Slope Estimation) yönteminden (Sen, 1968) yararlanılmıştır. Ekstrem sıcaklık indislerinin yıllık standardize anomalileri 1981-2010 referans döneminin ortalaması ve standart sapmasına göre oluşturulmuştur. Yıllık standardize anomalilerde uzun süreli dalgalanmaları incelemek amacıyla düşük geçirimli filtre (süzgeç) olarak 9 noktalı Gauss süzgecinden yararlanılmıştır (WMO, 1966; Türkeş vd., 1995). Ayrıca indislerin yıllık zaman dizileri üç alt dönemde histogramlar aracılığıyla incelenmiştir: 1912-1950 (39 yıllık dönem), 1951-1985 (35 yıllık dönem) ve 1986-2021 (36 yıllık dönem). Histogramların sınıf aralıkları anomali değerlerine göre oluşturulmuştur. 20. yüzyılın ilk yarısında meydana gelen değişim ve eğilimleri belirlemek amacıyla ilk dönem 1912-1950 yılı olarak belirlenmiştir. Diğer dönemler ise dönemler arasında karşılaştırma yapabilmek adına iklimin 35 yıllık ortalama özelliği de dikkate alınarak eşit bir şekilde ayrılmıştır.

2. BULGULAR

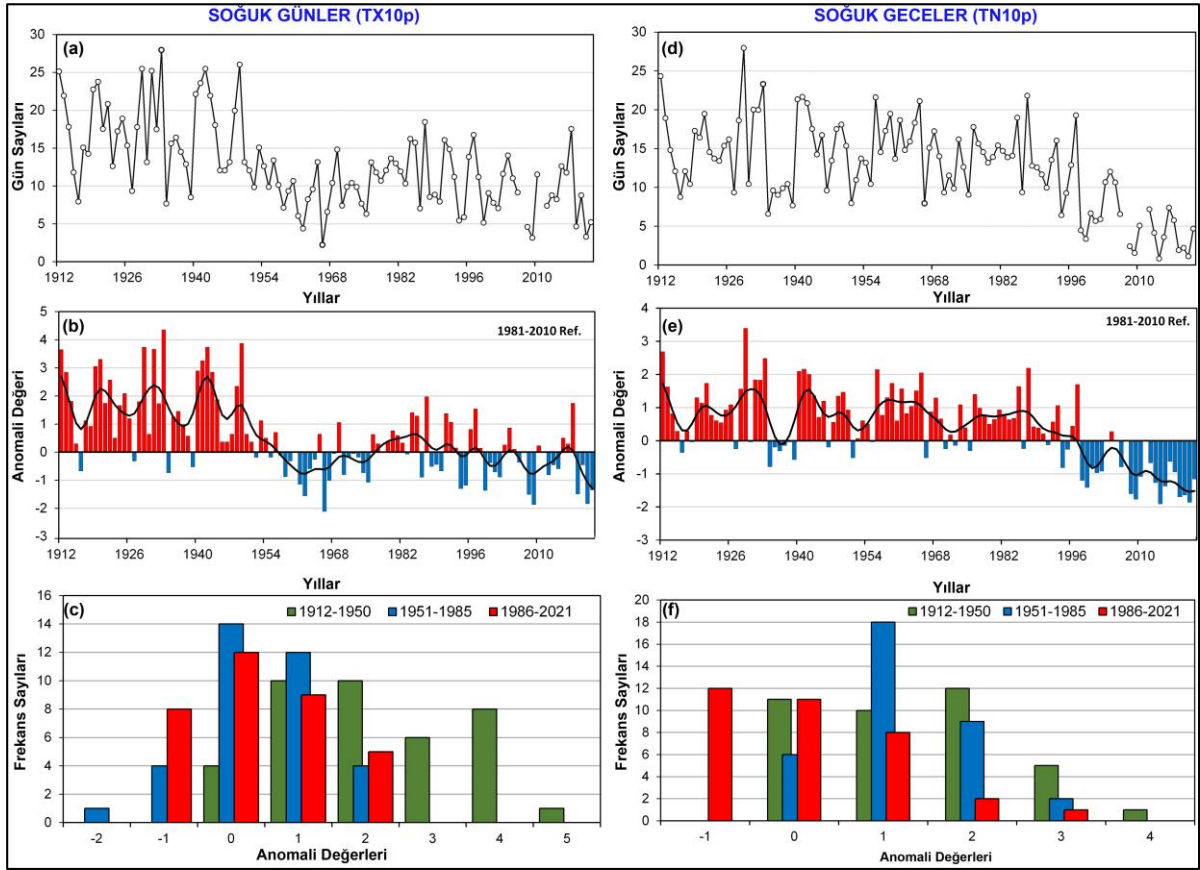
2.1. Persantil (yüzdellik) tabanlı indisler

Kandilli Rasathanesi'nde 1912-2021 döneminde soğuk gün, sıcak gün, soğuk gece ve sıcak gece sayılarının zaman dizilerinde yıllar arasında değişkenlikler görülmekle birlikte artma ve azalma eğilimleri saptanmıştır (Şekil 1; Şekil 2 ve Tablo 4). Genel olarak eğilimler soğuk gün ve gece sayılarında azalma, sıcak gün ve gece sayılarında ise artma şeklinde olmuştur. Soğuk gün ve gece sayılarında gözlenen azalma eğilimi, sıcak gün ve gece sayılarındaki artma eğiliminden daha hızlı ve belirgindir.

M-K test sonuçlarına göre “soğuk gün sayıları” incelendiğinde; 1912-2021 yıllarını kapsayan 110 yıllık dönemde soğuk gün sayılarının her 10 yılda -0.96 gün olmak üzere 0.001 (α) anlamlılık düzeyinde azalma eğilimi gösterdiği görülmüştür (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomaliler, soğuk gün sayısı açısından en yüksek pozitif anomali değerinin +4.36 değeriyle 1933 yılında; en düşük negatif anomali değerinin ise -2.11 değeriyle 1966 yılında olduğu göstermiştir (Şekil 1b). Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde; 1912-1950 döneminde frekansların çoğunlukla $+1 \geq$ anomali değerlerinde yer aldığı, 1951-1985 ve 1986-2021 dönemlerinde ise frekansların $+1 \leq$ anomali değerlerinde toplandığı ve hatta negatif değerlere doğru kaydığı gözlenmiştir (Şekil 1c). Bu bulgular soğuk gün sayılarının ilk döneme göre ikinci ve üçüncü dönemde önemli ölçüde azaldığını göstermektedir.

M-K test sonuçlarına göre “soğuk gece sayıları” incelendiğinde; 1912-2021 yıllarını kapsayan 110 yıllık dönemde soğuk gece sayılarının her 10 yılda -1.04 gün olmak üzere 0.001 anlamlılık düzeyinde azaldığı görülmüştür (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomalilere bakıldığında; soğuk gece sayısı açısından en yüksek pozitif anomali değeri 1929 yılında (+3.29); en düşük negatif anomali değeri ise 2014 yılında (-1.91) gözlenmiştir (Şekil 1e). Diğer taraftan 1997 yılından sonra anomaliler bir yıl hariç (2003) sürekli negatif değerler göstermiştir (Şekil 1e). Bu durum soğuk gece sayıları açısından 1997 yılının bir kırılma yılı olduğunu göstermektedir. Anomalilere oluşturulan histogramlar incelendiğinde; 1912-1950 döneminde en yüksek frekansın +2 anomali değerinde gözlemlendiği ancak 1951-1985 döneminde anomali değerlerinin +1, 1986-2021 döneminde ise -1 değerlerine doğru kaydığı görülmüştür (Şekil 1f). Bu bulgular, soğuk gece sayılarının ilk döneme göre ikinci ve üçüncü dönemde giderek azaldığını ortaya koymaktadır.

M-K test sonuçlarına göre “sıcak gün sayıları” incelendiğinde; 1912-2021 yıllarını kapsayan 110 yıllık dönemde sıcak gün sayılarının her 10 yılda +0.44 gün olmak üzere 0.001 anlamlılık düzeyinde artış eğilimi gösterdiği görülmüştür (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilmiş anomaliler incelendiğinde, sıcak gün sayısı açısından en yüksek pozitif anomali değeri +3.11 değeriyle 1960 yılında; en düşük negatif anomali değeri ise -2.14 değeriyle 1924 yılında görülmüştür (Şekil 2b). Anomalilere göre oluşturulan histogramlara bakıldığında; 1912-1950 döneminde en yüksek frekans negatif anomali değerinde (-1) görülürken, 1951-1985 ve 1986-2021 dönemlerinde ise en yüksek frekanslar pozitif anomali değerlerinde ($0 \geq$) görülmüştür (Şekil 2c). Bu bulgular; zaman içinde sıcak gün sayılarının değiştiğini ve özellikle de bu değişimin 1950 yılından itibaren gerçekleştiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 1- Soğuk gün (solda) ve gece (sağda) sayılarındaki yıllar arası değişimler (a-d), anomalilerin uzun süreli dalgalanmaları ve yıllar arası değişimleri (b-e) ve 1912-1950, 1951-1985, 1986-2021 dönemlerine ait histogramlar (c-f). Anomaliler 1981-2010 referans dönemine göre hesaplanmış ve histogramların sınıf aralıkları anomali değerlerine göre düzenlenmiştir.

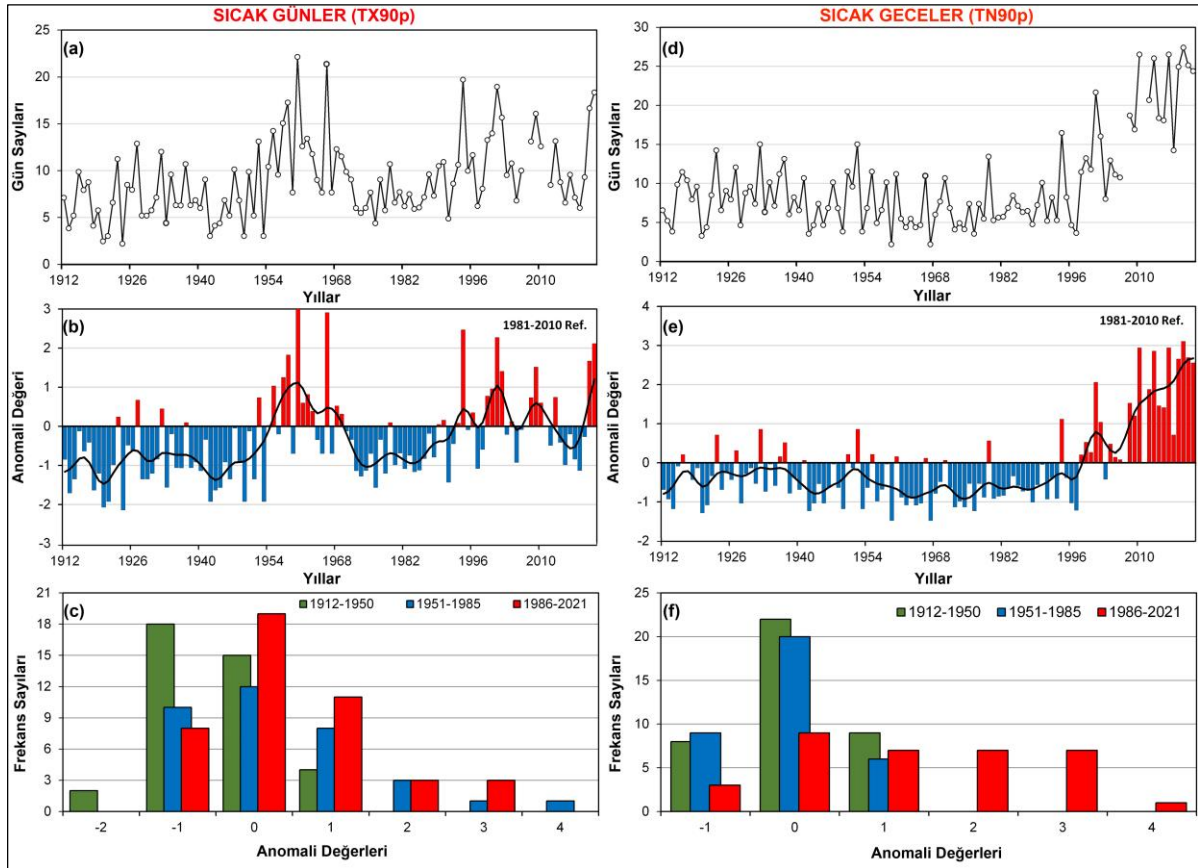
Figure 1- The annual variations of cold days (left) and cold nights (right) (a-d), their long-term fluctuations and annual variations (b-e), and the comparison of histograms for the periods of 1912-1950, 1951-1985, and 1986-2021 (c-f). Anomalies calculated based on 1981-2010 reference period and class ranges of the histograms are arranged according to the anomaly values.

Tablo 4- Ekstrem sıcaklık indislerinde M-K testi ile belirlenen trend analizinin ve Sen'in Eğim Tahmini'nin test istatistikleri (İstatistiksel olarak anlamlılık düzeyi 0.001 olanlar ***, 0.01 olanlar **, 0.05 olanlar * işaretleri ile gösterilmiştir).

Table 4- Test statistics of the trend analysis determined by the M-K test and Sen's Slope Estimation for extreme temperature indices (statistically significant trends are shown as *** at 0.001, ** at 0.01, * at 0.05).

Persantil Tabanlı İndisler	z değeri	Sen's Slope (gün/on yıl)	Eşik Değerine Sahip İndisler	z değeri	Sen's Slope (gün/on yıl)
TX10p ***	-5.72	-0.96	FD **	-2.70	-0.93
TN10p ***	-5.71	-1.04	ID	-1.63	0.00
TX90p ***	4.01	0.44	SU ***	6.03	3.13
TN90p ***	3.67	0.58	TR ***	6.31	3.23
Mutlak (Rekor) Sıcaklık İndisleri	z değeri	Sen's Slope (°C/on yıl)	Süre (Uzunluk) Tabanlı İndisler	z değeri	Sen's Slope (gün/on yıl)
TXn	1.73	0.10	WSDI	1.93	0
TNn **	2.74	0.18	CSDI ***	-5.79	-1.37
TXx	0.60	0.05			
TNx ***	3.61	0.14			

M-K test sonuçlarına göre “sıcak gece sayıları” incelendiğinde, 1912-2021 yıllarını kapsayan 110 yıllık dönemde sıcak gece sayılarının her 10 yılda +0.58 gün olmak üzere artış eğilimi gösterdiği görülmüştür (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomalilere bakıldığında; sıcak gece sayıları açısından en yüksek pozitif anomali +3.11 değeriyle 2019 yılında, en düşük negatif anomaliye -1.48 değeriyle 1959 ve 1967 yıllarında görülmüştür (Şekil 2e). Diğer taraftan 1997 yılından sonra anomaliler bir yıl hariç (2003) sürekli pozitif değerler göstermiştir (Şekil 1e). Bu durum sıcak gece sayıları açısından 1997 yılının bir kırılma yılı olduğunu göstermektedir. Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde, 1912-1950 ve 1951-1985 dönemlerinde $0 \leq$ anomali değerlerine denk gelen frekansların toplamalarının sırasıyla 30 ve 29 olduğu görülmüş, üçüncü dönemdeyse bu toplam 12'ye düşmüştür. Bunun yanında ilk iki dönemde $+2 \geq$ anomali değerlerinde herhangi bir frekans görülmezken, üçüncü dönemde bu değerlere denk gelen frekansların toplamı 15 olmuştur (Şekil 2f). Bu durum; sıcak gece sayılarının ilk iki döneme göre 1986-2021 döneminde belirgin bir şekilde arttığını göstermektedir. Bu artışın asıl nedeninin 1997 yılı sonrasında gözlenen kuvvetli pozitif anomaliler olduğu söylemek mümkündür.



Şekil 2- Sıcak gün (solda) ve gece (sağda) sayılarındaki yıllar arası değişimler (a-d), anomalilerin uzun süreli dalgalanmaları ve yıllar arası değişimleri (b-e) ve 1912-1950, 1951-1985, 1986-2021 dönemlerine ait histogramlar (c-f). Anomaliler 1981-2010 referans dönemine göre hesaplanmış ve histogramların sınıf aralıkları anomali değerlerine göre düzenlenmiştir.

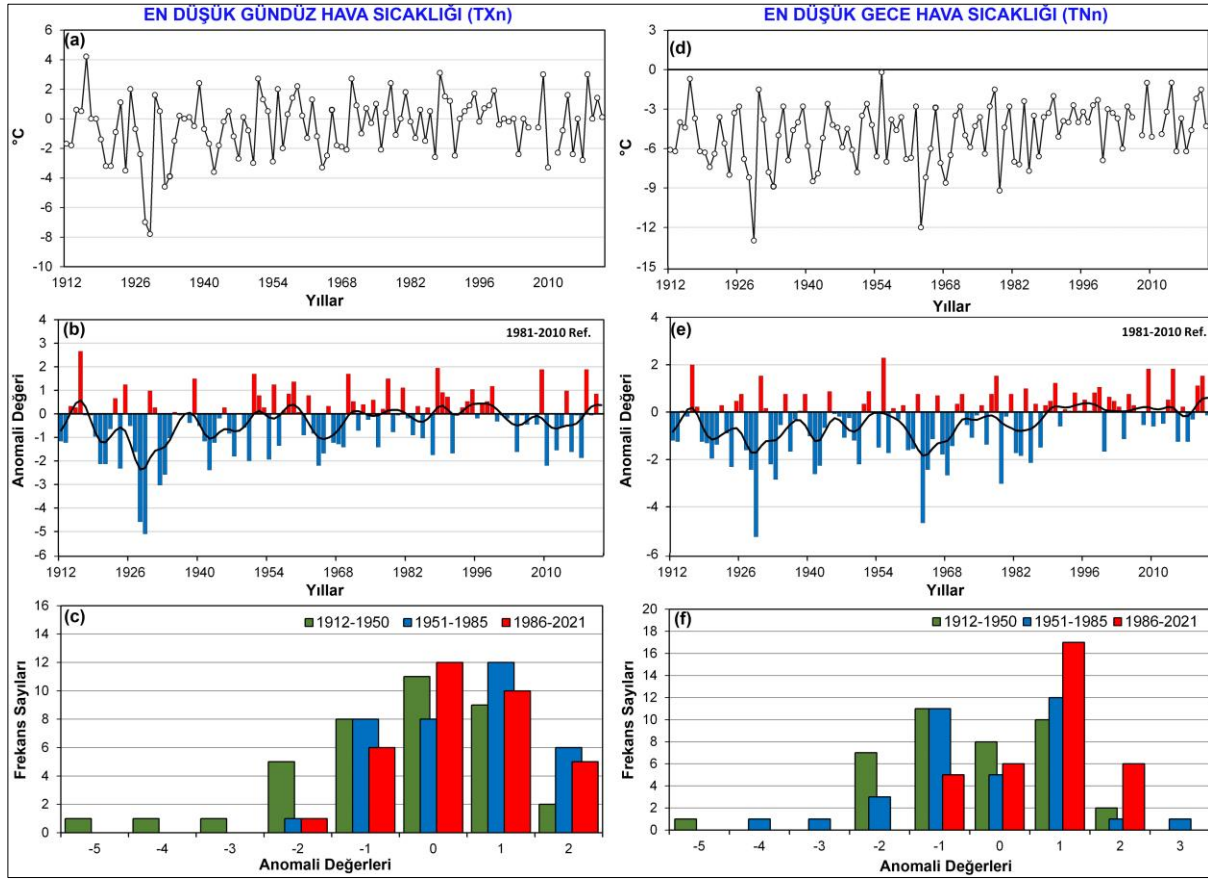
Figure 2- The annual variations of warm days (left) and warm nights (right) (a-d), their long-term fluctuations and annual variations (b-e), and the comparison of histograms for the periods of 1912-1950, 1951-1985, and 1986-2021 (c-f). Anomalies calculated based on 1981-2010 reference period and class ranges of the histograms are arranged according to the anomaly values.

3.2. Mutlak (rekor) sıcaklık indisleri

Kandilli Rasathanesi'nde 1912-2021 döneminde en düşük gündüz, en düşük gece (mutlak minimum hava sıcaklığı), en yüksek gündüz (mutlak maksimum hava sıcaklığı) ve en yüksek gece hava sıcaklıklarının zaman

dizilerinde, yıllar arası değişkenlikler görülmekle birlikte, artma eğilimleri belirlenmiştir (Şekil 3; Şekil 4 ve Tablo 4). Rekor minimumlarda gözlenen artış eğilimleri, rekor maksimumlarda gözlenen azalma eğilimlerinden daha belirgin ve anlamlı olmuştur (Tablo 4).

M-K test sonuçlarına göre “en düşük gündüz hava sıcaklıkları” incelendiğinde; 1912-2021 rasat dönemini kapsayan 110 yıllık dönemde, en düşük gündüz hava sıcaklıklarının istatistiksel olarak anlamlı olmasa da her 10 yılda +0.10 °C olmak üzere artış eğilimi gösterdiği görülmüştür (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomalilere bakıldığında; 110 yıllık dönemde en düşük gündüz hava sıcaklığının -5.10 anomali değeriyle 1929 yılında olduğu gözlenmiştir. (-7.8 °C - 08/02/1929) (Şekil 3b). Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde; 1912-1950 döneminde 1951-1985 ve 1986-2021 dönemlerine göre en düşük gündüz hava sıcaklıklarının daha fazla negatif anomali değerleri gösterdiği görülmüştür. Nitekim bu dönemlerde $0 \leq$ anomali değerine denk gelen frekansların toplamı sırasıyla 27, 17 ve 19’ken; $0 >$ anomali değerlerindeki frekans toplamı ise sırasıyla 11, 18 ve 15’tir. Bu bulgular en düşük gündüz hava sıcaklıklarının 1950 yılı sonrasında arttığını göstermektedir. Diğer taraftan 1912-1950 döneminin diğer dönemlere göre daha soğuk olduğunu ortaya koymaktadır.

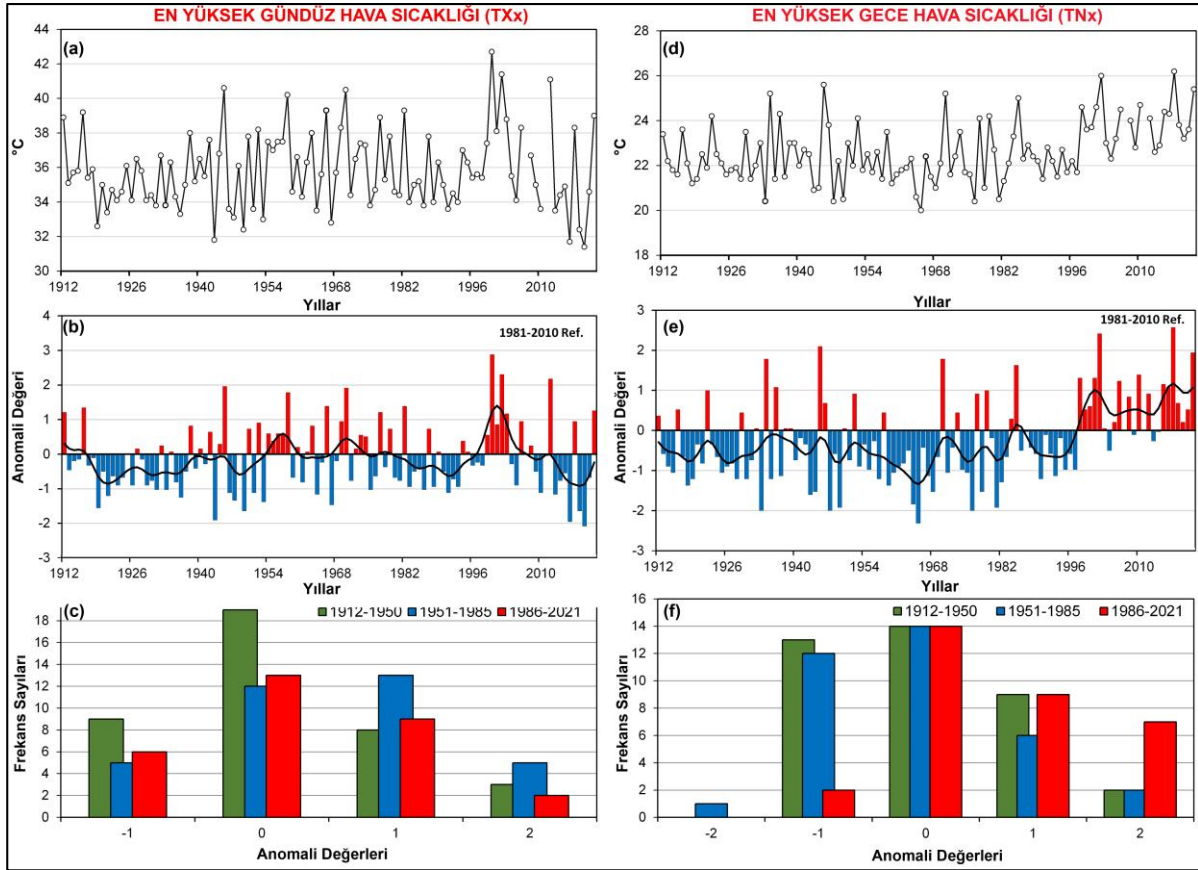


Şekil 3- En düşük gündüz hava sıcaklığı (solda) ve en düşük gece hava sıcaklığındaki (sağda) yıllar arası değişimler (a-d), anomalilerin uzun süreli dalgalanmaları ve yıllar arası değişimleri (b-e) ve 1912-1950, 1951-1985, 1986-2021 dönemlerine ait histogramlar (c-f). Anomaliler 1981-2010 referans dönemine göre hesaplanmış ve histogramların sınıf aralıkları anomali değerlerine göre düzenlenmiştir.

Figure 3- The annual variations of lowest (minimum) daytime air temperature (left) and lowest night air temperature (right) (a-d), their long-term fluctuations and annual variations (b-e), and the comparison of histograms for the periods of 1912-1950, 1951-1985, and 1986-2021 (c-f). Anomalies calculated based on 1981-2010 reference period and class ranges of the histograms are arranged according to the anomaly values.

M-K test sonuçlarına göre “en düşük gece hava sıcaklıkları (mutlak minimum hava sıcaklığı)” incelendiğinde, 1912-2021 yıllarını kapsayan 110 yıllık dönemde, en düşük gece hava sıcaklıkları 0.01 anlamlılık düzeyinde her 10 yılda +0.18 °C olmak üzere artış eğilimi göstermiştir (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomaliler incelendiğinde; 110 yıllık dönemde en düşük gece hava sıcaklığı -5.27 anomali değeri ile 1929 yılındadır (-13 °C - 09/02/1929) (Şekil 3e). Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde, $0 \leq$ anomali değerlerine denk gelen frekansların toplamalarının her dönemde bir önceki döneme göre azaldığı gözlenmiştir (sırasıyla $\sum f$: 27, 21, 11). $0 >$ anomali değerlerindeki frekans toplamaları ise her dönemde bir önceki döneme göre artmıştır (sırasıyla $\sum f$: 12, 14, 23) (Şekil 3f). Bu bulgular, en düşük gece hava sıcaklıklarının zaman içinde arttığını ortaya koymaktadır.

M-K test sonuçlarına göre “en yüksek gündüz hava sıcaklıkları (mutlak maksimum hava sıcaklığı)” incelendiğinde, 1912-2021 yıllarını kapsayan 110 yıllık dönemde, en yüksek gündüz hava sıcaklıklarında anlamlı bir artış eğilimi görülmemiştir (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomaliler incelendiğinde; 110 yıllık dönemde en yüksek gündüz hava sıcaklığı +2.88 anomali değeri ile 2000 yılındadır (42.7 °C - 13/07/2000) (Şekil 4b). Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde; dönemler arasında belirgin farklılıkların olmadığı gözlenmiştir. Yalnızca 1912-1950 döneminde diğer dönemlere göre negatif anomali değerlerine sahip yılların sayıca daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4c).



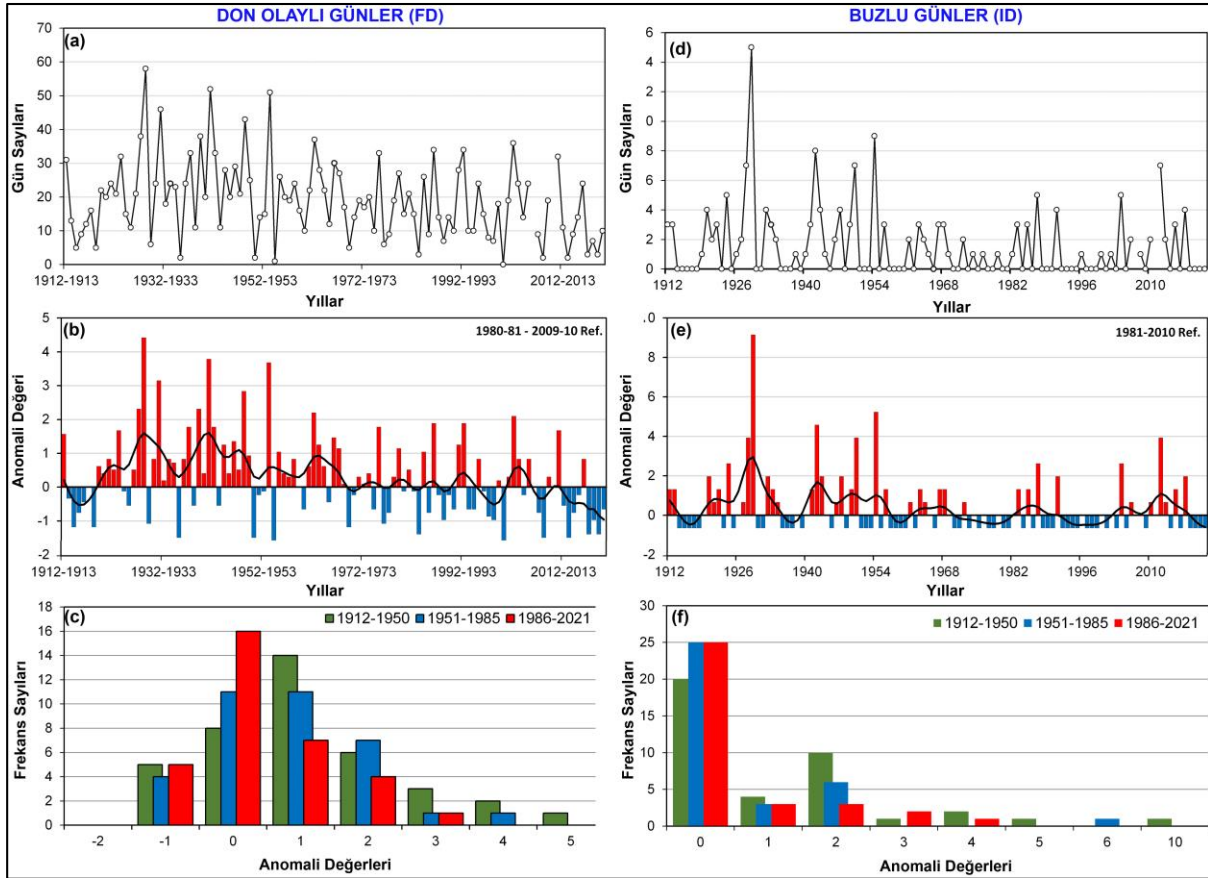
Şekil 4- En yüksek gündüz hava sıcaklığı (solda) ve en yüksek gece hava sıcaklığındaki (sağda) yıllar arası değişimler (a-d), anomalilerin uzun süreli dalgalanmaları ve yıllar arası değişimleri (b-e) ve 1912-1950, 1951-1985, 1986-2021 dönemlerine ait histogramlar (c-f). Anomaliler 1981-2010 referans dönemine göre hesaplanmış ve histogramların sınıf aralıkları anomali değerlerine göre düzenlenmiştir.

Figure 4- The annual variations of highest (maximum) daytime air temperature (left) and highest night air temperature (right) (a-d), their long-term fluctuations and annual variations (b-e), and the comparison of histograms for the periods of 1912-1950, 1951-1985, and 1986-2021 (c-f). Anomalies calculated based on 1981-2010 reference period and class ranges of the histograms are arranged according to the anomaly values.

M-K test sonuçlarına göre “en yüksek gece hava sıcaklıkları” incelendiğinde, 1912-2021 yıllarını kapsayan 110 yıllık dönemde, en yüksek gece hava sıcaklıkları 0.001 anlamlılık düzeyinde her 10 yılda + 0.14 °C olmak üzere artış eğilimi göstermiştir (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomaliler incelendiğinde; 110 yıllık dönemde en yüksek gece hava sıcaklığı +2.57 anomali değeri ile 2017 yılına aittir (26.2 °C - 01/07/2017) (Şekil 4e). Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde; ilk iki dönemde anomalilerin genellikle negatif değerler gösterdiği; üçüncü dönemde ise bu değerlerin pozitif yöne doğru kaydığı gözlenmiştir. Özellikle de üçüncü dönemde 1997 yılından sonra birkaç yıl hariç (2004, 2009 ve 2013) anomali değerleri sürekli pozitif değerler göstermiştir (Şekil 4f). Bu bulgular, en yüksek gece hava sıcaklıklarının ilk iki döneme göre üçüncü dönemde arttığını ortaya koymaktadır. Bu artışın asıl nedeninin 1997 yılı sonrasında gözlenen kuvvetli pozitif anomali değerleriyle ilgili olduğunu söylemek mümkündür.

3.3. Eşik değerine sahip indisler

Kandilli Rasathanesi’nde 1912-2021 rasat dönemi içinde don olaylı ve buzlu gün sayılarında azalma eğilimleri; yaz günü ve tropikal gece sayılarında ise artış eğilimleri görülmüştür (Şekil 5, Şekil 6 ve Tablo 4). Yaz günü ve tropikal gece sayılarında gözlenen artış eğilimleri, don olaylı gün ve buzlu gün sayılarının azalma eğilimlerinden daha belirgin ve istatistiksel olarak daha anlamlıdır (Tablo 4).

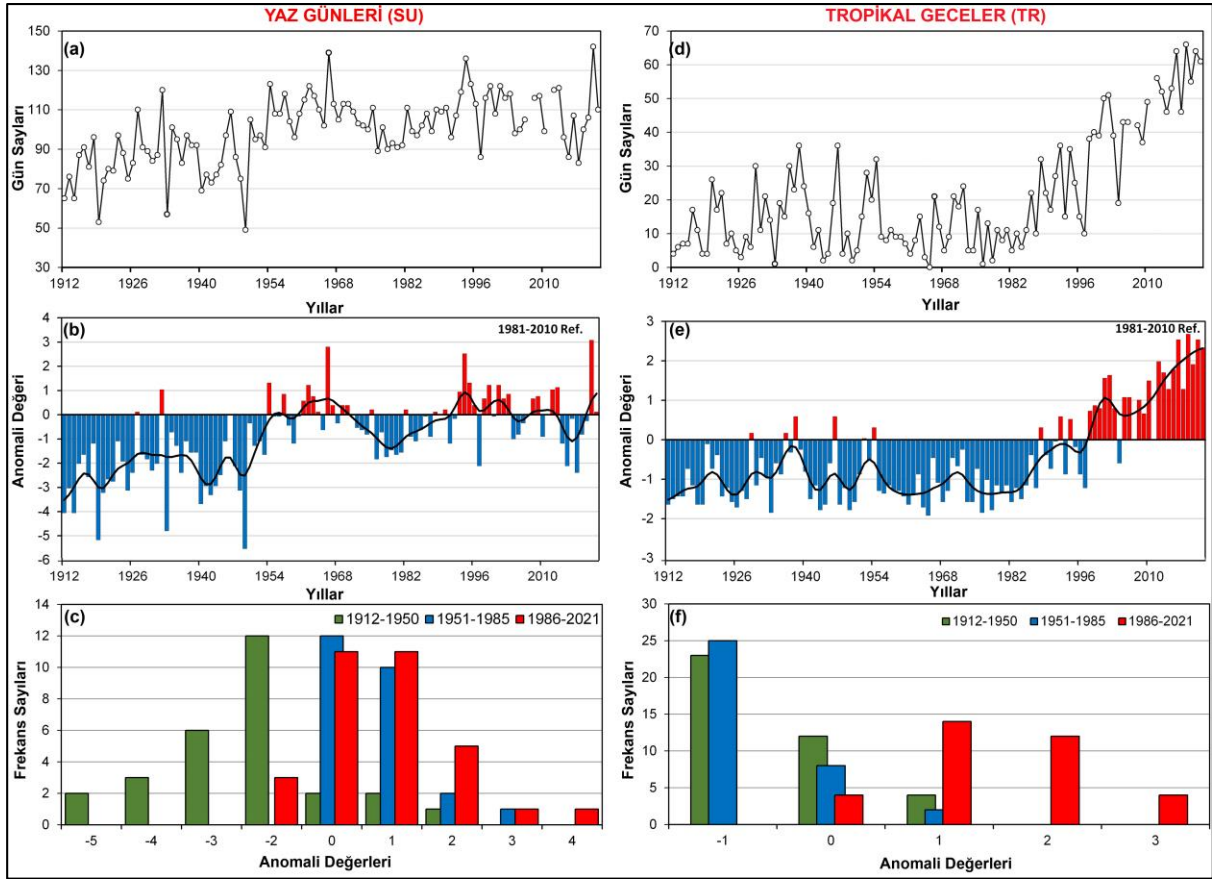


Şekil 5- Don olaylı (solda) ve buzlu gün (sağda) sayılarındaki yıllar arası değişimler (a-d), anomalilerin uzun süreli dalgalanmaları ve yıllar arası değişimleri (b-e) ve 1912-1950, 1951-1985, 1986-2021 dönemlerine ait histogramlar (c-f). Anomaliler 1981-2010 referans dönemine göre hesaplanmış ve histogramların sınıf aralıkları anomali değerlerine göre düzenlenmiştir.

Figure 5- The annual variations of frost days (left) and icing days (right) (a-d), their long-term fluctuations and annual variations (b-e), and the comparison of histograms for the periods of 1912-1950, 1951-1985, and 1986-2021 (c-f). Anomalies calculated based on 1981-2010 reference period and class ranges of the histograms are arranged according to the anomaly values.

M-K test sonuçlarına göre “don olaylı gün sayıları” incelendiğinde, 1912-2021 dönemini kapsayan 109 yıllık dönemde (su yılına göre) don olaylı gün sayıları 0.01 anlamlılık düzeyinde her 10 yılda -0.93 gün olmak üzere azalma eğilimi göstermiştir (Tablo 4). 1980-1981 ve 2009-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomaliler incelendiğinde; en fazla don olaylı gün sayısı +4.42 değeri ile 1928-1929 yılındadır (Σ : 58 gün) (Şekil 5b). Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde; 1912-1950 döneminde don olaylı gün sayıları 1951-1985 ve 1986-2021 dönemlerine göre daha fazla kuvvetli pozitif anomali değerleri göstermiştir. Nitekim ilk dönemde $+3 \geq$ anomali değerlerine sahip frekansların toplamı 6'ken, ikinci dönemde bu değer 2, üçüncü dönemde ise 1'dir. Diğer taraftan $0 >$ anomali değerlerine sahip frekansların toplamı incelendiğinde de bunlar sırasıyla 26, 20 ve 12'dir. Bu durum don olaylı gün sayılarının ilk döneme göre ikinci ve üçüncü dönemde azaldığını ortaya koymaktadır.

M-K test sonuçlarına göre “buzlu gün sayıları” incelendiğinde, 1912-2021 dönemini kapsayan 110 yıllık dönemde buzlu gün sayıları anlamlı olmasa da azalma eğilimi göstermiştir (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomalilere bakıldığında; buzlu gün sayıları açısından en yüksek pozitif anomali değeri +9.14 değeriyle 1929 yılındadır (Σ : 15 gün) (Şekil 5e). Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde; dönemler arasında belirgin farklılıkların olmadığı gözlenmiştir. Yalnızca 1912-1950 döneminde diğer dönemlere göre negatif anomali değerlerine sahip yılların sayıca daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 5f).



Şekil 6- Yaz günü (solda) ve tropikal gece (sağda) sayılarındaki yıllar arası değişimler (a-d), anomalilerin uzun süreli dalgalanmaları ve yıllar arası değişimleri (b-e) ve 1912-1950, 1951-1985, 1986-2021 dönemlerine ait histogramlar (c-f). Anomaliler 1981-2010 referans dönemine göre hesaplanmış ve histogramların sınıf aralıkları anomali değerlerine göre düzenlenmiştir.

Figure 6- The annual variations of summer days (left) and tropical nights (right) (a-d), their long-term fluctuations and annual variations (b-e), and the comparison of histograms for the periods of 1912-1950, 1951-1985, and 1986-2021 (c-f). Anomalies calculated based on 1981-2010 reference period and class ranges of the histograms are arranged according to the anomaly values.

M-K test sonuçlarına göre “**yaz günü sayıları**” incelendiğinde, 1912-2021 dönemini kapsayan 110 yıllık dönemde yaz günü sayıları 0.001 anlamlılık düzeyinde her 10 yılda +3.13 gün olmak üzere artış eğilimi göstermiştir (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomaliler incelendiğinde; 110 yıllık dönem içinde yaz günü sayısı açısından en yüksek pozitif anomali değeri +3.07 değeriyle 2020 yılındadır (Σ : 142 gün) (Şekil 6b). Anomalilere göre oluşturulan histogramlara bakıldığında, ilk dönemde en yüksek frekansın -2 anomali değerinde gözleendiği, ikinci ve üçüncü dönemde bunların 0 ve +1 anomali değerlerine doğru kaydığı görülmüştür. Öte yandan $0 >$ anomali değerlerine sahip frekans toplamlarının dönemler arasında zaman için arttığı (sırasıyla Σ f: 3, 13, 18); $0 <$ anomali değerlerine sahip frekans toplamlarının ise azaldığı gözlenmiştir (sırasıyla Σ f: 29, 10, 5) (Şekil 6c). Bu durum yaz günü sayılarının zaman içinde artış gösterdiğini ortaya koymaktadır.

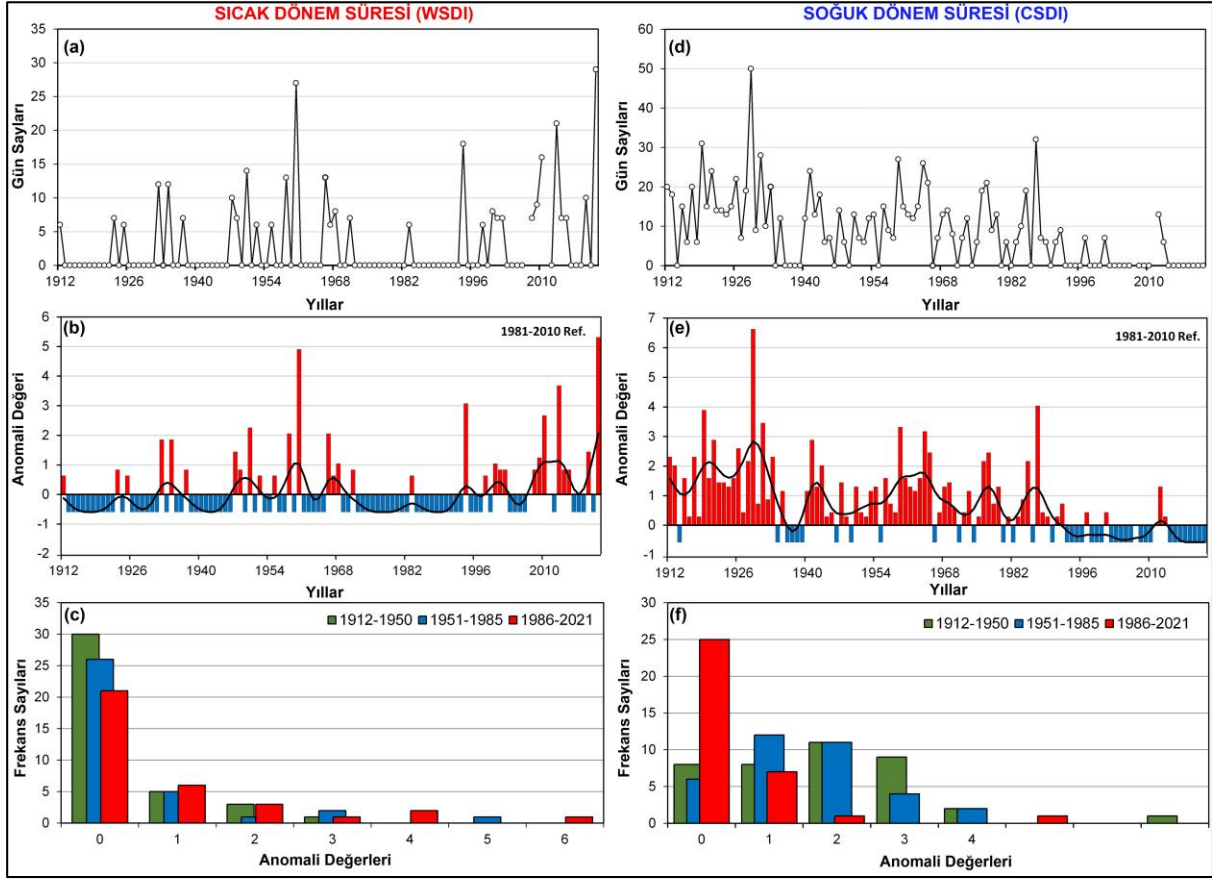
M-K test sonuçlarına göre “**tropikal gece sayıları**” incelendiğinde, 1912-2021 dönemini kapsayan 110 yıllık dönemde tropikal gece sayıları 0.001 anlamlılık düzeyinde her 10 yılda +3.23 gün olmak üzere artış eğilimi göstermiştir (Tablo 4). 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomaliler incelendiğinde; 110 yıllık dönem içinde tropikal gece sayıları açısından en yüksek pozitif anomali değeri +3.07 değeriyle 2018 yılındadır (Σ : 66 gün) (Şekil 6e). Diğer taraftan 1997 yılından sonra anomaliler bir yıl hariç (2003) sürekli pozitif değerler göstermiştir (Şekil 6e). Bu durum sıcak gece sayıları açısından 1997 yılının bir kırılma yılı olduğunu göstermektedir. Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde; 1912-1950 ve 1951-1985 dönemlerinde en yüksek frekansa sahip anomali değerinin -1 olduğu, üçüncü dönemde ise en yüksek frekansın +1 anomali değerine doğru kaydığı gözlenmiştir. Bunun yanında ilk iki dönemde $+1 \geq$ anomali değerine denk gelen frekansların toplamları yalnızca 6’ken, üçüncü dönemde bu değer 30’dur (Şekil 6f). Bu durum diğer dönemlere göre 1986-2021 döneminde tropikal gece sayısının arttığını ve özellikle de bu artışın 1997 yılından sonra gerçekleştiğini göstermektedir.

3.4. Süre (uzunluk) tabanlı indisler

Kandilli Rasathanesi’nde 1912-2021 rasat dönemi içinde yıllar arası değişkenlik göstermekle birlikte sıcak dönem süresinde artma; soğuk dönem süresinde ise azalma eğilimleri saptanmıştır (Şekil 7; Tablo 4). Soğuk dönem süresindeki azalma eğilimi, sıcak dönem süresindeki artış eğiliminden daha belirgin ve anlamlı olmuştur.

M-K test sonuçlarına göre “**sıcak dönem süresi**” incelendiğinde, 1912-2021 dönemini kapsayan 110 yıllık dönemde sıcak dönem süresi istatistiksel olarak anlamlı olmasa da artış eğilimi göstermiştir (Tablo 4). 1981-2021 referans dönemine göre standardize edilen anomaliler incelendiğinde, sıcak dönem süresi açısından en yüksek pozitif anomali +5.31 değeri ile 2021 yılıdır (Σ : 29 gün) (Şekil 7b). Anomaliler göre hesaplanan histogramlardan da görülebileceği gibi sıcak dönem süreleri açısından dönemler arasında belirgin farklılıklar görülmemektedir.

M-K test sonuçlarına göre “**soğuk dönem süresi**” incelendiğinde, 1912-2021 dönemini kapsayan 110 yıllık dönemde soğuk dönem süresi 0.001 anlamlılık düzeyinde her 10 yılda -1.37 gün olmak üzere azalma eğilimi göstermiştir (Tablo 4). 1981-2021 referans dönemine göre standardize edilen anomaliler incelendiğinde, soğuk dönem süresi açısından en yüksek pozitif anomali +6.62 değeri ile 1929 yılındadır (Σ : 50 gün) (Şekil 7e). Anomalilere göre oluşturulan histogramlar incelendiğinde; $0 >$ anomali değerine sahip frekansların toplamları ilk iki dönemde sırasıyla 31 ve 29’ken, üçüncü dönemde bu değer 9’dur. Bu bulgular 1986-2021 döneminde diğer dönemlere göre soğuk dönem süresinin azaldığını göstermektedir. Özellikle de 1997 yılı soğuk dönem süreleri açısından kırılma yılı olarak dikkat çekmektedir.



Şekil 7- Sıcak dönem (solda) ve soğuk dönem (sağda) sürelerindeki yıllar arası değişimler (a-d), anomalilerin uzun süreli dalgalanmaları ve yıllar arası değişimleri (b-e) ve 1912-1950, 1951-1985, 1986-2021 dönemlerine ait histogramlar (c-f). Anomaliler 1981-2010 referans dönemine göre hesaplanmış ve histogramların sınıf aralıkları anomali değerlerine göre düzenlenmiştir.

Figure 7- The annual variations of warm spell duration (left) and cold spell duration (right) (a-d), their long-term fluctuations and annual changes (b-e), and the comparison of histograms for the periods of 1912-1950, 1951-1985, and 1986-2021 (c-f). Anomalies calculated based on 1981-2010 reference period and class ranges of the histograms are arranged according to the anomaly values.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Türkiye'nin en uzun meteorolojik/klimatolojik gözlemlerine sahip olan Kandilli Rasathanesi'nin 1912-2021 rasat süresindeki günlük maksimum ve minimum hava sıcaklıkları gözlemlerinden yararlanılarak 14 ekstrem sıcaklık indisinin zaman içindeki eğilimi ve değişimi incelenmiştir. Bu indisler soğuk günleri (TX10p), sıcak günleri (TX90p), soğuk geceleri (TN10p), sıcak geceleri (TN90p); en yüksek gündüz hava sıcaklıklarını (TXx), en düşük gece hava sıcaklıklarını (TNn), en yüksek gece hava sıcaklıklarını (TNx) ve en düşük gündüz hava sıcaklıklarını (TXn); don olaylı gün sayısını (FD), buzlu gün sayısını (ID), yaz günü sayısını (SU), tropikal gece sayısını (TR), sıcak dönem süresini (WSDI) ve soğuk dönem süresini (CSDI) içermektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1- M-K test sonuçlarına göre, Kandilli Rasathanesi'nde 1912-2021 yıllarını kapsayan 110 yıllık dönemde sıcak gün, sıcak gece, yaz günü ve tropikal gece sayıları ve sıcak dönem süresi artmış, buna karşılık soğuk gün, soğuk gece, don olaylı gün ve buzlu gün sayıları ve soğuk dönem süresi azalmıştır. Ayrıca tüm rekor hava sıcaklıklarında da artış eğilimi görülmüştür. Bu bulgular; istasyonda rasat süresi boyunca zaman içinde sıcak ekstremelerin sıklığı, süresi ve şiddetinin arttığını, soğuk ekstremelerinse azaldığını göstermektedir. Elde edilen bu bilgiler, hem küresel ölçekte (Donat vd., 2013; Dunn vd., 2020) hem Türkiye'de (Sensoy vd. 2013; Erlat & Türkes, 2011; Erlat & Türkes, 2017; Erlat & Güler, 2018) hem de Marmara Bölgesi'nde (Toros & Abbasnia,

2017; Abbasnia & Toros, 2018; Baltacı, 2019; Abbasnia & Toros, 2020) yapılmış olan çalışmaların sıcak gün, sıcak gece, yaz günü ve tropikal gece sayılarının ve sıcak dönem sürelerinin arttığı, soğuk gün, soğuk gece, don olaylı gün ve buzlu gün sayılarının ve soğuk dönem sürelerinin ise azaldığı yönündeki sonuçlarıyla da uyumludur.

2- Kandilli Rasathanesi'nde günlük maksimum hava sıcaklıklardan hesaplanan ekstrem sıcaklık indislerinin (sıcak gün, soğuk gün, yaz günü ve buzlu gün sayıları ve sıcak dönem süresi) 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomali dizileri, 1912-1950 yıllarının oldukça soğuk bir dönem olduğunu göstermiştir. Nitekim bu dönem küresel olarak 19. yüzyılın sonlarında gözlenen soğuma döneminin son periyoduna denk gelmektedir (Houghton vd., 2001; Erlat, 2019). 1950 yılı sonrasında ise indislerin anomali dizilerine göre maksimum hava sıcaklıkların farklılaştığı üç dönem tespit edilmiştir. Bunlar, referans dönemine göre maksimum hava sıcaklıklarının daha yüksek olduğu 1951-1970, daha düşük olduğu 1971-1990 ve daha yüksek olduğu 1990-2021 dönemleridir. 1951-1970 ve 1971-1990 dönemleri istasyonun bulunduğu Marmara Bölgesi'nde daha önce Türkeş (1995) ve Kadioğlu (1997) tarafından yapılan çalışmalarda da ortaya konmuştur. Üçüncü dönemin başlangıcı olan 1990 yılından sonra maksimum hava sıcaklıklarının günümüze doğru artış eğilimi gösterdiği sıcak bir döneme geçiş yapılmıştır. Aslında son dönemdeki artış eğilimi 1985'li yıllarda başlamış ancak anomalilerin negatife (pozitif) dönmesi 1990'lı yıllardan itibaren gerçekleşmiştir. Nitekim Türkiye'de ortalamalara göre daha sıcak koşulların egemen olduğu bir döneme geçiş (antropojen iklim değişikliği sinyali) bazı istasyonlarda 1980-1985 yıllarında, bazılarında ise 1990'ların başlarında gerçekleşmiştir (Türkeş, 2012). Bu bağlamda bu geçiş günlük maksimum hava sıcaklıkları açısından Kandilli Rasathanesi'nde 1985'li yıllarda başlamış ancak 1990'lı yıllarda belirginleşmiştir.

3- Kandilli Rasathanesi'nde günlük minimum hava sıcaklığından hesaplanan ekstrem sıcaklık indislerinin (sıcak gece, soğuk gece ve tropikal gece sayıları ve soğuk dönem süresi) 1981-2010 referans dönemine göre standardize edilen anomali dizileri, 1912-1997 yıllarında minimum hava sıcaklıklarının, yıllar arası değişkenlik olmakla birlikte, genel olarak referans dönemi göre daha düşük sıcaklıklara sahip olduğunu göstermektedir. 1997 yılından sonra indislerin anomali dizileri, genellikle referans dönemine göre daha kuvvetli pozitif (negatif) anomali değerleri göstermiştir. Örneğin, soğuk gece sayıları açısından en düşük negatif anomali değeri -1.91 değeriyle 2014 yılında; sıcak gece sayıları açısından en yüksek pozitif anomali değeri ise +3.11 değeriyle 2019 yılında olmuştur. Bu durum, antropojen iklim değişikliği sinyali açısından 1997 yılının daha sıcak koşulların egemen olduğu bir döneme geçiş yılı olduğunu göstermektedir. Nitekim çalışmada yıllık ortalama minimum hava sıcaklığı zaman dizilerinde kırılmaları belirlemek amacıyla yapılmış olan SNHT ve Buishand testine göre de 1997 yılı kırılma yılı olarak tespit edilmiştir. Türkiye'de minimum hava sıcaklıklarından yararlanılarak yapılan çalışmalarda da minimumlardaki belirgin değişimin 1997 yılı sonrasında olduğu vurgulanmaktadır (Erlat & Güler, 2018; Çoruk & Acar, 2022).

4- Kandilli Rasathanesi'nde 1912-2021 rasat döneminde sıcak ekstremlerin sıklığı, şiddeti ve süresinin artması, buna karşılık soğuk ekstremlerinse azalması hem günlük maksimum hava sıcaklıklarının hem de günlük minimumların genel bir ısınma eğilimi içinde olduğu göstermektedir. Diğer taraftan genellikle günlük minimum hava sıcaklıklarından hesaplanan indislerdeki değişimlerin maksimumlardaki indislere göre daha hızlı ve belirgin olduğu görülmektedir. Örneğin, soğuk gece ve tropikal gece sayıları ve mutlak minimum hava sıcaklığı sırasıyla -1.04 gün/on yıl, +3.23 gün/on yıl, +0.18 °C/on yıl değişirken; sıcak gün ve yaz günü sayıları ve mutlak maksimum hava sıcaklığı sırasıyla +0.44 gün/on yıl, +3.13 gün/on yıl, +0.05 °C/on yıl olarak değişmiştir. Bu bulgular istasyonda günlük minimum hava sıcaklıklarında gözlenen ısınmanın günlük maksimumlardaki ısınmaya göre daha hızlı olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu bilgiler, küresel ve bölgesel ölçekte 20. yüzyıldan itibaren günlük minimum hava sıcaklıklarından elde edilen indislerin günlük maksimumlardan elde edilen indislere göre çok daha hızlı değiştiği yönündeki çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur (Donat vd., 2013; Alexander vd., 2016; Abbasnia & Toros, 2019; Dunn vd., 2020).

5- Kandilli Rasathanesi'nde maksimum ve minimum hava sıcaklıklarında gözlenen ısınma eğilimleri küresel, bölgesel ve yerel olarak tüm hava sıcaklıklarında gözlenen ısınma eğilimleriyle uyumlu olarak çok büyük oranda antropojenik sera gazlarının atmosfer birikimindeki artışla ve/veya atmosferdeki sera etkisinin kuvvetlenmesiyle ilişkilidir. Diğer taraftan günlük minimum hava sıcaklıklarında gözlenen ısınmanın günlük

maksimum hava sıcaklıklarında gözlenen ısınma eğiliminden daha hızlı ve belirgin olması, bölgesel ve/veya kentsel arazi kullanımındaki değişikliklerle ve hızlı kentleşme olgusuyla bağlantılı kentsel ısı adasının olası etkisiyle açıklanabilir. Özellikle de istasyonun bulunduğu kentin İstanbul gibi “mega” bir kent yapısında olması bu düşüncenin doğruluğunu kuvvetlendirmektedir. Zaten küresel ve bölgesel ölçekte yapılan birçok çalışmada da kentsel ısı adasıyla bağlantılı günlük minimum hava sıcaklıklarının günlük maksimumlara göre daha hızlı bir ısınma eğiliminde olduğu belirtilmektedir (Mohsin & Gough, 2012; Aykır, 2017; IPCC, 2021).

6- Elde edilen tüm sonuçlar, antropojenik etkilerle ilişki olarak hem küresel hem de bölgesel ölçekte 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren daha belirgin olmak üzere sıcak ekstremlerin sıklığı, şiddeti ve süresinde gözlenen artış, soğuk ekstremlerinde gözlenen azalma eğilimleriyle uyumludur. 21. yüzyılda ekstrem hava sıcaklıklarına ilişkin öngörüler dikkate alındığında, İstanbul gibi mega bir kentte bu değişimlerin devam etmesi sağlık, turizm ve enerji gibi birçok sektörü ciddi anlamda olumsuz etkilemesi beklenebilir.

Teşekkür

Meteorolojik/klimatolojik gözlemlerin temininde kolaylık sağlayan Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve D.A.E Meteoroloji Laboratuvarı'na teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / funding conditions	Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir. <i>The author declared that this study has received no financial support</i>

REFERANSLAR

- Abbasnia, M., & Toros, H. (2019). Analysis of long-term changes in extreme climatic indices: a case study of the Mediterranean climate, Marmara Region, Turkey. *Meteorology and climatology of the Mediterranean and Black Seas*, 141-153.
- Abbasnia, M., & Toros, H. (2020). Trend analysis of weather extremes across the coastal and non-coastal areas (case study: Turkey). *Journal of Earth System Science*, 129(1), 1-13.
- Acar Deniz, Z., & Gönençgil, B. (2015). Trends of summer daily maximum temperature extremes in Turkey. *Physical Geography*, 36(4), 268-281.
- Alexander, L. V. (2016). Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. *Weather and Climate Extremes*, 11, 4-16.
- Alexander, L., & Herold, N. (2016). *ClimPACT2: Indices and software*.
- Alexandersson H, Moberg A. (1997). Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology* 17: 25–34.
- Aykır, D. (2017). Türkiye’de ekstrem sıcaklık indislerinin eğilimlerinde şehirleşmenin etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (69), 47-57.
- Baltacı, H. (2019). Spatiotemporal variability of climate extremes in the Marmara Region (NW Turkey). *International Journal of Global Warming*, 18(3-4), 239-252.
- Buishand TA. (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology* 58: 11–27.
- Çoruk, B. & Acar (2022). Ekstrem Sıcaklık Analizi: Marmara Bölgesi Örneği. *Disaster Science and Engineering*, 8(2), 25-39.
- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M., & Sümer, U. M. (2008). Türkiye’de Maksimum, Minimum ve Ortalama Hava Sıcaklıkları ile Yağış Dizilerinde Gözlenen Değişiklikler ve Eğilimler. *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 69, 84.

- Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J., ... & Kitching, S. (2013). Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(5), 2098-2118.
- Donat, M. G., Sillmann, J., Wild, S., Alexander, L. V., Lippmann, T., & Zwiers, F. W. (2014a). Consistency of temperature and precipitation extremes across various global gridded in situ and reanalysis datasets. *Journal of Climate*, 27(13), 5019-5035.
- Donat, M. G., Peterson, T. C., Brunet, M., King, A. D., Almazroui, M., Kolli, R. K., ... & Al Shekaili, M. N. (2014b). Changes in extreme temperature and precipitation in the Arab region: long-term trends and variability related to ENSO and NAO. *International Journal of Climatology*, 34(3), 581-592.
- Dunn, R. J., Alexander, L. V., Donat, M. G., Zhang, X., Bador, M., Herold, N., ... & Bin Hj Yussof, M. N. A. (2020). Development of an updated global land in situ-based data set of temperature and precipitation extremes: HadEX3. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(16), e2019JD032263.
- El Kenawy, A., López-Moreno, J. I., & Vicente-Serrano, S. M. (2013). Summer temperature extremes in northeastern Spain: spatial regionalization and links to atmospheric circulation (1960–2006). *Theoretical and Applied Climatology*, 113(3), 387-405.
- Erlat, E., & Güler, H. (2018). Türkiye’de Sıcaklık Ekstremlerinin Sürelerinde Gözlenen Değişim ve Eğilimler (1950-2017). *Ege Coğrafya Dergisi*, 27(2), 135-148.
- Erlat, E., & Türkeş, M. (2012). Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950–2010. *International Journal of Climatology*, 32(12), 1889-1898.
- Erlat, E., & Türkeş, M. (2013). Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey. *International Journal of Climatology*, 33(8), 1898-1908.
- Erlat, E., & Türkeş, M. (2015). Türkiye Rekor Maksimum ve Minimum Hava Sıcaklıklarının Frekanslarında 1950-2014 Döneminde Gözlenen Değişimler ve Atmosfer Koşullarıyla Bağlantıları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 24(2).
- Erlat, E., & Türkeş, M. (2016). Dates of frost onset, frost end and the frost-free season in Turkey: trends, variability and links to the North Atlantic and Arctic Oscillation indices, 1950-2013. *Climate Research*, 69(2), 155-176.
- Erlat, E., & Türkeş, M. (2017). Türkiye’de Tropikal Gece Sayılarında Gözlenen Değişimler ve Eğilimler. *Ege Coğrafya Dergisi*, 26(2), 95-106.
- Erlat, E., Türkeş, M., & Aydın-Kandemir, F. (2021). Observed changes and trends in heatwave characteristics in Turkey since 1950. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(1-2), 137-157.
- Fioravanti, G., Piervitali, E., & Desiato, F. (2016). Recent changes of temperature extremes over Italy: an index-based analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 123(3), 473-486.
- Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots. *Geophysical research letters*, 33(8).
- Hadi, S. J., & Tombul, M. (2018). Long-term spatiotemporal trend analysis of precipitation and temperature over Turkey. *Meteorological Applications*, 25(3), 445-455.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, ABD, 1535 s.
- IPCC. (2021). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2021.
- Kelebek, M. B., Batibeniz, F., & Önoğlu, B. (2021). Exposure assessment of climate extremes over the Europe–mediterranean region. *Atmosphere*, 12(5), 633.
- Kuglitsch, F. G., Toreti, A., Xoplaki, E., Della-Marta, P. M., Zerefos, C. S., Türkeş, M., & Luterbacher, J. (2010). Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophysical Research Letters*, 37(4).
- Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson & M. Prather. (2007). *Historical Overview of Climate Change*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC* (Eds. Solomon, et al.). Cambridge University Press: Cambridge.

- MedECC (2020). Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, 632pp.
- Mohsin, T., Gough, W.A., (2012). "Characterization and Estimation of Urban Heat Island at Toronto: impact of the choice of rural sites". *Theoretical and Applied Climatology* 108, 105-117.
- Ning, L., Riddle, E. E., Bradley, R. S. 2015. 'Projected Changes in Climate Extremes over the Northeastern United States'. *Journal of Climate* 28: 3289–3310.
- Pettitt, A. N. (1979) A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)* 28(2), 126--135.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American statistical association*, 63(324), 1379-1389.
- Sensoy, S., Türkoğlu, N., Akçakaya, A., Ekici, M., Demircan, M., Ulupinar, Y., & Demirbaş, H. (2013,). Trends in Turkey climate indices from 1960 to 2010. In 6th Atmospheric science symposium (Vol. 24, p. 26).
- Sneyers, R. (1990). On the Statistical Analysis of Series of Observations. WMO Technical Note 43, World Meteorological Organization, Geneva.
- Toros, H., & Abbasnia, M. (2017). Trend analysis of extreme temperature indices for Marmara region of Turkey.
- Toros, H., Tek, A., Solum, Ş., Yeniçeri, D. N., Söğüt, A. S., Oğuzhan, B., & Koyuncu, H. (2015) İstanbul-Kandilli İkliminin 1912-2014 Yılları Arasında Salınım ve Eğilimleri. In 7th Atmospheric Science Symposium (Vol. 28, p. 30).
- Türkeş, M. (1995). Türkiye’de Yıllık Ortalama Hava Sıcaklıklarındaki Değişimlerin ve Eğilimlerin İklim Değişikliği Açısından Analizi. *Çevre ve Mühendis*, 9, 9-15.
- Türkeş, M. (2012). Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık Ve Çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32.
- Türkeş, M. (2013). Klimatolojik ve Hidrolojik Verilerin Türdeşlik Analizi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi (Coğrafya Bölümü), 2008-2009 Eğitim ve Öğretim Yılı Güz Dönemi Yayınlanmamış Ders Notları, Çanakkale.
- Türkeş, M., & Sümer, U. M. (2004). Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 77, 195-227.
- Wang, J., Chen, Y., Tett, S. F., Yan, Z., Zhai, P., Feng, J., & Xia, J. (2020). Anthropogenically-driven increases in the risks of summertime compound hot extremes. *Nature communications*, 11(1), 528.
- WMO. (1966). Climatic Change, WMO, Technical Note, 79.
- Zhang, X., & Yang, F. (2004). RCLimDex (1.0) user manual. Climate Research Branch Environment Canada, 22, 13-14.
- <https://github.com/ARCCSS-extremes/climact2> (erişim tarihi: 02/06/2023).
- <https://www.r-project.org/> (erişim tarihi: 02/06/2023).



Received: 22 December 2023 | Revised: 11 April 2023 | Accepted: 19 April 2023

MODIS VERİLERİNE GÖRE İZMİR VE MANİSA ŞEHİRLERİ VE ÇEVRESİNDE YÜZEY SICAKLIK DAĞILIŞI VE EĞİMLERİ

Surface Temperature Distribution and Trends in İzmir and Manisa Urban Area and Their Surrounds Using MODIS Data

Yasin Furkan ŞENLİK¹ 

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
Manisa-Türkiye
yasin.senlik@cbu.edu.tr

Erkan YILMAZ¹ 

Ankara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
Ankara-Türkiye
eryilmaz@ankara.edu.tr

Abstract

In our cities, which are changing more and more every day, land cover and land use are also changing at the same pace. One of the most important parameters affected by this change is the surface temperature (ST). In this study, the monthly average ST and its trends around İzmir and Manisa between 2002-2022 were determined and the relationship between land cover and these parameters were revealed using MODIS satellite data. According to the findings, it was understood that the most important factors affecting ST are maritime-terrestrial, land cover and altitude. In the study area, mountainous areas, water surfaces and forest areas have low ST, while agricultural lands, industrial zones and urban areas have high ST. The lowest ST was detected in January nights in places with high elevation such as Manisa Mountain and Bozdağlar and in the Gediz Depression due to the inversion effect. The highest ST were determined in July and August, again in the Gediz Depression and on the slopes of Çal Mountain. In particular, İzmir and Manisa city centers were determined to show surface heat island characteristics both during the day and at night for most of the year. According to Mann-Kendall trend analysis; were observed statistically significant decreases in ST during the days of January, June, July and August, and statistically significant increases in ST during the nights of February, July, August and September. Summer months presented a more variable than other months, with a significant decrease during the day and a significant increase at night.

Keywords: Surface temperature, land cover, surface heat island, Mann-Kendall, MODIS.

Öz

Her geçen gün daha da hızla değişen ve gelişen şehirlerimizde, arazi örtüsü ve arazi kullanımı da aynı hızla değişmektedir. Bu değişimden etkilenen en önemli parametrelerden biri de yüzey sıcaklığıdır (YS). Bu çalışmada MODIS uydusunun verileri kullanılarak İzmir ve Manisa çevresinin 2002-2022 yılları arasındaki aylık ortalama YS ve eğilimleri belirlenmiş ve arazi örtüsü ile bu parametreler arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgulara göre YS'yi etkileyen en önemli faktörlerin denizellik-karasallık, arazi örtüsü ve yükselti olduğu anlaşılmıştır. Çalışma sahasındaki dağlık alanlar, su yüzeyleri ve orman sahaları düşük YS'ye sahipken, tarım arazileri, sanayi bölgeleri ve şehirsiz alanlarda YS'nin yüksek olduğu görülmüştür. YS'nin en düşük olduğu yerler Manisa Dağı ve Bozdağlar gibi yükseltinin fazla olduğu yerlerde ve terselme etkisiyle Gediz Depresyonunda, ocak ayı gecelerinde tespit edilmiştir. En yüksek YS'ler ise temmuz ve ağustos aylarında, yine Gediz Depresyonunda ve Çal Dağı yamaçlarında belirlenmiştir. Özellikle İzmir ve Manisa şehir merkezlerinin yılın büyük bölümünde hem gündüzleri hem de geceleri yüzey ısı adası özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Mann-Kendall eğilim analizine göre; ocak, haziran, temmuz ve ağustos aylarının gündüzlerinde istatistiksel olarak anlamlı YS azalışları; şubat, temmuz, ağustos ve eylül aylarının gecelerinde ise istatistiksel olarak anlamlı YS artışları olduğu görülmüştür. Yaz ayları, gündüzleri anlamlı azalış, geceleri ise anlamlı artışlar göstermesiyle diğer aylara göre daha değişken bir özellik sunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yüzey sıcaklığı, arazi örtüsü, yüzey ısı adası, Mann-Kendall, MODIS

¹ Sorumlu Yazar/ Corresponding author

1. GİRİŞ

Kırsal bölgelerden İzmir ve Manisa gibi büyük şehirlere olan göçler son yıllarda yavaşlamakla beraber devam etmektedir. Büyük şehirlerde nüfusun aşırı artışı nedeniyle daha fazla şehir alanına, tarım ve sanayi üretimine ihtiyaç duyulduğu için daha çok mera alanı, ormanlık alan, sulak arazi vb. şehir alanına dönüştürülmekte, bu da doğa için olumsuz etki yapmaktadır (Demirci & Karakuyu, 2002; Kadioğlu, 2009). Her 38 yılda bir şehir nüfuslarının ikiye katlanması beklenmekte, buna paralel olarak ihtiyaçlar da aynı hızla artmaktadır. Bu ihtiyaçların başında, şehirlerimizi kurduğumuz, tarım yaptığımız, sanayi üretimini gerçekleştirdiğimiz toprak gelmektedir. Bu bağlamda arazi örtüsü büyük tahribata uğramakta ve doğru arazi kullanımının önemi ortaya çıkmaktadır (Gülersoy, 2013; Karakuyu, 2002). Sonuçta, yoğun şehirleşme ve sanayi faaliyetleri, yerel iklimi etkilemekte ve böylece şehirsiz alanların iklimini kırsal alanların ikliminden farklı bir hale getirmektedir (Karl & Trenberth, 2003). Buna iyi örneklerden biri, İzmir şehir merkezindeki kümülatif yapılaşmanın deniz üzerinden gelen serinletici rüzgarları engellemesidir (Kesgin Atak, 2020).

Arazi yüzey sıcaklığı, yer yüzey sıcaklığı veya yer kabuğu sıcaklığı olarak da isimlendirilebilen yüzey sıcaklığı (YS), dünya yüzeyinin radyasyon özelliklerini ifade etmektedir (Oguz vd., 2019; Urban vd., 2013). YS, atmosfer ve dünyanın jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal parametrelerine bağlı olarak değişebilen, dünya yüzeyinin sıcaklığının doğrudan bir göstergesidir (Ovalle vd., 2021). YS, kara yüzeyi ve atmosfer arasındaki enerji akışını, madde alışverişini, su döngüsünü ve bu ikisi arasındaki etkileşimleri denetleyen, aynı zamanda yer kürenin ekolojik, biyolojik, fiziksel ve kimyasal süreçlerini kontrol eden kilit parametrelerden biridir (Feizizadeh vd., 2013; Guo vd., 2021; Tan vd., 2021; Wang vd., 2014; Zhao vd., 2020). Yine YS dünyanın hidrolojik dengesinin ve iklim değişikliklerinin anlaşılması ve yüzey enerji bütçesinin doğru bir şekilde modellenmesi açısından önemli bir değişkendir (Li vd., 2004; Li vd., 2021).

Uluslararası Jeosfer ve Biyosfer Programının yüksek öncelikli parametrelerinden biri olan YS çalışma alanı ve yapılacak çalışmalar açısından çok geniş bir yelpaze sunmaktadır (Li vd., 2013). YS, klimatoloji, jeoloji, hidroloji, denizcilik, tarım, şehir planlama, ekoloji, halk sağlığı, ormancılık, kıyı yönetimi ve çevre gibi birçok farklı alanda yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır (Himayah vd., 2020; Malamiri vd., 2018; Şahin vd., 2009). YS parametresinin bu kadar çok alanda kullanılması ortaya çok çeşitli çalışmalar çıkarmaktadır. Bunlar; iklim değişikliği, evapotranspirasyon tahmini, hidrolojik döngü, çevresel ve doğal kaynakların yönetimi, bitki örtüsü izleme, toprak nemini belirleme, kentsel iklim ve çevre çalışmaları, don tespiti ve tahmini, deniz ve kıyı kirliliği, mahsullerde su stresinin izlenmesi, hava durumu tahminleri, orman yangınlarının tahmini, termal atalet çalışmaları, arazi örtüsü/kullanımı değişimlerinin belirlenmesi, iklim modelleme, ekosistem değerlendirmesi ve tarımsal kuraklığın belirlenmesi gibi sayısını daha da arttırabileceğimiz çalışmalardır (Akyürek, 2020; Çolak & Sunar, 2018; Guo vd., 2021; Lata & Ghosh, 2022; Li vd., 2013; Oguz vd., 2019; Prata vd., 1995; Sertel & Örmeci, 2009; Tan vd., 2021).

YS verisi temelde iki şekilde elde edilebilir. Birincisi meteoroloji istasyonları tarafında yapılan ölçümler, ikincisi ise uzaktan algılama yöntemleri ile yapılan ölçümlerdir. İlkinde YS, bitki örtüsü ve toprak emisyonunun gözlemlenmesiyle tespit edilebilirken ikincisinde YS kara yüzeyinin radyasyon özelliğini belirtir ve kara yüzeyinin yaydığı radyasyon, uçaklar ve uydular tarafından tespit edilebilir (Himayah vd., 2020; Urban vd., 2013). Teoride her iki yöntemle de YS verisi toplanabilmektedir fakat iki yöntemde aynı doğrulukta olduğunu söylemek mümkün değildir. Uzaktan algılama teknolojileriyle dünya yüzeyinin her kilometresinin taranması mümkünken meteoroloji istasyonları arasında çok büyük mesafeler olabilir ve bu istasyonlar çok farklı coğrafi ortamları temsil edebilir. Bu yüzden son yıllarda YS verilerinin temininde gerek doğruluğu gerekse ucuz ve kolay ulaşılabilirliği açısından uzaktan algılama yöntemleri tercih edilmektedir (Şahin vd., 2011).

Küresel iklim değişikliğiyle bağlantılı olarak YS'de 19. yüzyılın ortalarından günümüze 0.6 ± 0.2 °C artış gerçekleşmiştir (McMichael vd., 2004). YS'nin bu hızla yükselmesi durumunda 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %69'unun YS'nin olumsuz etkilerine maruz kalacağı öngörülmektedir (Hua & Ping, 2018).

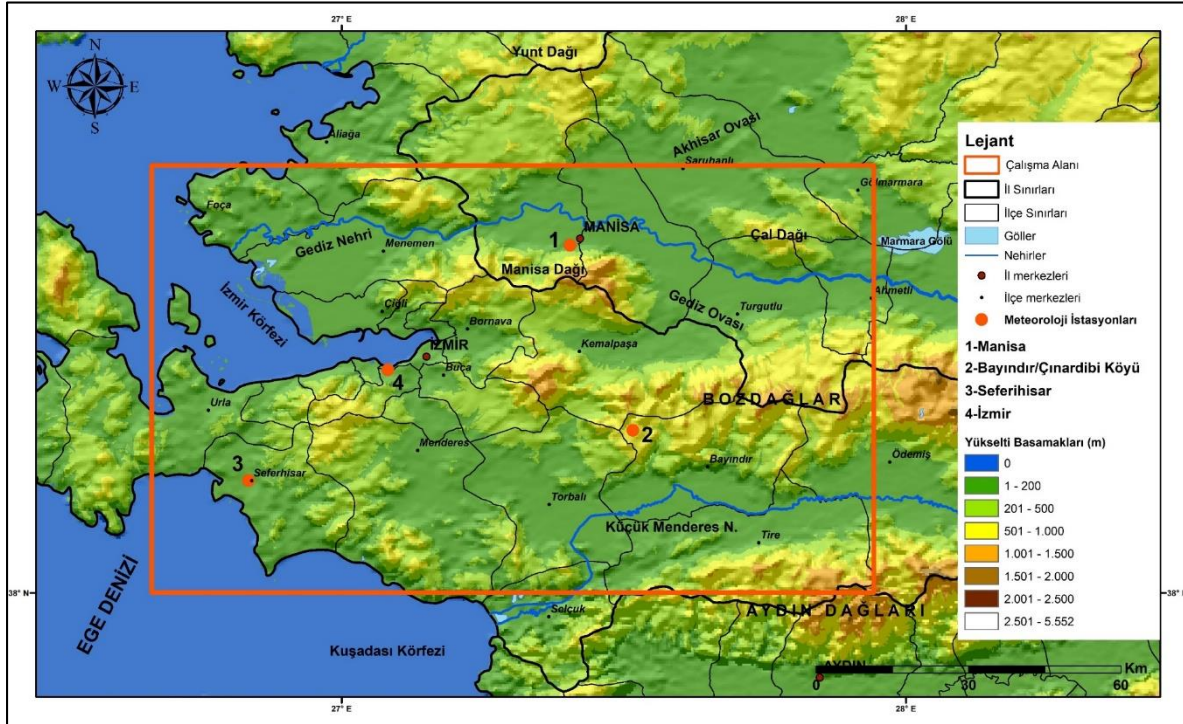
İzmir, 2000'li yılların başına kadar İstanbul'un ardından en yüksek net göçü olan ikinci il olmuştur (Işık, 2009, 2017). Manisa ise 1990'lı yıllardan itibaren bir sanayi kenti kimliğine bürünmüştür (Gülersoy, 2013). Hem

bu illere dışardan gelen göçün artması hem de bu sahadaki şehir nüfusunun toplam nüfus içindeki oranının artması hızlı bir şehirleşmeye sebebiyet vermiş, İzmir ve Manisa, Ege Bölgesinin önemli bir nüfus toplanma bölgesi olmuştur. Şehirlerin sunduğu fonksiyonlar ve çevresindeki tarımsal potansiyel, bu sahaları çekim alanı haline getirmiş, nüfusun sürekli artmasına neden olmuştur. Bu da, hem sera gazı salınımı artışına hem de çevresel değişimlere neden olmuş, İzmir-Manisa çevresinde iklimsel anlamda değişiklikler meydana getirmiştir. Bu değişikliklerin belirlenmesi, bu sahada yaşayan nüfusun toplamı düşünüldüğünde daha da önem kazanmaktadır. Bu amaçla özellikle İzmir'i konu alan birçok YS çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalarda özellikle hızla artan nüfus ve şehirleşme, bununla birlikte de YS'deki artışın üzerinde durulmuştur. Ayrıca bu bölgedeki çalışmaların daha ayrıntılı bir şekilde ve güncel verilerle devam ettirilmesi gerektiğinin altı çizilmiştir (Kesgin Atak, 2020; Oguz vd., 2019; Şahin vd., 2011; Şentürk & Çubukçu, 2022; Tanrikulu, 2006; Yavaşlı, 2017; Yavaşlı vd., 2018). Bu çalışmada, İzmir ve Manisa şehirleri ile çevresindeki alanda, MODIS verileri kullanılarak YS değişimi ve eğilimleri incelenmiş, aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

- İzmir ve Manisa çevresinde YS'ler nasıl bir dağılışı göstermektedir?
- İzmir ve Manisa çevresinde YS'lerde anlamlı eğilimler var mıdır varsa hangi yöndedir?
- İzmir ve Manisa çevresinde YS'ler ile hava sıcaklıkları arasında nasıl bir ilişki vardır? Bu değişkenlerdeki eğilimler birbiri ile paralellik göstermekte midir?

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Ege Bölgesinin, Kıyı Ege Bölümünün, Aşağı Gediz ve İzmir-Urla Yöresini kapsamakta, İzmir ve Manisa illerinin özellikle büyükşehir merkezleri ve çevresindeki alanlardan oluşmaktadır (Şekil 1). Saha içerisinde, İzmir ve Manisa il merkezleri ve çevresindeki ilçelerin tamamı ile; Ahmetli, Aliağa, Gölarmara, Menderes, Ödemiş, Saruhanlı, Şehzadeler, Tire ve Yunusemre ilçelerinin bir bölümü kalmaktadır (Tablo 1). Çalışma alanı; doğuda Marmara Gölü batısından başlamakta, batıda İzmir'in Urla ilçe merkezini, güneyde Küçük Menderes Ovasını içine alacak şekilde Aydın Dağlarının bir kısmını içermekte, kuzeyde ise Manisa'nın Saruhanlı ilçesine kadar uzanmakta, yaklaşık 10404 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı; Gediz havzasının, Marmara Gölünden Gediz Deltasına kadar uzanan bölümünü; Küçük Menderes havzasının büyük bir bölümünü, Bozdağların kuzeybatı kesimini ve Manisa Dağının tamamını içine almaktadır.



Şekil 1- Çalışma alanının lokasyon haritası ve seçilen meteoroloji istasyonları.

Figure 1- Location map of the study area and selected meteorological stations.

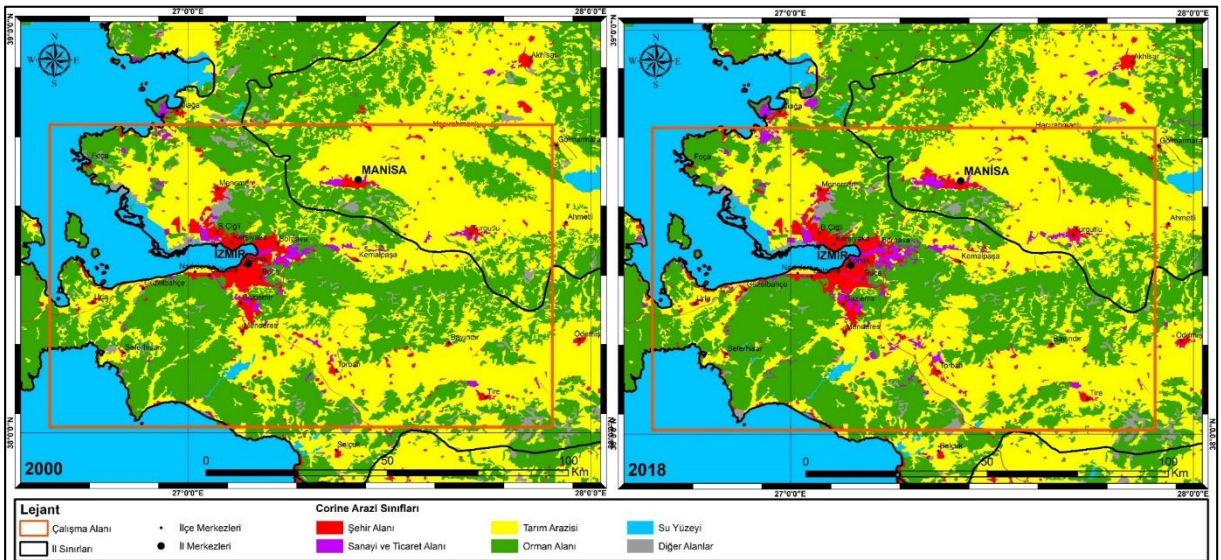
İzmir ve Manisa illerinin nüfusu, Cumhuriyet döneminde büyük artış göstermiş, çalışma alanı sınırları içinde, 60 yıllık bir dönemde; İzmir'e ait alanlardaki nüfus 5, Manisa iline ait alanlarda ise yaklaşık 6 katlık artış göstermiştir (Tablo 1). Bu artış, şehirselleşme alanı genişletmiş (Şekil 2), çevredeki tarım, mera ve orman alanlarının daralmasına neden olmuştur. İzmir nüfusu günümüzde 4 milyonu geçmiş, Manisa ise 1,5 milyona yaklaşmıştır. Bu nüfusun daha da artacağını kestirmek oldukça makul bir öngörü halini almıştır. Bu da iklimsel özelliklerin daha da baskı altında kalacağını göstermektedir.

Tablo 1- Yıllara göre nüfus sayısı.
Table 1- Number of population by years.

Sayım Yılı	İzmir İli Nüfusu	Çalışma Alanı Nüfusu (İzmir)	Manisa İli Nüfusu	Çalışma Alanı Nüfusu (Manisa)
1960	1.063.490	773.249	657.104	107.914
1970	1.427.173	1.116.041	805.650	218.666
1980	1.976.763	1.626.599	941.941	266.795
1990	2.694.770	2.246.532	1.151.799	362.099
2000	3.370.866	2.874.850	1.276.590	436.626
2010	3.948.848	3.459.669	1.379.484	533.981
2020	4.394.694	3.831.877	1.450.616	614.870
2022	4.462.056	3.888.187	1.468.279	634.321

Kaynak: (Başbakanlık İstatistik Genel Direktörlüğü, 1990; Taşlıgil, 1992; TÜİK, 2021 & TÜİK Biruni, 2023)'den derlenmiştir.

İzmir ve Manisa, Köppen-Geiger iklim tasnifine göre Csa (Ilıman kurak yaz, sıcak yaz) (Öztürk vd., 2017; Yılmaz & Çiçek, 2018), Erinç kuraklık indisine göre yarı nemli, Aydeniz sınıflandırmasına göre yarı kurak, De Martonne'ye göre ise step-nemli arası (MGM, 2022) iklim tipine dahil edilmektedir. Çalışma alanı, iklim tipine paralel olarak Akdeniz flora bölgesi içerisinde yer almaktadır. Sahada, 600 m yüksekliğe kadar hâkim ağaç türü Kızılcıamken bu seviyeden sonra Karaçamlar görülmeye başlar. Bunlar dışında bölgede Kızılcıam ile aynı seviyelere kadar yaygın olan maki türleri de (Ardıç, Pınal vs.) görülmektedir. İklim şartlarının ve toprakların tarıma elverişli olması nedeniyle bölgede tarımsal ürünlerin çeşitliliği yüksek, üretim miktarı oldukça fazladır. İzmir'de mısır, pamuk, patates, mandalina ve zeytin; Manisa'da üzüm, domates, tütün, susam ve hıyar alanları geniş alan kaplamaktadır. Tarımsal faaliyetlerin yanı sıra her iki şehir de önemli sanayi alanlarına sahiptir (Şekil 2).



Şekil 2- Çalışma alanı için hazırlanmış sadeleştirilmiş CORİNE arazi kullanım haritası.

Figure 2- Simplified CORINE land use map prepared for the study area.

Çalışma sahası, Ege Bölgesinin tektonik yapısına uygun şekilde horst-graben yapısı göstermekte, birçok fay tarafından kesilmektedir. Bu grabenlerin içine bölgenin önemli akarsuları olan Gediz ve Küçük Menderes yerleşmiştir. Sahanın jeolojik birimleri içerisinde Gediz ve Küçük Menderes nehirleri çevresindeki ayrılmamış Kuvaterner, Bozdağlar'da Paleozoyik yaşlı kuvarsit ve kuvarssistler, Seferihisar ve Karabağlar civarındaki Üst Senoniyen flişleri, Manisa Dağındaki Alt-Orta Miyosen piroklastik ve Üst Senoniyen flişleri ve Yunt Dağındaki Alt-Orta Miyosen ayrılmamış volkanitler ile Miyosen karasal kırıntılıları bulunmaktadır. Bu jeolojik yapı hem yükselti özelliklerini belirlemekte hem de litolojik farklılıklar oluşturarak yüzeY sıcaklıklarına da etki etmektedir.

3. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan YS verileri, Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS) tarafından ücretsiz olarak sunulan MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer/Orta Çözünürlüklü Görüntü Spektrometresi) uydusu veri sunucusundan elde edilmiştir. MODIS sisteminin TERRA ve AQUA olarak iki ayrı uydusu bulunmaktadır. MODIS-TERRA uydusu ilk kez 24/02/2000, MODIS-AQUA uydusu ise 04/07/2002 tarihinde YS verisi toplamaya başlamıştır. Çalışma için MODIS-TERRA uydusundan temin edilen veriler 24/02/2000 ile 28/02/2022 tarihleri arasında kapsarken, AQUA-MODIS uydusundan temin edilen veriler ise 04/07/2002 ile 26/02/2022 tarihleri arasında kapsamaktadır.

MODIS-TERRA uydusu verilerini yerel saatle yaklaşık olarak gündüz 10:30, gece 22:30 da toplarken, MODIS-AQUA uydusu ise verilerini yaklaşık olarak gündüz 13:30 ve gece 01:30 da toplamaktadır (Noi vd., 2016). Böylelikle günün farklı periyotlarına ait dört kez veri elde edilmektedir. Çalışmada, MODIS uydusunu 1 km çözünürlüklü yüzeY sıcaklık verileri kullanılmıştır. Buna rağmen uydular, bulutlu günlerde ve sahalarda yüzeY sıcaklık verilerini toplayamamakta, bu da bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, yüzeY verilerin günlük olması ve 1 km çözünürlüğe sahip olması, bu çalışmayı yapma motivasyonunu sağlamıştır. İncelenen yüzeY sıcaklıklarının bulutsuz günlere ait olduğu, bu nedenle çalışmada, bulutsuz günlerdeki yüzeY sıcaklık durumu ve eğilimleri incelenmiştir. Dolayısıyla sonuçların da bu şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışmada önce, MODIS uydularından alınan veriler, zaman serisine çevrilmiş, bunlardan da aylık ortalama yüzeY sıcaklıkları üretilmiştir. Sıcaklıkların eğilimleri Mann-Kendall analizi (Kendall, 1970; Mann, 1945) ile yapılmış, önce S değeri belirlenmiştir (Eşitlik 1). Daha sonra varyans (Eşitlik 2) ve Z_{MK} (Eşitlik 3) değerleri hesap edilmiş, bu değerler standart normal dağılıma göre yorumlanmıştır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{ışrt}(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n_i} t_i(t_i-1)(2t_i+5) \right] \quad (2)$$

$$\begin{aligned} m &= 1 & \text{eğer } S < 0 \\ m &= 0 & \text{eğer } S = 0 \\ m &= -1 & \text{eğer } S > 0 \end{aligned} \quad Z_{MK} = \frac{S + m}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad (3)$$

Değerler, $p < 0,05$ ve $p < 0,01$ seviyesinde sınanmış, Mann-Kendall Z değeri 1,96'da büyük ise anlamlı artma, -1,96'dan daha düşüğe anlamlı azalma, Z değeri 2,58'de büyük ise şiddetli anlamlı artma, -2,58'den düşüğe şiddetli anlamlı azalma şeklinde yorumlanmıştır.

Çalışma alanına ait CORİNE arazi kullanım verileri (2018) kullanılarak, arazi kullanımı ile yüzeY sıcaklıkları arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Hem CORİNE arazi kullanım haritaları hem de YS haritaları hazırlanmadan önce çözünürlükleri çalışmaya uygun şekilde düzenlenmiştir. CORİNE 2018 verilerinin 250 m çözünürlükteki versiyonu 1km çözünürlükte hata verebileceği düşünülerek 500m'ye çevrilmiştir. MODIS uydularından elde edilen YS verileri de CORİNE verilerine paralel olarak 500m çözünürlüğe göre Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW) ile enterpole edilerek haritalandırılmıştır. Bu şekilde iki verinin birbirleri ile karşılaştırılabilmesi için uygun koşullar oluşturulmuştur.

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden çalışma alanı sınırları içerisinde kalan ve farklı ortamları yansıtan 4 adet meteoroloji istasyonunun (Şekil 1) 2002 ile 2022 yılları arasındaki sıcaklık verileri temin edilmiştir. Aynı dönem için temin edilen MODIS uydusu yüzey sıcaklıkları ile meteoroloji istasyonlarından elde edilen hava sıcaklıkları ve her ikisinin eğilimleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada, meteoroloji istasyonunun içerisinde yer aldığı MODIS hücrendeki veriler ile istasyon verileri kullanılmıştır.

Yapılan haritalara İzmir ve Manisa şehir merkezlerinin sınırları eklenmiş böylece kentsel alanlar ile YS arasındaki ilişki gösterilmeye çalışılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada yapılan çalışmalar anlatılırken önce aylık yüzey sıcaklık ortalamaları, daha sonra bu yüzey sıcaklıklarının arazi örtülerine göre durumu ardından da eğilimleri sırası izlenecektir. Yukarıda belirtilen meteoroloji istasyonlarındaki sıcaklık eğilimleri ile yüzey sıcaklık eğilimleri karşılaştırılacak, gerektiği yerlerde literatüre başvurulacaktır.

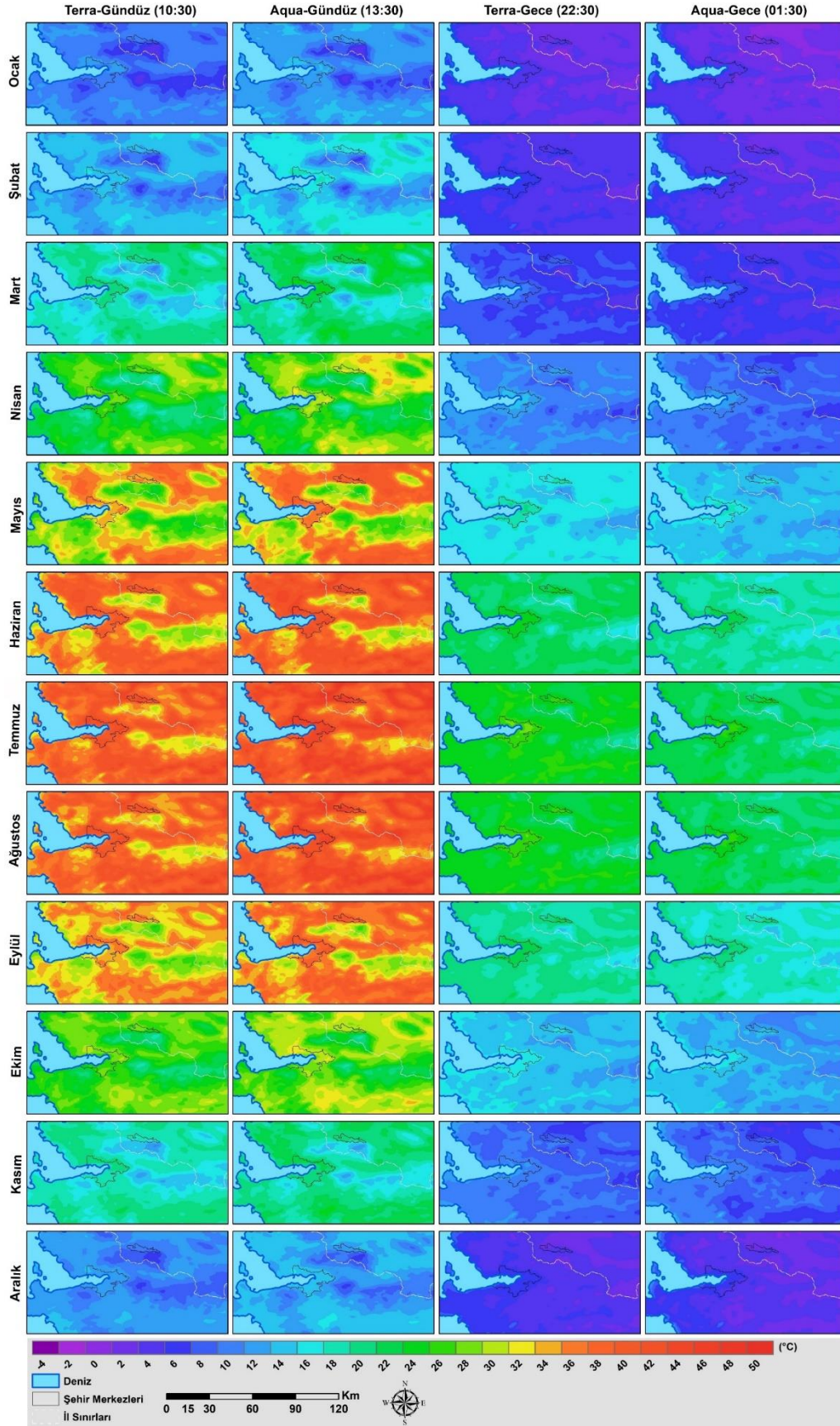
4.1. Ortalama yüzey sıcaklıkları ve eğilimleri

Çalışma alanında tüm aylara ve farklı saatlere göre yapılan sıcaklık analizleri sonucunda (Şekil 3), İzmir-Manisa çevresinde sıcaklık dağılışını etkileyen en önemli etmenin yükselti olduğu anlaşılmış, yükseklik arttıkça sıcaklığın düştüğü gözlemlenmiştir ki bu dağılış beklenen bir durumdur (Erol, 2014). Bununla birlikte, karasallık-denizellik özelliklerinin de etkili olduğu, yaz aylarında kara içinde, Gediz depresyonunda sıcaklıkların çok yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir. Sahada sıcaklığı etkileyen bir diğer etmen arazi örtüsü-kullanım özellikleri olmuştur. Özellikle şehirselle alanlar, sulak alanlar ve tarım alanları ile orman alanları sıcaklık dağılışında önemli etmenler olmuştur.

İzmir ve çevresinde, 2002-2022 yılları arasında, günün farklı saatleri için oluşturulan aylık ortalama yüzey sıcaklıkları, -4 °C ile 50 °C arasında değişmektedir (Şekil 3). En düşük sıcaklıklar ocak ayı gecelerinde, yüksek dağlık alanlar ile muhtemelen terselme olayının gerçekleştiği Gediz depresyonunda görülmektedir. En yüksek sıcaklıklar ise temmuz ve ağustos aylarında, alçak sahalarda ile yine denizden uzakta bulunan Gediz depresyonu içerisinde, Çal Dağı yamaçlarında belirlenmiştir.

Çalışma sahasında en soğuk ay olan ocakta, İzmir şehri çevresine göre sıcak özellik gösterirken (pozitif yüzey ısı adası-YIA) Manisa'daki durum belirgin değildir. Bu ayda İzmir şehri kuzeyi (Karşıyaka, Bornova), gündüzleri hem öğleden önce hem de öğleden sonra şehrin diğer yerlerine göre daha sıcak özellik göstermekte, bu farklılık bakımdan dolayı oluşmaktadır. Geceleri hem İzmir hem de Manisa şehirleri belirgin bir sıcaklık farkı göstermemekte, bunun haritadaki renk rampasından kaynaklandığı, şehirlerin çevrelerine göre muhtemelen daha sıcak olduğu düşünülmektedir. Şubat ayında benzer durumlar gözlemlenmekte, Manisa şehri de gündüzleri çevresine göre daha sıcak özellik göstermektedir. Mart ayında da aynı özellik devam ettikten sonra, nisan ayında hem İzmir hem de Manisa şehirselle alanları hem gündüz hem de geceleri daha pozitif YIA durumundadır. Bununla birlikte, gündüzleri Manisa şehrinin batısı, sanayi alanları, geceleri ise şehrin doğu yarısı daha belirgin bir ada özelliği göstermektedir.

Mayıs ayında gündüzleri hem İzmir hem de Manisa şehirleri pozitif YIA özelliği gösterse de bu farklılık çok belirgin değildir. Özellikle İzmir şehri batısında, sahil kesimlerinde düşük sıcaklıklar belirlenmiş, bunun da meltemlerden kaynaklandığı düşünülmüştür. Geceleri her iki şehrin de pozitif YIA özelliği çok belirgindir. Bu ayda, Turgutlu ilçesi şehirselle alanı da hem gece hem de gündüz pozitif YIA özelliği göstermektedir. Benzer özellikler haziranda da devam etmekte, mevsimsel olarak yağış azalması, topraktaki su ve nem içeriğinin



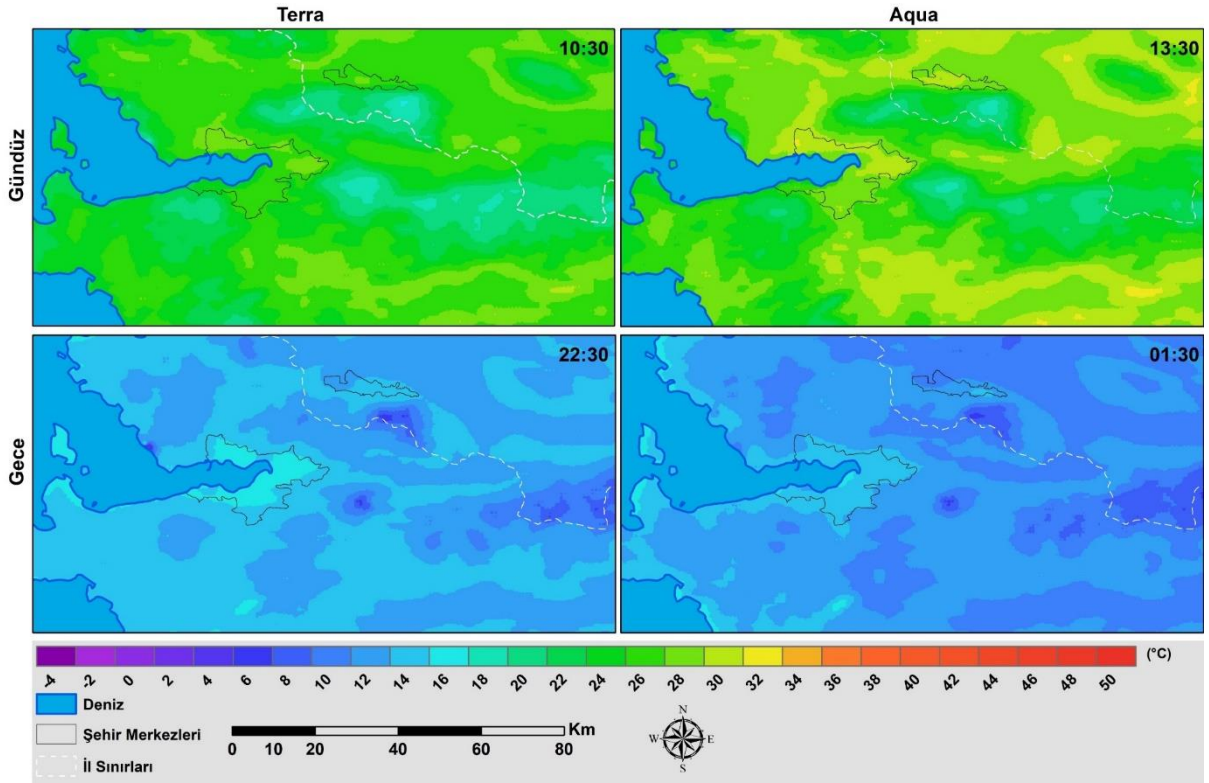
Şekil 3- Çalışma sahasına ait aylık ortalama yüzeY sıcaklığı (°C) haritası.
Figure 3- Monthly average surface temperature (°C) map of the study area.

düşmesi, tüm depresyon alanlardaki sahalara ısınmasına neden olmakta, İzmir ve Manisa şehirlerine yakın sıcaklık özellikleri görülmektedir.

Temmuz ve ağustos aylarında çalışma alanındaki gündüz yüzey sıcaklıkları 25 °C'ın üzerindedir. Depresyonlarda bu sıcaklık değeri 50 °C'a varmaktadır. Geceleri dağlık alanlarda 15 °C civarında olan yüzey sıcaklıkları, şehrsel alanlarda ve depresyonlarda 22 °C'ın üzerindedir. Bu aylarda şehrsel alanlarla çevresindeki sıcaklık farkları çok yüksek değilse de, İzmir şehrinin sahilinden uzak kesimlerinde belirlenen sıcaklıklar daha yüksektir.

Eylül ayından sonra, depresyonlardaki gündüz yüzey sıcaklıkları 30 °C civarındayken, geceleri 15 °C'ın altına inmekte, şehrsel alanlarla çevrelerindeki sıcaklık farkları yükselmektedir. Eylül-aralık ayları arasında, İzmir ve Manisa şehrsel alanları çevrelerine göre hem gece hem de gündüzleri sıcak özellik göstermekte, genel olarak pozitif YIA özelliği göstermektedirler.

İzmir ve çevresinde, farklı saatlerdeki uzun yıllık (2002-2022) yıllık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde (Şekil 4), İzmir şehrinin hem gece hem de gündüzleri pozitif bir YIA özelliği gösterdiği, Manisa'da ise gündüzleri öğleden sonra şehrin batısında, gece yarısından sonra ise şehrin doğusunda oluşan bir sıcak merkez özelliği gösterdiği ve yine pozitif YIA oluştuğu anlaşılmaktadır. Sahadaki en soğuk yerler yükseltiye bağlı olarak Bozdağlar ve Spil ile Manisa dağları olduğu görülmektedir. Bu dağların da özellikle kıyılardan uzak kesimlerinde daha düşük sıcaklık değerleri belirlenmektedir.

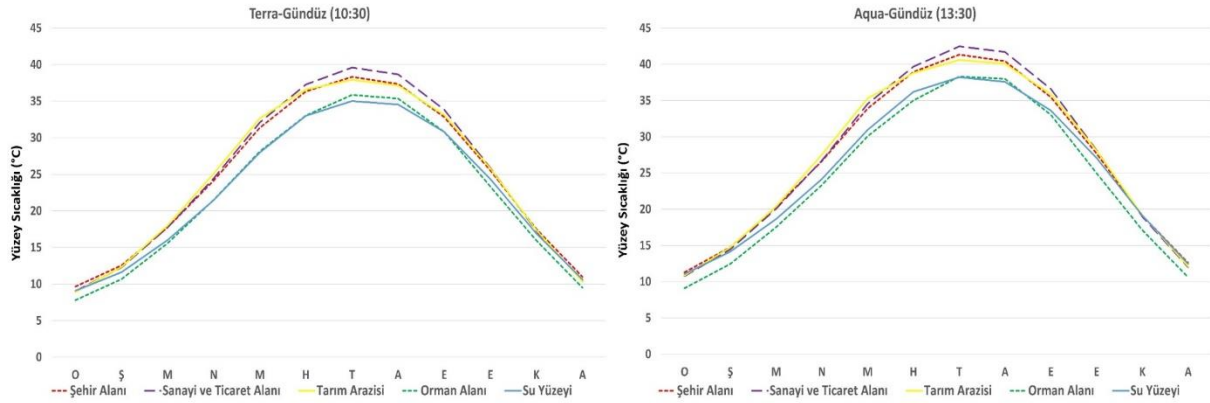


Şekil 4- Çalışma sahasına ait yıllık ortalama yüzey sıcaklığı (°C) haritası (2002-2022).

Figure 4- Annual average surface temperature (°C) map of the study area (2002-2022).

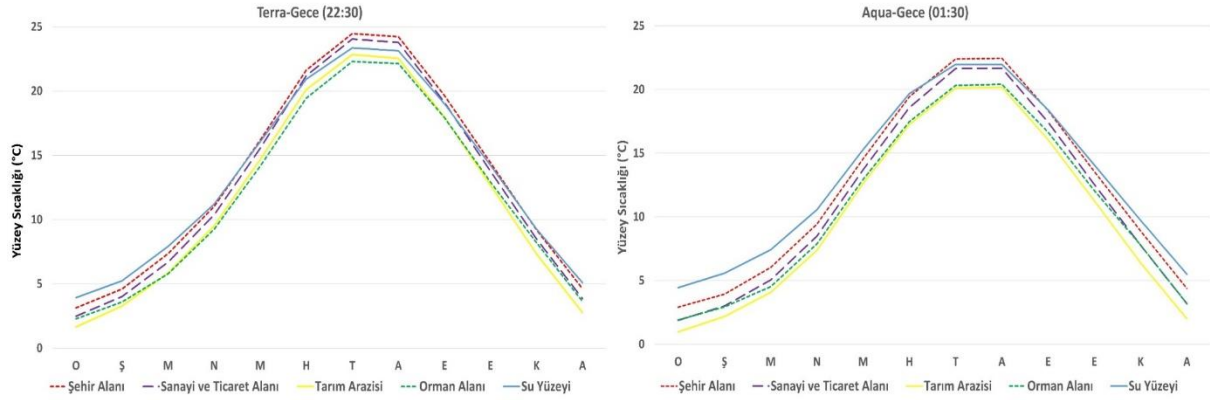
Büyük şehirlerde özellikle sanayi tesislerinin her geçen gün çoğalması bununla birlikte nüfusun ve şehirleşme oranının hızla artması bu çalışmada olduğu gibi önceki çalışmalarda da YS'nin artmasına neden olan en önemli etmen olarak karşımıza çıkmaktadır. Adana, Afyonkarahisar, Ankara, İstanbul, İzmir, Kocaeli, Muş gibi ülkemizin farklı şehirlerinde yapılan çalışmalarda ortak nokta, özellikle şehrsel alanlar ve sanayi tesislerinin yoğun olduğu sahalarda yüksek, vejetasyonun yoğun olduğu alanlarda ve su yüzeylerinde ise düşük YS'lerin ortaya çıktığını göstermektedir (Gökdemir, 2020; Khorrami & Gündüz, 2019, Yılmaz, 2017). Mercan (2020) tarafından Muş ili YS'nin incelendiği çalışmada ise Muş nüfusunun da yıllar içinde fazla bir artış yaşanmadığı ve

bundan ötürü yapı stokunda önemli değişimler olmadığı için YS'de ciddi değişiklik görülmediğinin altını çizmiştir.



Şekil 5- Yüze sıcaklığının arazi örtüsüne göre dağılımı (gündüz).

Figure 5- Distribution of land surface temperature according to land cover (daytime).



Şekil 6- Yüze sıcaklığının arazi örtüsüne göre dağılımı (gece).

Figure 6- Distribution of land surface temperature according to land cover (nighttime).

Rinner ve Hussain (2011), Xiong, vd. (2012), Çiçek, vd., (2013), Yılmaz (2015), Pal ve Ziaul (2017) tarafından yapılan yüze sıcaklığı çalışmalarında; en düşük sıcaklıkların su yüzeyleri ve vejetasyonun yoğun olduğu alanlarda, en yüksek sıcaklıkların ise; nüfusun yoğun olduğu şehir alanlarında, sanayi ve ticaret faaliyetlerinin yürütüldüğü sahalarda ve tarım alanlarında görüldüğü belirtilmiştir.

Yılmaz (2017) ve Kesgin Atak (2020) tarafından İzmir şehrini konu alan yüze sıcaklığı çalışmalarında ise; endüstriyel alanlar, ticaret merkezleri, inşaat ve maden sahaları YS'nin yüksek olduğu alanlar olarak belirtilirken, su yüzeyleri, orman sahaları, dağlık alanlar, park ve bahçeler YS'nin düşük olduğu alanlar olarak gösterilmiştir. Tanrikulu (2006), Corumluoglu ve Asri (2015), Ciğerci (2021) tarafından İzmir ve İstanbul'u ele alan çalışmalarda özellikle yerleşim alanları ve sanayi bölgelerindeki yapı malzemelerinin ısıyı tutma kabiliyeti üzerinde durulmuştur. Bu tür alanlardaki yapı malzemelerinin albedo değerlerinin oldukça düşük olduğu ve güneş enerjisini daha az miktarda yansıttığına değinilmiştir. Bu sebeple gün boyu diğer yerlere göre daha fazla ısınan şehrsel alanlar elde ettiği ısıyı çok yavaş şekilde kaybettiği için bu çalışmada da görüldüğü üzere yüze ısı adaları meydana gelmektedir.

Cihan vd., (2022) tarafından YS'ye diğer çalışmalara göre daha farklı yaklaşmış ve İzmir'in Menderes ilçesinde gerçekleşen bir orman yangını incelenmiştir. Özellikle yangından sonra bölgede YS'lerin çok yükseldiği belirtilmiştir. Yine diğer çalışmalarda olduğu gibi burada da vejetasyonun önemi vurgulanmıştır.

Sanayi bölgelerinde ve yoğun yerleşim alanlarında karşılaşılan bu yüksek YS'lere çalışmalarda; özellikle şehir içlerindeki yeşil alanların artırılması, sanayi bölgelerinin çevresine yeşil alan tamponu oluşturulması, yapay gölet alanları gibi su yüzeylerinin oluşturulması, var ise sayılarının artırılması çözüm önerisi olarak sunulmuştur (Corumluoglu & Asri, 2015; Gökdemir, 2020; Şentürk & Çubukçu, 2022).

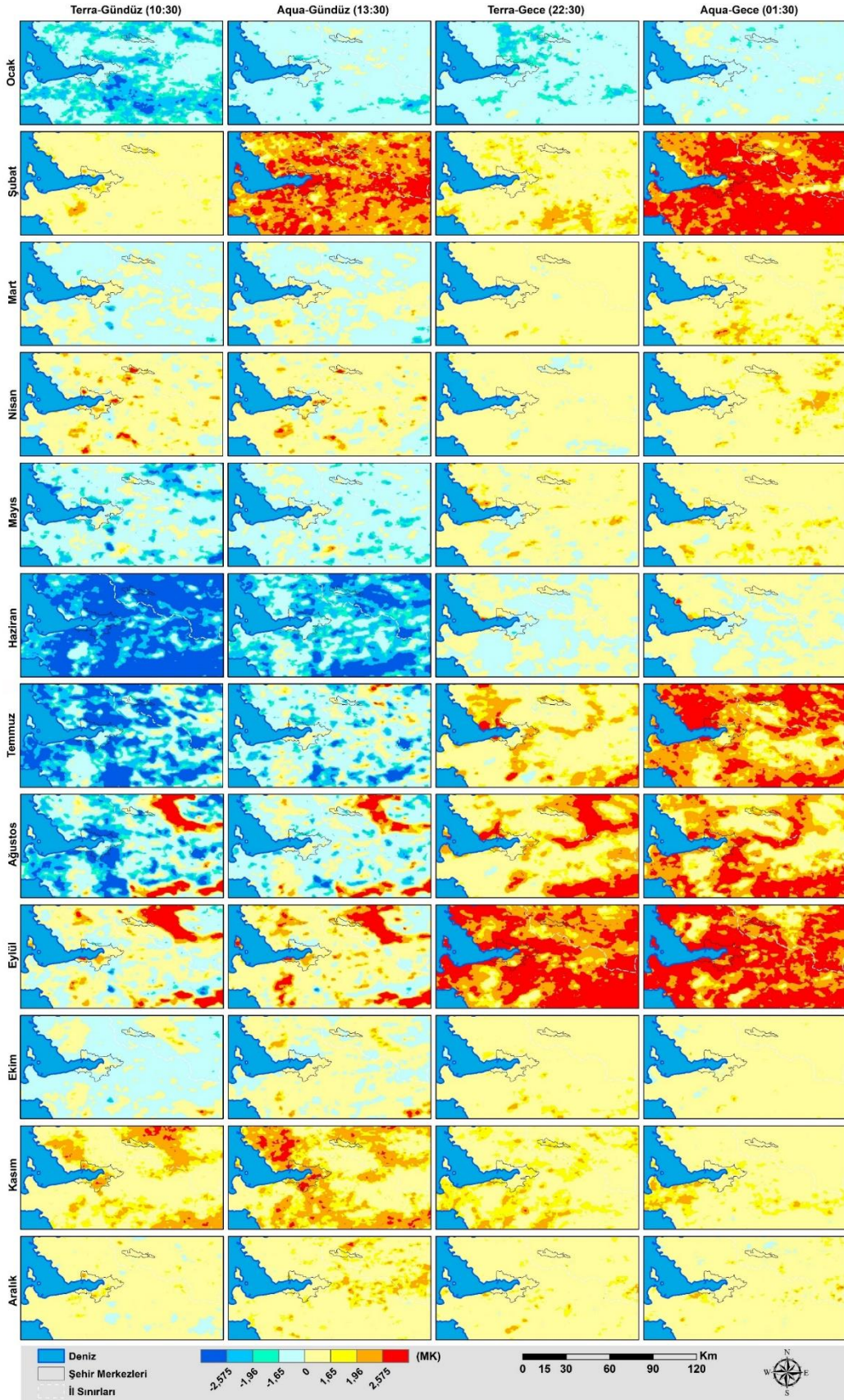
Bu perspektiften baktığımızda, çalışma alanında da yukarıdaki çalışmalara benzer şekilde düşük YS'ler su yüzeyleri ve bitki örtüsünün yoğun olduğu sahalarda, yüksek YS'ler ise tarım arazileri, nüfusun yoğun olduğu yerleşim alanları ve sanayi ve ticaret bölgelerinde görülmüştür. Sanayi ve ticaret sahalarının daha sıcak olması yapı malzemelerinden ötürü olduğu, şehir alanlarının ise geçirimsiz yüzeylere sahip olmasının YS'yi artırdığını, YS'nin düşük olduğu sahalarda ise gizli ısı transferi, orman örtüsünün tampon görevi üstlenmesi ve su yüzeylerinde termal iletkenliğin yüksek olmasından dolayı ısınmanın diğer arazi örtülerine göre daha yavaş meydana gelmesinin etkili olduğu önceki çalışmalar ışığında anlaşılmıştır. Ayrıca YS'nin yüksek veya düşük olduğu sahaların yılın tamamı için aynı kalmadığı sıcak ve soğuk periyotlarda arazi örtülerinin birbirlerine göre daha yüksek veya daha düşük sıcaklıklar gösterebileceği de anlaşılmıştır. Tüm çalışmalarda, bu çalışmada da belirtildiği gibi, vejetasyon yoğunluğu ile YS'nin negatif korelasyon ilişkisine sahip olduğu vurgulanmıştır.

Yavaşlı (2017) ve Yavaşlı, vd. (2018) tarafından İzmir ili için gerçekleştirilen YS çalışmalarında da diğer çalışmalardaki gibi şehrsel yerleşimlerin kırsal bölgelere oranla daha sıcak olduğu belirtilirken ayrıca bu çalışmada da ortaya konulduğu gibi yaz aylarının gecelerinde YS'de artış eğilimi görülürken, gündüzlerinde ise azalış eğilimi görüldüğü belirtilmiştir.

Çalışma alanında, yüzey sıcaklıklarındaki eğilimin belirlenmesi için yapılan Mann-Kendall analizi sonuçlarında; ocak ayında genel olarak yüzey sıcaklık azalışlarının olduğu, azalışların öğleden önce ve gece yarısından önceki saatlerde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 7). Özellikle saat 10:30'da Bozdağların batı kesimindeki azalmalar istatistiksel olarak anlamlıdır. Şubat ayında ise azalışın yerini artma eğilimleri almakta, öğleden sonra ve gece yarısından sonra, anlamlı artışlar ortaya çıkmaktadır. Özellikle gece 01:30'da yapılan ölçümlerde, çalışma alanının büyük bir bölümünün $p < 0,01$ düzeyinde artışlar bulunmakta, İzmir ve Manisa şehirlerindeki artışlar ise $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde kalmaktadır. Mart ayında, Buca ve Tire çevresinde gündüzleri anlamlı azalışlar, Torbalı ve Menderes çevresinde geceleri ise anlamlı artışlar görülmekte, nisan ayında ise çok dar alanlı anlamlı artış ve azalışlara rastlanmaktadır. Bu ayda gündüz ölçümlerinde, İzmir ve Manisa şehir merkezlerinin sanayi ve ticaret faaliyetlerinin yoğun olduğu alanlarındaki artışlar, belirgindir. Mayıs ayında, özellikle Gediz Depresyonunda anlamlı yüzey sıcaklık azalışları ortaya çıkmakta, bu durum gece gözlemlenmemektedir. Hazirana gelindiğinde, geceleri anlamlı artış veya azalış görülmezken, gündüzleri anlamlı yüzey sıcaklık azalmaları belirlenmiş, bu durum özellikle saat 10:30 ölçümlerinde daha yoğun görülmektedir. Söz konusu saatte çalışma alanının genelinde $p < 0,01$ düzeyinde anlamlı azalmalar belirlenmiştir.

Temmuz ayında, gündüz ve geceler arasındaki eğilimlerde bariz farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Genel olarak gündüz yüzey sıcaklıkları, anlamlı azalışlar gösterirken, gece yüzey sıcaklıklarında anlamlı artışlar belirlenmiştir. Ağustos ayında gündüzleri kıyılarda ve şehrsel alan çevrelerinde azalmalar hesaplanırken, kıyıdan uzak Gediz Depresyonunda hem gündüzleri hem de geceleri yüzey sıcaklık artış eğilimi ortaya çıkmaktadır. Bu durum, ovadaki ürünlerin hasat edilmesinden dolayı, sulamanın azalmasından kaynaklanıyor olması muhtemeldir. Eylül ayında ağustos ayına benzer bir şekilde gündüzleri Gediz Depresyonu ve diğer ovalık alanlardaki anlamlı artışlar devam etmekte, geceleri anlamlı artışların çalışma alanının neredeyse tamamını kapladığı görülmektedir. Ekim ayında yüzey sıcaklıklarındaki anlamlı artış veya azalışlar çok sınırlı alanda belirlenmiş, genel olarak eğilimler durağan eğilimler olarak ortaya çıkmıştır. Kasımda ise özellikle gündüzleri kıyı kesimlerde ve kıyıdan uzaktaki ovalarda anlamlı artışlar olduğu tespit edilmiştir. Kıyı kesimlerdeki artış eğilimlerinin tarım arazileri ve şehir alanlarında olduğu görülmektedir. Aralık ayında ise bazı bölgelerde dar alanlı artış eğilimleri olmakla birlikte, 13:30 ölçümlerinde Bozdağlarda anlamlı artışların olması, artışların dağlık alanlarda da yaşandığını göstermektedir. Aylık değerlendirmelerde, yüzey sıcaklığındaki anlamlı azalışların ocak, haziran, temmuz ve ağustos aylarında, gündüz saatlerinde olduğu görülmektedir. Anlamlı artışların ise şubat, temmuz, ağustos, eylül ve kasım aylarında, gündüzleri sadece depresyon alanlarında geceleri ise tüm sahayı kapsayacak şekilde meydana geldiği görülmüştür. Burada dikkat çeken en önemli husus yaz aylarının

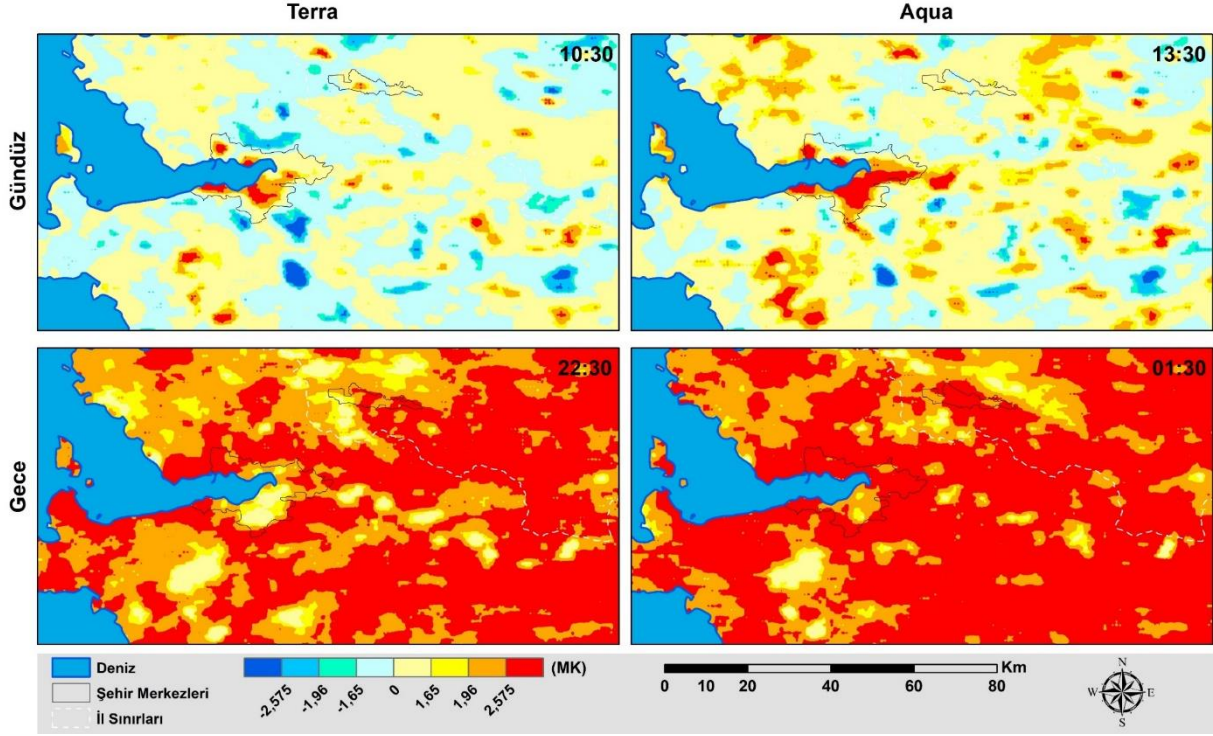
gündüzleri azalış, geceleri artış eğilimi göstermesidir. Bu yönüyle yaz mevsimi diğer mevsimlere kıyasla daha değişken bir görünüm sunmaktadır.



Şekil 7- Çalışma sahasına ait yüze sıcaklığı için Mann-Kendall eğilim haritası.

Figure 7- Mann-Kendall trend map for surface temperature of the study area.

Farklı saatteki yıllık ortalama sıcaklık eğilimleri incelendiğinde; gündüzleri anlamlı artış ve azalışların dar alan kapladığı fakat artış eğilimlerinin özellikle İzmir şehir merkezinde olduğu net bir şekilde görülmektedir. Buradan, özellikle geceleri çevresine göre daha sıcak olan yerleşim alanlarının gündüzleri de giderek daha sıcak bir hale geldiği anlaşılmakta, şehirselleşimin etkisinin zamanla arttığı ortaya çıkmaktadır. Geceleri de anlamlı artışların yaşandığı, bu durumun şehirselleşim alanlarına daha az yoğun şekilde yansıdığı görülmektedir. Gece eğilimleri incelendiğinde, çalışma alanının büyük çoğunluğunda $p < 0,01$ düzeyinde anlamlı artışların olduğu belirlenmiştir. Önemli bir hususta İzmir şehir merkezinde görülen anlamlı yüzey sıcaklık artışlarının, gündüzleri şehrin güneyinde yoğunlaşırken, geceleri daha çok kuzey yarısında yoğunlaşmasıdır.



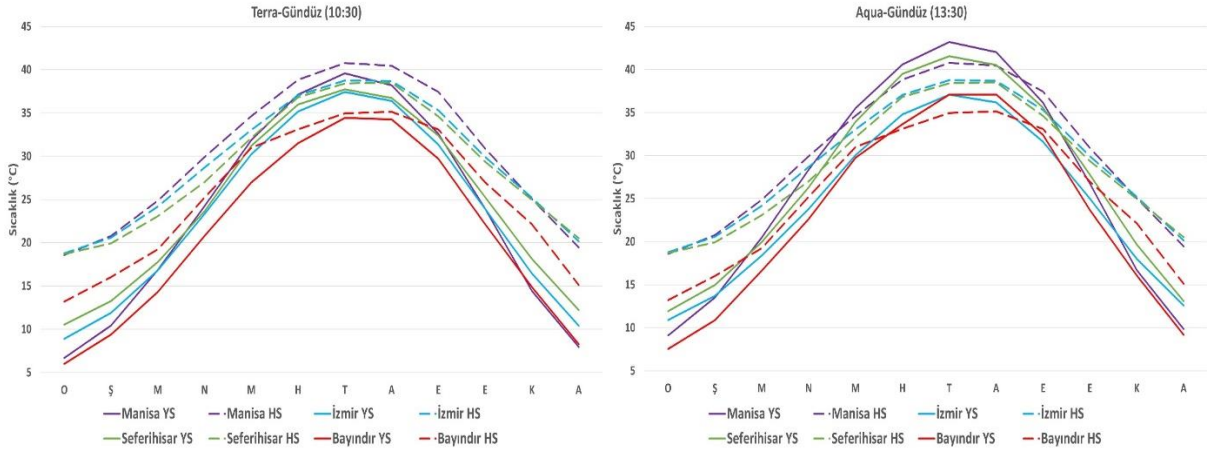
Şekil 8- Çalışma sahasına ait yüzey sıcaklığı için Mann-Kendall eğilim haritası (2002-2022).
Figure 8- Mann-Kendall trend map for surface temperature of the study area (2002-2022).

4.3. MODIS ile meteoroloji istasyonu verilerinin karşılaştırılması

Yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının nasıl bir ilişki gösterdiğini ortaya koyabilmek için, meteoroloji istasyonlarından alınan aylık ortalama maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ile istasyonların bulunduğu noktanın aylık ortalama yüzey sıcaklıkları ve bunların eğilimleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda, gündüz saatlerinde (10:30 ve 13:30) ölçülen yüzey sıcaklıkları ile maksimum hava sıcaklıkları, gece saatlerinde (22:30 ve 01:30) ölçülen yüzey sıcaklıkları ile de minimum hava sıcaklıkları kullanılmıştır.

Analizler sonucunda, gündüz saatlerinde, çalışma alanında en yüksek sıcaklıkların Manisa'da, en düşük sıcaklıkların ise Bayındır istasyonundaki hava ve yüzey sıcaklıklarında ölçüldüğü belirlenmiştir. Öğleden önce, saat 10:30'da tüm istasyonlarda hava sıcaklıklarının yüzey sıcaklıklarına kıyasla daha yüksek olduğu, buna rağmen 13:30'daki durumun farklılıklar gösterdiği anlaşılmıştır (Şekil 9). Bu saatteki hava sıcaklıkları soğuk dönemde yüzey sıcaklıklarına göre yüksek, sıcak dönemde genel olarak daha düşüktür. Saat 10:30'daki yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki farklar, tüm istasyonlarda soğuk dönemde yüksekken, sıcak dönemde azalmakta, yaz aylarında ise birbirine yaklaşmaktadır. Bu durumun oluşmasında, muhtemelen güneşin doğuşundan sonra geçen süre etkili olmakta, bu süre uzadığında, her iki sıcaklık arasında fark azalmaktadır. Saat 13:30'da yüzey sıcaklıklarında, sadece İzmir istasyonundaki hava sıcaklığı yıl boyunca yüzey sıcaklığından yüksek çıkmış, diğer istasyonlarda ise, nisan-eylül arasındaki yüzey sıcaklıkları hava sıcaklığını geçmiştir. Bu durum muhtemelen İzmir'in şehirselleşim özelliğinden kaynaklanmış, yüksek şehir yoğunluğu, yıl boyunca hava

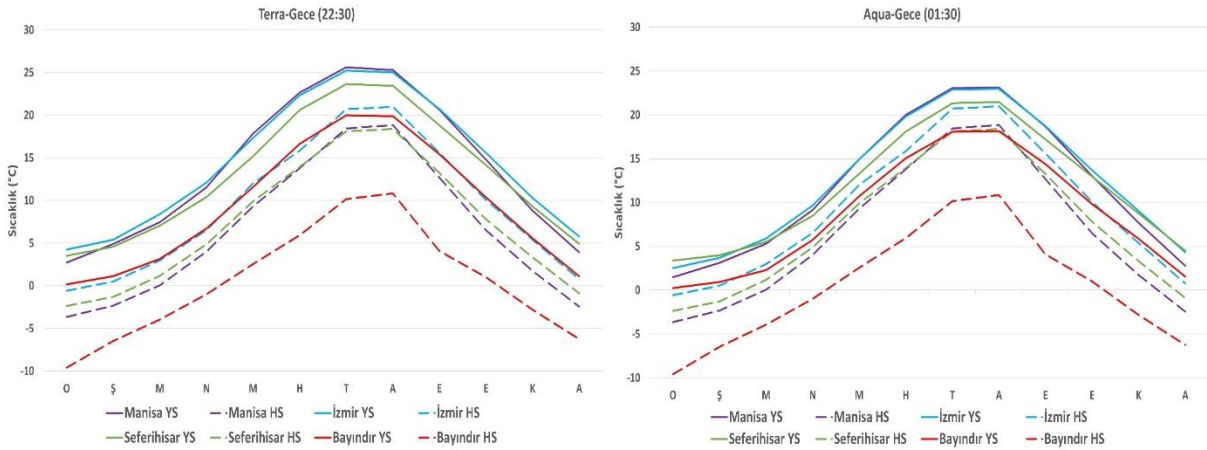
sıcaklığının yüksek olmasına neden olmuş, düşük şehir yoğunluğu ise hava ve yüze sıcaklığı arasındaki farkın saat 13:30'da değişkenlik göstermesine izin vermiştir.



Şekil 9- Yüze sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının karşılaştırılması (gündüz).

Figure 9- Comparison of land surface temperatures and air temperatures (daytime).

Gece ölçümleri, gündüzlerin tersi bir görüntü sunmaktadır (Şekil 10). Özellikle yer yüzeyinin havaya göre daha geç soğumasından kaynaklı olarak tüm ölçümlerde ve tüm istasyonlarda yüze sıcaklıklarının hava sıcaklıklarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Deniz etkisinin görüldüğü İzmir ve Seferihisar istasyonlarında hava ve yüze sıcaklıkları arasındaki farkın Manisa ve Bayındır istasyonlarına kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Özellikle kırsal istasyon olarak seçilen Bayındır istasyonunda hava ve yüze sıcaklıkları arasındaki fark 10 °C'ye kadar çıkmaktadır. Gece 22:30 saatinden elde edilen hava ve yüze sıcaklıkları arasındaki farklar yıl boyunca sabitken, saat 01:30'da durum biraz değişmekte, İzmir ve Seferihisar istasyonlarında fark, sıcak dönemde azalmaktadır.

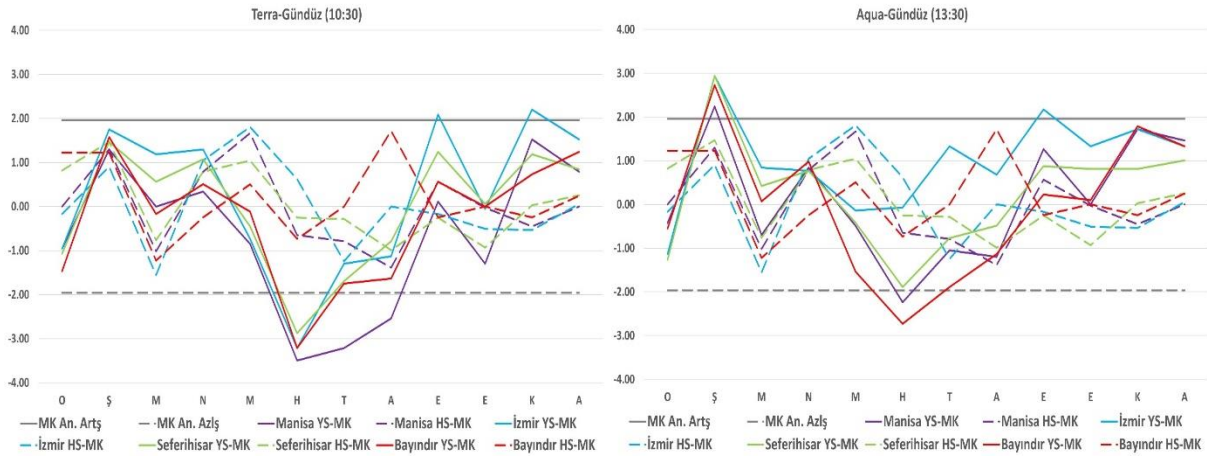


Şekil 10- Yüze sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının karşılaştırılması (gece).

Figure 10- Comparison of land surface temperatures and air temperatures (nighttime).

İstasyonlardaki hava ve yüze sıcaklığı eğilimleri incelendiğinde, gündüzleri yüze sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının eğilimleri arasında çoğunlukla paralellik olduğu, bazı aylarda ise farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 11). Saat 10:30'daki hava ve yüze sıcaklık eğilimleri incelendiğinde, genel olarak soğuk dönemdeki hava ve yüze sıcaklık eğilimlerinin benzer olduğu, yaz aylarında ise bu durumun değiştiği, tüm istasyonların yüze sıcaklıklarında istatistiksel olarak anlamlı azalmaların görüldüğü belirlenmiştir. Buna rağmen incelenen dönem için hava sıcaklıklarında anlamlı eğilimler belirlenmemiştir. Eylül ve kasım aylarında İzmir için yüze sıcaklıklarının anlamlı artışlar göstermesi, yine bu istasyonun yoğun şehirselleşmesinden

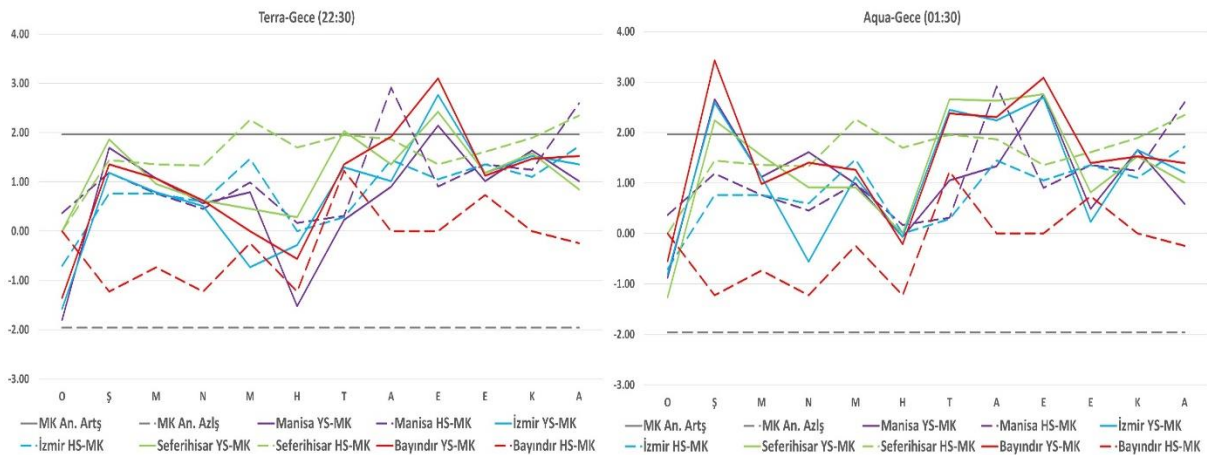
kaynaklanmaktadır. Öğleden sonraki eğilim sonuçları, öğleden önceye benzemekte, özellikle yaz aylarında Bayındır ve Manisa istasyonlarında anlamlı ve anlamlıya yakın yüzey sıcaklık azalışları belirlenirken, özellikle şubat ayında tüm istasyonlar için anlamlı yüzey sıcaklık artışları ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte hava sıcaklıklarında anlamlı eğilimler belirlenememiştir.



Şekil 11- Yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı eğilimlerinin karşılaştırılması (gündüz).

Figure 11- Comparison of land surface temperature and air temperature trends (daytime).

Gece verileri için yapılan analizler neticesinde, hava ve yüzey sıcaklık eğilimlerinin Bayındır istasyonunda farklılıklar gösterdiği, diğer istasyonlarda ise benzer eğilimlerin olduğu görülmüş, bu durum nispeten az yoğun şehirleşmeye sahip bir yerde çıkması, hava ve yüzey sıcaklık eğilimlerinin kırsal alanlarda farklı olabileceğini düşündürmüştür. Eğilimler incelendiğinde; şubat ayında, gündüz sonuçlarına benzer şekilde, özellikle gece 01:30'da yüzey sıcaklıklarında anlamlı artışlar belirlenmiş, yüzey sıcaklıklarındaki artışlar, su açığının yüksek olduğu yaz aylarında da kendini göstermiştir. Geceleri, Manisa ve Seferihisar istasyonlarının hava sıcaklıklarında (minimum sıcaklıklar) anlamlı artışlar belirlenmiş, Manisa'da bu artış sadece ağustos ayında ortaya çıkarken, Seferihisar'da hem mayıs hem de aralık ayındaki artışlar, istatistiksel anlam seviyesini aşmıştır. Bu eğilimler, hava ve yüzey sıcaklık eğilimlerinin gündüzleri nispeten benzer değerler gösterirken, geceleri farklılaşabileceğini göstermektedir.



Şekil 12- Yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı eğilimlerinin karşılaştırılması (gece).

Figure 12- Comparison of land surface temperature and air temperature trends (nighttime).

6. SONUÇ

İzmir ve Manisa şehirleri ve çevrelerinin aylık ve yıllık yüzeY sıcaklık değişiminin ve eğilimlerinin incelendiği bu çalışmada, MODIS uydularından alınan görüntüler kullanılarak, 2002-2022 yılları arasındaki her aya ve günün 4 farklı periyoduna ait yüzeY sıcaklıkları, 1 km çözünürlükte belirlenmiştir. YüzeY sıcaklığı ile arazi örtüsü arasındaki ilişkileri ortaya koymak üzere CORİNE arazi kullanım verisi kullanılmıştır. CORİNE arazi kullanım verisinde 44 farklı arazi kullanım sınıfı bulunmaktayken, bu çalışmada gruplama yapılmış, yüzeY sıcaklıkları, şehir alanları, sanayi ve ticaret alanları, su yüzeYleri, tarım arazileri ve orman alanlarına göre incelenmiştir.

Günün her saatinde yüzeY sıcaklığını etkileyen en önemli faktörler, denizellik-karasallık, arazi örtüsü ve yükseltilerdir. Karasallığın hâkim olduğu alanlarda daha yüksek yüzeY sıcaklıkları kaydedilmiştir. Arazi örtüsünün sıcaklığı tutma veya yansıtma kabiliyeti, söz konusu sahanın çevresine kıyasla daha yüksek ya da düşük sıcaklığa sahip olmasını etkilemektedir. Yükselti ile YS arasında negatif bir korelasyon olduğu anlaşılmıştır. Aynı şekilde vejetasyon yoğunluğu ile YS arasında da negatif bir korelasyon bulunmaktadır.

En düşük yüzeY sıcaklıklarına, su yüzeYleri ve orman alanlarında, en yüksek yüzeY sıcaklıklarına ise tarım alanları, sanayi ve ticaret alanları ve şehir alanlarında rastlanmakla beraber, yıl içerisinde farklılıklar da belirlenmiştir. İlkbaharda tarım arazileri daha sıcakken yazları özellikle sanayi ve ticaret alanları daha sıcak çıkmaktadır. Orman alanlarının su yüzeYlerine göre yaz ayları dışında daha düşük yüzeY sıcaklığına sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında yüksek sıcaklıklar kıyı kesimlerinde, şehir alanlarında ve kıyından uzak ovalarda görülmektedir. En yüksek sıcaklıklar temmuz ve ağustos aylarında Gediz Depresyonu ve Çal Dağı eteklerinde belirlenmiştir. Bu sonuçta özellikle karasallığın etkisi büyüktür. En düşük yüzeY sıcaklıkları ise ocak ayı gecelerinde, hem yükseltinin çevresine göre daha fazla olduğu hem de orman örtüsünün daha fazla alan kapladığı Manisa Dağı ve Bozdağlarda tespit edilmiştir. Bu ayda, terslemenin etkisiyle Gediz depresyonu da dağlık alanlar gibi soğuk çıkmıştır.

İzmir ve Manisa şehir merkezlerinin hem gündüz hem de geceleri çevrelerine göre daha sıcak olduğu görülmüştür. Ocak ayında İzmir şehir merkezinde bakı etkisiyle şehrin kuzeyi, güneyine göre daha sıcak özellik göstermektedir. Bu yönüyle şehrin kendi içinde dahi farklı sıcaklıklar gösterdiği anlaşılmıştır. Manisa şehrinde ise gündüzleri sanayi ve ticaret alanlarının olduğu batı kesimde, geceleri ise konut alanlarının yoğun olduğu doğu kesimde yüksek yüzeY sıcaklıkları belirlenmiştir. Her iki şehir merkezinin de birkaç ay dışında pozitif YIA özelliği gösterdiği belirlenirken, geceleri YIA'ların daha belirgin olduğu ortaya çıkmıştır.

YüzeY sıcaklıklarındaki artış eğilimi, şubat, temmuz, ağustos ve eylül aylarında yoğunlaşmakla birlikte bu artışın özellikle geceleri olduğu belirlenmiştir. YüzeY sıcaklıklarındaki azalma eğilimi ise artışların aksine gündüzleri daha baskın görülmektedir. Azalmalar, artışlara benzer şekilde yaz aylarında hakimdir. Eğilimlerde özellikle yaz aylarının hem artış hem azalış bakımından daha değişken, diğer ayların ise daha homojen olduğu görülmektedir. Uzun yıllara ait eğilimlerde ise İzmir şehir merkezinde gündüz ve geceleri ciddi artış eğilimleri olduğu görülürken Manisa şehir merkezindeki artışlar gece ile sınırlıdır.

YüzeY sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasında yapılan kıyaslamalarda; sabahları hava sıcaklıkları daha yüksekken, öğlen saatlerinde ise soğuk dönemde hava, sıcak dönemde ise yüzeY sıcaklıkları daha yüksektir. Geceleri ise yüzeY sıcaklıkları tüm istasyonlarda hava sıcaklığına göre daha yüksektir.

YS ile hava sıcaklıklarının eğilimleri kıyaslandığında; gündüzleri özellikle soğuk dönemde hava ve yüzeY sıcaklığının paralel olduğu, sıcak dönemde ise paralelliğin ortadan kalktığı, yüzeY sıcaklıklarının anlamlı azalmalar gösterdiği belirlenmiştir. Geceleri ise Bayındır istasyonu haricinde yüzeY ve hava sıcaklıklarının benzer eğilimler gösterdiği tespit edilmiştir. Geceleri ne yüzeY ne de hava sıcaklıklarında anlamlı azalışlar görülmemiş, aksine istatistiksel olarak anlamlı artışlar olduğu belirlenmiştir.

MODIS uydusu verileri; Landsat, ASTER, Sentinel gibi uydulardan farklı olarak 1 km çözünürlük sunmakta, buna rağmen günün 4 farklı saatinde alınmakta, veri sürekliliği sağlamaktadır. Bu bakımdan çalışma, günün 4 farklı saatine ait YS ve eğilimlerini ortaya koyması, YIA ve dolaylı olarak şehir ısı adası özelliklerinin

ve farklı saatlerdeki en yüksek ve en düşük YS'ye sahip noktaların tespit edilmesi açısından ayrıntılı bilgiler sunmaktadır. Çalışma aynı zamanda, Manisa şehri çevresinde YS analizini de içermekte ve daha evvel incelenmemiş bir alan için de detaylı bilgiler barındırmaktadır. Yine çalışma, birisi kıyıda, diğeri ise denize kıyısı olmayan bir alanda bulunan iki farklı şehrin karşılaştırmalı YS analizini sunmaktadır.

Çıkar Çatışması / <i>Conflict of Interest</i>	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / <i>funding conditions</i>	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/ <i>Conception/Design of Study</i>	E. Yılmaz
Metodoloji/ <i>Methodology</i>	E. Yılmaz
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/ <i>Data Curation</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Analiz/ <i>Analysis and interpretation of data</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Görselleştirme/ <i>Visualization</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Yazı taslağı/ <i>Writing - Original Draft</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/ <i>Writing - Review & Editing</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz
Proje yönetimi/ <i>Project administration</i>	Y. F. Şenlik - E. Yılmaz

REFERANSLAR

- Akyürek, Ö. (2020). Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377–390.
- Çiğerci, H. (2021). *Yer Yüzey Sıcaklığının Uzaktan Algılama Verileri ve Mekansal İstatistik Yöntemleri ile Analizi: İstanbul Örneği*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Cihan, A., Cerit, K., & Eren, A. (2022). Yangın Alanında Uydu Görüntüleri ile Yer Yüzey Sıcaklık Değişimi Gözlemi ve Mekansal Alan Tespiti. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 142–155.
- Corumluoğlu, O., & Asri, I. (2015). The effect of urban heat island on Izmir's city ecosystem and climate. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(5), 3202–3211.
- Çiçek, İ., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., & Çalışkan, O. (2013). Ankara şehrinde yüzey sıcaklıklarının arazi örtüsüne göre mevsimsel değişimi. *International Journal of Human Sciences*, 10(1), 621–640.
- Çolak, E., & Sunar, F. (2018). *Yüzey sıcaklığı ve spektral yanma indekslerinin orman yangın analizinde kullanımı*. ESTÜ. UZAL-CBS (Dü.), VII. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde, (s. 311-320). 18-21 Eylül, Eskişehir.
- Demirci, A., & Karakuyu, M. (2002). *Küresel iklim değişimi ve Türkiye'nin fiziki ve beşeri coğrafyası üzerindeki olası etkileri*. Ege Ü. (Dü.), *Klimatoloji Çalıştay Bildiriler Kitabı* içinde, (s. 235–245). 11-13 Nisan, İzmir.
- Erol, O. (2014). *Genel klimatoloji* (10. b.). Çantay Kitapevi.
- Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, H., Akbari, E., & Kohbanani, H. R. (2013). Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County, Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(9), 1290–1315.
- Gökdemir, N. (2020). *Yapay Su Yapılarının Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimine Olan Etkilerinin Meteorolojik Veriler ve Uydu Görüntüleri ile Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Guo, D., Wang, C., Zang, S., Hua, J., Lv, Z., & Lin, Y. (2021). Gap-filling of 8-day terra MODIS daytime land surface temperature in high-latitude cold region with generalized additive models (GAM). *Remote Sensing*, 13(18), 3667–3685.
- Gülersoy, A. E. (2013). Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa merkez ilçesi örneği (1986- 2010). *Journal of Turkish Studies*, 8(8), 1915–1934.
- Himayah, S., Ridwana, R., & Ismail, A. (2020). Land surface temperature analysis based on land cover variations using satellite imagery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 500(1), 1–9.

- Hua, A. K., & Ping, O. W. (2018). The influence of land-use/land-cover changes on land surface temperature: a case study of Kuala Lumpur metropolitan city. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 1049–1069.
- Işık, Ş. (2009). 1995-2000 Döneminde İzmir'e Yönelik Göçler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 52, 9–16.
- Işık, Ş. (2017). 21. Yüzyılın Başında İzmir'in İller Arası Göçlerdeki Konumunda Ne Değişti? *Ege Coğrafya Dergisi*, 26(1), 1–19.
- Kadıoğlu, M. (2009). Küresel iklim değişimi ve Türkiye. *Mühendis ve Makina*, 50(593), 15–25.
- Karakuyu, M. (2002). Şehirleşmenin küresel iklim sapmaları ve taşkınlar üzerindeki etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 6, 97–108.
- Karl, T. R., & Trenberth, K. E. (2003). Modern global climate change. *Science*, 302(5651), 1719–1723.
- Kendall, M. G. (1970). *Rank Correlation Methods* (2. Edition). London, Probability and Statistical Inference.
- Kesgin Atak, B. (2020). Analysing the relationships between land use / land cover and urban land surface temperature using regression tree in İzmir. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 41, 280–291.
- Khorrani, B., & Gündüz, O. (2019). *Uzaktan Algılama ve CBS'nin Yüze Y Sıcaklığı ve Kentsel Isı Adası Tespit ve Analizinde Uygulanması*. AFAD. UZALMET (Dü.), *Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde, 11-15 Kasım, Antalya.
- Lata, R., & Ghosh, S. (2022). Assessing the impact of spatio-temporal land cover changes on land surface temperature using satellite data in Beas Valley, Himachal Pradesh, India. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1), 1–15.
- Li, F., Jackson, T. J., Kustas, W. P., Schmugge, T. J., French, A. N., Cosh, M. H., & Bindlish, R. (2004). Deriving land surface temperature from Landsat 5 and 7 during SMEX02/SMACEX. *Remote Sensing of Environment*, 92(4), 521–534.
- Li, S., Wang, J., Li, D., Ran, Z., & Yang, B. (2021). Evaluation of landsat 8-like land surface temperature by fusing Landsat 8 and Modis land surface temperature product. *Processes*, 9(12), 2262–2279.
- Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., Trigo, I. F., & Sobrino, J. A. (2013). Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131, 14–37.
- Malamiri, H. R. G., Roustai, I., Olafsson, H., Zare, H., & Zhang, H. (2018). Gap-filling of MODIS time series land surface temperature (LST) products using singular spectrum analysis (SSA). *Atmosphere*, 9(9), 334–351.
- Mann, H. B. (1945). 'Nonparametric Tests Against Trend', *Econometrica*, 13 (3), 245–259.
- McMichael, A. J., Campbell-Lendrum, D., Kovats, S., Edwards, S., Wilkinson, P., Wilson, T., Nicholls, R., Hales, S., Tanser, F., Sauer, D. Le, Schlesinger, M., & Andronova, N. (2004). Global climate change. In Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A., & Murray C. J. L. (Eds), *Comparative quantification of health risks* (s. 1543–1649). World Health Organization.
- Mercan, Ç. (2020). Yer Yüze Y Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması: Muş İli Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42–49.
- Noi, P. T., Kappas, M., & Degener, J. (2016). Estimating daily maximum and minimum land air surface temperature using MODIS land surface temperature data and ground truth data in Northern Vietnam. *Remote Sensing*, 8(12), 1002–1025.
- Oguz, H., Doygun, N., Kisakurek, S., & Ozcalik, M. (2019). Calculating surface temperature of İzmir, Turkey. *Journal of Architecture, Engineering & Fine Arts*, 1(2), 36–46.
- Ovalle, A. G. C., Tristan, A. C., Amador-Nieto, J. A., Putri, R. F., & Zahra, R. A. (2021). Analysing the land use/land cover influence on land surface temperature in San Luis Potosí Basin, México using remote sensing techniques. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 686(1), 1–10.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Journal of Geography*, 35, 17–27.
- Pal, S., & Ziaul, S. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 125–145.
- Prata, A. J., V. Casellescoll, C., Sobrino, J. A., & Otle, C. (1995). Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites: current status and future prospects. *Remote Sensing Reviews*, 12(3–4), 175–224.

- Rinner, C., & Hussain, M. (2011). Toronto's urban heat island-exploring the relationship between land use and surface temperature. *Remote Sensing*, 3(6), 1251–1265.
- Sertel, E., & Örmeci, C. (2009). *Uzaktan algılama verilerinin iklim biliminde kullanım olanakları*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. 11-15 Mayıs, Ankara.
- Şahin, M., Şenkal, O., & Sarıkoç, A. (2009). Yer yüzey sıcaklığının Price–1984 algoritmasına bağlı hesaplanması. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 241–253.
- Şahin, M., Yıldız, B. Y., Şenkal, O., & Peştemalci, V. (2011). Uydu verileri kullanılarak İzmir şehir merkezinin yer yüzey sıcaklığının tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 36–45.
- Şentürk, Y., & Çubukçu, K. M. (2022). Kentsel Soğuk Alan Soğutma Kapasitesinin Araştırılması, İzmir Örneği. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 1(1), 106–126.
- Tanrikulu, M. (2006). *İzmir'de Şehirleşmenin Sıcaklık ve Yağış Üzerine Etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Tan, W., Wei, C., Lu, Y., & Xue, D. (2021). Reconstruction of all-weather daytime and nighttime MODIS aqua-terra land surface temperature products using an XGboost approach. *Remote Sensing*, 13(22), 4723–4749.
- Taşlıgil, N. (1992). Manisa ilinin nüfus gelişimi ve özellikleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1), 232–245.
- T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. (1991). Genel nüfus sayımı 1990: İdari bölünüş (özet tablolar) (Yayın No. 1458). Erişim adresi: <https://bnk.institutkurde.org/images/pdf/8TDN1CX7FY.pdf>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2022). İklim sınıflandırması İzmir. Haziran 13, 2022 tarihinde MGM: <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=IZMIR> adresinden alındı.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2022). İklim sınıflandırması Manisa. Haziran 13, 2022 tarihinde MGM: <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=MANISA> adresinden alındı.
- TÜİK Biruni (2023). Merkezi Dağıtım Sistemi. Mart 7, 2023 tarihinde TÜİK: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/> adresinden alındı.
- TÜİK Biruni (2023). Genel Nüfus Sayımları. Mart 7, 2023 tarihinde TÜİK: <https://biruni.tuik.gov.tr/nufusmenuapp/menu.zul> adresinden alındı.
- TÜİK. (2021). Nüfus ve Demografi. Mayıs 25, 2022 tarihinde TÜİK: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> adresinden alındı.
- Urban, M., Eberle, J., Hüttich, C., Schmullius, C., & Herold, M. (2013). Comparison of satellite-derived land surface temperature and air temperature from meteorological stations on the pan-arctic scale. *Remote Sensing*, 5(5), 2348–2367.
- Wang, L. J., Zuo, H. C., Ren, P. C., & Qiang, B. (2014). Land surface temperature retrieval from MODIS and VIRR data in northwest China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 17(1), 1–7.
- Xiong, Y., Huang, S., Chen, F., Ye, H., Wang, C., & Zhu, C. (2012). The impacts of rapid urbanization on the thermal environment: a remote sensing study of Guangzhou, South China. *Remote Sensing*, 4(7), 2033–2056.
- Yavaşlı, D. D. (2017). Spatio-Temporal Trends of Urban Heat Island and Surface Temperature in Izmir, Turkey. *American Journal of Remote Sensing*, 5(3), 24–29.
- Yavaşlı, D. D., Ölgün, K., & Zoğal, V. (2018). Are summer resorts cooler in summer? A case study of İzmir province. *Aegean Geographical Journal*, 27(2), 127–134.
- Yılmaz, E. (2015). Landsat görüntüleri ile Adana yüzey ısı adası. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 13 (2), 115-138.
- Yılmaz, E. (2017). Türkiye'nin bazı şehirlerindeki ısı adası özellikleri. F. Arslan (Ed) içinde, *Türkiye coğrafyası araştırmaları-Prof. Dr. Mesut Elibüyük'e armağan* (s. 177-204). PEGEM Akademi.
- Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2018). Detailed Köppen-Geiger climate regions of Turkey / Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri. *Journal of Human Sciences*, 15(1), 225–242.
- Zhao, B., Mao, K., Cai, Y., Shi, J., Li, Z., Qin, Z., Meng, X., Shen, X., & Guo, Z. (2020). A combined Terra and Aqua MODIS land surface temperature and meteorological station data product for China from 2003 to 2017. *Earth System Science Data*, 12(4), 2555–2577.



Received: 17 February 2023 | Revised: 27 April 2023 | Accepted: 25 May 2023

ENDÜSTRİYEL GELİŞİME UYGUN YERLERİN BELİRLENMESİNDE CBS VE AHP ENTEGRASYONU YAKLAŞIMI: PALANDÖKEN, AZİZİYE VE YAKUTİYE (ERZURUM)¹

*GIS and AHP integration approach in determining suitable sites for industrial development:
Palandöken, Aziziye, and Yakutiye (Erzurum)*

Yusuf KIZILKAN²

Atatürk Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
Erzurum-Türkiye
yusuf.kizilkan@atauni.edu.tr

Salih BİRİNCİ

Atatürk Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
Erzurum-Türkiye
sbirinci@atauni.edu.tr

Çağlar Kıvanç KAYMAZ

Atatürk Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
Erzurum-Türkiye
ckkaymaz@atauni.edu.tr

Abstract

Within the scope of human and space interaction, especially the planning of the human elements and choosing a place are important in terms of protecting the environment. In this regard, it is noteworthy that decision-making processes based on multi-criteria are applied in choosing the appropriate place for industry in many areas, both at the international and national levels. The determination of suitable areas for industry in the context of environmental sustainability in terms of spatial organization and planning is a very important issue. Determining the appropriate areas for industry in the context of environmental sustainability in relation to land use planning and zoning is a very important issue. In this context, the study aims to determine the suitable area for industrial infrastructure development for Palandöken, Aziziye, and Yakutiye districts considering the physical and human geographical conditions. In the study, a model for determining the suitable location for industrial areas based on 10 criteria established by experts in the framework of multi-criteria decision-making methods and the infrastructure of GIS (Geographic Information Systems) has been proposed. As a result of the analyses, it was found that a large part of the land in the study area (83.19%) is unsuitable for the establishment and development of industrial zones. Thus, the knowledge and results obtained in the study will help to eliminate an important shortcoming in the selection of sites for industrial development projects in the research area and to make industrial investments in the right places. In addition, the model presented in this study will serve as an example for new studies that will be conducted to select the appropriate location by adapting it to different areas and locations, and will also prepare the ground for the development of new models or approaches.

Keywords: Sustainable Industry, GIS, Multi-Criteria Decision Making, Erzurum

Öz

İnsan ve mekân etkileşimi kapsamında özellikle beşerî unsurların planlanması ve yer seçimi tercihleri, çevrenin korunması açısından önem arz etmektedir. Bu doğrultuda gerek uluslararası gerekse ulusal düzeyde birçok alanda gerçekleştirilecek yatırımlar için uygun yer seçimi yapılırken farklı ölçütlerin temel alındığı karar verme süreçlerinin kullanıldığı dikkat çekmektedir. Mekânsal organizasyon ve planlama açısından çevresel sürdürülebilirlik kapsamında sanayi için uygun alanların belirlenmesi oldukça önemli bir konudur. Bu kapsamda araştırmanın amacı Palandöken, Aziziye ve Yakutiye ilçeleri için fiziki ve beşerî coğrafya özellikler dikkate alınarak sanayi altyapısının geliştirilmesine yönelik uygun alan belirlenmesidir. Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemleri ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) altyapısı çerçevesinde uzmanlarca belirlenen 10 kriterlere dayalı sanayi alanları için uygun yer belirlenmesi modeli ortaya konulmuştur. Analizler sonucunda çalışma sahasına ait arazilerin büyük bir kısmının (%83,19) endüstriyel alanların kurulması ve gelişimi için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Böylece çalışmada ulaşılan bulgu ve elde edilen sonuçlar araştırma sahasında sanayinin geliştirilmesine yönelik yapılacak projeler için yer seçimi konusunda önemli bir eksikliğin giderilmesine ve sanayi yatırımlarının doğru yerlerde kurulmasına katkı sunacaktır. Ayrıca bu çalışmada ortaya konulan model, farklı alanlara ve sahalara uyarlanarak uygun yer seçimine yönelik gerçekleştirilecek yeni çalışmalar için örnek teşkil edecek ve aynı zamanda yeni model veya yaklaşımların geliştirilmesine de zemin hazırlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Sanayi, CBS, Çok Kriterli Karar Verme, Erzurum.

¹ Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından SAB-2022-11513 kodlu proje kapsamında desteklenmiştir.

² Sorumlu Yazar/ Corresponding author

1. GİRİŞ

Sanayi coğrafyası, “geleneksel olarak endüstriyel alanların hareketliliği ve bu hareketlilikle birlikte ortaya çıkan imalat veya ikincil faaliyetlere yönelik mekânsal düzenlemelerle ilgilenilmesi” olarak tanımlanmıştır (He ve Zhu, 2017; Johnston vd. 1986). Geçmişte sanayi süreçleri ve üretim boyutu, planlamalardaki en büyük ekonomik getiri olarak kabul edilmekteydi. Ancak bu görüş üretim sistemindeki değişimler, küreselleşme ve çevresel kaygılarla birlikte değişme eğilimi göstermiştir (Malmberg, 1994). Kentsel alanlardaki sanayileşme, büyümeye oranla beklenilenden daha hızlı ve talep edilenden daha büyük şekilde gerçekleşerek planlanamayan bir süreçler halini almıştır. Dolayısıyla sanayi üretim kalıpları ve çevresel kullanım kontrolsüz bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu yüzden geçmişte gerçekleşen sanayi faaliyetlerinin büyük bir çoğunluğu temel olarak kullanım dengesi yönüyle günümüz düşünce yapısı ve sürdürülebilirlik algısı içinde kabul edilmez olarak görülmektedir (Baird, 1992; Voerknecht, 1994; Chen ve Delaney, 1998). Buna bağlı olarak sanayi süreçlerinin temel yapısı gelişmiş ülkelerde yeni sanayi alanlarına kayma (örn. Endüstri 4.0) eğiliminde iken, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde ise yeni sanayi altyapılarının oluşturulması şeklindedir (Tümertekin ve Özgüç, 2020; Stock ve Seliger, 2016). Yine de bu ülkelerde kurulan sanayi alanlarının ve gerçekleştirilen faaliyetlerin sürdürülebilir sanayi gelişimi ile ne derece uyumlu olduğu hala tartışma konusudur.

Doğal ve beşerî kaynakları verimli bir biçimde kullanabilmek için gerek çevresel koruma koşulları gerekse sanayi alanlarının devamlılığı toplumların kalkınmasında hayati bir önem taşımaktadır (UN, 2015; Denoncourt, 2020). İnsanlık tarihine kıyasla günümüz beşerî etkinlikleri dünyanın iklimsel süreçlerini ve çevresel olgularını değiştirecek seviyelere ulaşmıştır. Özellikle sanayileşmiş ve sanayisi gelişmekte olan ülkelerdeki kontrolsüz ve doyumsuz kaynak kullanımı, uluslararası kıyaslamalarla birlikte tamamen tutarsız hale gelen çevresel kullanım süreçlerini ortaya çıkarmıştır (Chichilnisky, 1997). Bununla birlikte çevresel kaygıların çıkış noktası olarak, ekonomik gelişmenin çevre korumayla karşılıklı bir uyum içinde olduğunu kabul eden, 1972 yılında Roma kulübü tarafından yayınlanan “*Büyümenin Sınırları*” raporudur (Baker vd, 1997; Goodland, 1995). Uluslararası boyutlarda ise fiziki ve beşerî çevrenin kullanımından kaynaklanan bozulmaların dikkate alındığı ilk toplantı ise 1972 yılında gerçekleşen “*Stockholm Konferansı*” kabul edilir. Bu toplantının çıktı raporunda 26 ilke belirlenmiş olup, çevresel kirliliğin kaynağı sanayileşme ve teknolojik gelişme ile ilişkilendirilmiştir (UNCED, 1972). Birleşmiş Milletlerin Çevre ve Kalkınma Konferansı (1987) toplantısı sonuç bildirgesi olarak kabul edilen “*Ortak Geleceğimiz*” raporunda çevresel sürdürülebilirliğin sanayi süreçleri ilişkisi kapsamında 8. hedef olarak “*Endüstri: Daha Azıyla Daha Fazlasını Üretmek*” başlığı belirlenmiştir. Raporda sanayi; doğal kaynak kullanımı sürecinden gücünü alan ürün ve kirliliği insan ortamına dâhil eden, çevreyi geliştirme veya bozma sürecini etkileyecek modern ekonomilerin vazgeçilmez bir büyüme motoru olarak tanımlanmıştır. Ancak sanayi devriminden bugüne, kaynak ve çevresel hususlarda sürdürülebilir çevre ile sanayi süreçleri entegrasyonunu göz önünde bulundurularak sanayi planlaması yapılması ve bunların karar alma süreçlerine dâhil edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır (WCED, 1987). Birleşmiş Milletler bu rapor ile kaynak kullanım verimliliğinin artırılması, sanayi atıklarının azaltılması, bu atıkların geri dönüşüm ile yenilebilir kaynak yönelimi gibi konuların ulusal ve uluslararası toplumlarca teşvik edilmesi zorunluluğuna dikkat çekmiştir (Keeble, 1988; Hodlen vd. 2014). Dolayısıyla kaynaklar ve çevresel hususlar, hükümetlerin ve sanayinin endüstriyel planlama ve karar alma süreçlerine bütünleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede gelecekteki büyümenin enerji ve kaynak içeriğinde istikrarlı bir düşüş meydana gelmiş olacaktır (WCED, 1987). Diğer taraftan uluslararası toplumlar tarafından Gündem 21 raporunun 1992 yılında sürdürülebilirliğin hedef ve ilke geliştirme sürecinin bir çıktısı olarak kabul edilmesinden sonra gerek insan yerleşimlerinin desteklenmesi gerekse raporda yer alan 40 madde ile çevresel sürdürülebilirliğin sanayi ile ilgili hedefleri ve sanayi sürecinden kaynaklı çevresel zararlardan kaçınılması gerekliliği vurgulanmıştır (UNCED, 1992). Bunların dışında 2015 yılında Gündem 2030 hedefi ile belirlenen 17 sürdürülebilir kalkınma hedefi arasında Hedef 9. Esnek altyapıların oluşturulması, sürdürülebilir sanayi ve yenilikçi yaklaşımların teşvik edilmesi yaklaşımı ile 8 alt hedef belirlenmiştir. Bu çerçevede Türkiye’de Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen 9. sürdürülebilir kalkınma hedefi kapsamında 23 proje yer almaktadır. Bu projeler yenilebilir enerji kaynaklarının artırılması ve hem kırsal hem de kentsel alanlardaki çevresel ve yenilikçi sanayi altyapılarının kurulmasıyla ilgilidir (<https://turkiye.un.org/tr/sdgs/9>). Dünyada ve ülkemizde gerçekleşen sanayi altyapı tesislerinin kuruluşu ve bu alanların kaynak değerlerinin ortaya çıkarılması genel

olarak sanayi coğrafyası kapsamında değerlendirilmedi. Öncelikle coğrafyacının sanayi faaliyetleri ile ilgilenmesi ise her olayda olduğu gibi dağılış ve ilişki yönüyledir. Sanayi faaliyetlerinin coğrafi yönden incelenmesinde ön plana çıkan yaklaşımlar ise şunlardır (Tümertekin, 1982);

- Dağılış düzeni
- Sanayi alanın bulunduğu yerlerdeki diğer elemanlarla olan ilişkisi (örn hammadde, pazarlama, istihdam)
- Sanayi bölgesinin başka alanlarla ilişkileri şeklindedir.

Sanayi coğrafyasında üzerinde durulması gereken konulardan biri de potansiyel sanayi alanlarının araştırılmasıdır (Tümertekin ve Özgüç, 2020; Doğanay ve Çavuş, 2013). Bir sanayi alanı veya bölgesel konumunun belirlenmesi, yer alacağı alandaki sanayi faaliyetlerinin gelecekteki devamlılığını büyük ölçüde etkilemektedir. Sürdürülebilir sanayiye yönelik modellerin tasarlanması ve gerçekleştirilmesi ise geleneksel olarak gerçekleştirilen modellerden daha karmaşık özellik göstermektedir. Uygun alan belirlemedeki bu karmaşıklık özellikle karar verme süreçlerine etki etmektedir (Doğan, 2021). Ancak coğrafi koşulların dikkate alınmasıyla uzman görüşlerine göre belirlenen parametrelerin çok kriterli yaklaşım ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) esaslı değerlendirmeleri daha doğru planlama yaklaşımlarının oluşturulmasını desteklemektedir. Nitekim uygun alan belirlemeye yönelik modeller, sürdürülebilir kalkınma hedefleri dikkate alınarak kentsel ve kırsal arazi planlamaları, nüfus artışı, kaynak ve enerji kullanımının verimliliği, hızlı kentleşme, ekonomik büyüme, sosyal eşitlik ve çevre korumanın sağlanması için daha önemli ve zorunlu hale gelmiştir (Pearson vd., 2010; Wang vd., 2015). Sadece coğrafyacılar değil aynı zamanda jeoloji, peyzaj, geomatik, çevre mühendisleri, şehir planlamacıları ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) uzmanları arazi kullanımı kapsamında sanayi alanlarının farklı yönleriyle değerlendirilmesi kapsamında çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Bu kapsamda; Li vd. (2014) degredasyon süreci içinde olan bazı sanayi alanları için arazi kullanımı ve risk değerlendirme araştırması, Zheng ve Shi (2018) sanayi politikalarının geliştirilmesi ve firmalara yönelik uygun yer seçimi analizi, Lee ve Jung (2020) endüstriyel bölgelerde arazi kullanımı planlaması ve bilgi endüstrisinin büyümesi, Fernando vd. (2015) CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ile sanayi zonları seçimi, Benaissa ve Khalfallah (2021) arazilerin kullanım süreçlerindeki değişiklikleri kontrol etmek ve çok kriterli yaklaşımlar ile sanayi faaliyetlerine uygun araziler belirleme, Kaygalak (2011) sanayi kümelenmeleri ve sanayi yer seçiminde Türkiye'deki yeni eğilimler, Akgüngör (2006) Türkiye'de imalat sanayisindeki coğrafi yoğunluk bölgelerinin belirlenmesi, Ünal (2020) sanayi alanlarındaki mekânsal dönüşümler, Ünal (2010) Türkiye'deki sanayi süreçlerinin tarihsel gelişimi kapsamındaki sanayi politikaları, Çavuş (2015) Doğu Karadeniz Bölümündeki sanayi yoğunluğunun fazla olduğu Trabzon ilindeki mevcut durum ve sorunlar, Mutluer (1995) Sanayi süreçlerinin coğrafi açıdan Denizli ilinde incelenmesi, Özey ve Çalışkan (2018) sektörel bir inceleme kapsamında endüstriyel kolonya üretimi Balıkesir ili gibi sanayi süreçlerinin mekânsal gelişimi ve coğrafi özelliklerin sanayi ile ilişkisini içeren çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Sürdürülebilir çevre ve sanayi sistemlerinin çevresel uygunluğu dikkate alınarak gerçekleştirilen bu çalışma temel olarak uzman görüşlerine göre sanayi için uygun yer seçimi çerçevesinde tasarlanmıştır. Araştırma sahasındaki sanayi alanları için uzun yıllar boyunca kullanılabilir uygun alanların belirlenmesi, kullanılan parametrelerin öncelik değerlerinin tespiti ve doğrulanması çok kriterli karar verme süreçleri olarak yaygın bir şekilde kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırma alanın coğrafi özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilen bu çalışmadan elde edilen bulgular, CBS ve AHS yaklaşımı ile analiz edilerek araştırma sahası için geleceğe yönelik sanayi için uygun alanlarının belirlenmesi noktasında bir fiziki planlama önerisi sunmuştur.

2. ARAŞTIRMA SAHASININ YERİ VE SINIRLARI

Çalışma sahası, Erzurum il merkezinde yer alan Palandöken ve Yakutiye metropoliten ilçeleri ile Aziziye büyükşehir ilçesini kapsamaktadır. Nitekim bu ilçeler coğrafi olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü içerisinde yer almaktadır. Coğrafi koordinat sistemine göre 40° 20' 5.55" - 39° 43' 5.81" kuzey enlemler ve 40° 37' 47.20" - 41° 35' 40.34" doğu boylamları arasında kalmaktadır (Şekil 1). Araştırma sahası sınırları

10 temel ölçüt (yükseklik, eğim, bakı, tarım arazisi sınıflandırması, yollara uzaklık, tarım arazilerine uzaklık, orman alanlarına uzaklık, yerleşim alanlarına uzaklık, akarsulara uzaklık ve fay hatlarına uzaklık) belirlenmiştir (Tablo 1). İkinci aşamada ise belirlenen kriterlerle ilgili AHP süreçlerinin tasarlanması amaçlı anketlerin oluşturulması ve anketlerin uzmanlara uygulanmasıdır. Bu kapsamda kriterlerin yer belirleme sürecinde ağırlık değerlerinin tespit edilmesi için 3 kişilik ayrı bir uzman grubuna anket uygulanmıştır. Nihai olarak son aşamada uzman görüşleri ve daha önce yapılmış çalışmalardan yararlanılarak sanayi gelişimi için uygun alanların belirlenmesi kapsamında referans aralıklar veya sınıflandırma ölçeği belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1- Endüstriyel gelişime uygun alanların belirlenmesinde kullanılan kriter ve kriterlerin sınıflandırma ölçeği.
 Table 1- Criteria and classification scale used in determining suitable areas for industry.

Kriter	Sınıflandırma Aralığı	Kriter Sınıflandırma Ölçeği
Yükseklik (S1)	1705 m-3172 m	1705-2000 (9); 2001-2400 (7); 2401-2750 (1); 2751-3172 (0)
Eğim (S2)	0 - 60°	0° -10° (9) / 10,1° - 20° (5) / 20,1° - 40° (1) / 40° > (0)
Bakı (S3)	-1° - 360°	-1° - 22,5° / 292,5° -360° (1) 22,5° -112,5° (7) 112,5° -157,5° / 157,5° -247,5° (9)
Arazi kullanım kabiliyeti sınıflandırması (S4)	I-VIII	I- II- III (2) / IV - V - VI (5) VII - VIII (0)
Yollara Uzaklık (S5)	250 m -5000 m	0 - 250 m / 5000,01 m > (0) / 250,01 m - 2000 m (9) 2000,01 m - 5000 m (7)
Tarım Arazilerine Uzaklık (S6)	500 m	0-500 m (1) / 500,01 m > (9)
Ormanlara Uzaklık (S7)	5000 m	0-5000 m (1) / 5000,01 m > (9)
Yerleşim Alanlarına Uzaklık (S8)	1000 m	0-1000 m (1) / 1000,01 > (9)
Akarsulara Uzaklık (S9)	500 m	0-500 m (1) / 500,01 m > (9)
Fay Hatlarına Uzaklık (S10)	2000 m	0-2000 m (0) / 2000,01 m > (1)

Çalışmanın yönteminde önemli bir yere sahip olan AHS, Saaty tarafından geliştirilmiş olup, temel olarak bu yaklaşım sistematığı öncelikle bir problemin tanımlanması ile başlar. Sonrasında ise AHS yöntemiyle kriterlerin önceliklerinin belirlenmesi dört aşamada gerçekleştirilir. Bu aşamalar ise aşağıdaki gibi formüle edilmiştir (Saaty, 2003; 1977; 1980; 1982; 1987; 1990):

1. Adım: İkili karşılaştırma matrisi oluşturulur (1).

$$(1) A = (a_{ij}) \begin{bmatrix} 1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & 1 & \dots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & 1 \end{bmatrix}, a_{ij} = 1 / a_{ji} \text{ (} i = 1, 2, 3, \dots, n, \text{ and } j = 1, 2, 3, \dots, n \text{)} \quad (1)$$

Bu işlem yapılırken Saaty (1980) tarafından geliştirilen 1 ila 9 arasında değişen likert tipi ölçek kullanılır (Chakraborty ve Banik 2006; Chen vd. 2010; Bozdağ vd. 2016; Tablo 2).

Tablo 2- Değerlendirme ölçeği.
 Table 2- Evaluation scale

Önem Derecesi	Anlam
1	Karşılaştırılan kriterler eşit derecede önemli
3	1. kriter 2.'ye göre biraz daha önemli
5	1. kriter 2.'ye göre fazla önemli
7	1. kriter 2.'ye göre çok fazla önemli
9	1. kriter 2.'ye göre aşırı derecede önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Kaynak: Saaty (1990).

2. Adım: İkili karşılaştırma matrisi normalize edilir (2).

$$(2) \bar{a}_{ij} = \frac{\bar{a}_{ij}}{\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}}, i, j = 1, 2, \dots, n$$

3. Adım: Vektör ağırlığı hesaplanır (3).

$$(3) W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}, w_i = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{kj}^2 \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}}, i, j = 1, 2, \dots, n$$

4. Adım: Tutarlılık oranı “Tutarlılık İndeksi (Consistency Index-CI)” adı verilen katsayı hesaplanır (4).

$$(4) CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

Tutarlılığı hesaplayabilmek için “Rassal İndeks (Random Index-RI)” değeri kullanılır (Tablo 3).

Tablo 3- Rassal (Random Index-RI) değerler ölçeği

Table 3- Random index scale

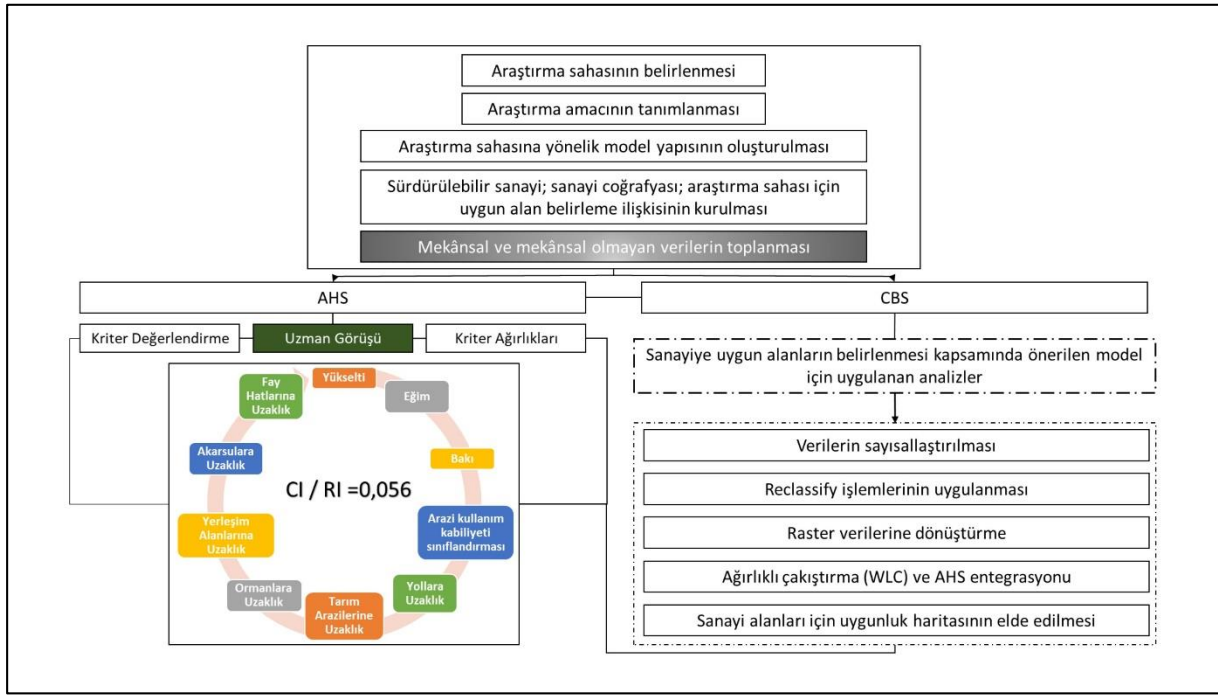
<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Kaynak: Saaty (1988).

5. Adım: CI ve RI değerleri hesaplandıktan sonra “Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio-CR)” hesaplanır (5).

$$(5) CR = \frac{CI}{RI}$$

AHP işlemi sonrasında alana yönelik belirlenen kriterler ile CBS teknikleriyle sayısallaştırılmış haritaların analiz edilmesi işlemine geçilmiştir. Her kriter kendi içinde tanımlanan bir kriter ağırlığını içerir. Parametreler içinde yer alan yükselti, eğim ve bakı haritaları Harita Genel Müdürlüğü kaynaklı 5 5 m x 5 m çözünürlüklü sayısal yükselti modelinden elde edilmiştir. Arazi kabiliyet sınıflandırma verisi İl Tarım ve Orman Müdürlüğü verilerinden, arazi kullanım nitelikleri ise (orman alanı, tarım alanı, akarsu varlığı) CORINE 2018 kaynağından elde edilmiştir (CORINE, 2018). Bu verilerin yanı sıra fay hatları verisi MTA tarafından oluşturulan 1/25.000 ölçekli raster haritalardan, yol ve yerleşim verileri ise araştırma sahasında yer alan belediyelerce gerçekleştirilen mekânsal planlardan elde edilmiştir. Yükselti, eğim, bakı, arazi kabiliyet sınıflandırması için yeniden sınıflandırma işlemleri (Reclassify) kullanılırken, uzaklık parametreleri için Euclidean Distance yöntemi uygulanmıştır. Uzman görüşlerine göre belirlenen ve her bir katman için ayrı bir şekilde tasarlanan kriterler WLC (Weighted Linear Combination) yani ağırlıklı çakıştırma işlemi sırasında AHS ile elde edilen kriter ağırlıkları sonucuna göre ArcGIS 10.8 programında çakıştırılmıştır. Bu çakıştırma işlemi sonucunda ise araştırma sahasında sanayi bölgelerinin kurulması ve geliştirilmesi için uygun olmayan, az uygun, uygun ve çok uygun alanlar belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2- Sanayi gelişimine uygun alanların belirlenmesinde veri toplama ve uygulamaya yönelik hiyerarşik yapı
 Figure 2- Hierarchical structure for data collection and application in identifying areas suitable for industrial development

4. BULGULAR

4.1. AHP ve CBS Entegrasyonu

Analitik Hiyerarşi Süreçleri kapsamında uzmanlardan alınan görüşler doğrultusunda her bir kriterin bir diğerine göre kıyaslanması işlemlerine göre yapılan analiz sonuçlarında CI/RI yani CR değeri 0,056 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4). Analizde kullanılacak kriter önceliklerinin ve uzman değerlendirmelerinin tutarlılığı karşılaştırmalı matrisle hesaplanarak, her bir kriterin öncelik değeri belirlenmiştir. Bu süreçte tutarlılık oranı (CR) önemli olup karar vericilerin kriterler arası ikili karşılaştırma sırasında oluşabilecek hatalarını önleme ve anket tutarlılığın sağlanması amaçlı tutarlılık oranının 0,1'den az olması gerekmektedir (Forman, 1990; Hafeez, Zhang ve Malak, 2002). Bu açıdan çalışmada AHS analizinde bulunan tutarlılık (0,056'lık CR değeri) oranının istenen sınırlar arasında olduğu görülmektedir (Tablo 4). Dolayısıyla analizde kullanılan ölçeğin tutarlı olduğu anlaşılmıştır.

Uzman görüşleri doğrultusunda kriterlerin birbirleri ile ikili karşılaştırılması sonrasında belirlenmiş 10 kriterin öncelik değerleri tespit edilmiştir. AHS analizine göre sanayi için uygun yer seçiminde kullanılacak kriter arasında ilk sırada %18,4 oranla S6 kodlu tarım arazilerine uzaklık kriteri belirlenmiştir. Bu ölçütü sırasıyla %16,5'lik değer ile S4 kodlu tarım arazisi sınıflandırması ve %16,3'lük oranla S5 numaralı yollara uzaklık kriterleri izlemektedir. Bu üç ölçüt uzman görüşleri doğrultusunda çalışma sahasında sanayi için uygun yer seçiminde en fazla öne çıkan unsurlar olarak dikkat çekmektedir. S8 kodlu yerleşmelere uzaklık ile S9 kodlu akarsulara uzaklık kriterleri ise %11,2'lik ağırlık oranıyla dördüncü ve beşinci sırada önceliğe sahip kriterler olmuştur. Bu iki ölçütü altıncı sırada %9 ağırlık değeri ile faylara uzaklık kriteri takip ederken, %7,3'lük ağırlık değerine sahip ormanlara uzaklık kriteri yedinci sırada yer almıştır. Buna karşılık S2 kodlu eğim kriteri %3,8 ve S1 kodlu yükselti ölçütü %3,7 ağırlık değerleri ile sırasıyla sekiz ve dokuzuncu sırada öneme sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır. S3 kodlu baki kriteri ise sanayi için uygun yer seçimi belirlemeye yönelik kullanılacak 10 ölçüt arasında %2,6 değer ile en düşük ağırlığa sahip kriter olarak tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5- Kriterler için normalize edilmiş değerler
 Table 5- Normalized values for criteria

Kriter	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	Kriter Ağırlıkları
S1	0,03	0,04	0,09	0,03	0,03	0,06	0,02	0,04	0,02	0,03	%3,7
S2	0,03	0,04	0,09	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	%3,8
S3	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	%2,6
S4	0,17	0,18	0,15	0,16	0,13	0,17	0,19	0,13	0,27	0,08	%16,5
S5	0,17	0,11	0,15	0,16	0,13	0,06	0,19	0,13	0,27	0,25	%16,3
S6	0,1	0,18	0,15	0,16	0,39	0,17	0,19	0,13	0,09	0,25	%18,4
S7	0,1	0,11	0,09	0,05	0,04	0,06	0,06	0,13	0,03	0,08	%7,3
S8	0,1	0,11	0,09	0,16	0,13	0,17	0,06	0,13	0,09	0,08	%11,2
S9	0,17	0,11	0,09	0,05	0,04	0,17	0,19	0,13	0,09	0,08	%11,2
S10	0,1	0,11	0,09	0,16	0,04	0,06	0,06	0,13	0,09	0,08	%9
CI/RI Değeri											0,056

Yükseklik (S1):

Yükselti, farklı şekillerde yerleşme ve insan faaliyetlerine etki etmektedir. Yükseltiye bağlı olarak iklim şartlarının değişmesi hem insanların yaşam kalitesi ve sağlık koşullarını hem de ekonomik faaliyetlerini önemli ölçüde şekillendirmektedir. Bununla birlikte gelişen teknoloji ile çevresel koşulların insan yaşamı üzerindeki kontrolü belli oranda azalmakla birlikte günümüzde yükseltinin insan faaliyetleri üzerindeki sınırları etkilerinin devam ettiği bir gerçektir. Çalışma alanını oluşturan Erzurum ilindeki Palandöken, Yakutiye ve Aziziye ilçelerinde yükselti 1705 ile 3172 m arasında değişen arazilerden oluşmaktadır. Yükselti şartları çalışma sahasında ekonomik faaliyetlerinin şekillenmesinde önemli bir paya sahiptir. Araştırma alanında sanayi için uygun yer seçimi sürecinde yükselti şartlarının etkisini belirlemeye yönelik uzmanlardan alınan görüşlere göre 1705-2000 m kuşağının sanayi için en uygun şartlara sahip olduğu, 2001-2400 m arasının orta derecede uygun, 2401-2750 m arasının az uygun ve 2750 m üzerindeki arazilerin ise uygun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu veriler doğrultusunda yükselti kriterine göre oluşturulan uygunluk haritasında sahada 1705-2400 m kuşağının sanayi tesislerinin kurulumu yönünden tercih edilebilir yer olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşılık yükseltinin etkisiyle kış mevsiminde kar yağışı ve buzlanma gibi ulaşım üzerindeki olumsuz etkiler 2400 m üzerindeki alanların sanayi alanı olarak tercih edilmesini sınırlandırmaktadır. Özellikle de 2700 m üzeri saha yollara uzaklık, yerleşim yerlerine uzaklık ve diğer olumsuz şartlar nedeniyle sanayi yeri için en az uygun alanlar olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 3).

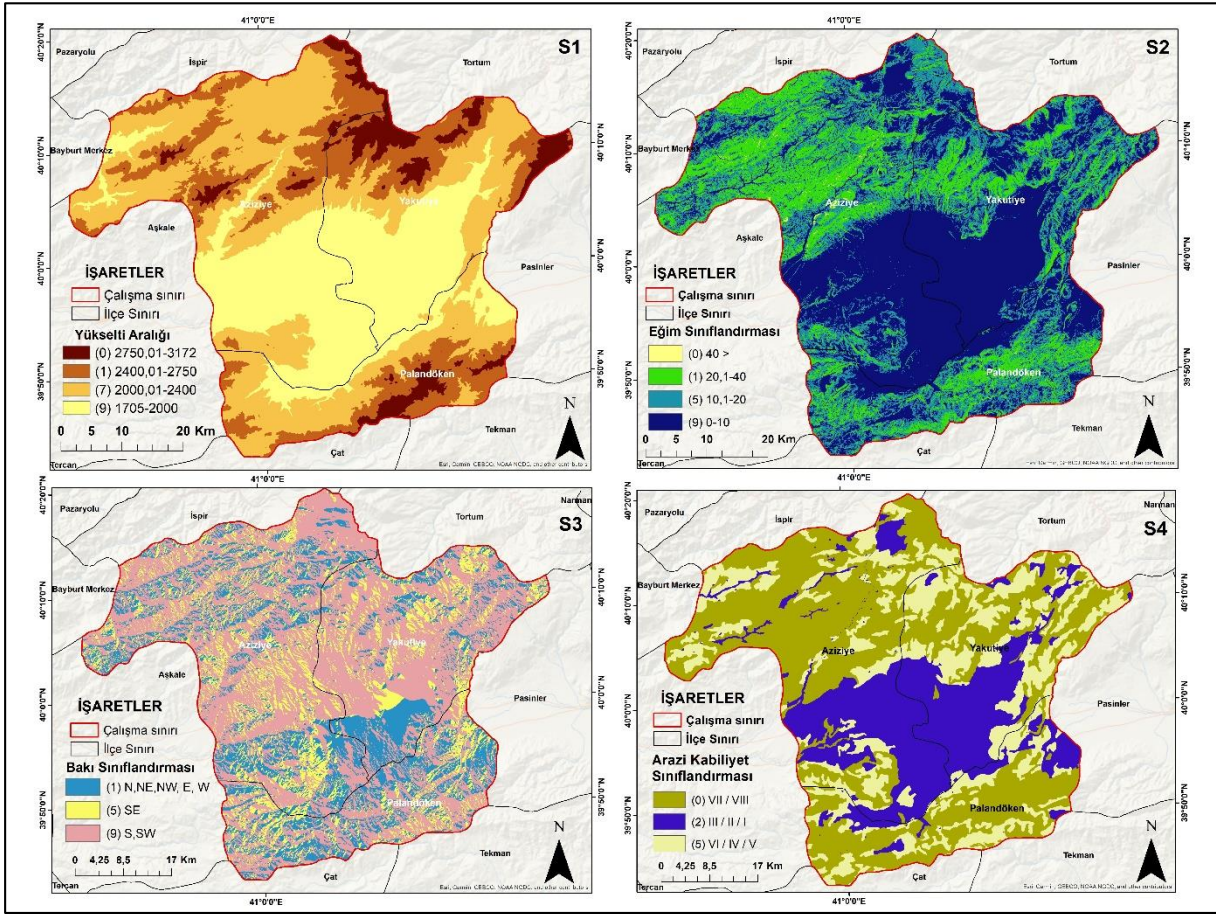
Eğim (S2):

Endüstriyel gelişime uygun alan belirlenmesi kapsamındaki bir diğer kriter ise eğimdir. Genel olarak yer şekillerinin kontrolü altında gelişen ve değişen (Erol, 1983) eğim özellikleri, insanların yerleşme şekillerini ve ekonomik faaliyetlerini, arazi işleme biçimlerini doğrudan etkileyen önemli unsurların başında gelmektedir. Eğim değerleri gerek insanların yerleşme alanlarının seçimini gerekse de yerleşme alanlarındaki konutların inşaa sürecini ve maliyetini etkilemektedir. Bu durum sanayi tesisleri için de önem arz etmektedir. Özellikle eğim değerlerinin yüksek olması sanayi alanları açısından sorun teşkil etmekte veya sanayi tesislerinin inşaa sürecinde altyapı yatırım maliyeti ve ulaşım maliyetlerinin artmasına neden olabilmektedir. Uzman görüşleri ve uluslararası çalışmalara göre eğim değeri 10°'nin altındaki alanlar sanayi için en uygun alan olarak kabul edilirken, eğim değerinin 10,1°-20° arasında olduğu sahalarda orta derecede uygun, 20,01°- 40° çok az uygun ve 40°'nin üzerinde eğim değerine sahip alanlar ise sanayi için uygun olmayan sahalarda belirlenmiştir (Aburas vd. 2017; Ramya ve Devedas, 2019). Bu sınıflandırmaya göre oluşturulan uygunluk haritasına göre eğim değerlerinin düşük olduğu Erzurum Ovası ve yakın çevresinin sanayi yeri için en uygun alanlar olarak öne çıktığı görülmektedir. Buna karşılık ovanın hemen gerisinde yükseltinin arttığı ve eğim değerlerinin de artması ile bu sahalarda sanayi yeri için az uygun ve uygun olmayan sahalarda belirlenmektedir (Şekil 3). Erzurum Ovası ve çevresinde yer alan araziler 1. Sınıf tarıma uygun araziler olarak ön plana çıkmaktadır. Uzmanlara göre bu alanlar

sanayiye uygunluk açısından değerlendirildiğinde arazi kullanım kabiliyet sınıflandırması kriteri kapsamında verimli tarım arazileri olup sanayi alanları gelişimi için kaçınılması gereken sahalara olarak belirlenmiştir.

Bakı (S3):

Araştırma sahasında sanayi için uygun mekânın seçiminde kullanılan 10 ölçüt arasında en az öneme sahip (%2,6) kriter olan bakı, sanayi alanları ve tesislerin güneşe göre konumlarını ifade etmektedir. Çalışma sahasının yüksek ve soğuk iklim şartlarının etkili olduğu bir alanda bulunması, özellikle ısınma gibi yakıt giderlerinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Buradan hareketle güneye dönük veya daha fazla güneş alabilen alanlardaki sanayi tesisleri için bu durum kısmen ısıtma kaynaklı maliyetleri azaltma yönünde olumlu etkileri olabilir. Bu nedenlerle uzmanlar genel anlamda güneye bakan alanları çok uygun, batı ve doğuya dönük sahalara orta düzeyde uygun olarak değerlendirirken, kuzeye bakan arazilerin az uygun olduğu şeklinde değerlendirmişlerdir. Bu durum uluslararası bir çalışmada elde edilen değerlere benzerlik göstermektedir (Ramya ve Devedas, 2019). Bu verilere göre hazırlanan haritada çalışma sahasındaki Palandöken Dağları'nın kuzeye bakan bölümleri dışındaki alanların bakı yönünden sanayi için genel anlamda uygun şartlar gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3- Yükselti (S1), eğim (S2), bakı (S3) ve arazi kabiliyet sınıflandırması (S4) kapsamında sanayi tesisleri için uygun alanların haritaları

Figure 3- Maps of suitable areas for industrial processes within the scope of elevation (S1), slope (S2), aspect (S3) and land capability classification (S4)

AKK sınıflandırması (S4):

Araziler kullanım kabiliyeti sınıflarına göre çalışma sahası arazisi en iyi kullanıma sahip olan 1. sınıf tarım arazisinden VIII. sınıfa kadar sıralanmaktadır. Bunlardan ilk IV sınıf tarım yapmaya uygun grupları oluştururken, V.-VII. sınıf arasındaki araziler belli şartlar altında çayır ve orman alanı olarak kullanıma müsaittir. Son sınıfı oluşturan VIII. sınıf araziler ise çayır ve orman alanı kullanımına da uygun olmayan, sadece doğal yaşam ortamı olarak kullanılan veya insanların dinlenme yeri olarak yararlanabileceği yerler olarak

sınıflandırılmaktadır

(https://www.tarimorman.gov.tr/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimativeIlgiliMevzuat_yeni.pdf9). Bu kapsamda I ile IV. sınıf arasındaki arazilerde tarım dışı faaliyetlerden kaçınılması gerekmektedir (Garipağaoğlu, 2012). Uzman görüşleri doğrultusunda IV., V. ve VI. sınıf araziler orta derecede uygun, I ile III. sınıf arazi araziler sanayi için az uygun ve VII. ve VIII. sınıf araziler ise sanayi için uygun olmayan alanlar olarak ifade edilmiştir. Uzman görüşleri ve arazi kabiliyeti sınıflandırılması temel alınarak yapılan uygunluk haritasına göre çalışma alanında verimli tarım arazileri (I-III arası) ile kısmen taşlık, bataklık, eğimli arazilerin bulunduğu sahaların çok geniş alan kapladığı ve bu alanların sanayi için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşılık kısmen sanayi için uygun olarak kabul edilebilecek alanlar ise daha sınırlı olduğu dikkat çekmiştir (Şekil 3).

Yollara uzaklık (S5):

Ulaşım, diğer ekonomik faaliyetlerde olduğu gibi sanayi için de en önemli unsurların başında gelmektedir. Sanayi faaliyetlerinde hammaddenin temini ve üretilen ürünlerin pazarlanması için ulaşım sistemlerinin çeşitliliği ve kalitesinin önemi büyüktür. Ulaşım bu yönüyle sanayinin yer seçiminde etkili olan faktörler arasında yer almaktadır. Sanayi bölgeleri veya tesisleri için ulaşım ağlarına yakınlık zaman ve mesafe maliyet açısından oldukça önemlidir. Mesafenin artması ile nakliye maliyetinin yükselmesi sanayi yatırımları için dikkat edilmesi gereken konular arasındadır. Bu kapsamda özellikle sanayi tesislerinin ana ulaşım hatlarına yakın olması tercih edilmektedir. Uzmanlardan alınan görüşlere göre ana yollara 250-2000 m arasında uzak olan alanlar çok uygun, 2000,01-5000 m arası olan sahalar uygun, ana yola 5000 metreden uzak alanlar ile 250 metreden daha yakın yerler ise uygun olmayan sahalar olarak belirlenmiştir. Ana yola 250 metreden daha yakın olma durumu yükleme-boşaltma, park alanı ve trafik güvenliği gibi nedenlerle uzmanlar tarafından uygun olmadığı ifade edilmiştir. Bu sınıflandırmalara göre hazırlanan uygunluk haritasında özellikle Erzurum-Aşkale-Erzincan kara ve demiryolu güzergâhı, Erzincan-Horasan kara ve demiryolu hattı ile Erzurum-Artvin ve Erzurum-Çat-Bingöl karayolu hattı çevresinin ulaşım kriteri yönünden sanayi tesisleri için uygun olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).

Araştırma sahası ulaşım imkanları itibariyle gerek çeşitlilik gerekse kalite açısından güçlü yönleriyle dikkat çekmektedir. Öyle ki ulaşım yönüyle Erzurum ili, diğer bölge ve illere kaliteli ve güçlü bir karayolu ağı ile bağlanmasının yanı sıra, ülkemizi Orta Asya ve İran'a bağlayan önemli yolların geçiş güzergâhında yer almasıyla da sanayi ürünlerinin pazarlanması noktasında avantajlı bir konumdadır. Bunun yanı sıra 1939 yılından itibaren demiryolu ulaşımının olduğu Erzurum, sanayi ve ticaret için ucuz ve alternatif ulaşım sistemiyle de öne çıkmaktadır. Bu kapsamda demiryolu ile hem ülke içinde batı illerine hem de doğuda Kars-Tiflis hattından Orta Asya, hatta Çin'e kadar uzanan ulaşım hinterlandı sanayi üretiminin iç ve dış piyasaya pazarlanması veya taşınması Erzurum'da sanayi yatırımlarının yapılmasını teşvik etmektedir. Ayrıca çalışma sahasında uluslararası havalimanının varlığı ve sanayinin yer seçiminde büyük bir yeri olan enerji açısından ülkemiz için önemli doğalgaz boru hatlarının (TANAP, Bakü-Tiflis-Erzurum ve İran-Türkiye) çalışma alanı içerisinde geçmesi çalışma alanının ulaşımındaki diğer güçlü yanlarını oluşturmaktadır (Birinci ve Zaman, 2022).

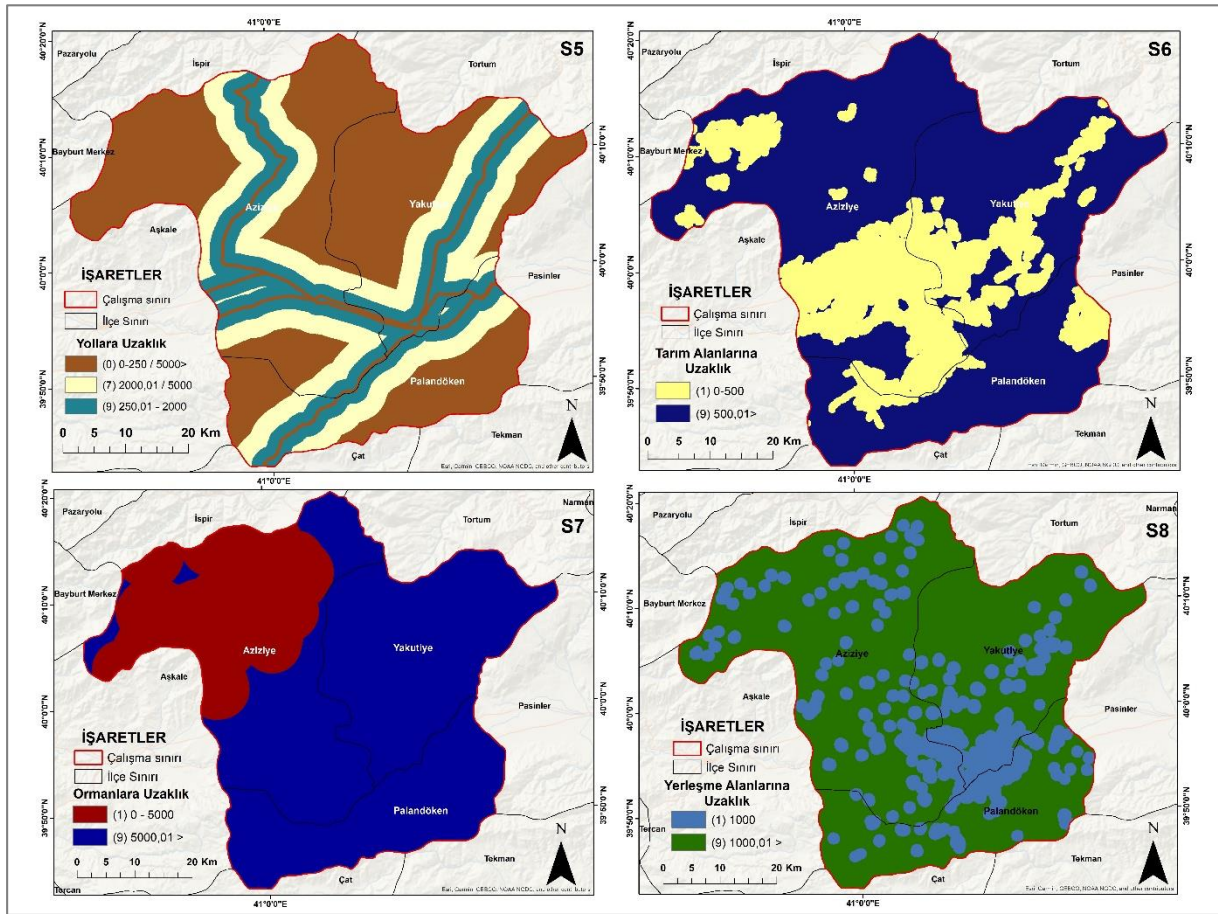
Tarım arazilerine uzaklık (S6):

Tarım topraklarının amaç dışı kullanımının önlenmesi, korunması, kirlenmemesi ve sürdürülebilir kullanımı için başta sanayi gibi diğer beşerî tesislerin tarım arazilerinden belirli ölçüde uzakta olması gerekmektedir (Garipağaoğlu, 2012). Uzman görüşlerine göre sanayi alanlarının tarım alanlarından en az 500 m uzakta olması gerektiği ifade edilmiştir. Buna göre tarım arazilerine 500 m'den uzak olan yerler uygun olarak sınıflandırılırken, tarım arazilerine 500 m'den daha yakın sahalar ise uygun olmayan veya kaçınılması gereken yerler olarak kabul edilmiştir. Bu veriler ile Corine Arazi Örtü veri tabanı sisteminden temin edilen tarım arazileri entegre edilerek tarım arazilerine uzaklık kriterine göre sanayi için uygun yer haritası oluşturulmuştur. Haritaya göre Erzurum Ovası ve çevresinin büyük bir bölümü sanayi yeri için uygun olmayan ve kaçınılması gereken alanlar içerisinde kalmaktadır. Buna karşın ova çevresinde tarım arazilerinden 500 m uzakta kalan yerler, özellikle yerleşim yerleri ve önemli ulaşım hatları boyunca sanayi yeri için uygun sahalar bulunmaktadır (Şekil 4). Diğer taraftan sanayi bölgeleri ile tarım bölgeleri arasında ham ve mamul maddelerin taşınması ve işlenmesi yönüyle de ticari kapasitesi yüksek bir aktivite gözlemlenmektedir (Doğanay, 1984). Dolayısıyla tarımsal

üretimin gerçekleştiği alanlar ile sanayi alanları arasındaki entegrasyon sanayinin gelişimine de önemli ölçüde katkı sunacaktır.

Ormanlara uzaklık (S7):

Doğal bitki örtüsü, özellikle de orman alanları ekosistem açısından korunması ve gelecek nesillere bırakılması gereken doğal kaynakların başında gelmektedir. Çalışma sahasının bulunduğu alan orman varlığı bakımından zengin olmayan, hatta fakir olarak ifade edilebilecek bir yapı göstermektedir. İl genelinde orman alanları oldukça sınırlı bir yayılım göstermekte olup, kısıtlı olan bu alanların sanayi ve diğer beşerî sistemlerle bozulmaması veya tahrip edilmemesine özen gösterilmelidir. Bu çerçevede sahada sanayi için uygun yer seçiminde orman varlığının dikkate alınması uzmanlar tarafından özellikle ifade edilmiştir. Bu kapsamda yapılması planlanacak sanayi tesislerinin orman alanlarından 5000 m uzakta olan sahaların çok uygun, 0-5000 m arasında olan yerlerin ise az uygun ve kaçınılması gereken yerler olduğu belirlenmiştir. Buna göre araştırma sahasının ormana uzaklık kriteri açısından hazırlanan uygunluk haritasında Aziziye ilçesinin kuzeydoğu bölümündeki kesim hariç çalışma sahasının sanayi için uygun şartlara sahip olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4- Yollara uzaklık (S5), tarım alanlarına uzaklık (S6), ormanlara uzaklık (S7), yerleşim alanlarına uzaklık (S8) kapsamında sanayi tesisleri için uygun alanların haritaları

Figure 4- Maps of suitable areas for industrial development within the scope of distance to roads (S5), distance to agricultural areas (S6), distance to forests (S7), distance to residential areas (S8)

Yerleşim alanlarına uzaklık (S8):

Çalışma sahasında Erzurum şehri dışında çok sayıda kırsal yerleşme bulunmaktadır. Yerleşmeler sanayi bölgeleri için işgücü kaynağı oluşturması yanında üretilen ürünlerin pazarı olarak sanayi için yer seçiminde önemli ölçütlerden biri kabul edilmelidir. Bunun yanı sıra yerleşim yerleri sanayi faaliyetlerinin çevresel etkilerinden de olumsuz şekilde etkilenebilmektedir (Ramya ve Devedas, 2019). Bu açıdan sanayide yer seçimi yapılırken yerleşim alanlarına uzaklık konusu dikkatli bir şekilde ele alınmalıdır. Özellikle hava kirliliği, toprak

kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği gibi çevresel tehditler nedeniyle sanayi bölgeleri ve tesislerinin yerleşmelerden belirli bir mesafede konumlandırılması önem arz etmektedir. Çalışma sahasında uzman görüşlerine göre sanayi yeri seçimi için yerleşim birimlerinden 1000 m uzakta kalan alanlar uygun alan olarak kabul edilirken, 1000 m'nin altında kalan bölgeler ise sanayi tesisleri için uygun olmayan veya kaçınılması gereken yerler olarak belirlenmiştir. Bu kriterlere göre yapılan uygunluk haritasında Erzurum şehri ve kırsal yerleşmelerin bulunduğu alanlar sanayi için uygun olmayan alanlar olarak görülürken, yerleşim yerlerinin uzaklaştıkça uygun alanların yoğunlaştığı dikkat çekmektedir (Şekil 4).

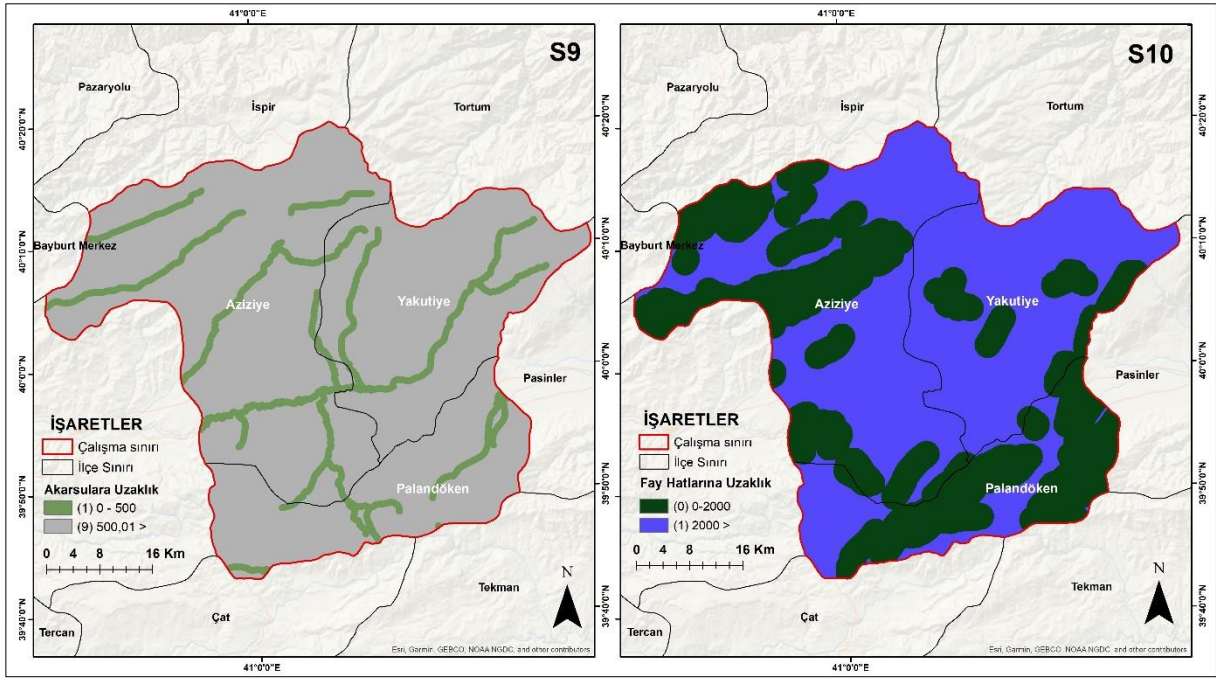
Akarsulara uzaklık (S9):

Su varlığı ve sürdürülebilir kullanımı iklim değişikliği olgusu ile birlikte son yıllarda en önemli sorunların başında gelmektedir. Akarsular ve sulak alanlar ülkemizde çıkarılan yasal düzenleme ve yönetmeliklerle korunmaya çalışılmaktadır. Ancak su kaynaklarının korunması, planlanması, tahsisi, izlenmesi, denetim ve yaptırımı noktasında çok sayıda bakanlık ile bunlara bağlı kurum ve kuruluşların varlığı su kaynaklarının korunması hususunda sorunlara neden olmaktadır. Ülkemiz açısından su kaynaklarımızın çok zengin olmayışı ve özellikle de mevcut kaynaklarımızın beşerî faktörlerin etkisiyle yoğun şekilde kirlenmesi akarsu ve diğer su kaynaklarının daha rasyonel ve planlı şekilde korunması zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Bu anlamda özellikle akarsu kirliliğinde büyük bir etkiye sahip olan sanayi atıkları ile kirliliğinin önüne geçilmesi alınacak tedbirler arasında ilk sırada gelmektedir. Bu süreçte özellikle yeni kurulacak sanayi yerlerinin belirlenmesinde sanayi bölgeleri veya tesislerinin en azından akarsulara belirli uzaklıkta olmalarına dikkat edilmelidir. Bu noktada uzman görüşleri doğrultusunda çalışma sahasında sanayi için yer seçiminde akarsulara 500 m ve üzerinde uzak alanlar uygun, 0-500 m arası sahalar ise az uygun veya kaçınılması gereken yerler olarak belirlenmiştir. Akarsulara uzaklık kriterine göre yapılan uygunluk haritasında çalışma sahasının büyük bir bölümü sanayi için uygun şartlara sahip olduğu görülmektedir (Şekil 5).

Fay hatlarına uzaklık (S10):

Jeotektonik yönden Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi içinde bulunan ve sınırları içinde çok sayıda diri fayın bulunduğu Erzurum, yüksek deprensellik riski bulunan bir sahadır (Kopar, 2022). İlde Aşkale, Aziziye, Yakutiye, Palandöken, Pasinler, Köprüköy, Horasan ve Narman gibi ilçelerde deprem üretebilecek aktif faylar üzerinde ya da aktif faylara oldukça yakın konumda yerleşmeler bulunmaktadır. Erzurum ilinde hem tarihsel hem de aletsel dönem kayıtları incelendiğinde çok sayıda deprem meydana geldiği ve bu depremlerde can ve mal kayıplarının olduğu iyi bilinen bir durumdur. Dolayısıyla deprem riski yüksek olan ilde, depreme karşı daha duyarlı olunması, özellikle de proje aşamasından başlayarak yer seçimi ve zemin etütlerini önceleyen bir mühendislik anlayışıyla depreme dayanıklı binaların inşa edilmesine önem verilmesi gerekmektedir (Kuşçu, Kopar ve Bakırtaş, 2019). Diğer koşullar eşit kabul edildiğinde herhangi bir depremde meydana gelen hasarın büyüklüğü, depremin odak noktasından çevreye doğru yayılarak azalır. Dolayısıyla herhangi bir alanın olası bir depremden etkilenme riski öncelikle fay hatlarına yakınlık veya uzaklıkla doğrudan ilişkilidir (Sönmez, 2011). Bu anlamda özellikle gerek yerleşme gerekse de sanayi bölgesi gibi beşerî tesislerin seçiminde fay hatlarına uzaklık kriteri önemli bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Çalışma sahası Türkiye'de deprem riskinin en yüksek olduğu iller arasında olduğu düşünüldüğünde yapılacak beşerî tesislerin en azından fay hatları üzerinde olmamasına dikkat edilmelidir. Bu doğrultuda uzman görüşlerine göre fay hatlarına en az 2000 m uzağındaki alanlar az uygun veya kaçınılması gereken alan kabul edilirken, fay hatlarına 2000 metreden daha yakın sahalar uygun olmayan ve mutlak suretle kaçınılması gereken yerler olarak belirlenmiştir. Buna göre oluşturulan uygunluk haritasında çalışma sahasının güney ve güneydoğu kısmı ile kuzeybatı kesiminin sanayi için uygun özelliklere sahip olmadığı, diğer bölümlerin de sanayi yeri açısından az uygun ve kaçınılması gerekli alanlardan oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 5). Dolayısıyla çalışma sahasında özellikle sanayi ve konut alanları oluşturulurken en azından doğrudan fay hatlarının bulunduğu alanlardan kaçınılması ve bunun yanı sıra deprem riski olan bu sahada deprem risk haritaları dikkate alınarak depreme dayanıklı tesislerin inşa edilmesine özen gösterilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda çalışma sahasının tamamının deprem tehdidi altında olduğu düşünüldüğünde bu alanda belirlenecek sanayi bölgeleri, yeni yerleşim alanları ve diğer tüm beşerî tesislerin

deprem yönetmeliğine uygun şartlarda planlanması gerektiği gerçeği unutulmamalı ve dikkatlerden kaçmamalıdır.



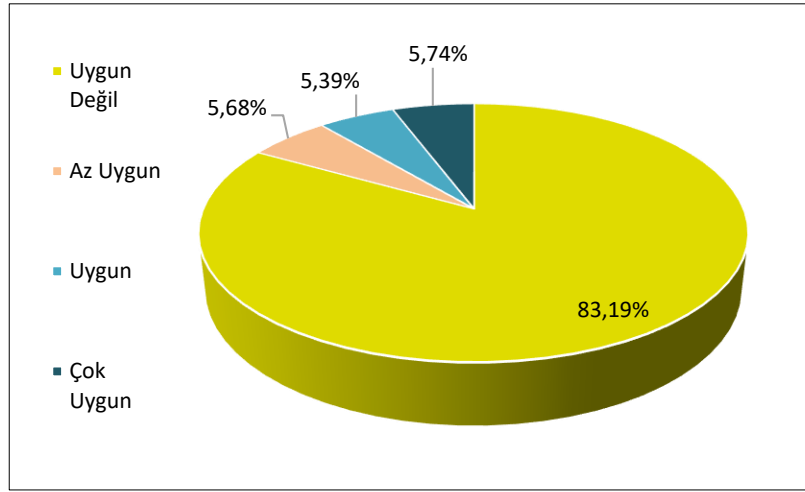
Şekil 5- Akarsulara uzaklık (S9) ve fay hatlarına uzaklık (S10) kapsamında sanayi tesisleri için uygun alanlar
 Figure 5- Maps of suitable areas for industrial facilities within the scope of distance to streams (S9) and distance to faults (S10)

Çalışmada, sanayi altyapısının geliştirilmesi ve bu tesisler için uygun alanların belirlenmesi noktasında CBS ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ile birçok kriter dikkate alınarak analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre sanayi altyapısının kurulması ve geliştirilmesine yönelik Aziziye, Palandöken ve Yakutiye ilçelerinde sanayi tesislerinin kuruluş yeri açısından uygun olmayan, az uygun, uygun ve çok uygun alanlar olmak üzere dört sınıfta yer uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda sanayi altyapısının kurulması ve geliştirilmesi için araştırma sahasında yer alan üç ilçenin toplam 3141 km² olan arazisinin %83,19'u (2613,1 km²) uygun olmayan alanlar, %5,68'si (178,34 km²) az uygun alanlar, %5,39'u (169,4 km²) uygun alanlar ve %5,74'ü (180,16 km²) çok uygun alanlar olarak belirlenmiştir (Tablo 6; Şekil 6; Şekil 7).

Tablo 6- Aziziye, Palandöken ve Yakutiye ilçelerinde sanayi tesislerinin kurulması ve geliştirilmesi için arazinin (km²) uygunluk sınıflarına göre kapladığı alanın dağılımı (%)

Table 6- Distribution of the area of the suitability classes (km²) of land for the location and development of industrial areas in Aziziye, Palandoeken and Yakutiye counties (%)

Uygunluk Sınıfı	Kapladığı Alan (km ²)	%
Uygun Değil	2613,1	83,19
Az Uygun	178,34	5,68
Uygun	169,4	5,39
Çok Uygun	180,16	5,74
Toplam	3141	100



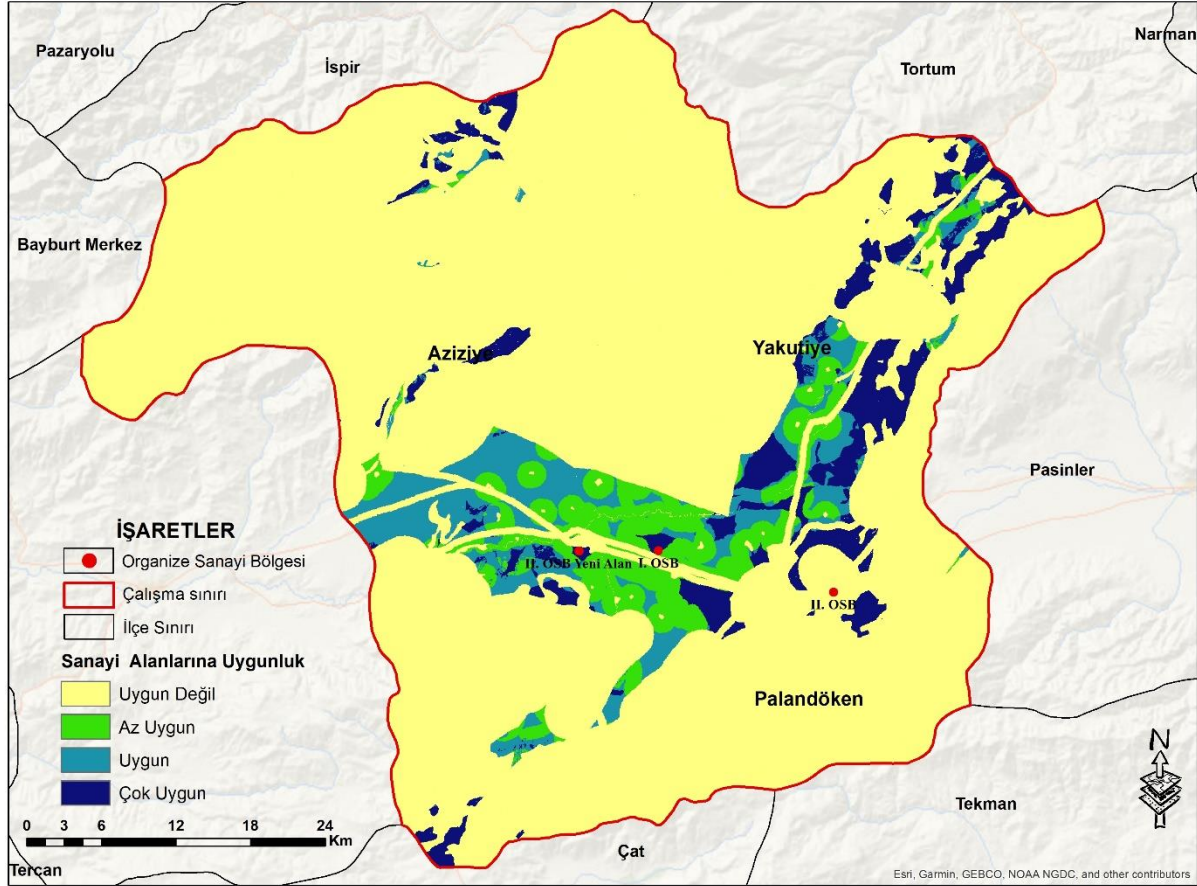
Şekil 6- Aziziye, Palandöken ve Yakutiye ilçelerinde sanayi tesislerinin kurulması ve geliştirilmesi için arazinin uygunluk sınıflarına göre kapladığı alanın dağılımı (%)

Figure 6- Distribution of land (%) according to suitability classes in terms of establishment and development of industrial infrastructure in the districts of Aziziye, Palandoken and Yakutiye

Analiz sonuçlarına göre çalışma sahasının önemli bir bölümü (%83,19) sanayi altyapısının kurulması ve geliştirilmesi için uygun olmayan alanlardan oluşmaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasında doğal çevre koşulları büyük rol oynamıştır. Nitekim Erzurum il arazisi ve daha özelden çalışma sahası dağlık ve engebeli bir yapıya sahiptir. Düz ve düze yakın alanları ise bu ilçelere ait arazilerin önemli bir bölümünü oluşturan, 825 km² alan kaplayan ve ortalama 1750-2000 m yükselti seviyelerinde uzanan Erzurum Ovası ile hafif engebeli yüzeyler ve aşınım yüzeyleri oluşturmaktadır (Atalay, 1978). Ovanın yaklaşık 3/2'sini içine alan çalışma sahası tarım arazilerinin ve dolayısıyla tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak gerçekleştirildiği bir yerdir. Bununla birlikte ova çevresinde ve çalışma sahası içerisinde dağlık ve tepelik alanlar, fay diklikleri, diri faylar, birikinti koni ve yelpazeleri gibi jeolojik ve jeomorfolojik unsurlar geniş bir alan kaplamaktadır (Atalay, 1978). Bir diğer önemli neden ise çalışma sahasının yerleşim alanlarının geniş bir yayılış gösterdiği ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bir saha olmasıdır. Bunların dışında Palandöken Dağları'nın eteklerinde kurulmuş olan Erzurum kentinin ve çevresinin deprem ve kütle hareketi gibi jeolojik ve jeomorfolojik riskler altında olduğu tespit edilmiş olup, hatta kentte başlangıçta jeomorfolojik özelliklerle uyumlu, daha sonraki gelişme süreçlerinin de ise uyumsuz bir büyüme gösterdiği önceden yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Özşahin ve Kaymaz, 2013). Dolayısı ile çalışma sahasında sanayi tesislerinin kurulmasına uygun olmayan alanlar geniş bir yer kaplamaktadır. Genel olarak yerleşim yerlerinin arasında kalan alanlar, tarım alanı olarak kullanılan arazilerin yoğun olarak bulunduğu sahalarda, bakı, eğim ve yükselti şartlarının elverişli olmadığı ve fay hatlarına yakın sahalarda bu açıdan uygun olmayan yerlerdir. Böylece araştırma sahasının kuzey ve güney bölümlerinde geniş bir alan sanayi faaliyetleri ve bunun için yapılacak tesisler açısından uygun olmayan alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 7).

Analiz sonuçlarına göre çalışma sahasında az uygun, uygun ve çok uygun alanlar Aziziye ve Yakutiye ilçelerinde yoğunlaşırken, çok az bir bölümü Palandöken ilçesi sınırı içerisinde kalmaktadır. Buna göre araştırma sahasında çok uygun alanların bulunduğu sahalarda Palandöken ilçesinin güneybatısında Dereboğazı ve Güzelyurt mahalleleri sınırları içerisinde toplanmıştır. Diğer alanlar ise Nenehatun, Şehitler, Toparlık ve Yıkılğan mahalleleri arasında kalan bölümler ile Abdurrahman Gazi, Adnan Menderes ve Hüseyin Avni Ulaş mahalleleri arasında kalan sahadır. Aziziye ilçesi sınırlarında ise ilçenin iç kesiminde yer alan Elmalı ve Eğerti mahalleleri ile ilçenin kuzeyinde Çatak, Yeşilvadi, Toprakkale, Üçköse, Aynalıkale ve Karakale mahalleleri arasında kalan alan çok uygun yerler olarak belirlenmiştir. Üç ilçe sınırının birleştiği noktada ise Selçuklu Mahallesi ve çevresi çok uygun alanlar arasında yer almaktadır. Bu ilçedeki diğer yerler ise Ilıca'da E80 karayolunun güney ve güneybatı kesimi, Ağören, Tebrizcik ve Demirgeçit mahalleleri arasında kalan sahalarda ile Çiğdemli ve Alaca mahalleleri sınırı içinde kalan alanlardır. Sorkunlu, Eskipolat, Yoncalık ve kısmen de Gelinkaya arasında kalan saha da çok uygun alanlar mevcuttur. Yakutiye ilçesi sınırları içerisinde kalan çok uygun alanlar ise D-950

karayolunun kabaca doğu ve batısında kalan alanlarda geniş bir yayılış gösterir. Bu ilçe sınırları içerisinde Çiftlik, Dadaşköy, Şükrüpaşa'nın kuzey kesimi, Üniversite, İbrahim Hakkı, Soğucak, Orta Düzü doğusu, Yeşilyayla güneyi, Yolgeçti'nin güneybatısında kalan geniş saha, Çayırtepe'nin kuzey kesimi, Köse Mehmet, Güzelova, Dumlu, Köşkköy, Gökçeyamaç, Karagöbek, Şenyurt, Güzelyayla, Güngörmez, Kırkgöze kuzey ve kuzeybatısı, Akdağ'ın güneydoğusu, Kırmızıtaş, Muratgeldi mahalleleri arasında kalan sahalarda çok uygun yerler bulunmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7- Palandöken, Aziziye ve Yakutiye'deki sanayi tesislerinin kurulması için nihai uygunluk haritası
Figure 7- The final suitability map for the establishment of industrial areas in Palandoken, Aziziye and Yakutiye

Uygun alanlar ile analizde dikkate alınan kriterlere göre nispeten sanayi altyapısı için zayıf sahalardan dolayı az uygun alanlar olarak tespit edilen yerler genellikle çok uygun alanların çevresinde toplanmıştır (Şekil 7). Buna göre Palandöken'de Kümbet, Dereboğazı ve Özbek Mahalleleri arasında kalan alanlar uygun ve az uygun sahalara karşılık gelmektedir. Bunun dışında Yakutiye ilçesinde Karagöbek, Şenyurt, Güzelyayla ve Yeşildere Mahalleleri arasında kalan alan ile güneye doğru D-950 karayolunun kabaca doğu ve batı kesimlerinde az uygun ve bunların çevresinde ise uygun alanlar yoğunlaşmıştır. Ayrıca güneye doğru Akdağ, Kırmızıtaş, Muratgeldi, Yolgeçti, Güzelova, Çayırtepe, Soğucak, İbrahim Hakkı, Orta Düzü, Dadaşköy ve Çiftlik arasında kalan sahalarda uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Aziziye ilçesinde ise özellikle E-80 karayolunun kuzey ve güneyinde Aşkale sınırına kadar uzanan alan az uygun ve uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Bu ilçedeki Toprakkale, Karakale, Üçköse, Aynalıkale ve Çamlıca, Çıkrıklı, Yoncalık ve Sorkunlu'daki dar bir saha, Gelinkaya, Emrecik, Alaca, Çiğdemli, Ocak, Paşayurdu, Alaybeyi, Özbilen, Kayapa, Kahramanlar ve Beypınarı Mahalleleri arasında kalan sahalarda, Tebrizcik, Demirgeçit, Ilıca ve Ağaören arasında kalan saha ile Ömertepe, Yarımca, Tınazlı, Yarımca, Adaçay, Sakalikesik, Taşlıgüney, Börekli ve Tepeköy arasında kalan saha uygun alanlar sınıfında yer almıştır. Yine bu belirtilen mahallelerin çevresinde ise az uygun alanlar mevcuttur (Şekil 7).

5. SONUÇ

Özşahin ve Kaymaz (2015) tarafından da belirtildiği üzere “Kentsel ve kırsal çevrenin sürdürülebilirlik boyutu ile planlanabilmesi için uygun bir yerleşim planı veya mekânsal organizasyonun yapılması gerekmektedir. Bu durum doğal çevre bileşenleri ile beşerî ve ekonomik faaliyetler arasındaki bağılılığın bilimsel yöntemlerle araştırılarak kontrol altında tutulması ve denetlenmesiyle gerçekleştirilebilir. Aksi takdirde beşerî ve doğal çevre bileşenlerinin işleyişi ile bağdaşmayan sorunlar ortaya çıkabilir”. Bu durum özellikle kırsal ve kentsel yerleşim alanlarında düzensizlik ve çeşitli problemlere neden olmaktadır (Çetin, 2012: 255). Doğal çevre ile beşerî ve ekonomik özellikler bakımından uygun alana kurulmayan yerleşmelerin ve bunlar içerisindeki sanayi, turizm, sağlık, ticari nitelikteki tesisler gibi alt veya üstyapı çalışmalarının büyük bölümü çeşitli doğal risklerle karşı karşıya kalabilmektedir (Tonbul ve Sunkar, 2008: 108; Özşahin, 2010: 8). Nitekim Türkiye’nin %97’sinin sismik hareketler, %40’tan fazlasının da yer kaymaları, sel ve taşkınlar açısından can ve mal kayıplarına neden olabilecek bir risk altında olduğu araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Girgin, 1995: 155; Cürebal, 2004: 76). Aynı zamanda çevre ve insan sağlığı açısından beşerî ve ekonomik faaliyetlerle uyumlu bir yerleşme düzeni içerisinde sanayi altyapısının nerede ve nasıl kurulması gerektiği konusu üzerinde durulması ve araştırılması gereken konuların başında gelmektedir.

Bir alanda yapılacak faaliyetin türüne göre uygun alanların belirlenmesinde birçok kriterin dikkate alınması gerekmektedir. Dolayısıyla gerçekleştirilecek faaliyetin türüne göre bu kriterler değişkenlik göstermektedir. Bu noktada herhangi bir il idari alanında sürdürülebilir arazi kullanımı açısından alanın doğal çevre özellikleri yanında beşerî ve ekonomik fonksiyonlarının dikkate alınması ve iyi planlanması gerekmektedir. Bu planlamalarda pek çok faktörün göz ardı edilmesi yanlış arazi kullanımı ve ekonomik faaliyetin sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkileyecektir. Ayrıca doğal felaketler bu faaliyetin ve insan yaşamının tehlike altına düşmesine yol açabilecektir. Bu açıdan arazinin planlanmasında yükselti, eğim, bakı, su kaynakları, faylar, yerleşim alanları, orman arazileri, yollar, arazi kullanımı ve kullanım kabiliyet sınıfları, tarım arazileri gibi unsurların dikkate alınması olası çevresel bozulmaların önüne geçilmesi ve ekonomik faaliyetin sürekliliğine olumlu yönde etki edecektir.

Çalışma sahasında mevcut sanayi tesisleri içerisinde I. OSB ve Yeni OSB kurulması için belirlenen yeni alan da çok uygun alanlar içerisinde yer almaktadır. Buna karşın daha önce kurulan II. Organize Sanayinin bulunduğu alan ise heyelan olaylarından olumsuz yönde etkilenmiştir. Bu nedenle bu alandaki tesisler yeni alan olarak belirlenen Merkez II. Organize sanayi alanına taşınma süreçleri başlamıştır. Nitekim II. Organize Sanayi Bölgesi, yapılan analiz sonuçlarına göre de uygun olmayan sahalar içinde tespit edilmiştir. Söz konusu bu alanların fay hatlarına yakın ve deprem riski taşıması nedeniyle özellikle tesislerin inşasında deprem yönetmeliklerine uygun kaliteli ve sağlam binaların yapılmasına özen gösterilmesi hayati derecede önem taşımaktadır.

Sonuç olarak kentsel alan ve gelişme gösterilen ekonomik fonksiyonlara göre ortaya çıkan sektörlerin ve bunlara ait alt ve üstyapının bir bütün olarak ele alınması ve çok iyi planlanmış olması gerekir. Nitekim günümüzde pek çok yerleşim yerinde kentsel gelişmeyle birlikte sanayi tesislerinin kent içinde kalması ve yarattığı çevresel sorunlarla karşı karşıya kalınması bu durumun bir göstergesidir. Bu yüzden geleceğe yönelik yapılacak planlamalar, geliştirilecek stratejiler, sürdürülebilir arazi kullanımı ve yönetimi, yer uygunluk analizleri ve gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar bu nokta büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda araştırma sahasında sanayi tesislerinin mevcut kuruldukları alanlar ve gelecekte kurulması planlanan tesisler için halihazırda belirlenen sahalar bu çalışmada tespit edilen uygun alanlarla oldukça uyumludur. Ancak kentleşme, nüfus artışı, teknolojik ve diğer alanlarda yaşanacak gelişmeler hiç kuşkusuz sanayinin gelişmesine ve yeni sanayi alanlarına ihtiyaç duyulmasına yol açacaktır. Böylece Erzurum kentinin kentsel gelişim yönünün kuzey, güney ve batı yönünde olduğu düşünüldüğünde sanayi tesislerinin kurulacağı alanların yerleşmelerden uzak ve genel yaşamı olumsuz yönde etkilemeyecek alanlarda kurulması gerekir. Dolayısı ile yapılan bu çalışma ile gerek yerel yöneticilere gerekse özel teşebbüslere yeni kurulacak sanayi tesisleri için uygun yer bulunması noktasında teorik ve pratikte fikir vereceği düşünülmektedir. Bununla birlikte kent içi ve çevresinde fonksiyonel alanların sürdürülebilir arazi kullanımı ile uyumlu olması yanında sanayinin de gelişmesini sınırlandırmayacak

ya da sanayi tesislerinin kurulup gelişmesini destekleyecek alt ve üstyapı (ulaşım olanakları, işgücüne, hammaddeye ve pazara yakınlık gibi) çalışmalarını yatırımların doğru zamanda ve doğru mekânda yapılmasına yardımcı olacaktır.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / funding conditions	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/Conception/Design of Study	Y. Kızıllkan
Metodoloji/Methodology	Ç. K. Kaymaz - Y. Kızıllkan
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/Data Curation	Y. Kızıllkan
Analiz/Analysis and interpretation of data	Y. Kızıllkan - S. Birinci - Ç. K. Kaymaz
Görselleştirme/ Visualization	Y. Kızıllkan - S. Birinci - Ç. K. Kaymaz
Yazı taslağı/Writing - Original Draft	Y. Kızıllkan
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/Writing - Review & Editing	Y. Kızıllkan - S. Birinci - Ç. K. Kaymaz
Proje yönetimi/Project administration	Y. Kızıllkan

REFERANSLAR

- Aburas, M. M., Abdullah, S. H., Ramli, M. F., & Asha'ari, Z. H. (2017). Land suitability analysis of urban growth in Seremban Malaysia, using GIS based analytical hierarchy process. *Procedia engineering*, 198, 1128-1136.
- Akgüngör, S. (2006). Geographic concentrations in Turkey's manufacturing industry: identifying regional highpoint clusters. *European Planning Studies*, 14(2), 169-197.
- Altaş, N. T. (2015). *Coğrafi çevre unsurlarıyla şehirleşme etkileşimi bakımından Erzurum şehri*. Ankara: Pegem Akademi.
- Avcı, S. (2000). Türkiye'nin ekonomi politikaları ve coğrafi sonuçları. *Coğrafya Dergisi*, 8, 29-70.
- Baird, M. (1992). Coode island and contaminated sites: industrial planning issues in the city of Melbourne, *Australian Planner*, 29.12, pp. 215-20.
- Baker, S., Kousis, M., Young, S., & Richardson, D. (Eds.). (1997). *The politics of sustainable development: theory, policy and practice within the European Union*. Psychology Press.
- Benaissa, F. T., & Khalfallah, B. (2021). Industrial activity land suitability assessment using delphi and ahp to control land consumption: the case study of Bordj Bouarreridj, Algeria. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 11(5), 7738-7744.
- Birinci, S., & Zaman, M. (2022). Erzurum ilinin ulaşım özellikleri. Birinci, S., Kaymaz, Ç.K. & Kızıllkan, Y., (Editör), *Erzurum ilinde coğrafya araştırmaları içinde* (s. 464-486), İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Bozdağ, A., Yavuz, F., & Günay, A. S. (2016). AHP and GIS based land suitability analysis for Cihanbeyli (Turkey) county. *Environmental Earth Sciences*, 75(9), 1-15.
- Chakraborty, S., & Banik, D. (2006). Design of a material handling equipment selection model using analytic hierarchy process. *Int J Adv Manuf Technol* 28,1237-1245.
- Chen F. & Delaney J. (1998). Expert knowledge acquisition: A methodology for GIS assisted industrial land suitability assessment, *Urban Policy and Research*, 16(4), 301-315, DOI: 10.1080/0811149808727778
- Chen, Y., Yu, J & Khan, S. (2010) Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. *Environ Model Softw* 25(12), 1582-1591.
- Chichilnisky, G. (1997). What is sustainable development?. *Land Economics*, 467-491.
- CORINE (2018). <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> adresinden güncel olarak 19.04.2023 tarihinde erişilmiştir.
- Cürebal, İ., (2004). Yer değiştiren yerleşmelere iki örnek: Kıratlı ve Bahçeli Köyleri, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 12, 75-84.

- Çavuş, A. (2015). *Trabzon'da Sanayileşme ve Başlıca Sorunlar*. Trabzon Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları: Trabzon.
- Çetin, B., (2012), Hatay'da kentleşmenin seyri (1940-2009) ve mekânsal dağılışı, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 28, 231-258.
- Denoncourt, J. (2020). Companies and UN 2030 sustainable development goal 9 industry, innovation and infrastructure. *Journal of Corporate law studies*, 20(1), 199-235.
- Doğan, M. (2021). Sanayi alanları ve coğrafi planlama. M. Doğan, M. Köse, F. Ayhan (Ed.) *Coğrafi Planlama* içinde (s. 65-84). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Doğanay, H. (1984). *Bölge planlamasının coğrafi esasları*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Ders Notları, No: 8.
- Doğanay, H., & Çavuş, A. (2013). *Türkiye ekonomik coğrafyası*. Ankara: Pegem Akademi.
- Erol, O. (1993) Ayrıntılı jeomorfoloji haritalarının çizim yöntemi, *İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 10, 19-38.
- Fernando, G. M. T. S., Sangasumana, V. P., & Edussuriya, C. H. (2015). A GIS model for site selection of industrial zones in Sri Lanka. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(11), 172-175.
- Forman, E. H. (1990). AHP is intended for more than expected value calculations. *Decision Sciences*, 21(3), 670-672.
- Garipağaoğlu, N. (2012). Havza planlamalarında coğrafyanın rolü ve Türkiye'de havza planlamacılığı, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16 (2), 303-336.
- Girgin, M. (1995). Kütle hareketleri nedeniyle yeri değiştirilen yerleşmelere bir örnek: Gördes (Manisa). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 1, 155-170.
- Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. *Annual review of ecology and systematics*, 1-24.
- Hafeez, K., Zhang, Y., & Malak, N. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *International journal of production economics*, 76(1), 39-51.
- He, C., & Zhu, S. (2017). Industrial geography. International encyclopedia of geography: people, the Earth, *Environment and Technology*, 1-12.
- Holden, E., Linnerud, K., & Banister, D. (2014). Sustainable development: Our common future revisited. *Global environmental change*, 26, 130-139.
- Johnston, R.J., Gregory, D. & Smith, D.M. (1986). *The dictionary of human geography (2nd edn)*. Oxford: Basil Blackwell.
- Kaygalak, İ. (2011). Türkiye'de sanayi kümelenmesi ve sanayinin yer seçimindeki yeni eğilimler. *TÜCAUM VI. Coğrafya Sempozyumu*, Ankara, (1), 169-180.
- Keeble, B. R. (1988). The Brundtland report: 'Our common future. *Medicine and war*, 4(1), 17-25.
- Kızıllkan, Y., (2022). Erzurum ilinin sanayi coğrafyası. Birinci, S., Kaymaz, Ç.K. & Kızıllkan, Y., (Editör), *Erzurum ilinde coğrafya araştırmaları içinde* (s. 411-434), İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Kopar, İ. (2022). Erzurum ilinin jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri. Birinci, S., Kaymaz, Ç.K. & Kızıllkan, Y. (Editör), *Erzurum ilinde coğrafya araştırmaları içinde* (s. 1-34), İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Kuşcu, İ., Kopar, İ. & Bakırtaş, İ. (2019). Erzurum ilinde (Türkiye) 1907-2018 yılları arasında kaydedilen $M \geq 3.0$ depremlerin mekânsal analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23 (4) , 1607-1624.
- Lee, J., & Jung, S. (2020). Industrial land use planning and the growth of knowledge industry: Location pattern of knowledge-intensive services and their determinants in the Seoul metropolitan area. *Land use policy*, 95, 104632.
- Li, D., Zhang, C., Pizzol, L., Critto, A., Zhang, H., Lv, S., & Marcomini, A. (2014). Regional risk assessment approaches to land planning for industrial polluted areas in China: The Hulunbeier region case study. *Environment international*, 65, 16-32.
- Malmberg, A. (1994). Industrial geography. *Progress in Human Geography*, 18(4), 532-540. doi:10.1177/030913259401800409
- Mutluer, M. (1995). *Gelişimi, yapısı ve sorunlarıyla Denizli sanayii*, Denizli Sanayi Odası Yayınları, İzmir.
- Özey, E. & Çalışkan, V. (2018). Sanayi coğrafyası açısından sektörel bir inceleme: balıkesir'de kolonya endüstrisi. *Coğrafya Dergisi*, (37), 1-17 . DOI: 10.26650/JGEOG394150

- Özşahin, E. (2010). Antakya'da (Hatay) yer seçiminin jeomorfolojik özellikler ve doğal risk açısından değerlendirilmesi, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(23): 1-16.
- Özşahin, E. (2012). mekânın fiziksel planlanmasına bir örnek: Alan yaylası (Kırıkhan/Hatay), *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(23): 373-385.
- Özşahin, E., & Kaymaz, Ç. K. (2013). Antakya ve Erzurum kentlerinin jeomorfolojik özelliklerinin kentsel ekoloji penceresinden analizi. *Kuramdan uygulamaya yerel yönetimler ve kentsel politikalar* (pp.779-788), Ankara: Pegem Akademi.
- Özşahin, E., & Kaymaz, Ç. K. (2015). CBS ve AHS kullanılarak doğal çevre bileşenleri açısından kentsel mekânın yerleşime uygunluk analizine bir örnek Antakya (Hatay). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20, 111-134.
- Pearson, L. J., Park, S., Harman, B., & Heyenga, S. (2010). "Sustainable land use scenario framework: Framework and outcomes from periurban South-East Queensland, Australia." *Landscape Urban Plann.*, 96(2), 88-97.
- Ramya, S., & Devadas, V. (2019). Integration of GIS, AHP and TOPSIS in evaluating suitable locations for industrial development: A case of Tehri Garhwal district, Uttarakhand, India. *Journal of Cleaner Production*, 238, Article 117872. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117872>.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in a hierarchichal structure. *J. Math. Psych.* 15 (3) 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5).
- Saaty, T. L. (1980). *The analytical hierarchy process: planning, priority setting, re-source allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1982). *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complexworld*. Belmont, CA: Lifetime Learning Publications.
- Saaty, T. L. (1987). Rank Generation, Preservation, and Reversal in The Analytic Hierarchy Decision Process, *Decision Sciences*, 18(2), 157-177.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Saaty, T. L. (2003). Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary, *European Journal of Operational Research*, 145(1), 85-91. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00227-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00227-8)
- Saaty, T.L. (1988). What is the analytic hierarchy process?. In: Mitra, G., Greenberg, H.J., Lootsma, F.A., Rijkaert, M.J., Zimmermann, H.J. (eds) *Mathematical Models for Decision Support*. NATO ASI Series, vol 48. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-83555-1_5
- Sevindi, C. (2022). Erzurum ilinde arazi kullanımı. Birinci, S., Kaymaz, Ç.K. & Kızıllan, Y., (Editör), *Erzurum İlinde Coğrafya Araştırmaları içinde* (s. 269-330), İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Sönmez, M. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı deprem hasar riski analizi: Zeytinburnu (İstanbul) örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 0 (56), 11-22.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *procedia CIRP*, 40, 536-541.
- Tonbul, S., & Sunkar, M., (2008). Batman şehrinde yer seçiminin jeomorfolojik özellikler ve doğal risk açısından değerlendirilmesi, *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitapçığı (20-23 Ekim 2008)*, 103-113, Çanakkale.
- TUIK (2022). Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Verileri.
- Tümertekin, E. (1982). *Ekonomik Coğrafya*. İstanbul: Güryay Maatbacılık.
- Tümertekin, E., & Özgüç, N. (2020). *Ekonomik Coğrafya Küreselleşme ve Kalkınma*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- UN. (2012). A/CONF.216/16 Report of (Rio+20) the United Nations conference on sustainable development.
- UN. (2015). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. *Division for Sustainable Development Goals: New York, NY, USA*.
- UN. (2015). World population prospects: The 2015 revision report' (New York, UN department of economic and social affairs 25 July 2017) www.un.org/en/development/desa/news/population/2015-report.html erişim 15 Aralık 2022.
- UNCED. (1972). Declaration of the United Nations conference on the human environment, Stockholm declaration. *A/CONF/14/REV. 1*.
- UNCED. (1992). Agenda 21, Rio declaration, forest principles. (Vol. A/CONF.151/26/Rev.1).

- Ünal, Ç. (2010). *Türkiye’de sanayinin tarihsel gelişimi ve sanayileşme politikaları*. Mega Ofset Matbaacılık: Erzurum.
- Ünal, Ç. (2020). Sanayi’de mekânsal dönüşümler İzmir örneği. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 1-19.
- Voerknecht, H. (1994) Experiences with environmental zoning: The case of the drechtsteden region, in H. Voogd (ed) *Issues in Environmental Planning*, Pion, London, pp. 67-77.
- Wang, H., Shen, Q., & Tang, B. S. (2015). GIS-based framework for supporting land use planning in urban renewal: case study in Hong Kong. *Journal of Urban Planning and Development*, 141(3),
- WCED. (1987). Report of the World commission on environment and development: Our common future. *United Nations General Assembly Document A/42/427*.
- Zheng, D., & Shi, M. (2018). Industrial land policy, firm heterogeneity and firm location choice: Evidence from China. *Land Use Policy*, 76, 58-67.



Received: 28 February 2023 | Revised: 24 April 2023 | Accepted: 28 April 2023

İZMİR KENTİ VE YAKIN ÇEVRESİNDE ENDÜSTRİYEL MİRAS ROTASI ÖNERİSİ *

Industrial Heritage Route Proposal in İzmir City and Its Neighborhood

Gamze PARLAPAN 

gamzeparlapan@gmail.com

Sibel ECEMİŞ KILIÇ 

Dokuz Eylül Üniversitesi,
Şehir ve Bölge Planlama Bölümü,
İzmir-Türkiye

sibel.ecemis@deu.edu.tr

Mercan EFE GÜNEY 

Dokuz Eylül Üniversitesi,
Şehir ve Bölge Planlama Bölümü,
İzmir-Türkiye

mercan.efe@deu.edu.tr

Abstract

Industrial Heritage Sites are traces that symbolize the periods in which they were created. Today, traditional production structures and areas are both functionalized and transformed into areas that different users can visit with a route proposal, thus ensuring the protection of industrial heritage areas. Therefore, an economic contribution will be provided to the city through tourism activities. Because routes are important elements that connect geography with concepts such as identity, culture, originality, awareness, regional development and sustainable development, as well as increasing intercultural experience.

In this study, a three-stage industrial heritage route proposal has been developed for the İzmir Alsancak Harbor Behind Area. In the first stage, industrial heritage sites in İzmir were examined in terms of their number and location, sub-regions were defined, and an industrial heritage route was proposed for the whole of İzmir by considering these sub-regions together with their centers. In the second stage, a two-stage route within the city center of İzmir was planned. In this way, the heritage areas that make up the route have been determined to be used in other detailed studies and to evaluate their relations with the Alsancak Harbor Behind Area. In the third stage, a detailed industrial heritage route proposal was developed for the Alsancak Harbor Behind Area. The proposed industrial heritage route has been planned together with the size of the buildings and areas and the existing and proposed functions.

The study contributes to the relevant literature on protecting and maintaining urban identity and associating tourism activities with culture. It is also valuable in terms of highlighting the study area with its cultural heritage values, integrating it with the social and cultural activity areas of the city, and thus enriching the transformation process of the region.

Keywords: Industrial heritage, industrial heritage route, urban identity, İzmir, Alsancak Harbor Behind.

Öz

Endüstriyel Miras Alanları oluşturuldukları dönemlerin sanayi ve kalkınma açısından üretim alanları iken, bugünün ise oluşturuldukları dönemleri simgeleyen izleridir. Ancak bu yapılar dünyadaki bakış açısı kapsamında kimliğin yeniden üretim alanları olarak görülmektedir. Bir başka deyişle geçmişten bugüne kalan üretim yapıları ve alanları yeni bir üretim alanı olarak planlanmaktadır. Bu üretim, endüstriyel miras yapılarının korunarak sürdürülmesi bağlamında hem işlevlendirilmesi hem de bir rota önerisi ile farklı kullanıcıların ziyaret edebileceği alanlar haline dönüştürülmesidir. Böylece kent kimliğinin korunması ve sürdürülmesinin yanı sıra turizm aktiviteleri aracılığıyla kente ekonomik katkı da sağlanacaktır. Çünkü rotalar kültürler arası deneyimlemeyi artırmanın yanı sıra kimlik, kültür, özgünlük, farkındalık, bölgesel kalkınma ve sürdürülebilir kalkınma gibi kavramlarla coğrafyayı ilişkilendiren önemli unsurlardır.

Bu çalışma İzmir Alsancak Liman Arkası Bölgesi için endüstriyel miras rota önerisi geliştirmek amacıyla bölgenin endüstriyel miras kapsamında ilişkili olduğu alanlarla birlikte incelenmesi ile üç aşamalı olarak kurgulanmıştır. İlk aşamada İzmir ili endüstri miras alanları sayı ve konumları ile incelenerek, alt bölgeler tanımlanmış bu alt bölgeler merkezleriyle birlikte düşünülerek İzmir il bütünü için bir endüstriyel miras rotası önerilmiştir. İkinci aşamada İzmir ili kent merkezi içindeki iki etaplı rota planlanmıştır. Bu alt bölgelerde oluşturulan rota önerileri rotayı oluşturan temel unsurların bir anlamda alanda işaretlenmesidir. Bir başka deyişle rotayı oluşturan miras alanları başka detaylı çalışmalarda kullanılmak ve Alsancak Liman Arkası Bölgesi ile ilişkilerini değerlendirmek üzere belirlenmiştir.

* Makale, 2022 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü Eğitim programında yer alan PLN 4122 Şehir Planlama Projesi VI dersi kapsamında Gamze PARLAPAN tarafından Prof. Dr. Sibel ECEMİŞ KILIÇ ve Prof. Dr. Mercan EFE GÜNEY danışmanlığında yapılan "Endüstriyel Miras Rota Önerisi Alsancak Liman Arkası Bölgesi" başlıklı çalışmanın verileri kullanılarak geliştirilmiştir.

Üçüncü aşamada ise Alsancak Liman Arkası Bölgesine ilişkin ayrıntılı endüstriyel miras rotası önerisi geliştirilmiştir. Öneri endüstriyel miras rotası yapı ve alanların büyüklükleri ile mevcut ve öneri işlevlerle birlikte planlanmıştır.

Bu çalışma kent kimliğinin korunması ve sürdürülmesi ve turizm faaliyetlerinin kültür ile ilişkilendirilmesi konularıyla birlikte ele alarak ilgili literatüre katkı sağlamaktadır. Ayrıca çalışma alanının sahip olduğu kültürel miras değerleri ile öne çıkarılması, kentin sosyal ve kültürel etkinlik alanları ile bütünleştirilmesi ve böylece bölgenin dönüşüm sürecinin zenginleşmesi açısından da değer taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel miras, endüstriyel miras rotası, kent kimliği, İzmir, Alsancak Liman Arkası.

1. GİRİŞ

Kentlerin gelişim süreci içinde daha önce kent merkezinde ya da merkeze yakın konumda yer alan sanayi alanları, ölçeklerinin büyümesi, teknolojilerinin değişmesi ve çevreye/insan sağlığına etkileri nedeniyle giderek kent çeperlerine doğru yönlendirilmiştir. Bu durum kent merkezindeki endüstriyel alanların ve binaların işlevsiz kalmasına neden olmuştur. Kent merkezinde daha çok ticaret ve hizmetlere yönelik kullanım talebi bulunmaktadır. Bu talep şehir coğrafyası kapsamında kabul gördüğünden işlevsiz kalan miras alanlarının korunması ve yeniden işlevlendirilmesi geri planda kalmıştır.

Özellikle Cumhuriyet'in ilk yıllarında, ekonomik ve sosyal bağımsızlık amacına ulaşmak için sanayileşme önemli görülmüş, devlet bu alanda önderlik görevini üstlenerek, özel sektöre yol göstermek istemiştir (Asiliskender, 2002, 2008, 2009). Bir kamu politikası olarak gerçekleştirilen sanayi yatırımları kapsamında inşa edilen sanayi yapıları döneminin amacına uygun simge unsurları iken, bugün kendi döneminin izlerini aktaran ve ulusal kimliğin önemli bir parçası olan yapılardır.

Tüketim odaklı Neoliberal politikalar sonucu, süreç içerisinde kentte hem çeşitlilik ve hem de miktar olarak daha çok tüketimin bir arada gerçekleşeceği alanlar hızlı bir gelişim göstermiştir. Bu durumun bir sonucu kimlikli kentlerin yerine, birbirine benzeyen ve yerel unsurların önemsenmediği bir kentleşme pratiği ortaya çıkarmasıdır. Kent merkezinde yer alan ve geniş alan kaplayan endüstriyel alanların tüketim alanlarına dönüşümü gündeme gelmiş, çoğu kamu alanı niteliğindeki bu alanların dönüşümü özelleştirme politikaları ile desteklenmiştir. Oysaki hala varlığını sürdüren endüstriyel miras alanları, kent merkezinde kamusal alan ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik potansiyellerinin yanı sıra kent kültürünün, yaşam pratiklerinin ve kimliğinin önemli bir parçası olarak sahip oldukları miras değerleri açısından da korunmaları gerekli önemli unsurlardır.

Endüstriyel miras alanlarını da kapsayan kültürel miras tarih, mimarlık, sanat ve estetik değerlerine ek olarak belge- anı- sosyal değerler bütünü olarak yerin ruhunu yansıtmaktadır (Clark, 2006). Miras kavramının ve miras alanlarının korunmasına yönelik yaklaşımların süreç içerisinde değiştiği ve geliştiği görülmektedir. İlk olarak 19. yüzyılın sonlarında ortaya çıkan ve anıtsal yapıların korunmasına odaklanan koruma anlayışından alan temelli koruma anlayışına geçiş ancak 1945'ten sonra olmuştur. I. Dünya Savaşı'nın kentlerde yarattığı yıkımların ve değişimlerin ortaya çıkardığı durum mirasın ortak bir değer olarak ele alınmasını ve korunmasını gündeme getirmiş, "Avrupa Ortak Miras" kavramı ortaya çıkmıştır. 1945'te Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu (UNESCO)'nun, 1946'da Uluslararası Müzeler Konseyi (ICOM)'nin, 1949'da Avrupa Konseyi'nin, 1959'da Kültür Varlıkları Koruma ve Restorasyon Çalışmaları Uluslararası Merkezi (ICCROM)'un ve 1965'de Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS)'un kurulması konunun uluslararası boyut kazanması açısından gerekli kurumsallaşmayı sağlamıştır. Bu sayede, kültürel mirasın kentsel yaşam ve kalkınma arasında ilişki kuran önemli bir bileşen olduğu görülmüştür. 1975 yılı Avrupa Mimari Miras Yılı olarak ilan edilmiş ve yayınlanan Amsterdam deklarasyonu ile ekonomik, sosyal, yasal ve yönetsel yönleriyle bütüncül bir koruma modeli amaç olarak tanımlanmış ve kültürel mirasın korunması kent ve bölge planlama ile ilişkilendirilmiş (Ahunbay, 1996; Ecemiş Kılıç, 2008; Orbaslı, 2000).

Süreç içerisinde, endüstriyel miras, kırsal miras, etkileşim alanları gibi tanımlamalar ile korumanın kapsamı genişlemiş ve 2011'de kentin korunması alanlarının kentsel gelişmeyi iyileştirmede yapısal bir rol oynayacak biçimde ele alınmasını amaçlayan UNESCO Tarihi Kentsel Peyzaj Tavsiyesi kabul edilmiştir. Bu sayede korunması gereken alanlar izole edilmeyip, kent planları ile entegre edilerek kentin ekonomik, sosyal ve fiziki özelliklerinin gelişmesine katkı koyan unsurlar olarak görülmüştür. Görüldüğü gibi kültürel mirasın korunmasına yönelik yaklaşım tekil değerlerin korunmasından, alansal korumaya; izole koruma yaklaşımları

yerine kenti yaşayan bir organizma olarak görüp, bütün kentin bir parçası olarak bütüncül kent planlama pratikleri ile değerlendirilmesine doğru evrilmiştir. Bu evrimde kültürel miras yapı ve alanlarının onunla bütünlük taşıyan soyut kültürel değerlerle, endüstriyel miras, kırsal miras ve içinde buldukları etkileşim alanları ile değerlendirilmesi gerektiği izlenmektedir.

20. yüzyılın ortalarından itibaren endüstriyel süreçleri değiştiren/geliştiren teknolojik gelişmeler sonucu atıl kalarak sorun alanlarına dönüşen endüstriyel miras alanları savaş sonrası ülkelerin yıkılan şehirlerini geliştirmede kullanılabilecek potansiyel alanlar olarak görülmüştür. Her ülkenin kendi sanayileşme süreci ve kent planlama pratiklerine bağlı olarak endüstriyel miras alanlarını değerlendirme süreci birbirinden farklılaşmıştır. Örneğin, endüstriyel miras bilinci, Sanayi Devrimi'nin ilk ortaya çıktığı İngiltere'de 1950'lerde ortaya çıkmıştır (Aydın vd., 2022).

1973'te İngiltere'de yapılan ve dünyanın farklı yerlerinden katılımcıların bulunduğu toplantı, endüstriyel mirasın incelenmesi, yorumlanması ve korunması için uluslararası bir kurum oluşturmaya yönelik ilk adım olmuş ve aynı yıl endüstriyel mirasın koruma, inceleme, belgeleme, araştırma, yorumlama ve ilerletmede uluslararası iş birliğini sağlamak amacıyla TICCIH (Uluslararası Endüstriyel Mirasın Korunması Komitesi) kurulmuştur (Ifko ve Stokin, 2018). TICCIH, endüstriyel miras konularında ICOMOS'un ortağıdır ve aynı zamanda ICOMOS'a bilirkişilik yapmaktadır. Bu tarihten itibaren endüstriyel miras alanlarına ilişkin pek çok toplantı yapılmış, rapor, tüzük/bildirge vb. düzenlenmiştir (Aydın vd. 2022; ICOMOS, 2011; Ifko ve Stokin, 2018; Saner, 2012; TICCIH, 2003):

- 1996 - 2004 yılları arasında TICCIH-ICOMOS iş birliği ile Kanallar, Köprüler, Endüstriyel Yerleşimler ve Maden Ocakları üzerine dört endüstriyel Dünya Mirası Çalışması üretilmiş ve bu kategorilerdeki miras yapılarının kayıt altına alınması kolaylaşmıştır
- 2003 yılında TICCIH tarafından tarihi sanayi merkezlerinin dönüşümü ve endüstriyel mirasın rolüne ilişkin Nizhny Tagil Endüstriyel Miras Tüzüğü yayınlanmıştır.
- 2006 yılında Blaenavon'da düzenlenen "Endüstriyel Miras Semineri"nde sanayi bölgelerinin canlandırılmasının sosyal, sürdürülebilirlik, turizm ve ekonomik açıdan büyümeye faydaları ve etkileri hakkında bir değerlendirme raporu hazırlanmıştır.
- 2011 yılında toplum mirasının bir parçası olarak endüstriyel mirasın belgelenmesine ve korunmasına yardımcı olmak üzere Endüstriyel Miras Alanlarının, Yapıların, Alanların ve Peyzajların Korunması için Dublin İlkeleri kabul edilmiştir.
- 2014 yılında ICOMOS ile TICCIH arasında endüstriyel mirasın korunmasına yönelik bir iş birliği çerçevesi oluşturulmuştur.

Görüldüğü gibi endüstriyel miras alanlarına yaklaşım biçimi de kültürel miras alanlarına benzer bir süreci izlemiştir. Bu alanların ve yapıların belgelenmesiyle başlayan süreç, bugün potansiyel bir kentsel gelişim alanı olarak kabul edilmelerine ve kentsel planlama, gelişme ve dönüşümün bir parçası olarak görülmelerine evrilmiştir (Aydın vd. 2022; Loures, 2008).

Endüstriyel miras alanlarına yönelik çalışmalar Dünya'da 19. yüzyılda başlamış olmakla birlikte (Başer, 2011; Erkartal, 2018; Karadağ ve İncedere, 2020; Paradowski, 2018), Türkiye'de konunun gündeme gelmesi 1990 sonrasında (Karadağ ve İncedere, 2017; Kayın, 2001, 2013; Köksal, 2005, 2008, 2013, 2015). Süreci başlatan Haliç Kıyısı Yeniden Düzenleme Projesi kapsamında yıkımı gündeme gelen yapıların korunmasına yönelik girişimler ve ardından yapılan tescil çalışmaları olmuştur (Günay, 2014). Bu adımla dünyada önem verilen endüstriyel miras alanlarının korunarak işlevlendirilmesi ve kimlikli kentlerin oluşturulması konuları Türkiye'de de önem kazanmaya başlamıştır. Yaklaşık 30 yıllık bu süreçte kültürel ve bilimsel önemi ortaya çıkan bu alanlar yere özgü özellikleri (maddi ve maddi olmayan unsurlarla birlikte) yansıtmakta (TICCIH, 2003) ve aynı zamanda kent ekonomisine katkı sağlamaktadır.

ICOMOS'un "Endüstriyel Miras Alanları, Yapıları ve Peyzajını Koruma İlkeleri" kapsamında endüstri miras alanı "amaçları, tasarımı ve değişim süreçleri açısından çeşitlilik gösteren ve endüstrinin gelişiminde esas

olan maddi ve maddi olmayan oluşumları, bileşenleri, mekanizmaları, işlem alanları ve endüstri ile biçimlenen yaşam ve alanları” olarak ifade edilmektedir (ICOMOS, 2011). Kolektif hafızada önemli yere sahip bu alanlar kentin geçmiş kimliğini yansıtmak ve yeni kimlik inşası açısından temel unsurlardandır (Crinson, 2005; Mellor, 2012; Strangleman, 2012; Till, 2012). Çünkü bir kentin kimliğinin oluşmasında süreklilik ve birikim önemli etkenlerdir. Mekânın ve insanların kimliğinin bir parçası olarak endüstriyel miras alanları, ortak yaşanmış bir tarih duygusu içerisinde aidiyet duygusunun korunması açısından da öne çıkarlar (Aktin, 2020; Loures, 2008; Büyükarıslan ve Güney, 2015).

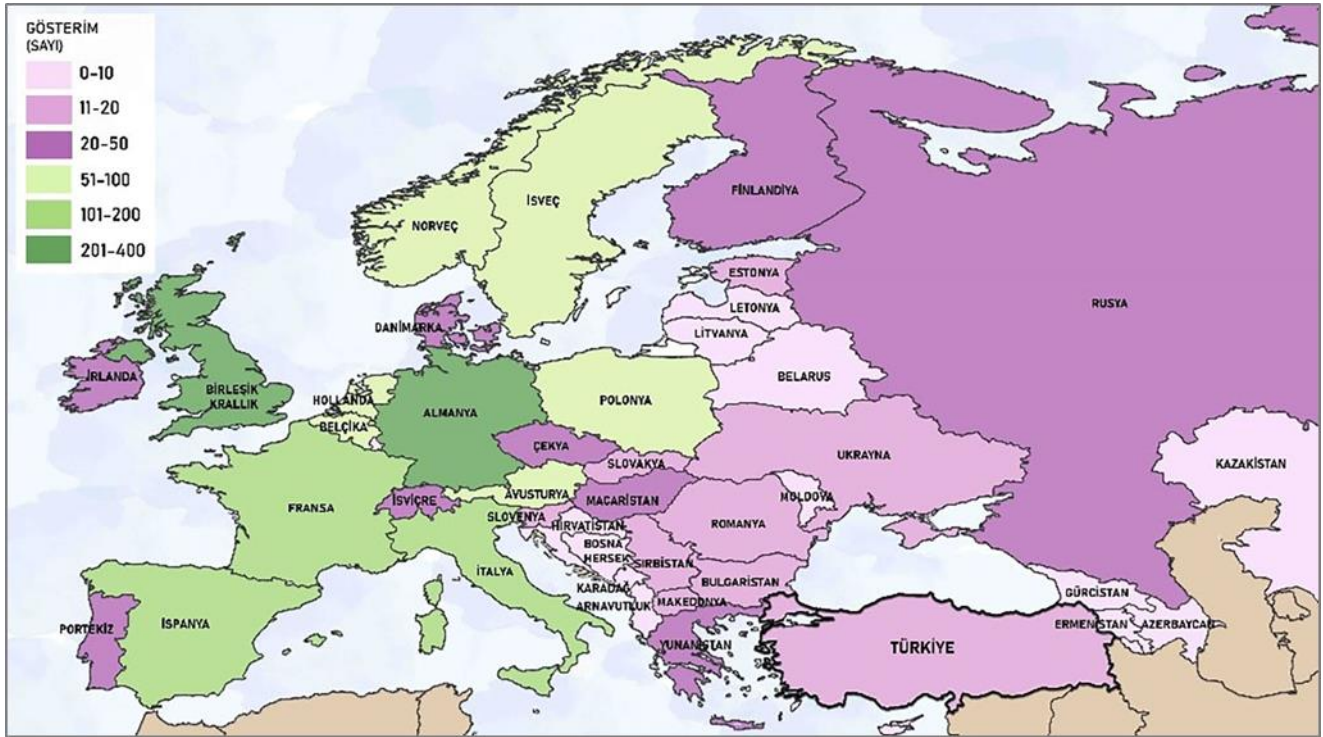
Endüstriyel miras alanlarına yönelik çalışmalar, mirasın somut veya soyut yönlerini içeren; üretim yapılarını, bu yapıları kapsayan yerleşim dokusunu ve döneminin üretim teknolojisini inceleyen, belgeleyen ve dolayısıyla planlama, tasarım, mühendislik ve koruma gibi pek çok alanı içeren niteliğe sahiptir (Martin, 2009; Trinder ve Douet, 2012). Diğer yandan yakın geçmişte kültür ve bileşenleri turizmin önemli bir unsuru haline gelmiş, farklı kültürel unsurların görülmesi/tanınması beklentileri turizm hareketlerini belirlemiş ve etkilemiştir.

Diğer yandan kültürel turizme yönelik talep biçimleri de zaman içinde değişim göstermiştir. Geleneksel olarak somut kültürel yapı ve alanların görülmesine odaklı kültürel turizm, deneyimlemeyi temel alan yeni bir biçime evrilmiştir. Bireyselliğin ön planda olduğu postmodern turizm döneminde, yerel yaşam özellikleri, yaşayan kültür ve yaratıcı özellikler/faaliyetler, somut olmayan kültürel miras önemli hale gelmiştir (Clark, 2006; Richards, 2011).

Bu turizm biçimde turistler, “yereldeki gibi yaşama” vurgusu ile kentin kültürel kimliğini anlamayı ve kültürel değerlerini deneyimlemeyi arzulamaktadır. Yaratıcı turizm olarak da tanımlanan bu turizm biçiminde, turistler farklı bölgelerin kültürel mirasına, sanatına, günlük yaşantı ve uğraşlarına tanık olmak ve bunlara katılmak istemektedir. Turizm eğilimlerindeki değişimlerin bir diğer yansıması da bu deneyimleme pratiklerini destekleyen rotaların belirlenmesidir. Rotalar, kültürler arası deneyimlemeyi artırmanın yanı sıra kimlik, kültür, özgünlük, farkındalık, bölgesel kalkınma ve sürdürülebilir kalkınma gibi kavramlarla coğrafyayı ilişkilendiren önemli unsurlardır (Zoğal ve Emekli, 2017). Dolayısıyla rotalar sayesinde her coğrafya üzerindeki önemli unsurlar kendini ekonomik olarak devam ettirmenin yanı sıra elde edilen ekonomi ile de sürdürülebilir ve tanınır kılmaktadır.

Tüm kültürel miras alanları gibi, endüstriyel miras alanları da bu unsurlardan biri olarak önemli turistik rotalara eklenmiştir. Çünkü bu rotalar alışveriş, ticaret ve seyahat gibi turizm unsurlarını bir arada kapsadığından endüstriyel miras alanlarının korunarak kullanılmasını sağlayan ekonomik bir araçtır. Aynı zamanda rotalar, küreselleşme ve kültürler arası diyalogun bir parçası olarak görülmüştür (Kirshenblatt-Gimblett, 1998). Endüstriyel miras alanlarının rotalara dahil edilmesi, kültürel miras alanlarının bu kapsamda düşünülmesiyle başlamıştır. Bunun ilk örneği bir UNESCO projesi olan ve doğu-batı arasında bağlantı kuran İpek Yolu'nun 1980'lerin sonunda kültürel miras rotası olarak tanımlanmasıdır. Aynı dönemde endüstriyel miras rotası kapsamında bir örnek ise 1991'de Afrika'daki demir işçiliğinin ortak mirasının izini sürmeyi amaçlayan Demir Yolları projesidir. Daha sonraki süreçte bu örnekler çoğalmış, kıtalar arası, ülkeler arası ve ülke içinde çeşitli rotaların tanımlanmasına yönelik projeler geliştirilmiştir (Bangstad, 2011). Avrupa Komisyonunun 1998 yılında aldığı bir karar, rotaların Avrupa'da kültürel turizm ve sürdürülebilir kültürel kalkınma alanlarında uzun vadeli Avrupa işbirliği programlarına olanak sağladığını olduğunu belirtmektedir. Avrupa Komisyonu genellikle geleneksel olarak turizmden yararlanan merkezlerin dışında yer alan sanayi bölgelerini öncelikli bir alan olarak tanımlamaktadır (Avrupa Konseyi 1998).

Bu kapsamda özellikle Avrupa'da dünyaca bilinen rotalar oluşturulmuştur. Örneğin 1999'da endüstriyel miras alanlarına ilişkin bir envanter çalışması olan Avrupa Endüstri Mirası Rotası (ERIH) belirlenmiştir. Bu rotada kullanılmayan üretim tesisleri, endüstriyel peyzaj alanları ve etkileşimli teknoloji müzeleri gibi birçok endüstriyel miras yapısı yer almaktadır (CulturelRotes, bt). Bu rota 52 ülkeyi kapsamaktadır ve en çok endüstri mirası bulunduran ülke olarak (396 tane ile) Almanya öne çıkmaktadır. Türkiye ise endüstri mirası rotasında yer alan ülkeler içerisinde 11 tane endüstri mirası yapısı ile 23. sıradadır. Rotada yer alan miras sayılarına ilişkin şekil ve tablo aşağıda verilmiştir (Şekil 1, Tablo 1).



Şekil 1- Avrupa Ülkeleri Endüstri Mirası Sayıları

Figure 1- Numbers of European Countries Industrial Heritage
(Kaynak: ERIH, 2022'den düzenlenmiştir).

Tablo 1- Avrupa Endüstri Mirası Rotasına Dahil Olan Ülkeler ve İçerdikleri Miras Sayısı
Table 1- Countries Included in the European Industrial Heritage Route and Number of Heritages Included

Sıra No	Ülke	Endüstri Mirası Sayısı	Sıra No	Ülke	Endüstri Mirası Sayısı	Sıra No	Ülke	Endüstri Mirası Sayısı
1	Almanya	396	16	Macaristan	32	26	Belarus	5
2	Birleşik Krallık	390		İrlanda	32	27	Gürcistan	4
3	Fransa	168	17	Yunanistan	23	28	Malta	3
4	İtalya	108	18	Slovenya	19		Moldova	3
	İspanya	108	19	Ukrayna	16		Ermenistan	2
5	Polonya	88	20	Romanya	15		Azerbaycan	2
6	İsveç	74	21	Estonya	14		Bosna Hersek	2
7	Belçika	71	22	Bulgaristan	12	29	Kazakistan	2
8	Hollanda	66		Slovakya	12		Karadağ	2
9	Avusturya	56	23	Sırbistan	11		Kuzey Makedonya	2
10	Norveç	55		Türkiye	11		San Marino	2
11	İsviçre	46		Letonya	8		Arnavutluk	1
12	Çekya	45	24	Litvanya	8		Cebelitarık	1
13	Portekiz	43		Lüksemburg	8	30	Kosova	1
	Finlandiya	38		Andorra	6		Lihtenştayn	1
14	Rusya	38	25	Hırvatistan	6		Monako	1
15	Danimarka	36		Kıbrıs	6		Vatikan	1
				İzlanda	6			

Kaynak: Kaynak: ERIH, 2022'den düzenlenmiştir.

2008 yılında ise bir Avrupa Birliği (AB) projesi olarak “Avrupa Endüstriyel Miras Rotaları” 32 ülkenin katılımı ile tüm Avrupa Kıtası için endüstri mirası alanları ve yapılarını birbirine bağlayan bir rotalar sistemi

olarak oluşturulmuştur. Endüstri tarihini bütüncül bir bakışla inceleyen ve sunan bu sistem ilk fabrikalardan buharlı makinelerle, madenlerden interaktif teknoloji müzelerine Avrupa Endüstri geçmişinin dönüm noktalarını içermektedir. Tüm kıtada kurgulanan bu sistem içinde tekstil, enerji, su, çelik gibi alt başlıklarda tematik rotalar geliştirilmiştir (Çekül Vakfı, 2015). Görüldüğü gibi dünya sadece rota belirlememiş, süreç içerisinde rotaları tematik hale getirerek çeşitlendirmiştir.

Cumhuriyetin ilk yıllarında sanayileşme ile ekonomik bağımsızlığın sağlanması, siyasi bağımsızlığın sürdürülmesi açısından önemli görülmüştür. Bu nedenle sanayinin gelişimine yön vermek üzere İzmir İktisat Kongresi (1923) düzenlenmiş, ardından I. Beş Yıllık Sanayi Planı (1934-1938) ile öncelikle hammaddesi ülkede mevcut olan veya ithal edilerek temin edilen ürünlerin yurt içinde üretilmesinin devlet desteği ile kurulması amaçlanmıştır (Aydemir, 1976). Bu amaçla İstanbul'da gelişmekte olan sanayinin hammadde potansiyeli de dikkate alınarak Kayseri, Nazilli, Konya Ereğli ve Bursa'da dokuma, Zonguldak (Karabük)'te madencilik, demir ve çelik, İzmit'te kâğıt, selüloz üretimine yönelik tesislerle ülkenin diğer kentlerine de yayılması amaçlanmıştır. Bu amaçla inşa edilen tesislerin bir bölümü günümüzde Avrupa Endüstriyel Miras Rotasına dahil olan ve endüstri tarihinin anlatıldığı müzeler olarak işlev gören yapılardır. Bunlardan bazıları potansiyel olarak durmakla birlikte, Avrupa Endüstri Miras Rotasına 11 endüstriyel miras yapısı dahil edilmiştir.

Bunlardan 5 tanesi İstanbul, 3 tanesi Bursa, 1 tanesi Kocaeli ve 1 tanesi İzmir ilindedir (Şekil 2):

İstanbul'da Avrupa Miras Rotasının içinde yer alan bu yapılar;

- Demiryolu Müzesi Sirkeci Garı'nda (1890 yılında hizmete açılan) 2005 yılında,
- İstanbul Hava Kuvvetleri Müzesi İzmir Cuma Ovası'nda 1971'de açılan müzenin İstanbul-Yeşilköy'e taşınması ile 1985 yılında,
- Rahmi Koç Endüstri Müzesi, Lengerhane Binasının (III. Ahmet Dönemi'nde tersane tesisleri için kurulan) restore edilmesiyle 1994 yılında,
- Santral İstanbul Enerji Müzesi, Silahtarağa Elektrik Santrali'nin 1913'te ve 1921'de inşa edilen ilk makine dairelerinin dönüştürülmesi ile 2007 yılında,
- Gazhane Müzesi, 19. yüzyılın sonunda Anadolu Yakası'na enerji verecek havagazının üretimi için kurulmuş Hasanpaşa Gazhanesinin, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin yürüttüğü restorasyon projesiyle dönüştürülmesi sonucunda 2021 yılında müze olarak hizmete açılmıştır.

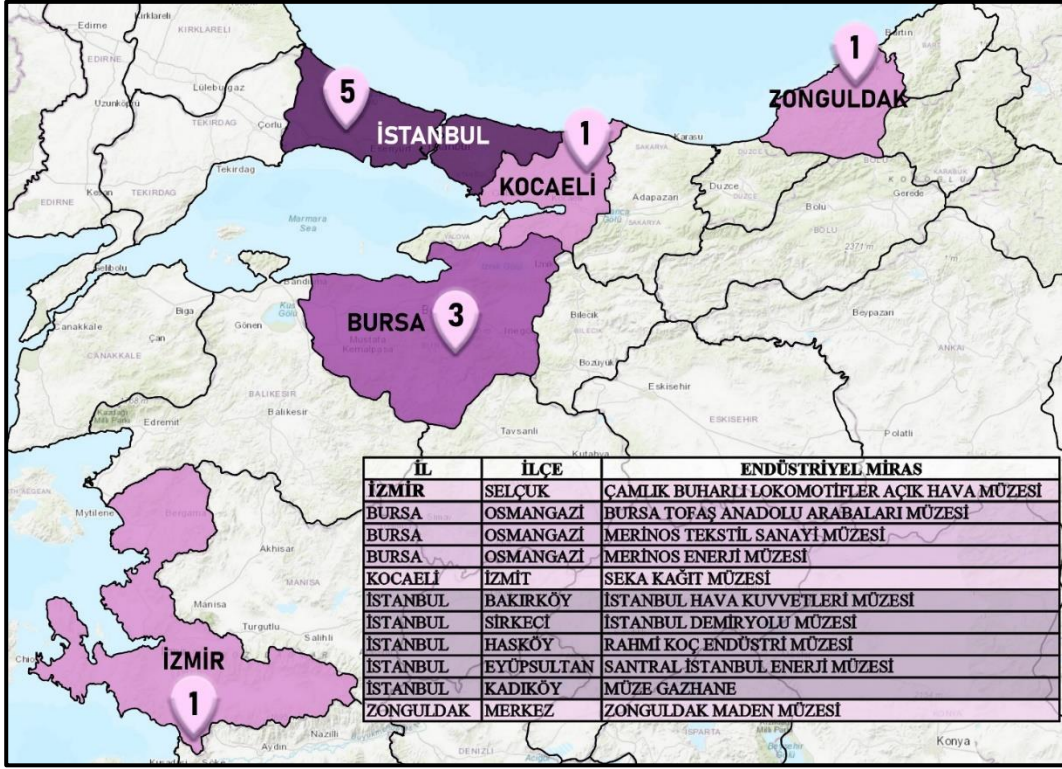
Bursa'da Avrupa Miras Rotasına dahil olan bu yapılar;

- Tofaş Bursa Anadolu Arabaları Müzesi, Anadolu'daki otomotiv mirasına sahip çıkmak amacıyla, eski ipek fabrikasının Tofaş tarafından restore edilmesi ile 2002 yılında,
- Merinos Tekstil Sanayi Müzesi ve Bursa Merinos Enerji Müzesi, 1938 yılında Atatürk açtığı bir iplik ve kumaş fabrikası olan Merinos Tesislerinde yer alan bu müzeler sırasıyla 2011 ve 2012 yıllarında müze olarak hizmete açılmıştır.

Kocaeli'nde SEKA Kâğıt Müzesi, Türkiye'nin ilk ve en büyük endüstriyel miras alanlarından biri olan SEKA alanının müzeye dönüşüm projesidir. 2009 yılında alanda Kocaeli Büyükşehir Belediyesi yürütücülüğünde başlatılan Onarım ve Yeniden İşlevlendirme Projesi çalışmaları ile I. Kağıt Fabrikası- Kağıt Müzesi ve Bilim Merkezi olarak düzenlenmiştir.

İzmir Çamlık Buharlı Lokomotif Müzesi 1866'da inşa edilen orijinal demiryolu hattı kullanılarak dünyada sayıları gittikçe azalan, demiryollarının simgesi olan buharlı lokomotifleri değerlendirmek ve demiryolu mirasını gelecek kuşaklara aktarmak amacıyla 1991 yılında açılmıştır.

Zonguldak Maden Müzesi Türkiye'nin ilk ve tek maden müzesi olup, 2016 yılında hizmete açılmıştır. Müze, 1890 yılında açılan ve 1937 yılına kadar üretim yapılan eğitim ocağını bugün "yaşayan müze" konsepti ile sürdürmektedir.



Şekil 2- Türkiye’de Avrupa Endüstri Miras Yoluna Dahil Olan İller ve Miras Yapıları

Figure 2- Provinces and Heritage Buildings Included in the European Industrial Heritage Road in Turkey

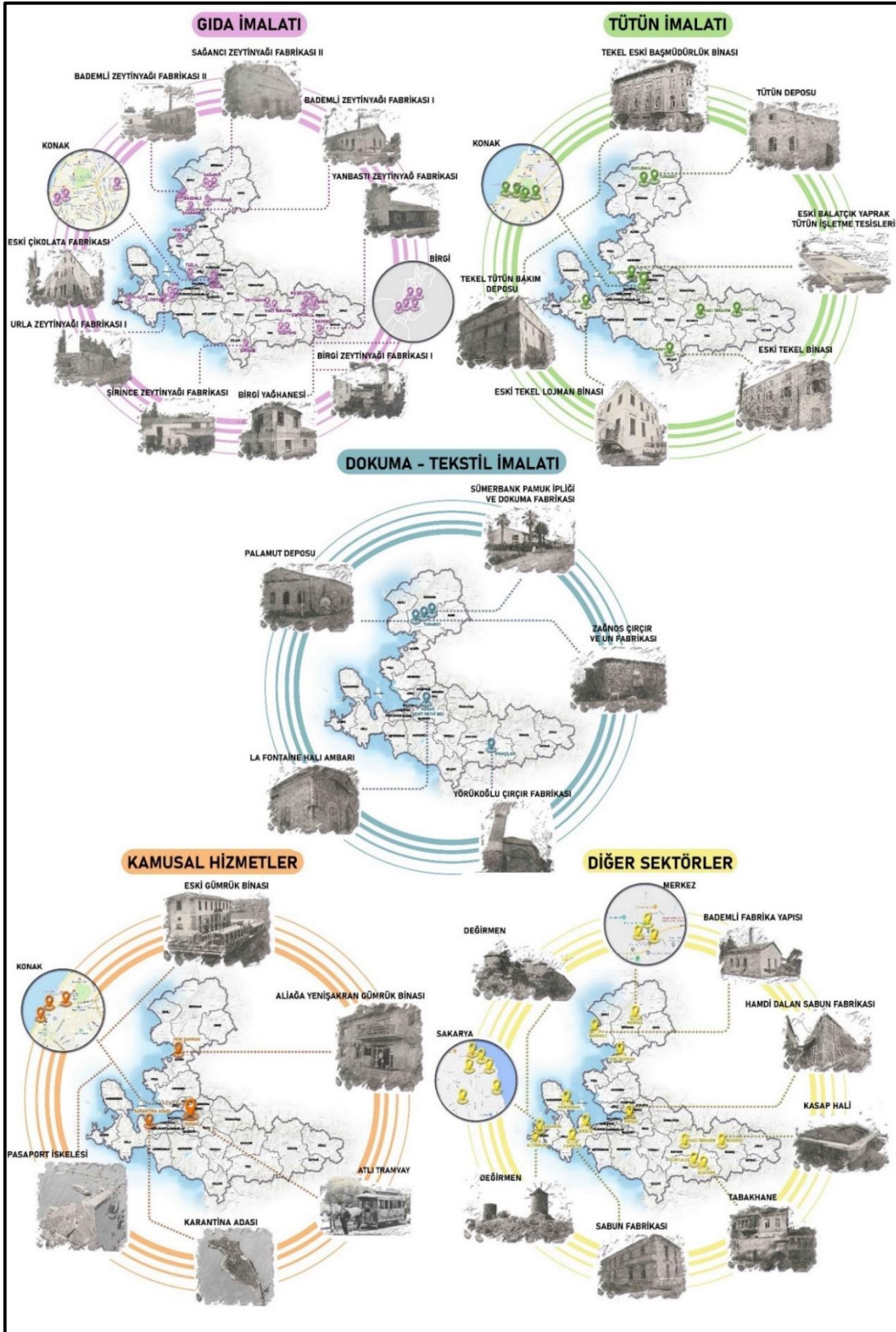
Kaynak: ERIH, 2022’den düzenlenmiştir.

Bugün Avrupa Miras Rotasına dahil olan İzmir ili, sanayinin gelişimi düşünüldüğünde, endüstriyel miras konusunda önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu nedenle İzmir kentinin gelişim süreci içinde temel belirleyicilerden biri olan liman ve sanayi gelişimi ilişkisinin mekânsal unsurlarını barındıran ve bu yönüyle endüstriyel miras alanlarını yoğun biçimde içeren İzmir Kent Merkezi ve Çevresi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu çalışma üç aşamalı olarak kurgulanmıştır. İlk aşamada İzmir ili endüstri miras alanları sayı ve konumları ile incelenerek, alt bölgeler tanımlanmış bu alt bölgeler merkezleriyle birlikte düşünülerek İzmir il bütünü için bir endüstriyel miras rotası önerilmiştir. İkinci aşamada İzmir ili kent merkezi içindeki iki etaplı rota planlanmıştır. Bu alt bölgelerde oluşturulan rota önerileri rotayı oluşturan temel unsurların bir anlamda alanda işaretlenmesidir. Bir başka deyişle rotayı oluşturan miras alanları başka detaylı çalışmalarda kullanılmak ve Alsancak Liman Arkası Bölgesi ile ilişkilerini değerlendirmek üzere belirlenmiştir.

Üçüncü aşamada ise Alsancak Liman Arkası Bölgesine ilişkin ayrıntılı endüstriyel miras rotası önerisi geliştirilmiştir. Öneride bu alanda yer alan endüstri miras alanlarının/yapılarının özgün ve mevcut işlevleri incelenmiştir. Bu doğrultuda, endüstri miras alanlarının tematik rotalarda kullanılması göz önüne alınarak rota tanımlamaları yapılmış, bu kapsamda işlevsiz miras alanlarına işlev önerilmiştir. Tüm öneri ve değerlendirmelerde alanın il ve bölge ile ilişkisi gözetilerek mevcut endüstriyel miras rotaları ile bağlantısı sağlanmıştır.

2. İZMİR’İN ENDÜSTRİ MİRAS ALANLARI

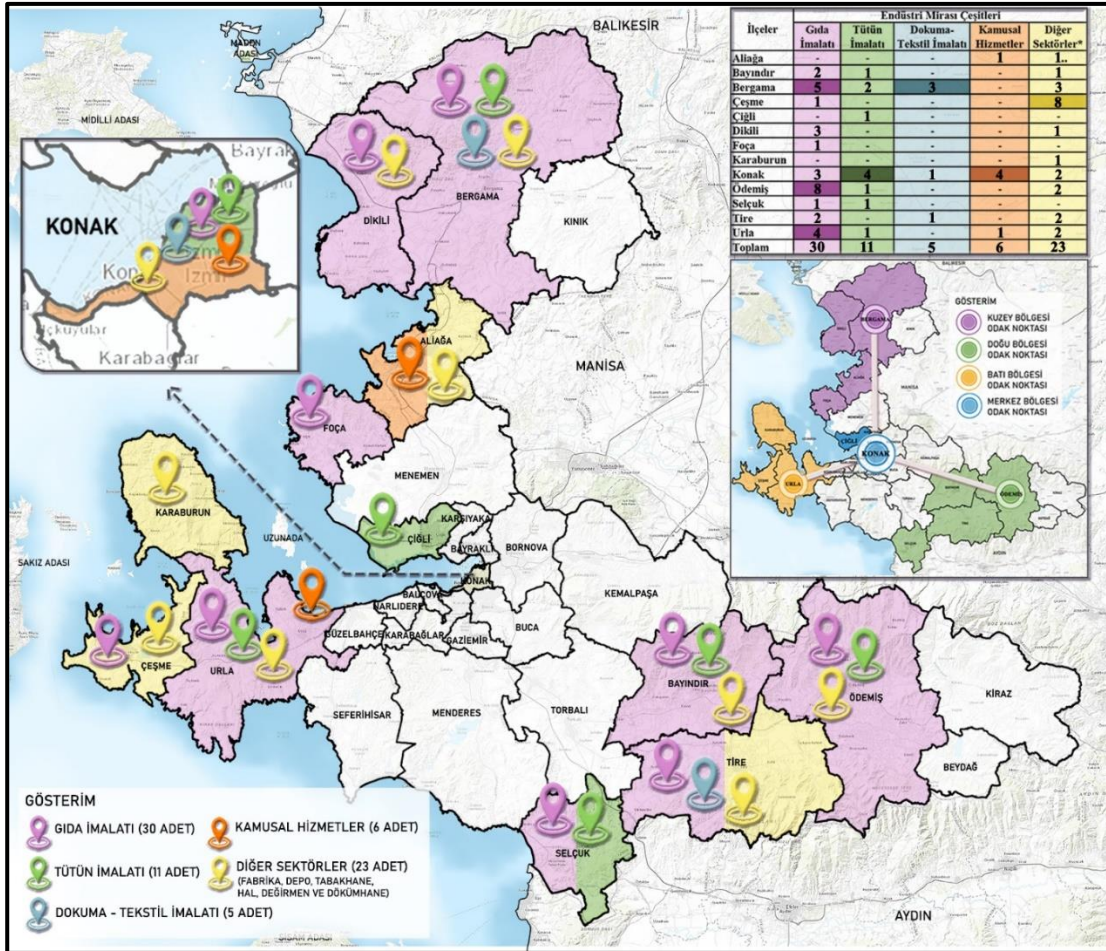
İzmir ilinin geçmişi endüstri yapıları açısından 15. yüzyıla kadar dayanmaktadır. Daha çok küçük imalatla endüstriyel açıdan ilerleyen kentin önemli bir ticaret ve sanayi merkezi haline gelmesi 17. yüzyıldan sonraki süreçte gerçekleşmiştir. Bu süreçte kent yabancıların ve Levantenlerin de etkisi ile dönüşmüş, bu toplulukların kentte yaptıkları sanayi yatırımları (Basmahane, Şark Sanayi Fabrikası, İzmir Pamuklu Mensucat Fabrikası, Tütün-Sigara Fabrikası gibi) ve çeşitliliği endüstri alanları açısından belirleyici olmuştur. Avrupalı bir aileden gelerek Türkiye’de İstanbul ve İzmir’e yerleşenleri ifade eden Levantenler, geldikleri ülkenin kültürleri ile



Şekil 3- İzmir İl Bütünü Sektörlere Göre Endüstri Mirası Alanları
 Figure 3- İzmir Province Industrial Heritage Areas in terms of Sectors
 Kaynak: Yazar(lar) tarafından üretilmiştir.

Osmanlı kültürünü birleştirerek bu adla anılmışlardır. Osmanlı İmparatorluğu'nun son zamanlarında hem devlet işlerinde hem de ticari hayatta oldukça yönlendirici etkiye sahip Levanten nüfus ve yabancılar kentin gelişim sürecinde ağırlıklı olarak eski adı "Punto" olan Alsancak'ın kıyı kesiminde yer seçmiştir. Yine bu grubun etkisi ile kıyı alanının gerisinde ulaşım yapıları ve sanayi tesislerinin konumlandırıldığı görülmektedir (Arıtan, 2017; Çakırcıoğlu, 2007; Gazi ve Boduroğlu, 2015). Böylece, Osmanlı'nın son döneminde, Sanayi Devrimi'nden ilk etkilenen kentlerden biri olan İzmir'de Gümrük Binası, Kızlarağası Hanı, un üretim tesisleri, tütün depoları, Su Fabrikası, Havagazı Fabrikası üretim açısından önemli kentsel alanlar haline gelmiştir. Erken Cumhuriyet döneminde ise kent merkezindeki küçük sanayi alanlarının yanı sıra daha geniş bir alana ihtiyaç duyan Turyağ (1916), Sümerbank (1946), Elektrik Fabrikası (1926), Şark Sanayi (1925) gibi işletmelerin Alsancak ve çevresinde toplanmaya başladığı görülmektedir (Bozdemir, 2011; Karadağ ve İncere, 2020). Görüldüğü gibi tarihi süreç İzmir kent merkezinin endüstri alanları yer seçimini etkilemiştir. Bu etkileme biçimi coğrafyanın özellikleri ve kent merkeziyle olan ilişkileri ile İzmir'in ilçelerinde de görülmektedir.

İzmir ilinde Aliağa, Bayındır, Bergama, Çeşme, Çiğli, Dikili, Foça, Karaburun, Konak, Ödemiş, Selçuk, Tire ve Urla olmak üzere toplam 13 ilçede 74 adet endüstri mirası yapısı bulunmaktadır. Bu yapılar Gıda İmalatı, Tütün İmalatı, Dokuma-Tekstil İmalatı, Kamusal Hizmetler ve Diğer Sektörler (fabrika, depo, tabakhane, hal, değirmen ve dökümhaneler) olmak üzere 5 grupta toplanmaktadır (İZKA, 2021). Çalışma alanının da bulunduğu geleneksel kent merkezini içeren Konak ilçesi hem farklı türde endüstriyel miras alanlarını bir arada barındırması hem de sayı olarak en çok endüstriyel miras alanını barındırıyor olması itibarıyla öne çıkmaktadır. Ayrıntılar Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 4- İzmir İl Bütünü Endüstri Mirası Alanları (Kaynak: İZKA, 2021'den düzenlenmiştir).

Figure 4- İzmir Industrial Heritage Areas.

"Alsancak Liman Arkası Bölgesi" kentin tarihindeki yeri, bu yere bağlı olarak kentin gelişim sürecini etkileme biçimi ile İzmir için yapılmış planlama çalışmalarında bu isimle anılmaktadır. Kentin önemli

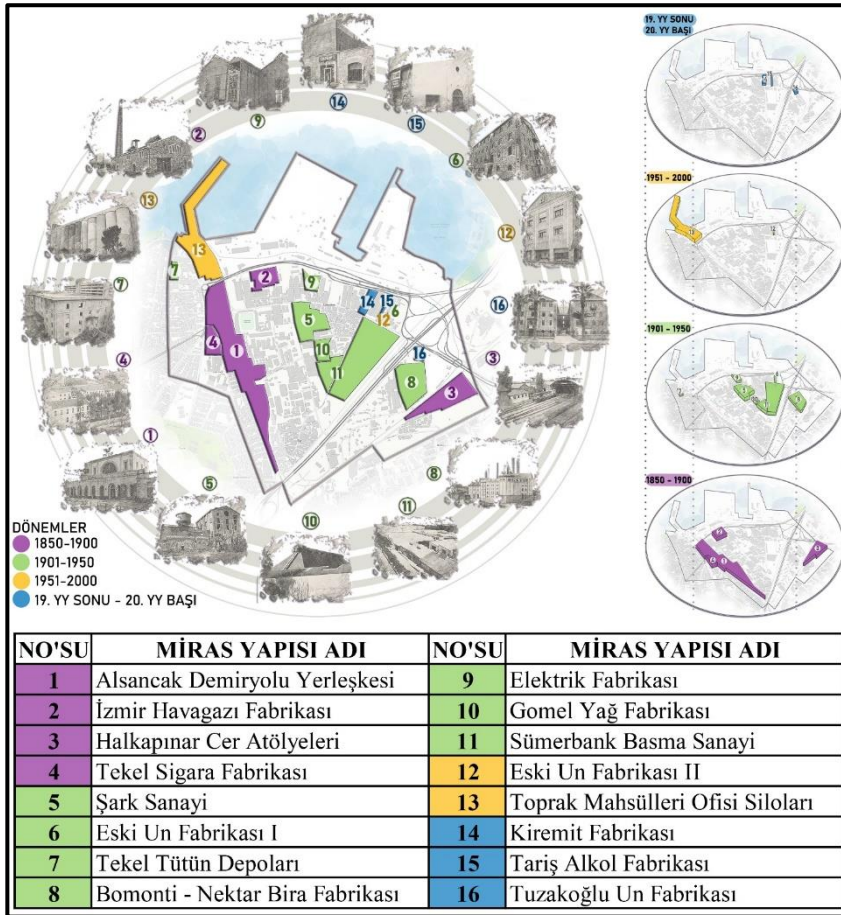
fonksiyonlarından biri olan liman ve onunla bağlantılı oluşan demir yolu ve kara yolu bağlantıları ile bölge tarihsel süreç içinde endüstriyel alanların yer seçimi için de odak noktası olmuştur. Bu bölgede önerilecek rotanın kentsel ölçekte ilişkilerini belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma sonucunda İzmir için; kuzeyde Bergama, Dikili, Aliağa, Foça; doğuda Ödemiş, Bayındır, Tire, Selçuk; batıda Urla, Çeşme, Karaburun ve merkezde Konak ilçesi olmak üzere 4 temel endüstri miras yapısı içeren bölge ortaya çıkmıştır. Bölgelerde kendi içlerinde sahip oldukları endüstri miras yapısı sayısı ve miras çeşidinin yoğunluğuna göre odak ilçeler belirlenmiştir. Buna göre odaklar kuzeyde Bergama, doğuda Ödemiş, batıda Urla ve merkezde çalışma alanının bulunduğu Konak ilçesidir (Şekil 4).

3. ALSANCAK LİMAN ARKASI BÖLGESİ ENDÜSTRİ MİRASI ALANLARI

İzmir kentinin gelişim sürecinde liman ve ticaret ilişkileri temel belirleyicilerden biridir. Bu paralelde Kemeraltı, liman arkası bölgesi olarak ilk üretim, ticaret ve yerleşim alanlarının yer seçtiği bölgedir. Kentin ticaret ile gelişim sürecinde özellikle dış ülkelerle artan ilişkiler sonucunda yabancılar ve Levantenler tarafından yapılan yatırımlarla, kent Alsancak bölgesine doğru gelişmiştir. Endüstrileşme süreci içinde Osmanlı Devleti'nin Avrupa'ya açılan kapılarından biri olarak İzmir kentinin gelişiminde, Alsancak Limanı ve bu liman ile bağlantılı olarak gelişen İzmir Aydın demiryolu hattı belirleyici olmuştur. Dolayısıyla bu süreçte kentin endüstriyel yapıları da liman arkası olarak tanımlanan bölgede yer seçmiştir.

3.1 Endüstriyel Miras Yapılarının Yapım Dönemlerine Göre İncelenmesi

Alsancak Liman Arkası Bölgesi'nde bulunan endüstri mirası yapılarının geçirdikleri dönüşümler, aşağıda 1850 - 1900, 1901 - 1950, 1951 - 2000 ve 19. yüzyıl sonu - 20. yüzyıl başı olmak üzere 4 dönemde incelenmiştir (Şekil 5, Tablo 2).



Şekil 5- Dönemlerine Göre Alsancak Liman Arkası Endüstri Mirası Alanları. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 5- Industrial Heritage Areas Behind the Alsancak Harbor in terms of Period

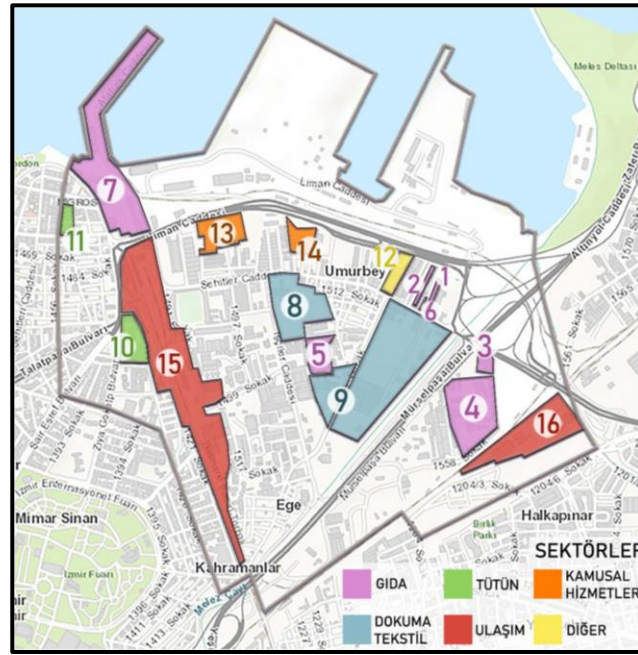
Tablo 2- Dönemlerine Göre Alsancak Liman Arkası Endüstri Mirası Alanları
Table 2- Industrial Heritage Areas Behind the Alsancak Harbor in terms of Period

1850 – 1900 Dönemi	
1	1856'da demiryolu imtiyazını alan İngilizler tarafından yapılan İzmir-Aydın demiryolu hattının başlangıç noktasıdır. İnşasına 1858'de başlanmış, 1860'ta tamamlanmıştır. Bünyesinde bulundurduğu hastane, yönetim binası ve Anadolu'nun ilk garı ile bir kompleks niteliğindedir. Kentin bu yöne gelişimini sağlayarak fabrika ve depolama birimlerinin yakınında yer seçmesini belirlemiştir. 1935 yılında satın alınarak millileştirilmiştir.
2	1862'de yapımına başlanan Fabrika 1867'de işletmeye açılmıştır. 1864'te sokak aydınlatması, 1902'de ise tüm kent aydınlatılması için kullanılmıştır. 1935'te Belediye'ye devredilmiştir. Teknolojisinin geride kalması ve elektriğe erişimin yaygınlaşması sebepleriyle 1994'te kapatılan fabrika, 2009'da "Tarihi Havagazı Fabrikası Kültür Merkezi" olarak kullanıma açılmıştır.
3	Geç Osmanlı Dönemi ve Cumhuriyet Dönemi yapılarından oluşmaktadır ve 1865'te işletmeye açılmıştır. Çalışan lokomotiflerin bakım ve onarımını sağlamak üzere kurulmuştur.
4	1884'te kurulmuş, ancak 1925 yılına kadar aktif kullanılmamıştır. 1980'lere değin depolama alanlarına ek olarak sosyal gereksinimleri karşılayan yapılarla birlikte bütün yapılar işlevini sürdürmüştür. 2001 yılında Tekel İşletmelerinin özelleştirilmesi ile fabrika 2004 yılında kapatılmıştır.
1901 – 1950 Dönemi	
5	1892'de un fabrikası olarak açılmış; 1893'te iplik imalathanesine ve 1895'te mensucat üretimi yapan bir fabrikaya dönüştürülmüştür. 1924'te ismi "Şark Sanayi Kumpanyası" olarak değiştirilmiştir. 1950'lerden sonra teknolojiye uyum sağlayamadığından 1976'da tasfiye edilmiştir.
6	1895 yılında inşa edilmiştir. Yapının 1980'li yıllarda mevcut bacası yıkılmıştır. Tütünbank Emtia Deposu ve Gazete Ege olarak kullanılmıştır. 1996'da Yaşar Eğitim ve Kültür Vakfı'na devredilerek, 2002 yılında restorasyon projesi onaylanmıştır. Günümüzde Yaşar Müzesi olarak kullanılmaktadır.
7	Dönemin depolama işlevi açısından ilk yapılarından biridir. Tekel İdaresi tarafından kiralanarak kullanılmıştır. 1993'te Tekel Genel Müdürlüğü mülkiyetine geçmiştir. İzmir Mimarlar Odası tarafından restorasyonu gerçekleştirilen yapı, günümüzde Mimarlık Merkezi olarak kullanılmaktadır.
8	Bomonti Kardeşler ve Nektar Bira Fabrikası'nın 1912'de birleşmesi ile oluşmuştur. Türkiye Tekel İdaresi'nin kurulması ile 1928'de kapatılmıştır. 8 sene kadar atıl kalan tesis 1936-1944 yılları arasında şarap, 1944-2004 yılları arasında ise rakı üretimine devam etmiştir. Günümüzde, Mahall Bomonti olarak adlandırılan karma kullanım (kültür, sanat, ticaret, konut) projesi alanında bulunmaktadır.
9	1926'da inşasına başlanılmış 1928'de hizmete açılmıştır. Tesis tramvay hattının elektrik ihtiyacını desteklemiş ancak kentın elektrik ihtiyacını karşılamada yetersiz kalmıştır. 1944'te İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne, 1971'de TEK'e devredilmiştir. 1989'da üretimi sona ermiş, geçirdiği yangın sonucu hasar görmüş ve 2019'da İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından satın alınmıştır.
10	1928'te kurulmuş olup, Türkiye'nin önemli bitkisel sıvı yağ üreticilerinden olan Bağ Yağları olarak faaliyet göstermektedir. Konumu ve yapıldığı dönem itibarıyla endüstriyel miras potansiyeli taşımaktadır.
11	Yapımına 1946'da başlanmış, 1952'de resmi açılışı yapılmıştır. 1964'te pamuğun tüm üretim işlemlerini gerçekleştiren entegre bir endüstri tesisi haline gelmiştir. 2000'de Özelleştirme Yüksek Kurulu Kararı ile kapatılarak, 2003'te İzmir İl Özel İdaresi'ne devredilmiştir. Tesis, Eğitim Kampüsü olarak kullanılmaktadır.
1951-2000 Dönemi	
12	1954'te eski değirmene ek olarak inşa edilmiş, depo, mobilya atölyesi, büro ve tamir atölyesi gibi işlevlerde kullanılmıştır. 2004 sonrasında ise restorasyonu yapılan yapı gemi acentesi olarak kullanılmaktadır.
13	1958 yılında tarımsal depolama amacıyla yapılmış silindir biçiminde betonarme yapıdır. Günümüzde özgün kullanımını devam ettirmektedir.
19. Yüzyıl Sonu 20. Yüzyıl Başı	
14	1918 yılı endüstri sayımlarında bulunan 31 fabrikaya dahil olması nedeniyle yapım tarihinin 19. yüzyıl sonu veya 20. yüzyıl başı olduğu düşünülmektedir. Mülkiyeti, İzmir Kiremit Fabrikası TAŞ'ye aittir. Yapının bir kısmı yıkılmıştır. 1990'larda otomobil tamir atölyesi olarak kullanılan yapıda bugün inşaat malzemeleri satılmaktadır.
15	1920 sanayi sayımında bulunan 33 alkol ve şarap fabrikasından biri olması nedeniyle yapım tarihinin 19. yüzyıl sonu veya 20. yüzyıl başı olduğu düşünülmektedir. Daha önce depo olarak kullanılan yapı, günümüzde otopark olarak kullanılmaktadır. İç mekan ve çatı örtüsü yenilenmiş, dönemine ait özgün niteliğini kaybetmiştir.
16	Yapının ilk buharlı un fabrikası olduğu düşünülmektedir. Erken Cumhuriyet Dönemi'nde TEDAŞ ve Devlet Güvenlik Mahkemesi olarak kullanılmıştır. İlk restorasyonu 2006'da yapının özgün mimarisi korunarak İZSU tarafından yapılmıştır. Uzun süre atıl kalan yapı, bugün İBŞB'nin Meslek Fabrikası'na dönüştürülmüştür.

Kaynak: Araz, 1995; Atay, 2014; Atilla, 2002; Başar ve Erdoğan, 2009; Beyru, 2011; Bozdemir, 2011; İBŞB, 2017; İBŞB, 2023; Karadağ ve İncedere, 2020; Yılmaz vd., 2021; Yurtoğlu, 2018.

3.2. Özelliklerine Göre Endüstriyel Miras Yapıları

Çalışma alanı olarak belirlenen Alsancak Liman Arkası Bölgesinde bulunan 16 endüstriyel miras yapısı sektörlerine göre gruplandırıldığında yedisinin gıda imalatında, ikisinin dokuma-tekstil imalatında, ikisinin tütün imalatında, ikisinin kamusal hizmetlerde, ikisinin ulaşımda ve birinin diğer imalatta (kiremit fabrikası) olduğu görülmektedir. Alandaki en eski miras yapısı 1858 yılında yapılmış olan Alsancak Demiryolu Yerleşkesi'dir. Bu yapılardan 12'si tescilli, 4'ü (Toprak Mahsulleri Ofisi Siloları, Gomel Yağ Fabrikası, Tuzakoğlu Un Fabrikası ve Bomonti Nektar Bira Fabrikası) tescilsizdir. Yapıların 8'i değişim geçirmemiş, 6'sı restore edilmiş, 2'si ise kapsamlı onarım geçirmiştir. Tariş Alkol Fabrikası geçirdiği kapsamlı onarım sonucu özgün niteliğini kaybetmiştir. 3 adet miras yapısı (Gomel Yağ Fabrikası, Toprak Mahsulleri Ofisi, Alsancak Demiryolu Yerleşkesi) özgün işlevini devam ettirmektedir. 9 adet yapının özgün işlevi değişerek günümüzde farklı işlevlerle kullanılmaktadır. 4 adet yapı ise atıl durumdadır. Tüm yapılara ilişkin ayrıntılı bilgiler aşağıda verilmiştir (Şekil 6, Tablo 3).



Şekil 6- Alsancak Liman Arkası Bölgesi Endüstriyel Miras Yapılarının İşlevleri. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 6- Functions of Industrial Heritage Buildings in the Behind Harbor of Alsancak

Tablo 3- Endüstriyel Miras Yapılarının Genel Özellikleri

Table 3- General Characteristics of Industrial Heritage Buildings

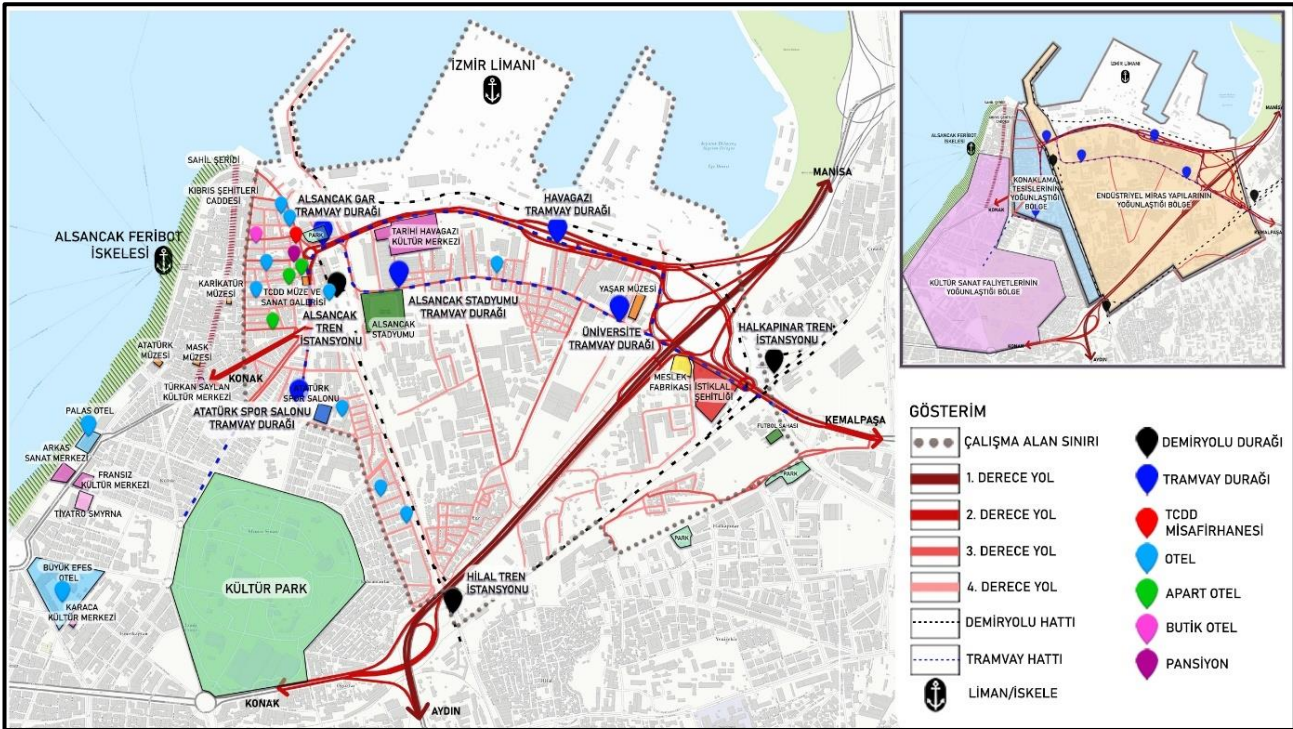
No'su	Yapı	Yapım Yılı	Tescil Yılı	Bakım Onarım	Mevcut İşlev
1	Eski Un Fabrikası I	1895	1998	Restore edilmiş	Yaşar Müzesi
2	Tariş Alkol Fabrikası	**	1998	Kapsamlı onarım geçirmiş	Otopark
3	Tuzakoğlu Un Fabrikası	**	-	Restore edilmiş	Meslek Fabrikası
4	Bomonti Nektar Bira Fabrikası	1909	-	Restore edilmiş	Kültür - Sanat Faaliyetleri ve AVM
5*	Gomel Yağ Fabrikası	1928	-	Değişim geçirmemiş	Bağ Yağları
6	Eski Un Fabrikası II	1954	1998	Restore edilmiş	Gemi Acentesi
7*	Toprak Mahsulleri Siloları	1958	-	Değişim geçirmemiş	Toprak Mahsulleri Ofisi
8	Şark Sanayi	1892	1998	Değişim geçirmemiş	Kapalı
9	Sümerbank Basma Sanayi	1946	1998	Değişim geçirmemiş	Eğitim Kampüsü
10	Tekel Sigara Fabrikası	1884	1979	Değişim geçirmemiş	Kapalı
11	Tekel Tütün Depoları	1905	2003	Restore edilmiş	İzmir Mimarlık Merkezi
12	Kiremit Fabrikası	**	1998	Restore edilmiş	İnşaat Malzemeleri Satış Alanı
13	Tarihi Havagazi Fabrikası	1862	1998	Kapsamlı onarım geçirmiş	Kültür Merkezi
14	Elektrik Fabrikası	1926	1998	Değişim geçirmemiş	Kapalı
15*	Alsancak Demiryolu	1858	1998	Değişim geçirmemiş	Demiryolu Yerleşkesi
16	Halkapınar Cer Atölyeleri	1865	2012	Değişim geçirmemiş	Kapalı

*Özgün işlevi devam eden yapı; ** 19.yüzyıl sonu-20. Yüzyıl başı.

3.3. Endüstriyel Miras Yapılarının Yakın Çevre ile İlişkileri

Ulaşım altyapısı endüstriyel alanların yer seçiminde, dolayısıyla endüstriyel miras alanlarının oluşumunda önemli belirleyicilerden biridir. Bu olanağın varlığı miras yapısının geçmişte kendi fonksiyonunu devam ettirmesini sağlayan, bugün ise endüstriyel miras rotası önerisinin kente bağlantısını güçlendiren önemli bir unsurdur. Bu kapsamda Alsancak Liman Arkası Bölgesi'nde rota önerisinin yakın çevresiyle ilişkileri önemsenmiş, yakın çevre kullanımları ve ulaşım ilişkileri değerlendirilmiştir. Çalışma alanı içinden mevcut demiryolu hattının (İzmir-Aydın demiryolu) toplu taşıma sistemine dönüştürülmesi ile oluşan hafif raylı sistem (İZBAN) hattı ve tramvay hattı geçmektedir. Alsancak Tren İstasyonu, Hilal Tren İstasyonu ve Halkapınar Tren İstasyonu olmak üzere 3 adet tren istasyonu ve Atatürk Spor Salonu Tramvay Durağı, Alsancak Gar Tramvay Durağı, Alsancak Stadyumu Tramvay Durağı, Havagazı Tramvay Durağı ve Üniversite Tramvay Durağı olmak üzere 5 adet tramvay durağı yer almaktadır. Alanın kuzeyinde İzmir Limanı, batısında Alsancak Feribot İskelesi yer almaktadır. Görüldüğü gibi, çalışma alanına erişim olanakları güçlü olup, farklı ulaşım türleri ile sağlanabilmektedir. Diğer kentsel alan ve fonksiyonları ile etkileşimi yüksek bir konumdadır. Turizm açısından potansiyel taşıyan Alsancak Kentsel Sit Alanı, İzmir Enternasyonel Fuarı, İzmir Kordon'u gibi bölgeler ve konaklama tesisleri, yeme içme mekanları, kültür merkezleri ve müzeler gibi turizmi destekleyen kullanımlar alanın yakın çevresindedir.

Çalışma alanı ve yakın çevresi Kültür Sanat Faaliyetlerinin Yoğunlaştığı Bölge, Konaklama Tesislerinin Yoğunlaştığı Bölge ve Endüstriyel Miras Yapılarının Yoğunlaştığı Bölge olmak üzere 3 başlıkta sınıflandırılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7- Alsancak Liman Arkası Bölgesi Yakın Çevre ve Ulaşım Değerlendirmesi. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 7- Close Environment and Transportation Assessment of Alsancak Harbor Behind

4. ENDÜSTRİYEL MİRAS ROTASI ÖNERİLERİ

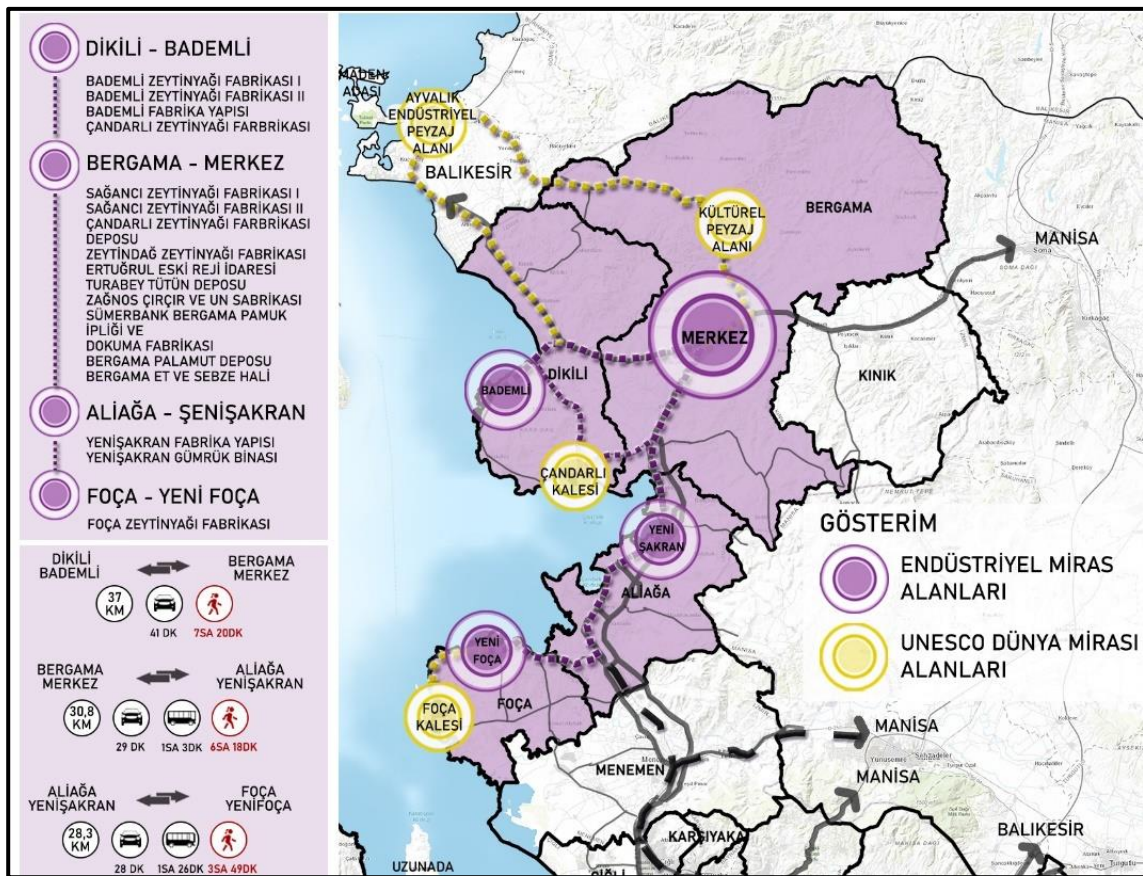
Çalışma alanı, İzmir'in çok sayıda ve çeşitli endüstriyel miras alanları bütününe odakta yer alan önemli bir parçasıdır. Bu nedenle rota önerisi bu bütünlük gözetilerek geliştirilmiştir. İzmir ili ve çalışma alanı olarak belirlenen Alsancak Liman Arkası Bölgesi için rota değerlendirmeleri aşağıda ayrı ayrı verilmiştir. Bu kapsamda

her aksın ayrı ayrı ele alınmasıyla dört ayrı rota önerisinin yanı sıra, İzmir ili bütününde bu aksların tümünün birlikte değerlendirildiği beşinci bir rota önerisi daha geliştirilmiştir.

4.1. İzmir Kenti Rota Önerisi

İzmir ili endüstriyel miras rotası için konumlar ve kullanımlar gözetilerek Kuzey, Doğu, Batı ve Merkez olmak üzere 4 temel rota oluşturulabileceği saptanmıştır.

Öneri Kuzey Aksı Rotası: Kuzey Aksı Rotasının merkezi Bergama'dır. Bergama ilçesinde 10 tane, Dikili ilçesinde 4 tane, Aliğa ilçesinde 2 tane ve Foça ilçesinde 1 tane endüstriyel miras alanı bulunmaktadır. Bu alanlar UNESCO Dünya Mirası Alanları olan Ayvalık Endüstriyel Peyzaj Alanı, Bergama Kültürel Peyzaj Alanı, Çandarlı Kalesi ve Foça Kalesi olmak üzere 4 gezi noktası ile entegre edilerek rota önerilmiştir. Kuzey aksı rotası araçla seyahat baz alındığında Dikili-Bergama Arası 41 dakika, Bergama-Aliğa arası 29 dakika ve Aliğa-Foça arası 28 dakika olarak hesaplanmış olup, toplam dolaşım süresi 98 dakikadır. Yaya olarak seyahatle ise bu rotanın toplam dolaşım süresi 17 saat 27 dakika olarak hesaplanmıştır (Şekil 8).



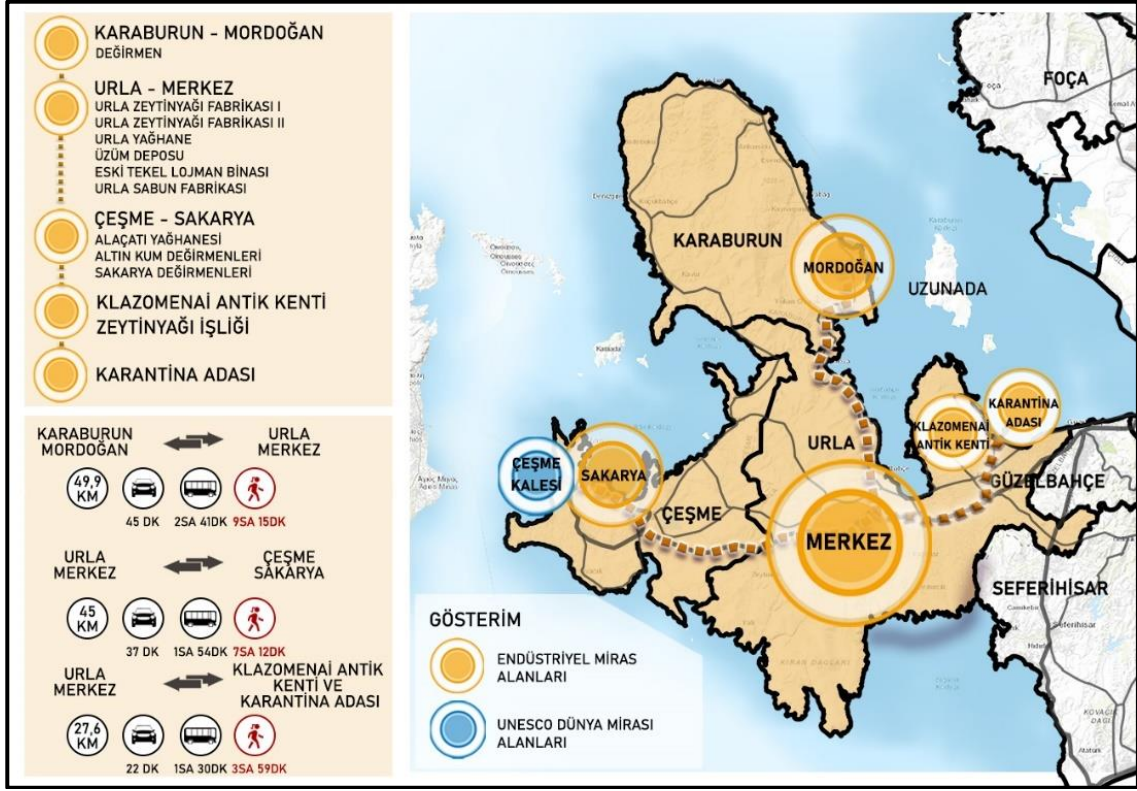
Şekil 8- İzmir İli Kuzey Aksı Rotası. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 8- İzmir North Axis Route

Öneri Batı Aksı Rotası: Batı Aksı Rotasının merkezi Urla ilçesidir. Urla ilçesinde 8 tane, Çeşme ilçesinde 3 tane ve Karaburun ilçesinde 1 tane endüstriyel miras alanı bulunmaktadır. Bu alanlar UNESCO Dünya Mirası Alanı olan Çeşme Kalesi ile entegre edilerek rota önerisi oluşturulmuştur. Batı aksı rotası araçla seyahat baz alındığında Karaburun-Urla arası 45 dakika ve Urla-Çeşme arası 37 dakika olarak hesaplanmış olup, toplam dolaşım süresi 82 dakikadır. Yaya olarak seyahatle ise bu rotanın toplam dolaşım süresi 16 saat 27 dakika olarak hesaplanmıştır (Şekil 9).

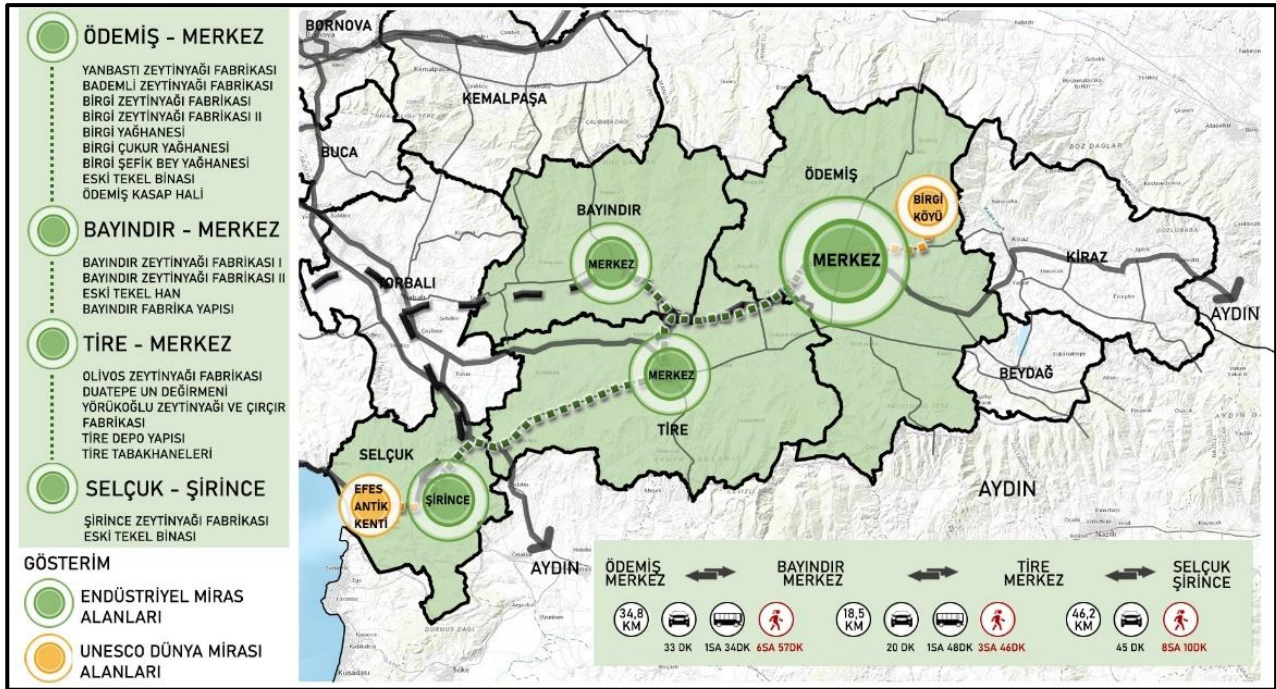
Öneri Doğu Aksı Rotası: Doğu Aksı Rotasının merkezi Ödemiş ilçesidir. Ödemiş ilçesinde 9 tane, Bayındır ilçesinde 4 tane, Tire ilçesinde 6 tane ve Selçuk ilçesinde 2 tane endüstriyel miras alanı bulunmaktadır.

Bu alanlar UNESCO Dünya Mirası Alanları olan Birgi Köyü ve Efes Antik Kenti ile entegre edilerek rota önerilmiştir. Doğu aksı rotası araçla seyahat baz alındığında Ödemiş-Bayındır arası 33 dakika, Bayındır-Tire arası 20 dakika ve Tire-Selçuk arası 45 dakika olarak hesaplanmış olup, toplam dolaşım süresi 98 dakikadır. Yaya olarak seyahatle ise bu rotanın toplam dolaşım süresi 18 saat 53 dakika olarak hesaplanmıştır (Şekil 10).



Şekil 9- İzmir İli Batı Aksı Rotası. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

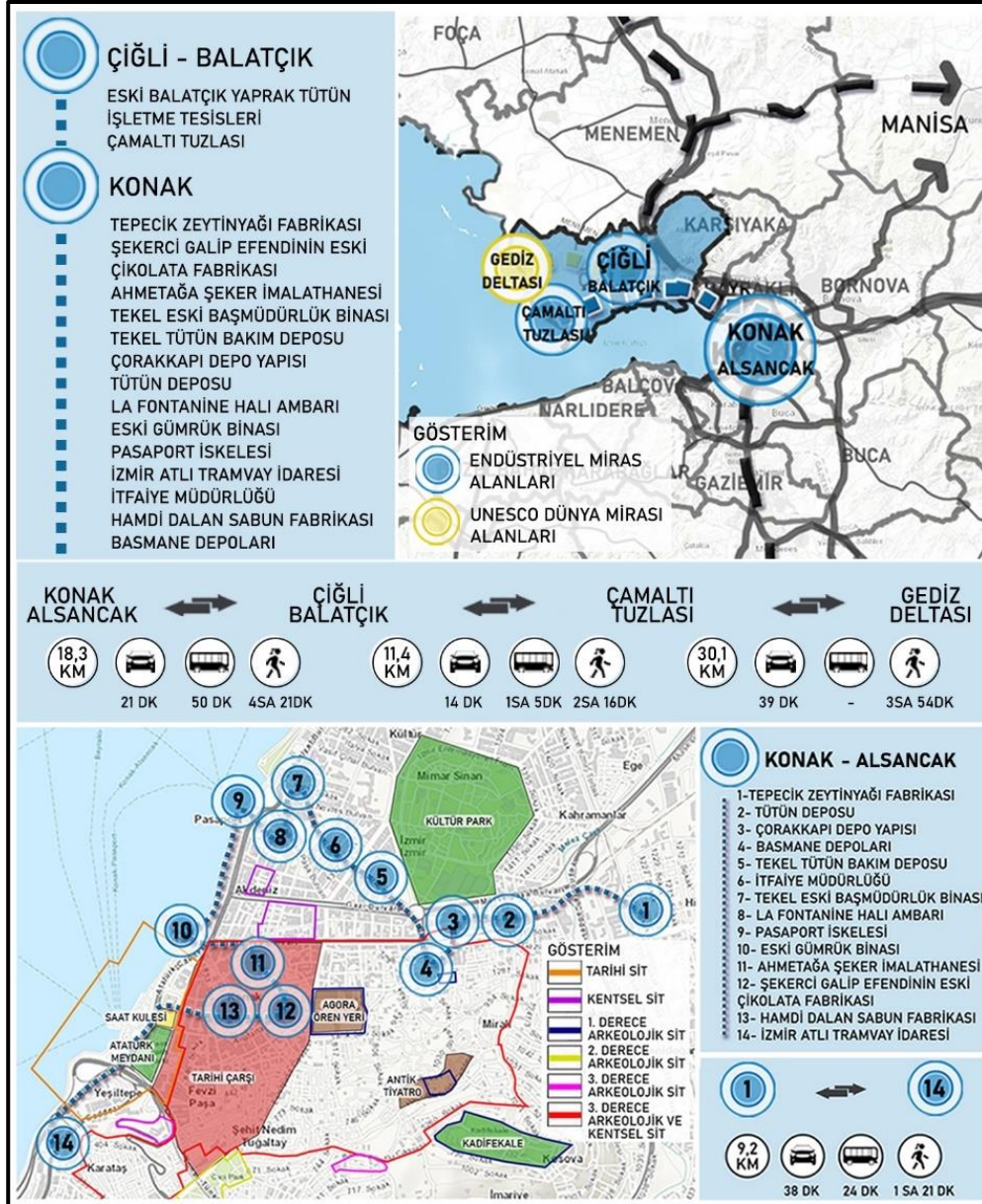
Figure 9- Izmir West Axis Route



Şekil 10- İzmir İli Doğu Aksı Rotası. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 10- Izmir East Axis Route

Öneri Kent Merkezi Rotası: Kent Merkezi Rotasının merkezi Konak ilçesidir. Konak ilçesinde Alsancak Liman Arkası Bölgesi dışında 14 tane endüstriyel miras alanı bulunmaktadır. Gezi noktalarının bulunduğu konumda İzmir Enternasyonal Fuarı, Saat Kulesi, Tarihi Kemeraltı Çarşısı ve Agora Ören Yeri bulunmaktadır. Kent Merkezi Rotası araçla seyahat baz alındığında toplam dolaşım süresi 38 dakika, toplu taşıma ile 24 dakika ve yaya olarak 71 dakika olarak hesaplanmıştır (Şekil 11).



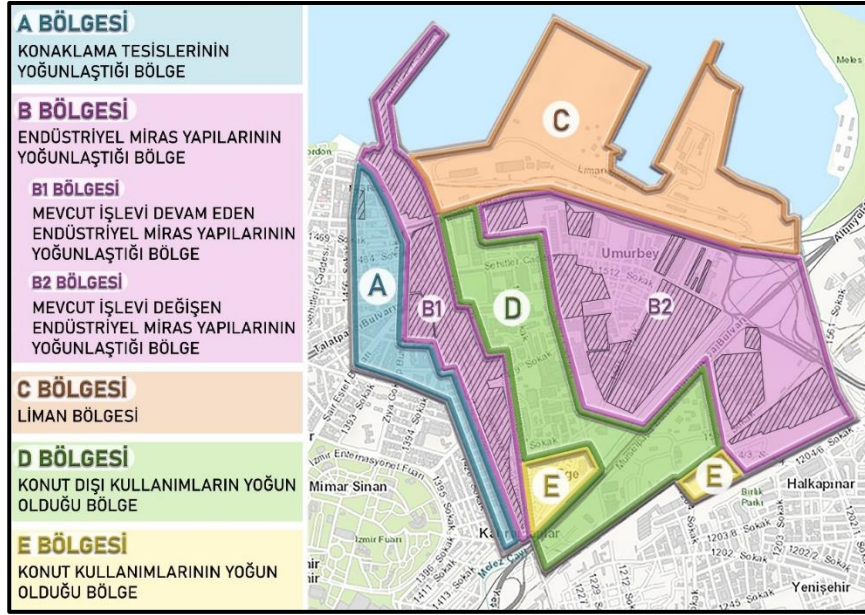
Şekil 11- İzmir İli Kent Merkezi Rotası. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 11- İzmir City Center Route

4.2. Alsancak Liman Arkası Bölgesi İçin Rota Önerisi

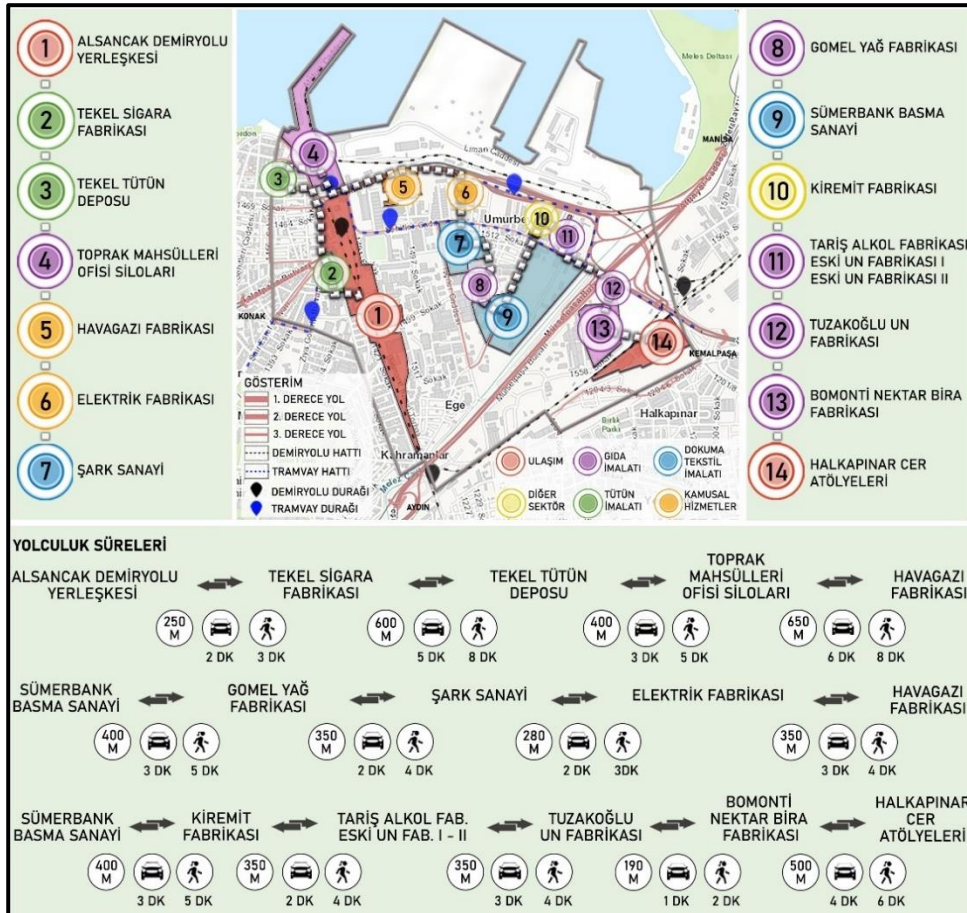
Alsancak Liman Arkası Bölgesinde Rota Önerisi için bu bölgedeki kullanımların yanı sıra endüstriyel miras yapılarının konumları ve kullanım biçimleri birlikte değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucu 5 temel bölge oluşturulmuştur. Bunlar A Bölgesi (konaklama tesislerinin yoğun olduğu bölge), B Bölgesi (endüstriyel miras yapılarının yoğun olduğu bölge), C Bölgesi (liman bölgesi), D Bölgesi (konut dışı kullanımların yoğun olduğu bölge) ve E Bölgesidir (konut kullanımının yoğun olduğu bölge). B bölgesi B1 Bölgesi (mevcut işlevi

devam eden miras yapılarının yoğun olduğu bölge) ve B2 Bölgesi (mevcut işlevi değişen miras yapılarının yoğun olduğu bölge) şeklinde iki alt bölgeye ayrılmıştır (Şekil 12).



Şekil 12- Alsancak Liman Arkası Bölgesi Genel Değerlendirme. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 12- General Evaluation of Alsancak Harbor Behind



Şekil 13- Alsancak Liman Arkası Bölgesi Endüstriyel Miras Rotası. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 13- Industrial Heritage Route of Alsancak Harbor Behind

Rota önerisi 16 endüstriyel miras yapısı için geliştirilmiştir. Bu yapılar, Alsancak Demiryolu Yerleşkesi, Tekel Sigara Fabrikası, Tekel Tütün Deposu, Toprak Mahsulleri Ofisi Siloları, Havagazı Fabrikası, Elektrik Fabrikası, Şark Sanayi, Gomel Yağ Fabrikası, Sümerbank Basma Sanayi, Kiremit Fabrikası, Tariş Alkol Fabrikası, Eski Un Fabrikası I, Eski Un Fabrikası II, Tuzakoğlu Un Fabrikası, Bomonti Nektar Bira Fabrikası ve Halkapınar Cer Atölyeleri'dir. Yapıların konumları ve ilişkileri değerlendirilerek 14 adet gezi noktası oluşturulmuştur. İzmir il bütünündeki ve akslardaki yapıların sektörel gruplandırmasına benzer biçimde bu alanda yer alan yapılar da sektörlerine göre 6 grupta ele alınmıştır. Öneri Rota Alsancak Demiryolu Yerleşkesinden başlayıp Halkapınar Cer atölyelerinde son bulmaktadır (Şekil 13).

Öneri rotada, gezi noktalarının işlevleri de düşünülmüştür. Bu kapsamda yapıya uygun işlevlerin sürdürülmesi, işlevsiz veya yapının özgün nitelikleri ile uyumsuz işleve sahip yapıların ise yeniden işlevlendirilmesi amaçlanmıştır. İşlev önerisinde yapıların açık alan ve kapalı alan büyüklükleri gözetilerek kamusal kullanımlara öncelik verilmiştir (Tablo 4, Şekil 14).



Şekil 14- İşlev Önerileri. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 14- Propose of Functions

Tablo 4. Endüstriyel Miras Yapıları Kapalı ve Açık Alan Büyüklükleri
Table 4. Indoor and Outdoor Area Sizes of Industrial Heritage Structures

Endüstriyel Miras Yapısı	Kapalı Alan (m ²)	Açık Alan (m ²)	Toplam (m ²)
1 Alsancak Demiryolu	15.773	104.227	120.000
2 Tekel Sigara Fabrikası	6.630	21.273	27.903
3 Tekel Tütün Depoları	1.050	4.359	5.409
4 Toprak Mahsulleri Siloları	3.758	88.278	92.036
5 İzmir Havagazı Fabrikası	1.856	20.084	21.940
6 Elektrik Fabrikası	3.411	7.309	10.720
7 Şark Sanayi	2.180	40.337	42.516,40
8 Gomet Yağ Fabrikası	3.879	8.886	12.765
9 Sümerbank Basma Sanayi	13.149	120.524	133.673,52
10 Kiremit Fabrikası	1.606	7.569	9.175
Eski Un Fabrikası I	1.562	51	1.613
11 Eski Un Fabrikası II	1.030	32	1.062
Tariş Alkol Fabrikası	1.664	1.214	2.878
12 Tuzakoğlu Un Fabrikası	1.606	2.764	4.370
13 Bomonti Nektar Bira Fabrikası	3.222	38.298	41.520
14 Halkapınar Cer Atölyeleri	8.054	42.349	50.403
Toplam	70.430	406.633	577.983

Kaynak: Yazarlar tarafından Google Earth ve Tapu Parsel Sorgulama Sistemi kullanılarak üretilmiştir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

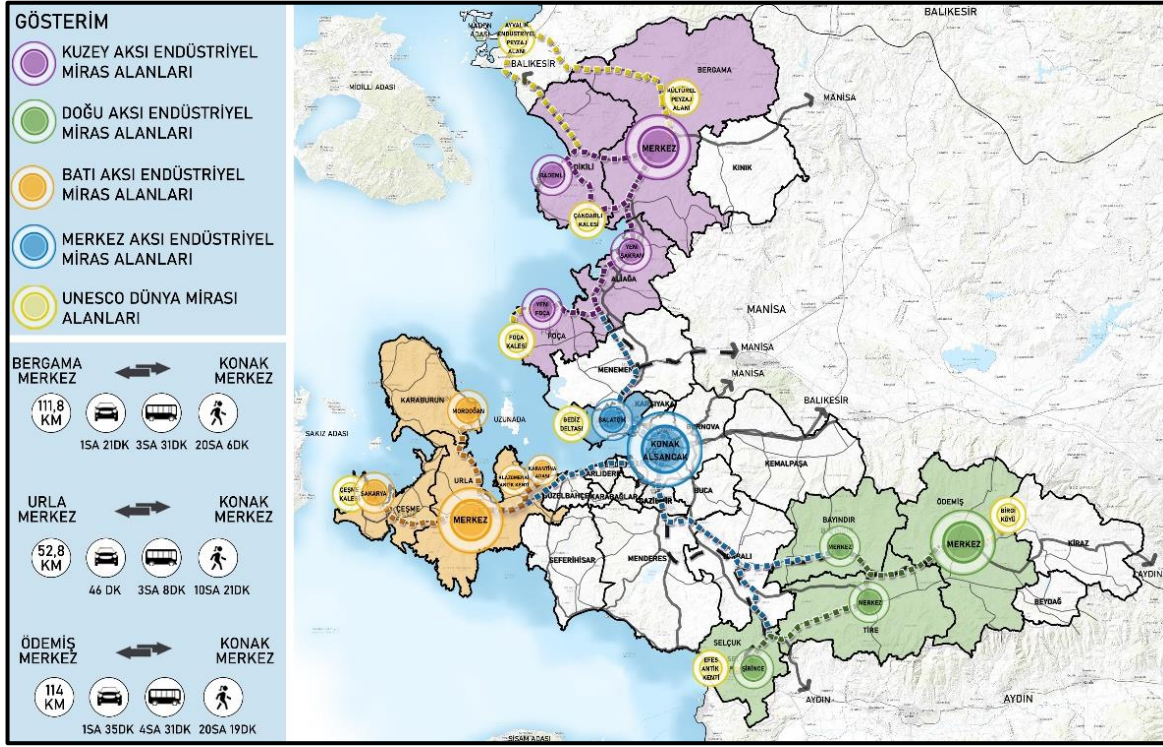
Kent merkezinde geniş alanlar kaplayan ancak mevcut işlevlerini büyük ölçüde ve/veya tamamen kaybetmiş endüstriyel miras alanları, kent ve kamu yararına kullanım ve kent turizminin canlandırılması açısından önemli bir potansiyel oluşturlar (Cengizkan, 2006; Feroğlu, 2011; Gemici, 2011; Gülay, 2019; Kıraç, 2013; Köksal ve Ahunbay, 2010). Diğer yandan bu alanların sahip olduğu miras değerlerinin korunarak kullanılması kent tarihi, kimliği ve kentsel belleğin sürdürülmesi açısından önem taşır (Barthel, 1996; Fu, 2012). Dolayısıyla kültürel etkinliklere dayalı kentsel turizm kapsamında endüstriyel miras rotalarının geliştirilmelidir. Sonuçta bu miras alanlarının kullanılması ve miras rotaları ile mevzuatta tanımlı kamusal kullanım standartlarına ulaşılmasının yanı sıra kent kimliğinin korunarak sürdürülmesi ve kentsel belleğin devamını da sağlamış olacaktır (Avsan vd., 2020).

Bu çalışmanın;

- İlk aşaması İzmir il bütününde belirlenen dört alt bölge ve bunların tümünün birlikte alındığı bir rotadan (Şekil 15),
- İkinci aşaması İzmir kent merkezinde yer alan iki rota ve bunların ilişkisinin tanımlanmasından (Şekil 16),
- Üçüncü aşaması ise, Alsancak Liman Arkası Bölgesine ilişkin rota önerisinden (Şekil 17) oluşmaktadır.

İzmir il bütününde ve alt bölgelerde oluşturulan endüstriyel miras rotası önerisinde alt bölgeler ve endüstriyel miras yapılarının öne çıkarılması ve bir rota dahilinde işaretlenmesi öncelikli olmuştur. İzmir kent merkezinde yer alan iki rota ve bunların ilişkisi tanımlanırken İzmir ili için uygulanan içerik ve yöntem uygulanmıştır. Bir başka deyişle yapılar ve bölgeler arasındaki erişim süreleri tespit edilmiş, ancak yapının fonksiyonuna ve bulunduğu alandaki diğer kültürel fonksiyonlarla ilişkilerine bağlı oluşacak deneyimleme süreleri bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Kent ve kent merkezi için önemli bir alan olan Alsancak Liman Arkası bölgesi için ise daha ayrıntılı bir çalışma ile yapıların işlevleri de gözetilerek bir rota önerilmiştir. Bu rotada her bir yapıya ilişkin erişim ve deneyimleme süreleri birlikte ele alınarak öneri geliştirilmiştir. Bir başka deyişle çalışmada genelden özele doğru gidildikçe ayrıntı düzeyi artırılmıştır.

İzmir il bütünü endüstriyel miras rotası, yukarıda ayrıntıları ile açıklanan dört alt bölgenin bütünü birlikte ele alındığı beşinci bir rotadır. Bu rota mevcut ulaşım sistemi ile ilişkileri kapsamında dört temel bölge için geliştirilen rotanın odakları ile UNESCO Dünya Mirası Alanları olan Ayvalık Endüstriyel Miras Alanı, Bergama Çok Katmanlı Kültürel Peyzaj Alanı, Çandarlı Kalesi, Foça Kalesi, Çeşme Kalesi, Gediz Deltası, Birgi Köyü ve Efes Antik Kentinin entegre edilmesi ile oluşturulmuştur. İl Bütünü rotası araçla seyahat baz alındığında Bergama-Konak arası 81 dakika, Urla-Konak arası 46 dakika, Ödemiş-Konak arası ise 95 dakika olarak hesaplanmış olup, toplam dolaşım süresi 3 saat 46 dakikadır (Şekil 15).

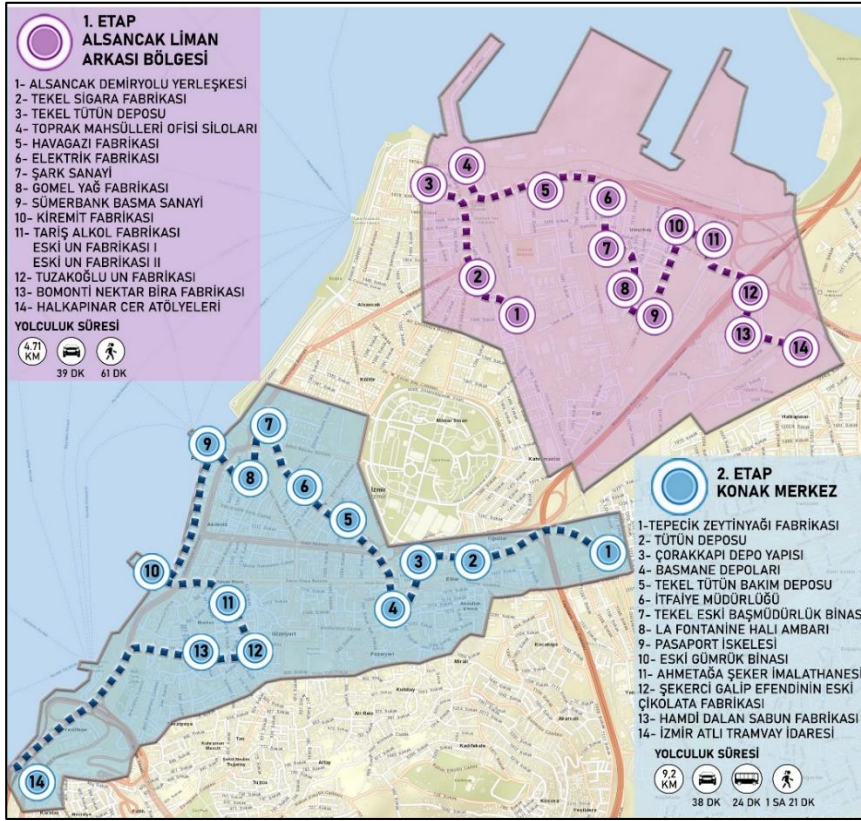


Şekil 15. İzmir İl Geneli Endüstriyel Miras Rotası. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 15- Industrial Heritage Route of İzmir

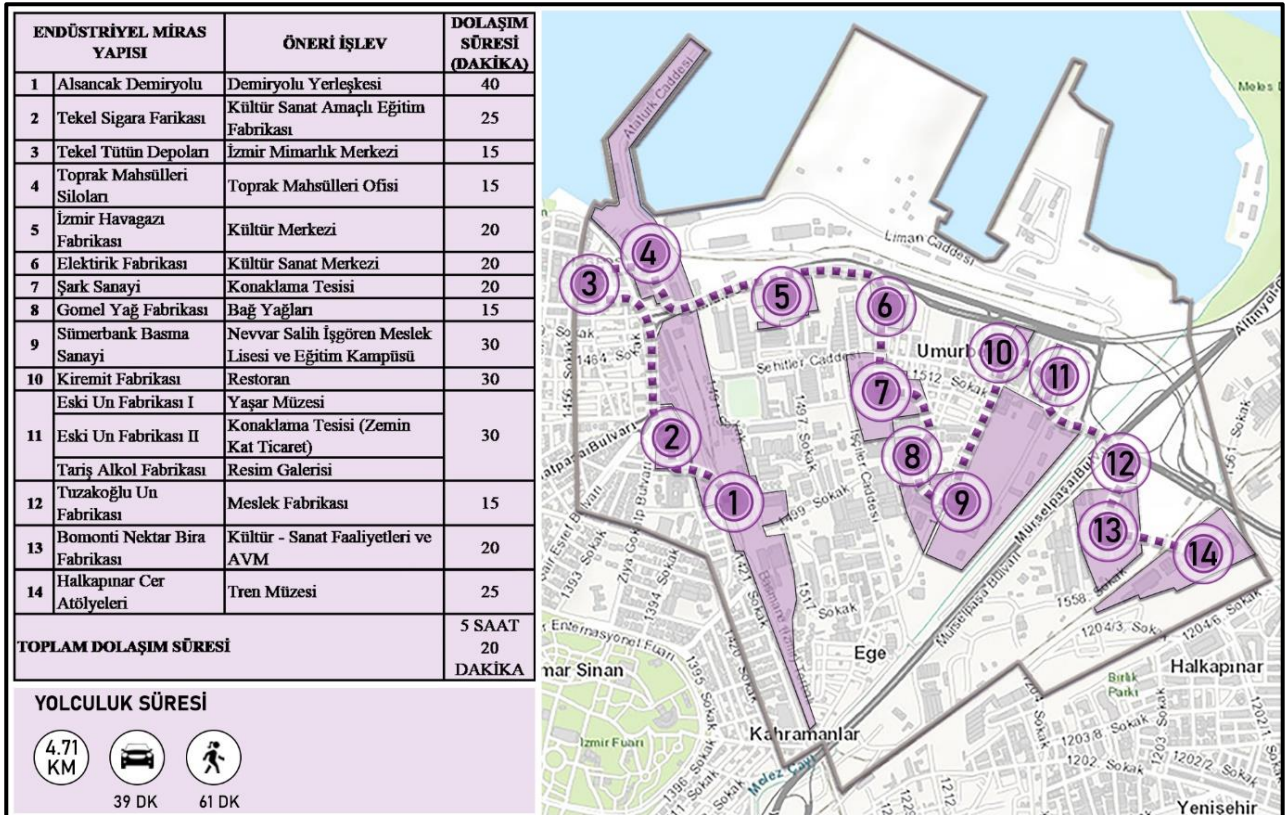
Kent merkezi olarak tanımlı Konak İlçesi yüksek Endüstri Mirası Potansiyeline sahiptir. İzmir il geneli için oluşturulan endüstriyel miras rotasının ana merkezini oluşturur. Endüstriyel Miras Alanlarının oluşum süreçleri ve dağılımı gözetilerek Alsancak Liman Arkası Bölgesi ve Konak merkez olmak üzere 2 etapta ele alınabileceği değerlendirilmiştir. 1. Etap “Alsancak Liman Arkası Bölgesi Endüstriyel Miras Rotası”, 2. Etap ise “Konak Merkez Endüstriyel Miras Rotası”dır. Rota önerisinin 1. Etabında 16 tane miras yapısı, 2. Etabında ise 14 tane miras yapısı olmak üzere toplamda 30 tane miras yapısı bulunmaktadır. Etapların toplam yolculuk süreleri araç ile 77 dakika, yaya olarak ise 2 saat 22 dakika olarak hesaplanmıştır (Şekil 16).

Yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda Alsancak Liman Arkası Bölgesi Endüstriyel Miras Rotası önerilmiştir. Bu rota için miras yapılarına erişim süresini içeren yolculuk süresi ve miras yapılarının içerisinde geçirilen zamanı ifade eden dolaşım süresi ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tüm süre hesaplamaları rota önerisinden sonra yerinde araçla ve yaya olarak seyahat etmenin yanı sıra rotadaki yapıların rotaya uygun olarak dolaşılması sonucu elde edilmiştir. Dolaşım süresi hesaplanırken rota önerisi kapsamında yapıların işlevleri de göz önünde bulundurulmuştur. Yolculuk süresi için araçla seyahat ve yaya olarak seyahat olmak üzere iki farklı hesaplama yapılmıştır. Araçla seyahat baz alındığında gezi noktaları arası toplam yolculuk süresi 39 dakika, yaya olarak 61 dakika, dolaşım süresi ise 5 saat 20 dakika olarak hesaplanmıştır (Şekil 17).



Şekil 16- Merkez Rotası Etapları. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 16- Stage of City Center Route



Şekil 17- Dolaşım ve Yolculuk Süresi. (Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Figure 17- Duration of Touring and Accessing

Endüstriyel miras yapılarının korunarak sürdürülmesi için niteliklerine uygun bir biçimde işlevlendirilmesi ve bir endüstriyel miras rotasına dahil edilmesi önemlidir. Bu sayede kent kimliğinin korunmasına ek olarak turizm aktiviteleri aracılığı ile kente ekonomik katkı da sağlanacaktır. Turizm talebi açısından somut kültürel mirasa ilgi azalmakta, bu ilgi somut olmayan mirasa ve gündelik yaşama doğru kaymaktadır (Emekli, 2021; Richards, 2018). Endüstriyel miras alanları ise somut miras değerlerinin yanı sıra içinde bulunduğu topluluğun üretim biçimleri ve yaşamları konusunda sunduğu deneyimleme fırsatları ile bu yeni turizm talepleri açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu çalışma, ilgili literatür doğrultusunda, İzmir kent merkezi ve çevresinin sahip olduğu endüstriyel miras yapılarını öne çıkararak İzmir'in sosyal ve kültürel etkinlik alanlarını bu yapılarla bütünleştirmekte ve böylece buldukları bölgenin gelişim sürecini zenginleştirmektedir. Sonuçta çalışma İzmir'in şehir coğrafyasına etki edecek bir öneri sunmasıyla literatüre katkı koymaktadır.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / <i>funding conditions</i>	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/ <i>Conception/Design of Study</i>	S. Ecemiş Kılıç – M. Efe Güney
Metodoloji/ <i>Methodology</i>	S. Ecemiş Kılıç – M. Efe Güney
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/ <i>Data Curation</i>	G. Parlapan
Analiz/ <i>Analysis and interpretation of data</i>	G. Parlapan
Görselleştirme/ <i>Visualization</i>	G. Parlapan
Yazı taslağı/ <i>Writing - Original Draft</i>	G. Parlapan
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/ <i>Writing - Review & Editing</i>	S. Ecemiş Kılıç – M. Efe Güney
Proje yönetimi/ <i>Project administration</i>	S. Ecemiş Kılıç – M. Efe Güney

REFERANSLAR

- Ahunbay, Z. (1996). *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon*. Yem Yayın, İstanbul.
- Aktin, S. (2020). Toplumsal bellek ve endüstriyel mekân: Antalya Pamuklu Dokuma Fabrikası örneği. *Sosyoloji Notları*, 4(2), ss. 2-21.
- Araz, M. (1995). *Impacts of Political Decisions in the Formation of Railroads and Railroad Architecture in Turkey Between 1856 and 1950*. (Yüksek Lisans Tezi). O.D.T.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Arıtan, Ö. (2017). Osmanlı'dan Cumhuriyet'e İzmir'deki Demiryolu Ulaşım Mekanlarının Modernleşme, Sanayileşme, Hareket ve Kamusal İlişkisi Üzerinden Okunması, İzmir Aydın Demiryolu Hattı ve Alsancak Garı Üzerinden Bir İrdeleme. *Kent Mimarlık ve Kamusalılık*, Yalın Yayıncılık İstanbul.
- Asiliskender, B. (2002). *Cumhuriyet'in ilk yıllarında mimaride 'modern' kimlik arayışı; Sümerbank Kayseri Bez Fabrikası örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Asiliskender, B. (2008). *Modernleşme ve konut; Cumhuriyet'in sanayi yatırımları ile Kayseri'de mekansal ve toplumsal değişim*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Asiliskender, B. (2009). Cumhuriyet sonrası kalkınma hareketi olarak sanayileşme ve mekansal değişim. *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*, (13), ss. 153-170.
- Atay, Ç. (2014). *İzmir Bindokuzyüz*. Esiad, İzmir.
- Atilla, A. N. (2002). *İzmir Demiryolları*, İzmir Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayını. Kent Kitaplığı Dizisi, 36.
- Avrupa Komisyonu (1998). *On the Cultural Routes of the Council of Europe*, Avrupa Komisyonu, Strasbourg.
- Avsan, D., Pulat Gökmen, G. ve Uçman Altınışık, İ. (2020). Endüstriyel mekân ve kentsel hafıza; Sümerbank Denizli İplik Fabrikası üzerinden bir değerlendirme. *İdealkent*, 11 (Kentleşme ve Ekonomi Özel Sayısı), ss. 997-1022.
- Aydemir, Ş. S. (1976). *İkinci Adam (1884-1938)*, Cilt I. Remzi Kitabevi, İstanbul.

- Aydın, E. Ö., Tepe, E., & Balcan, C. (2022). Identification of determinants during the registration process of industrial heritage using a regression analysis. *Journal of Cultural Heritage*, 58, 23-32.
- Başar, M. E., & Erdoğan, H. A. (2009). Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Türkiye'de Tren Garları. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 24(3), 29-44.
- Bangstad, T. R. (2011). Routes of industrial heritage: on the animation of sedentary objects, *Culture Unbound*, 3, 279-294.
- Başer, N. E. (2011). *I. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişmelerin Rolü* (Yayın No. 298144) (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı.
- Barthel, D. (1996). Getting in touch with history: The role of historic preservation in shaping collective memories. *Qualitative Sociology*, 19(3), ss. 345-364.
- Beyru, R. (2011). *19. Yüzyılda İzmir Kenti*. Literatür Yayınları, İstanbul.
- Bozdemir, M. (2011). *Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Endüstriyel Mirasımız*. İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.
- Büyükarıslan, B. ve Güney, E. (2015). Endüstriyel miras yapılarının yeniden işlevlendirilme süreci ve İstanbul Tuz Ambarı örneği. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), ss. 31-57.
- Can, M. V., Manisa, K., & Arabacıoğlu, B. C. *Ruhr Bölgesi'nde Yer Alan Kömür İşletme Tesislerinin Dönüşümündeki Kıstasların Zonguldak Üzümler Taşkömürü İşletme Müessesesi İçin Değerlendirilmesi*. (TÜBA-KED) Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi, (26), 185-216.
- Cengizkan, N. M. (2006). *Endüstri yapılarında yeniden işlevlendirme: "iş"i biten endüstri yapıları ne "iş"e yarar?*. TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, Dosya 3, Bülten 45, ss. 9-13.
- Clark, G. (2006). *City Marketing and Economic Development*, International City Marketing Summit, Madrid.
- Ćopić, S., Đorđević, J., Lukić, T., Stojanović, V., Đukićin, S., Besermenji, S., Stamenković, I. & Tumarić, A. (2014). Transformation of industrial heritage: An example of tourism industry development in the Ruhr area (Germany). *Geographica Pannonica*, 18(2), 43-50.
- Crinson, M. (2005). *Urban memory: history and amnesia in the modern city*. London and New York: Routledge.
- CulturelRotes (bt). Avrupa Endüstriyel Miras Rotası. <https://culture.goturkiye.com/tr/avrupa-endustriyel-miras-rotasi>, Erişim Tarihi: 15.10.2021.
- Çakırcıoğlu, R. O. (2007). Levanten kavramı ve Levantenler üzerine bir inceleme. *Selçuk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, (22), 337-356.
- Çatalbaş, F. ve Kılıç, S. E. (2022). Planlama perspektifinde uluslararası sözleşmelerde kültür turizmi ve koruma ilişkisi. *Yakın Doğu Üniversitesi Yakın Mimarlık Dergisi*, 6(1), 134-151.
- Çatalbaş, F. ve Kılıç, S. E. (2022). Tarihi Kentsel Peyzaj [Historic Urban Landscape (HUL)] yaklaşımı perspektifinde İzmir tarihi liman kentinde planlama ve kültürel mirasın korunmasına yönelik katılımcı bir model. *Megaron*, 17(3), 526-541.
- Çekül Vakfı (2015). *Kültür Rotaları Planlama Rehberi*. Stil Matbaa, İstanbul.
- Dahlbeck, E. ve Gärtner, S. (2019). *Just Transition For Regions And Generations*. Experiences from structural change in the Ruhr area. WWF Germany.
- Ecemiş Kılıç, S. (2008). Preservation plan applications for the historical city centre, Kemeralti (Izmir, Turkey). *European Planning Studies*, 16(2), 253-276.
- Emekli, G. (2021). Coğrafya, turizm, kültür ilişkilerinin turizm coğrafyasına yansımaları ve kültürel turizm. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30(2), 405-428.
- ERIH. (2022) I want to go there. <https://www.erih.net/i-want-to-go-there> (Erişim Tarihi: 03.08.2022).
- Erkartal, P. Ö. (2018). Endüstri Mirasının Dönüşümü: Almanya'dan Dört Farklı Örnek. *Yakın Mimarlık Dergisi*, 1(2), 66-75.
- Feroğlu, Y. E. (2008). *Ankara Bira Fabrikası'nın günümüz koşullarında işlevsel dönüşümü üzerine bir araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Fu, C.C. (2012). Enlightening the spirit of industrial heritage in Taiwan. TICCIH XV Congress, 2012: The International Conservation for the Industrial Heritage Taipei, Taiwan, 2, 22-35. <https://ticcih.org/wp-content/uploads/2013/10/Taipei2012SelectedPapersv9.pdf>, (Erişim Tarihi: 03.08.2022).

- Gazi, A. ve Boduroğlu, E. (2015). İşlev değişikliğinin tarihi yapılar üzerine etkileri Alsancak Levanten evleri örneği. *Megaron*, 10(1), 57-69
- Gemici, B. (2011). *Eski endüstri alanlarının yeniden işlevlendirilmesinde kentsel kalite ve değer artışına ilişkin kullanıcı algısı: İzmit- Sekapark örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Günay, Z. (2014). The golden horn: heritage industry vs. industrial heritage. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 19(2), 97-108.
- Gülây, A. (2019). *Endüstriyel mirasın korunması ve turizm açısından değerlendirilmesi: Zonguldak ili örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun.
- Hospers, G. 2002. Industrial heritage tourism and regional restructuring in the European Union. *European Planning Studies*, 10, 3, 398-404
- İBŞB, (2017). *İzmir Tarih, Tasarım Stratejisi Raporu*. İzmir Büyükşehir Belediyesi Yayınları, İzmir.
- İBŞB, (2023). İzmir Büyükşehir Belediyesi. Projeler, <https://www.izmir.bel.tr/tr/Projeler/tarihi-havagazi-fabrikasi-kultur-merkezi/1382/4>.
- ICOMOS, (2011). XVIIème Assemble Générale, Joint ICOMOS – TICCIH Principles for the Conservation of Industrial Heritage Sites, Structures, Areas and Landscapes. Paris, http://www.icomos.org/Paris2011/GA2011_ICOMOS_TICCIH_joint_principles_EN_FR_final_20120110.pdf, (Erişim Tarihi: 03.08.2021).
- Ifko, S. ve Stokin, M. (2018). *Protection and Reuse of Industrial Heritage: Dilemmas, Problems, Examples* (No. 2). ICOMOS Slovenia.
- İZKA (2021). *İzmir Endüstriyel Miras Envanteri*. İzmir Kalkınma Ajansı. İzmir.
- Karadağ, A. ve İncedere, L. (2017). Türkiye’de endüstri mirasının korunması. *Türkiye Coğrafya Araştırmaları* (Ed. Ferhat Aslan). Pegem Akademi. Ankara.
- Karadağ, A. ve İncedere, L. (2020). Kentsel belleğin sürdürülebilirliği açısından İzmir’deki endüstri miras alanlarının önemi: Alsancak Liman ardı bölgesi örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 29(1), ss. 57-71.
- Kayın, E. (2001). İzmir’de tarihi mekânlar ve kentliler arasında yeniden kurgulanan ilişkiler. *İzmir Kent Kültürü Dergisi*, (3), 66-71.
- Kayın, E. (2013). Endüstri mirasına yönelik koruma müdahalelerini değerlendirme ölçütleri ve Terkos Pompa İstasyonu. *Mimarlık Dergisi*, 370. 43-49.
- Kıraç, B. (2013). Endüstri mirasının korunması ve yeniden değerlendirilmesi. *Mimarlar Dergisi*, 9, 7-19.
- Kirshenblatt-Gimblett, B. (1998). *Destination Culture: Tourism, Museums and Heritage*, University of California Press, Berkeley.
- Köksal, G. (2015). Kazıklı kervansarayı duvar restorasyonu ve iç ek yapısı. *VİTRA Kültür Yapıları*, VİTRA Yayını, İstanbul.
- Köksal, G. (2005). *İstanbul’daki endüstri mirası için koruma ve yeniden kullanım önerileri*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Köksal, G. (2008). Industrial heritage in İstanbul. *TICCIH Bulletin*, 41, 6-7.
- Köksal, G. (2013). Kentsel koruma ve yenileme bağlamında sanayi mirası: bir kamu projesi olarak Seka Fabrikası örneği. *Prof. Dr. Nur Akın’a Armağan Mimari ve Kentsel Koruma*, YEM Yayın, İstanbul.
- Köksal, T. G. ve Ahunbay, Z. (2010). İstanbul’daki endüstri mirası için koruma ve yeniden kullanım önerileri. *İtüdergisi/A*, 5(2). 125-136.
- Loures, L. (2008). Industrial heritage: the past in the future of the city. *Wseas Transactions on environment and development*, 4(9). 687-696.
- Martin, P.E. (2009). Industrial archaeology. *International Handbook of Historical Archaeology* (ed. T. Majewski and D. Gaimster). New York: Springer.
- Mellor, I. (2012). The workplace: space, society and the textile mill. *Industrial Archaeology Review*, 27(1), 49-56.
- Orbasli, A. (2002). *Tourists in Historic Towns: Urban Conservation and Heritage Management*. Taylor & Francis, London.
- Paradowski, R. J. (2018). *American Industrial Revolution*. Salem Press Encyclopedia.

- Préambule, P. (2011). Joint ICOMOS–TICCIH Principles for the Conservation of Industrial Heritage Sites, Structures, Areas and Landscapes.
- Richards, G. (2011). *Cultural Tourism: Global and Local Perspectives*. Routledge, New York.
- Richards, G. (2018). The creative economy, entertainment and performance. *Handbook of Tourism Management: Applications of Theories and Concepts to Tourism*. (ed. C. Cooper, S. Volo, W. C. Gartner, ve N. Scott), SAGE.
- Saner, M. (2012). Endüstri mirası: kavramlar, kurumlar ve Türkiye’deki yaklaşımlar. *Planlama Dergisi*, 52, 53-66.
- Strangleman, T. (2012). Work identity in crisis? rethinking the problem of attachment and loss at work. *Sociology*, 46(3), 411–423.
- TICCIH (2003). The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage, The Nizhny Tagil Charter For The Industrial Heritage In *TICCIH XII International Congress*.
- Till, K. E. (2012). Wounded cities: Memory-work and place-based ethics of care. *Political Geography*, 31, 3-14.
- Trinder, B. ve Douet, J. (2012). Industrial archaeology: a discipline? in industrial heritage re-tooled. *The TICCIH Guide to Industrial Heritage Conservation*, 3, 24-30.
- Yılmaz, Y., Genç, D., Birol, H. (2021). Evaluation of Industrial Buildings within the Scope of Renewal, Alsancak Tekel Warehouses, *4th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism (ICCAUA-2021)* 20-21 May 2021.
- Yurtoğlu, N. (2018). Türkiye Cumhuriyeti’nde tütün tekeli ve sigara fabrikalarının tarihsel gelişimi (1923-1950). *Akademik Tarih ve Düşünce Dergisi*, 5(17), 81-116.
- Zoğal, V. ve Emekli, G. (2017). Yaratıcı turizme kavramsal ve coğrafi bir yaklaşım. *Ege Coğrafya Dergisi*, 26(1), 21-34.



Received: 15 April 2023 | Revised: 22 June 2023 | Accepted: 23 June 2023

SURİYE KRİZİ VE İRAN'IN İNŞACI POLİTİKALARI: "Şİİ HİLALİ" ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

The Syrian Crisis and Iran's Constructive Policies: An Evaluation of the "Shia Crescent"

Müslüm REYHANOĞULLARI¹

Munzur Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
Tunceli-Türkiye

muslumreyhanogullari@munzur.edu.tr

Nurettin ÖZGEN

Ankara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
Ankara-Türkiye

nozgen@gmail.com

Abstract

Southwest Asia, called the Middle East by Western countries, is the region where the most intense global political activity is experienced. In the region that turns into a struggle for hegemonic space, the ideological setups designed between global, regional and local power structures become operative. Although these ideological designs are different from each other, they are carried out through ethnic, religious / sectarian and ideological discourses that largely serve for economic gain. The Iran-Syria alliance can be given as an example in terms of the belief/sectarian establishment of this ideological and political economy. In the Middle East, where regional tensions almost never subside, Iran-Syria relations as a strategic value open up space for multidimensional gains through a belief/sectarian establishment. Therefore, the cooperation that Iran, which played an active role in the Syrian crisis, established and developed with communities belonging to the Arab Alawite-Shia faith/sect in Syria, has provided a gain for both sides. This regional expansion of Iran is called the "Shia Crescent" by the Sunni Arab administrations. Sharing and making active the Shia population in Iraq, Syria, Lebanon and other countries of the region, especially Iran, through this belief/sect ideology is perceived as a serious threat by the Sunni administrations, which are the stakeholders of the established political system of the region. In this context, Syria is seen as the representative of the ties to be established with Shia communities from Iran to the Levant region, which is described as the northern wing of the Shia Crescent, and a setup that will dominate Iran's influence in the Middle East. In this framework, the historical and ideological relations that produced the Iran-Syria alliance, especially at the regional level, have been handled with a constructivist approach, and various predictions have been made about the political geography of the region. This study aimed to focus on Iran's political position in Syria and the historical ties between both countries on the basis of the Shia Crescent. Therefore, on the basis of the qualitative research method, the literature on the research subject was examined and all developments in the region were supported by relevant scientific studies.

Keywords: Syria Crisis, Shia Crescent, Constructivism, Hegemony, Iran.

Öz

Batılı ülkeler tarafından Ortadoğu olarak adlandırılan Güneybatı Asya, küresel siyasete dair hareketliliğin en yoğun yaşandığı bölgedir. Bir hegemonik alan mücadelesine dönüş(türül)en bölgede küresel, bölgesel ve yerel güç yapılanmaları arasında tasarlanan ideolojik kurulumlar işlerlik kazanmaktadır. Bu ideolojik tasarımlar birbirinden farklı olmakla birlikte büyük oranda ekonomik kazanıma hizmet eden etnik, inançsal/ mezhepsel ve ideolojik söylemler üzerinden yürütülmektedir. Bu ideolojik ve ekonomi politiğin inanç/mezhepsel kurulumu açısından İran - Suriye ittifakı örnek verilebilir. Bölgesel gerilimin neredeyse hiç dinmediği Ortadoğu'da, İran- Suriye ilişkileri stratejik bir değer olarak inanç/ mezhepsel bir kurulum üzerinden çok boyutlu bir kazanıma alan açmaktadır. Dolayısıyla Suriye krizinde etkin rol üstlenen İran'ın, Suriye'deki Arap Alevi- Şii inancı/mezhebine mensup topluluklarla kurduğu ve geliştirdiği birliktelik, her iki taraf için de bir kazanım sağlamıştır. İran'ın bölgesel ölçekli bu yayılımı, Sünni Arap yönetimleri tarafından "Şii Hilali" olarak dillendirilmektedir. Başta İran olmak üzere Irak, Suriye, Lübnan ve bölgenin diğer ülkelerindeki Şii nüfusu, bu inanç/mezhep ideolojisi üzerinden ortaklaşarak ve etkin kılmak, bölgenin kurulu siyasal sisteminin paydaşı olan Sünni yönetimler tarafından ciddi bir tehdit olarak algılanmaktadır. Bu bağlamda Suriye, *Şii Hilal*'nin kuzey kanadı olarak tarif edilen ve İran'dan Levant bölgesine kadar Şii topluluklarıyla kurulacak bağın ve İran'ın Ortadoğu'daki nüfuzunu domine edecek bir kurulumun temsilcisi olarak görülmektedir. Bu eksende, İran- Suriye ittifakını üreten tarihsel ve ideolojik bağıntıların özellikle bölgesel düzeyde ne tür yansımalara alan açtığı *İnşacı (konstrüktivist)* bir yaklaşımla ele alınmış ve bu kapsamda, bölgenin siyasal coğrafyasına dair çeşitli öngörülerde bulunulmuştur. Bu çalışma, Şii Hilali temelinde İran'ın Suriye'deki politik pozisyonuna ve her iki ülke arasındaki tarihsel bağlara odaklanmayı amaçlamıştır. Dolayısıyla nitel araştırma yöntemi temelinde araştırma konusuna ilişkin literatür incelenmiş, bölgedeki tüm gelişmeler ilgili bilimsel çalışmalarla desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Suriye Krizi, Şii Hilali, İnşacılık, Hegemonya, İran.

¹ Sorumlu Yazar/ Corresponding author

1. GİRİŞ

Küresel ve bölgesel güçler, egemenlik alanlarını genişletmek ve sürekli kılmak için Ortadoğu'da² çeşitli savaş stratejilerini üretmeye devam etmektedirler. Günümüzde, 21. yüzyılın ilk çeyreğinde de bu yayılmacılık faaliyetleri hız kesmeden sürmektedir. Arap Baharı ve Suriye savaşına müdahil olan farklı gelişmişlik düzeyine sahip güçlerin "sahadaki pratikleri" ve bölgesel işbirlikleri de bu düşünceyi destekler niteliktedir. Küresel ölçekli güç mücadelelerinin (özellikle ABD ve Rusya) yanı sıra, bölgesel ve yerel aktörlerin de müdahil oldukları bu politikaların çok boyutlu ilişkisel kurulumu, farklı politik çıkarlara göre değişebilmekte ve organizasyonlar yeniden kurulabilmektedir. Bu bağlamda, dünyada ve daha özelden ise Ortadoğu'da, küresel aktörlere rağmen, bölgesel güçler (İran, Suudi Arabistan, Türkiye ve Mısır) ile yerel yapılanmalar arasında gelişen *bölgesel* mücadele pratikleri de farklı bir siyasal kurulum alan açabilmektedir. Böylelikle küresel aktörlerin dışında, bölgenin kurulumunda etkin rol oynayan ve teritoryal alanını genişletmek isteyen bölgesel aktörler ile bu bölgesel aktörlerle çeşitli ilişkilere sahip olan; ulusal, ideolojik ve ekonomik temelli mücadele veren yerel güçler (Ortadoğu'da Kürtler, Filistinliler, Hizbullah vb.) de bulunmaktadır.

Bölgesel güç olan bu dört ülkenin (İran, S. Arabistan, Türkiye ve Mısır) Ortadoğu'ya dair politikaları, hem paydaşı oldukları bölge ülkeleri ve yerel güçlerine ilişkin hem de küresel güçlerle olan ikili ve çok boyutlu münasebetlerine göre çeşitli farklılıklar göstermektedir. Bu ilişkisel örüntüler; askeri ve uluslararası politikalarından siyasal gelişmelere ve özellikle ekonomik çıkarlara göre değişebilmekte ve yeniden şekillenebilmektedir. Bu minvalde, küresel ölçekte etkin olan güçlerin yanı sıra bölgesel aktörlerin siyasal manevraları da Ortadoğu'nun siyasal coğrafyası açısından önemlidir. Bu bağlamda, özellikle bölgesel ve yerel koşullara uygun ince jeopolitik tasarım ve stratejiler geliştirilmektedir.

Ortadoğu coğrafyasında gelişen ekonomik ve siyasal temelli gerilimlerde üç başat unsur öne çık(arıl)maktadır: *inanç/mezhep*, *etnik yapı* ve asıl perdenin gerisinde yer alan *ekonomik kazanımların* ürettiği iktidar ve çıkar çatışmalarıdır (Özgen, 2020). Marksist bir yaklaşımla ifade etmek gerekirse, bölgede süregelen çatışmaların temel odağı ekonomi olmakla birlikte, bu kazanıma sahip olmak için kullanılan temel araç ise ideolojik, mezhepsel ve etnik gerilimlere dayalı çatışmalardır. Bu nedenle bu dört bölgesel aktörün de nihai amacı, mevcut siyasal konumunu korumak ya da belirlenen ekonomik kazanımlara sahip olabilmek için gerekli görülen stratejik kurulum ve bölgesel güce ulaşmaktır. Siyasi ve askeri açıdan, aynı zamanda İslam dünyasının önemli ülkeleri olan bu dört bölgesel aktör arasındaki en belirgin fark, mezhep farklılığıdır. Suudi Arabistan, Mısır ve Türkiye nüfusunun % 90'ı Sünni İslam inancına sahip iken, İran nüfusunun ise % 90'ı Şii İslam geleneğine sahiptir (CIA, 2022). Bu mezhepsel farklılık temelinde, bölge politikasının önemli bir bölümü, en azından politik ve ekonomik tasarımların kurgulanmasında en hassas ve stratejik aygıt olarak kullanılmış, mağduriyetler ve katliamlar gerçekleştirilmiştir. Sekiz yıl süren İran-İrak savaşı (1980-1988), Irak'ın Kuveyt'i işgali (1990-1991), İkinci Körfez Savaşı (2003- 2011), Arap Baharı (2010) ve kör düğüme dönüşen Suriye savaşında (2011-) da bu hassas ideolojik bağıntılar kolaylıkla fark edilebilmektedir.

Mart 2011'de başlayan Suriye savaşı, yerel aktörlerin yanı sıra; hem küresel güçlerin (Rusya ve ABD) hem de bölgesel aktörlerden, Mısır ve Suudi Arabistan'a kıyasla, özellikle İran ve Türkiye için çok boyutlu bir çıkmazı temsil etmektedir. Suriye (laik) ve İran (dini), sahip oldukları farklı siyasal sistemlerine rağmen, ortak amaç ve düşmanlara karşı benzer mücadele pratikleri ile ittifaklarının tarihsel derinliğini teyit etmektedirler. Batı dünyası açısından, bölgede gittikçe güçlenen (özellikle Irak'ta Şii yönetimin başa geçmesiyle birlikte) "İran'ın bölgesel nüfuzunun kırılması veya hizaya getirilmesi konusunda Suriye, stratejik bir *müdahale alanı* olarak görülmektedir" (Cartalucci, 2017). Suudi Arabistan, Katar, Türkiye ve Mısır'ın Sünni rejimleri, İran'ın bölgesel

² "Ortadoğu kavramı, coğrafi bir bölge ve aynı zamanda askeri ve siyasal bir teritoryal alan olarak Batı merkezli bir adlandırmadır. Bölgenin sınırlarına ilişkin farklı belirlenim ve sayılılar bulunmaktadır. Güneybatı Asya'dan Mağribe, Balkanlardan Doğu Afrika'ya kadar birçok ülkeyi içine alan coğrafi bir lokasyon olarak Ortadoğu, birçok kurum ve kuruluş tarafından farklı şekillerde tanımlanmaktadır.(...) Kavram, coğrafi bir adlandırma olmakla birlikte, çok boyutlu siyasal pratiklerin ve dolayısıyla toplumlar/kültürler/devletler/güçler arası çıkar çatışmalarının önemli alanlarından biri olarak tarihteki yerini almıştır" (Özgen, 2020:37). Ortadoğu ile ilgili bir başka tanımlama yapmak da mümkündür. Ortadoğu, "Doğu ile Batıyı, Akdeniz ile Hint Okyanusu'nu, Rusya ile sıcak denizleri birbirine bağlayan; aynı zamanda Doğu ile Batı arasındaki bütün ticarî ve kültürel bağlantıların yapıldığı bir bölgedir" (Sakin & Deveci, 2011:282).

nüfuzunu baltalama arzusuyla Suriye'yi kendi kamplarına bağlanmış olarak görmek istemektedirler (Cunningham, 2017). Özellikle Suudi Arabistan otokratları; İran, Suriye ve Lübnan Hizbullah'ı tarafından temsil edildiğini düşündükleri Şii Hilali'ni yenmeyi, İran'ı izolasyona zorlamayı ve İslam Cumhuriyeti'ne karşı topyekün askeri saldırı gündemlerini bir noktada birleştirmeyi amaçlamaktadırlar. Bu bağlamda Körfez ülkelerindeki medyaların Suriye ve İran'ı Şiilik temelinde tehdit unsuru olarak göstermesi de (Koenig, 2017; Cunningham, 2017), askeri bir müdahalenin önünü açma ve meşrulaştırma pratiği olarak okunabilir. Batı medyasının Suriye konusunda inşa ettiği bu anlatı (Şiilik), İran'a yönelik rejim değişikliği projesini perdelemek ve bu ülkeye yönelik müdahaleyi kolaylaştırmak amacıyla koordine edilen aldatıcı bir anlatı (Byrne, 2017) olarak görülmektedir. Dolayısıyla Suriye'nin hem bölgedeki pozisyonunu hem de İran ile olan dış politikadaki ittifakını sekteye uğratmak, aynı zamanda bölgedeki nüfuzunu tahkim edecek olan ABD ve İsrail'in egemenliğini sağlamlaştırmak anlamına gelecektir. Bu durum, Lübnan'dan Suriye ve Irak'a kadar uzanan yönetim zafiyeti ve başarısızlığın, Ortadoğu'da mezhepçilik temelli ayrılıklar ile ne denli önemli siyasal sonuçlara sebep olabileceğini de göstermektedir. Bu tür kırılmalı sistemlerde bütünlüğünü ve sınırlarını koruyamayacak durumda olan zayıf Ortadoğu ülkeleri de, kendilerini destekleyen ve iç siyasetlerini şekillendirmede *-kaçınılmaz bir şekilde-* küresel ve bölgesel güçlere ihtiyaç duyurmuşlardır (Gause, 2014). Nitekim İran'ın Suriye savaşındaki tutumunun oluşmasında iki ülke arasındaki tarihsel bağlar kadar ideolojik kurulum ve politik stratejiler de etkili olmuştur. 1979 Devrimi'nden sonra bölgede elde ettiği jeopolitik ve stratejik güce rağmen İran, Suriye'nin toprak bütünlüğünden ve mevcut rejimin varlığından yana bir tavır sergilemiştir. Çünkü bu ülkedeki Nusayri³/Arap Alevi inancı ve geleneğinin temsil ettiği siyasal yapıyı (ve inançsal yakınlıkla birlikte), Sünni nüfus iktidarına tercih etmiştir. Aynı şekilde, İran-Irak (1980-1988) savaşında da Ortadoğu ülkeleri arasında, İran'ı destekleyen tek ülke Suriye olmuştur (Fürtig, 2013; Korkmaz, 2015; Tür, 2022). Ortadoğu'da, iki ülke arasındaki bu yakın ittifak, Suriye kriziyle sekteye uğrayabilir. Çünkü Suriye'de, ABD ve Batı siyasetine hizmet edecek bir rejimin iktidara gelmesi, farklı/başka bir rejimin kurulması, Rusya'nın ve özellikle İran'ın bölgedeki nüfuzunun kaybı anlamına gelmektedir. Suriye'deki yönetimin devrilmesi, İran'ın Lübnan ile bağlantısının zayıflaması, hatta kesilmesi ve İsrail'e karşı Filistin Davası'ndaki söz ve eylem yetkisinin (Sepahpour-Ulrich, 2017:281) kısıtlanması anlamına gelmektedir.

İran, Suriye savaşına müdahil olmasını, Ortadoğu'da ABD ile girdiği stratejik rekabet temelinde değerlendirmektedir. Söylem ve siyasetini Arap Baharının jeopolitik sonuçlarının ve toplumsal değişim boyutunun bölgede son yıllarda artan nüfuzunu olumsuz yönde etkilememesi için ve daha da önemlisi kendi ülkesindeki toplumsal muhalefeti yeniden canlandırmaması temelinde kurmuştur (Şen, 2012). Dolayısıyla İran, Arap Baharının ilk aşamasında Suriye dışında gerçekleşen halk ayaklanmalarını (doğrudan veya dolaylı da olsa, Mısır ve Suudi Arabistan'a yönelik olası yıpratıcı sonuçlar bağlamında) desteklemiştir. Fuller'in (2017) de ifade ettiği İran, en başta Batı yanlısı otokratlara karşı devrimsel değişime sempatiyle bakmış, ABD'nin Ortadoğu'daki stratejik gücünün zayıflatılması ve empoze edilen çevreleme-çevrelenme ve izolasyonun kırılması dürtüsüyle hareket etmiştir. İran'ın ayaklanmaları desteklemesindeki en büyük motivasyonu, hiç şüphesiz Batı yanlısı monarşilerin yıkılması (Chubin, 2012) olarak belirtilse de asıl gerçeklik, İran'ın kendi politikalarına yakın ya da bariyer oluşturmayacak siyasal yönetimlerin devamı olduğu da açıktır. İşte bu nedenle İran Ortadoğu'da, İsrail ve ABD ile paydaş politikalar gütmeyen siyasal rejimlerin varlığından yana bir tutum sergilemektedir. Hiç şüphesiz bu tür siyasal oluşum ve manevralar için ciddi plan ve stratejiler gerekmektedir. Dahası, yürütülen çok boyutlu strateji ve politikalara rağmen başarılı sonuçlara ulaşmak da mümkün olmayabilir. Örneğin Arap Baharı sürecinde nüfusunun önemli kısmı Şii olan Bahreyn (%65) ve Yemen'deki (%35) (CIA, 2022) siyasal gelişmelerde bile İran'ın beklediği sonuçlara ulaştığı söylenemez. Benzer şekilde, Tunus, Mısır ve Libya'daki yeni yönetimlerin de İran'ın beklediği siyasal kurulumdan uzak ve yine Batı eksenli sistemlerle yol almaya devam etmeleri, İran açısından bir değişiklik yaratmamıştır (Bingöl, 2013). Tüm bu gelişmeler bağlamında İran, Suriye'nin içinde bulunduğu çatışmalı siyasal ortamı, kendisi için bir tehdit unsuru olarak görmeye başlamış ve Arap Baharı rüzgârıyla başlayan ayaklanmalara yönelik olumlu tutumunu terk etmiştir. Nitekim İranlı yöneticiler

³ "Nusayrilik, İmamiye Şiası tarafından on birinci imam olarak kabul edilen Hasan el-Askeri ile aynı zamanda yaşayan Muhammed İbn Nusayr el-Nemiri el-Bekri el-Abdi'ye (ö. 883) nispet edilen ve birçok Şii otorite tarafından da gulat (aşırı) olarak görülen Bâtını bir fırkadır.(...) Hz. Ali'yi ilah olarak gören bir inanç fırkasının temel itikadî öğretisi Hıristiyanlık'taki teslise benzer, "AMS" kısaltmasıyla bilinen Ali, Muhammed, Selman-ı Farisi üçlemesine dayanmaktadır" (Korkmaz, 2015:32).

de “Suriye’yi, İran’ın stratejik derinliği olarak tarif etmiştir” (Sinkaya, 2017). İran bu tutumu nedeniyle ciddi eleştirilerle karşılaşmış olsa da, Suriye’ye yönelik askeri ve politik desteğini geri çekmemiş; tam aksine gittikçe arttırmıştır. Bu stratejik tutumundan dolayı İran’ın Ortadoğu’da ve özellikle Suriye sahnesinde hem askeri hem de politik ağırlığı gittikçe ön plana çıkmış ve Baas rejiminin devam etmesinde Rusya ile birlikte önemli etkileri olmuştur. Batı’ya göre, İran’ın Suriye’deki bu girişimi bir tehdit olarak algılanmakta ve dillendirilmektedir. Hiç şüphesiz İran da, Batı’nın dünya genelinde, özellikle Suriye ve Ortadoğu’daki sömürgeci politikalarını bir tehdit unsuru olarak haykırmaktadır.

“İran, Arap Şii topluluklarını Ortadoğu’da bir kolu olarak kullanmak yerine, onları İran’ın ekümenik İslami mesajlarını yaymak için Şii ve gayrimüslimlerle stratejik ittifaklar kuracak şekilde desteklemektedir. İttifaklardaki ve onları yönlendiren siyasi mesajlardaki ortak payda Şii inancı değil, sözde ‘İslam düşmanları’ Saddam Hüseyin’in Irak’ı (2003’e kadar), İsrail ve ABD olmuştur” (Ma’oz, 2007). İran’ın bölgedeki Şii gruplarla yakın ilişkileri, güvenliğinin yanı sıra ekonomik-kültürel fırsatlar yaratmak için stratejik bir bağlantı kurmayı içermektedir. Bölge ülkelerinde bu stratejik bağı kurmak için başta Irak olmak üzere İran’a karşı herhangi bir düşmanlığı olmayan yeni nesil dost elitlerin devletler düzeyinde oluşturulması gerekmektedir (Yılmaz, 2021). Dolayısıyla İran, dış politikasındaki bu yaklaşımını, ortak düşmana karşı bir hareket ve onurlu bir mücadele olarak dillendirmektedir. İran’ın bu tutumunu özellikle Suriye krizinde görmek mümkündür. Suriye rejimini destekleyen İran, Türkiye’den farklı bir siyasal tavır takınmıştır. Bu durum iki ülkenin ilişkilerini etkilemiş, Suriye krizinde rekabet alanı oluşturmuştur. Zaman zaman askeri alana da yansıyan bu rekabet durumu beraberinde önemli sorunları da getirmiştir.

Bu çalışmada, *Şii Hilali* kurulumu üzerinden, İran’ın Suriye’deki siyasal konumu, etkisi ve iki ülke arasındaki tarihsel derinliğe ilişkin inşacı politikaların ne tür stratejilere alan açtığı analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda, Suriye’nin İran için neden önemli olduğu, ne tür jeopolitik stratejilere ve siyasal kurulumlara alan açtığına ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bir başka ifadeyle İran’ın toplum üzerinden bir siyasal kurulum vasıtasıyla yayılcılığı geliştirme stratejileri, İnşacılık/Yapılandırmacılık yaklaşımı üzerinden analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu çerçevede, aşağıdaki sorulara cevaplar aranmış ve konuya ilişkin bilgi ve yorumlar yeniden çözümlenmiştir:

- Suriye- İran ilişkilerinin tarihsel derinliğini ortaya koyan temel unsurlar nelerdir?
- İran dış politikasının ve ideolojisinin Suriye Krizi’ndeki yansımaları nasıldır?
- “Şii Hilali” söylemi nedir? Bu söylem ekseninde Suriye’nin “*Şii Hilali*”ndeki stratejik önemi nedir?

2. KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE

İran’ın dış politikasını İnşacılık Yaklaşımı ile ele almadan önce teorinin kendisini tanımlamakta fayda vardır. İnşacılık ya da Yapılandırmacılık, uluslararası ilişkilerde ortaya çıkan bir siyasal kavram ve düşünceyi ifade etmektedir. “1990’ların başından itibaren Uluslararası İlişkilerde yaygınlaşan inşacı (konstrüktivist-constructivist) yaklaşımlar temel olarak uluslararası sistemin sosyal-kültürel yapısına, bu yapının devlet kimliklerini ve ulusal çıkar tanımlarını şekillendirmesine ve bu yapı içinde devletlerin sosyal aktörler olarak yerindelik/uygunluk mantığı içinde hareket etmelerine vurgu yapmışlardır” (Rumelili, 2015:169). Bir başka açıdan Hopf’un da (1998:172) belirttiği gibi “İnşacılık/Yapılandırmacılık, uluslararası ilişkiler teorisindeki anarşinin anlamı ve güç dengesi, devlet kimliği ve çıkarları arasındaki ilişki, gücün detaylandırılması ve dünya siyasetindeki değişim beklentileri dâhil olmak üzere bir dizi ana temaya ilişkin alternatif anlayışlar sunar”. Finnemore & Sikkink’e (2001:391) göre İnşacılık/yapılandırmacılık, “insan bilincinin sosyal yaşamdaki rolüyle ilgilenen toplumsal bir yaklaşımdır. İnsan etkileşiminin sadece maddi faktörler tarafından değil; öncelikle düşünsel faktörler tarafından şekillendirildiğini iddia eder. En önemli düşünsel etmenler bireylere indirgenemeyen, yaygın olarak paylaşılan veya ‘öznelerarası’ inançlardır. Bu paylaşılan inançlar, amaçlı aktörlerin çıkarlarını oluşturmaktadır”. İnşacılık; düşünce, norm/kural, bilgi ve kültürün siyasal alandaki yansımalarını tartışmaya açar ve söz konusu bu faktörlerin toplumsal yapıya olan tesirini analiz eder. “Anlamalı davranış veya eylem, yalnızca öznelerarası bir sosyal bağlamda mümkündür. Aktörler, normlar ve uygulamalar aracılığıyla başkalarıyla olan ilişkilerini ve anlayışlarını geliştirirler. Normların yokluğunda, güç uygulamaları veya eylemler anlamdan yoksun olacaktır” (Hopf, 1998:173). Bir başka tanım ise Adler tarafından yapılmaktadır.

Adler'e (1997:322) göre İnşacılık/Yapılandırmacılık, "maddi dünyanın insan eylemi ve etkileşimiyle şekillendiği ve şekillendirildiği tarzın, maddi dünyanın dinamik normatif ve epistemik yorumlarına bağlı olduğu görüşüdür".

İNŞACILIK, "bütünleştirici teorisyenlerin cemaat oluşumuyla ilgili endişelerinin devlet merkezli bir perspektiften nasıl ele alınabileceğini ve devlet merkezli bir bakış açısının nasıl eleştirel bir dünya siyaseti teorisi haline getirilebileceğini gösterir" (Wendt, 1994). Bu anlamda küresel siyasete yön veren kimlikler ve çıkarların dinamik bir yapısı vardır. Nitekim devletler de uluslararası sistemin yapısal teorisini ele alırken, kimliklerin sosyal yapılar tarafından inşa edildiğini kabul etmektedir. Böylelikle İnşacı yaklaşım, kimliğin ilişki boyutunu vurgulayarak, toplum özelinde, kimliklerin sosyal inşasına odaklanmakta ve kimlik üzerinden dış politika ile farklı etkileşimler kurulabilmektedir. Warnaar'ın (2013) da ifade ettiği gibi, *İNŞACILIK* "sadece belirli norm ve beklentilerin belirli kimliklere eklenmesiyle değil; aynı zamanda tehditlerin veya müttefiklerin belirlenmesinde de ilişki kurmaktadır. İnşacılık geleneği bağlamında benzerliğe dayalı mekanizmalar kadar farklılığa dayalı mekanizmalar da önemlidir. İran kimliği bu tanımlamaya uygun bir kurulumu ifade eder. Çünkü resmi söylem hem İran'ı bir gruptan ayırır hem de kimliğini yeniden şekillendirmek ve pekiştirmek için başka bir grupla özdeşleştirir". Bu nedenle İran özelinde, kimlik kavramı üzerinden inşa edilen "Şii geleneğin" belirli çıkarların kazanılmasında nasıl işlevselleştirildiğine ilişkin bağlantıyı çözümlenmek, aynı zamanda İnşacılık kurulumunun anlaşılması açısından da önemli bir gerekliliktir. Zira uluslararası ilişkilerde kabul gören bir düşünce geleneği olan İnşacılık, siyasi aktörlerin söylemlerinde ve izledikleri dış politikalarda bağlayıcı bir siyasal bağlam oluşturmaktadır. Bu kapsamda çalışma İran'ın odağa ele alındığı bir kuramsal ve kavramsal çerçeve ile sınırlandırılmıştır.

Şii Hilali kavramı ve *İNŞACILIK* yaklaşımı, bu çalışmanın kavramsal ve kuramsal çerçevesini oluşturmaktadır. Bu bağlamda İran'ın özellikle Arap yarımadasını çevreleyen çok boyutlu *Şii Hilali* stratejisinin nüvesinde esasen, demografi üzerinden yürütülen sosyokültürel ve politik bir kurulumun tasarımı vardır. İnşa edilmek istenilen bu çok boyutlu kurulumun arka planında İran'ın bölgesel politikalarının gelişiminde "Şii" geleneğinin stratejik tasarımı vardır. *Şii Hilali* olarak tanımlanan bu stratejik tasarım, bizzat İran'a karşı konum alan Batılı çevreler ve özellikle Basra körfezindeki [Sünni öğretiyeye göre yönetimi tanzim eden] müttefikler tarafından dillendirilmektedir.

Şii Hilali söylemi yakın bir zaman diliminde ortaya çıkmıştır. Bu söylemi ilk defa Ürdün Kralı II. Abdullah, Washington Post'a 2004 yılında verdiği röportajda kullanmıştır (Wright & Baker, 2004). Bu söylem 2004 Irak seçimleri, İsrail-Filistin ile ABD ve Arap ilişkilerinin değerlendirildiği röportajda yer almıştır. Buna göre *Şii Hilali* kavramı, İran merkezli ve öncelikle Arap yarım adasını domine etme stratejisini içeren bir siyasal kurulumun yapısal kodlarını ifade etmektedir. Hedeflenen bu teritoryanın kuzey kanadı Irak, Suriye ve Lübnan; güney kanadı ise körfez ülkelerinin yanı sıra Arap yarımadasının güney kıyısında yer alan Umman ve Yemen'e kadar uzanmaktadır. Irak ise hedeflenen bu teritoryanın kuzey ve güney kanatlarının düğümlendiği kesişim alanını temsil etmektedir. İşte, gelişkin Batı ve körfez ülkelerini teyakkuza geçiren şey, İran'ın çok boyutlu Şii gelenek üzerinden Arap yarımadasındaki teritoryal yayılımını giderek arttırmasıdır. Bu durum, çok boyutlu yapısal bir gelenek olarak *Şii* kimliği üzerinden İran'ın bölgedeki yayılcı faaliyetlerinin artması, bir diyalektik kurulum olarak, karşıt ülke- Batılı ve Sünni yapıların dezavantajlı duruma düşmeleri anlamına gelmektedir. Bir başka ifadeyle İran'ın bölgedeki artan gücü ve yayılım alanı, Sünni yapılanmalar ve rejimler için bir tehdit unsuru olarak anlaşılmaktadır. Tıpkı Soğuk Savaş döneminde olduğu gibi, küresel ölçekte ve karşıt bloklar arasında yürütülen bilişsel ve duyuşsal (psikolojik) inşalarla, kitleler belirli bir kurulumu uygun olarak yönlendirilmekte ve yönetilmektedir. Özetle, toplumun ideolojik kurulumu anlamına gelen *İNŞACILIK* kavramı, İran rejiminin *Şii* gelenek ve kültürel kimliği üzerinden yürüttüğü bölgesel ölçekli sosyopolitik kurulumlar da bu ekseninde *İNŞACILIK* yaklaşımı bağlamında değerlendirilebilir.

İran'ın hem Suriye krizindeki rolüne ve ikili ittifakın arka planına hem de Batı ve müttefiklerinin dillendirdiği *Şii Hilali* söylemine yönelik tartışmalar, *İNŞACILIK* yaklaşımın temel kurulumuna altlık oluşturmaktadır. Çünkü Soğuk Savaş'ın sona ermesiyle birlikte dünya siyasetine yön veren ve uluslararası ilişkilerde önemli bir varlık gösteren güçlü ittifakların parçalandığı ve çok kutuplu örgütlenmelerin öne çıktığı yeni bir küresel düzen ortaya çıktı. Bu duruma bağlı olarak hem sosyal bilimlerde hem de uluslararası ilişkilerde kimlik, kültür ve din temelli unsurların küresel güç dengeleri özelinde siyasal alana yönelik etkileri araştırılmış ve İnşacı yaklaşımlarla

ilgili kurumlar çözümlenmiştir. “Dış politika ve uluslararası ilişkilere dair inşacı çalışmalar, epistemolojik olarak çeşitlidir; ancak dış politika inşası için en önemli unsur dünyanın sosyal olarak inşa edildiğine dair ontolojik varsayımdır. Uluslararası ilişkilerde *İnşacılık*, ideolojileri (tehdit algıları, kimlik ve normlar dâhil) insan eylemi yoluyla yeniden üretilen sosyal yapıların bir başlangıç noktası olarak ele almaktadır” (Warnaar, 2013). Devletlerin değişen eylemlerine, kimliklerine ve çıkarlarına odaklanan *İnşacılık*; uluslararası ilişkilerin doğasının belirlenmesinde önemli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Özellikle 1990’ların sonu ve 2000’li yılların başında uluslararası ilişkiler literatüründe etkisini göstermiş ve devletlerin dış politikasında önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır (Walt, 1998; Weber, 2010; Küçük, 2009). Söylemin inançları ve ilgi alanlarını yansıtır ve şekillendirir; aynı zamanda kabul edilen davranış normlarını belirler.

3. İRAN - SURIYE İLİŞKİLERİNİN TARİHSELLİĞİ ÜZERİNE

İran tarihsel olarak etnik, kültürel ve sosyal yapısıyla Ortadoğu ve Orta Asya’da her zaman ciddi politik bir güç olduğu gibi bölgesel ilişkilerin şekillenmesinde de önemli bir rol oynamaya devam eden bir güçtür (Peköz, 2015). Bu bağlamda İran - Suriye arasındaki ilişkiler, özellikle son kırk (40) yılı aşkın bir süredir devam eden yakın ittifak, 1979 Devrimi’nden sonra, bölgede var olan en uzun soluklu ittifaktır. Suriye - İran ittifakı, Fuller’in de (2017) ifade ettiği gibi “Ortadoğu’daki en kıdemli ve en kalıcı jeopolitik ittifaklardan biridir; uzun dönemde kolayca örselenmeyecek oldukça sağlam uzun ömürlü bir jeopolitik temele dayanmaktadır”. ‘İslami’ bir rejimi benimseyen İran ile ‘Laik’ bir siyasal sistemi benimseyen Suriye’nin, iki farklı yönetim sistemine rağmen bu birlikteliğinin altında yatan sebeplerin çok boyutlu olduğu muhakkaktır. Dolayısıyla Suriye ve İran arasındaki ilişkilerin temelini sadece kültürel (Şiilik) bir olgu ile yüklemek son derece yanıltıcıdır. Bu kültürel boyutun yanında bölgedeki politik, ekonomik ve askeri çıkarlar ile geçmişteki ikili ilişkiler de dikkate alınmalıdır. Goodarzi (2013)⁴, iki ülke arasındaki ittifakın tarihsel bağlamını analiz ederek ve yedi (7) aşamaya ayırarak çözümlenmektedir.

Birinci Aşama: Her ne kadar iki ülke arasında politik bağlar 1979 İran Devrimi’nden sonra kuvvetlenmiş olsa da 1979 öncesi Şah dönemine kadar da götürülebilmektedir. Batı yanlısı ve muhafazakâr İran Şahı’nın 1979’da devrilmesi, dönemin Suriye Devlet Başkanı Hafız el Esad hükümeti tarafından olumlu karşılanmış ve yeni rejimle samimi ilişkiler kurulmuştur. Yaşanan gelişmeleri Goodarzi (2013) şu şekilde belirtmektedir.

“Suriye, Şah sonrası Mehdi Bezirgân Devrim Hükümeti’ni tanıyan ilk Arap ülkesi, küresel anlamda ise Sovyetler Birliği ve Pakistan’dan sonra da üçüncü ülke olmuştur. 1979-1980 yıllarında Suriye-İrak ile İran-İrak ilişkilerinin bozulması, Suriye-İran ilişkilerini güçlendirmiştir. Suriye, diplomatik cephede de 1980 Amman Zirvesi’nde İran’a karşı birleşik bir Arap Cephesi’nin kurulmasını engellemiştir”.

İran ile Irak arasında 22 Eylül 1980 tarihinde başlayıp, 20 Ağustos 1988’de sona eren 8 yıllık savaşta, İran’ın Ortadoğu’daki tek ve güçlü destekçisi Suriye olmuştur. İki ülke arasındaki bu yakınlaşma, resmi bir ittifaka dönüşmüş ve karşılıklı askeri/teçhizat yardımıyla devam etmiştir.

İkinci Aşama: İran ile Suriye ilişkileri 1982-1985 yılları arasında zirve olarak nitelendirilmektedir. Bu dönemde iki ülke arasındaki işbirliğinin temel noktası Levant’taki⁵ gelişmelerdir. Özellikle İsrail’in 1980’de Lübnan’a saldırması ile iki ülke arasındaki dostluk ve ittifak iyice pekişmiştir. Lübnan’da askeri bir varlığı bulunan Suriye’nin, Lübnan’ın güneyinde İsrail’e karşı mücadele eden Şii grupları desteklemesi ve İran’ın Devrim Muhafızları’nın da Lübnan’a geçişini sağlamasıyla bu ittifak daha da güçlenmiştir (Sinkaya, 2011). İran, 1979 Devrimi’nden sonra dış politikasında bambaşka bir rol üstlenmiştir. Şah dönemindeki ABD hayranlığının sona ermesi, İran’da devrimden sonra sosyalist düşüncenin bir sonraki rotasının Sovyetler olacağı düşüncesi

⁴ İran - Suriye ittifakını ortaya koyan bu aşamalar Goodarzi (2013)’den yararlanılarak yapılandırılmıştır.

⁵ “Levant” etimolojik olarak “doğu” anlamına gelmekte olup, İngilizlerin “Ortadoğu” sözcüğünü türetmesine benzer bir yaklaşımla, “Akdeniz’in doğusunu” betimlemek amacıyla kullanılmıştır. Batıda Akdeniz, doğuda ise Mezopotamya ile sınırlandırılan Levant bölgesi, günümüz ülkelerinden Türkiye, Suriye, Lübnan, İsrail, Ürdün, Filistin ve Mısır’ı kapsamaktadır (Ediger vd., 2012:74).

hâkim olmuştur. Ancak, İran, Suriye ile ittifakı üzerinden Levant'taki derinliğini sağlama almıştır. Korkmaz (2015), İran'ın bu aşamadaki politikasını şu sözlerle ifade etmektedir:

"İran, "Ne Doğu Ne Batı, Yalnız İslam" sloganıyla bambaşka bir rotaya evrilmiştir... Çift kutuplu dünyada iki tarafa da angaje olmayan, kendine özgü bir dünya siyaseti izlemeyi hedefleyen yeni rejim, Ortadoğu'da birincil öncelik olarak Körfez hâkimiyetini pekiştirecek ittifaklara yönelmiştir. Bu yönelişte kendisine en uygun partner olarak Hafız Esad Suriye'sini bulmuştur... İran ve Suriye'nin bu sarsılmaz ittifakı iki ülkeye Körfez - Levant denklemi üzerinden bir bölgesel hâkimiyet ve stratejik üstünlük kazandırmaktadır".

Üçüncü Aşama: 1985-1988 yılları arasındaki dönem, iki ülke açısından en sorunlu, ama aynı zamanda kalıcı bir ortaklığın temellerinin atıldığı ve bu eksenin uzun vadede kurumsallaştığı dönemdir. Bu aşamada iki müttefikin üzerinde uzlaştığı Levant ve Basra Körfezi'nde, birtakım olumsuzluklar yaşanmıştır. Suriye'nin Lübnan krizindeki başarısızlığı ile İsrail'in Körfez Savaşı'nı sürdürme gayreti, Şam - Tahran bağlantısının zayıflamasına yol açmış ve iki ülkeyi de Lübnan meselesinde rakip duruma düşürmüştür. İran yanlısı Hizbullah ile Suriye yanlısı Emel milisleri arasındaki gerilimler, bu aşamada dikkat çekicidir. Ancak Irak'ın 1980'lerden sonra bölgede güçlenmesi ve Lübnan meselesinde çözüm bulma arayışı, her iki ülkede işbirliğini gerekli hale getirmiştir.

Dördüncü Aşama: İran-Suriye arasındaki ortaklık 1988-1991 yılları arasında da devam etmiş ve bu dönemde özellikle Körfez'de Irak'ın artan gücünün sınırlanması amaçlanmıştır. Arap Birliği Konseyi'nin (Irak, Ürdün, Mısır ve Kuzey Yemen) kurulması ve 1980'lerde karşı eksenin resmileşen bu işbirliği, İran-Suriye işbirliğini de zorunlu kılmıştır. Özellikle 1990-1991 yıllarında Kuveyt'in Irak tarafından işgal edilmesi, iki ülke arasındaki işbirliğini güçlendirmiştir.

Beşinci Aşama: İran ve Suriye arasındaki olumlu ikili ilişkiler 1979 Devrimi'nden günümüze kadar süreklilik göstermemiştir. 1990'lı yıllarda Suriye'nin Batı ile yakınlaşmaya başlaması, 2003 yılında da ABD'nin Irak işgali sırasında Suriye ve İran'ın farklı çıkarılara odaklanmaları, ikili ilişkilerin zarar görmesine yol açmıştır. Ancak İran ve Suriye arasındaki bu anlaşmazlıklar çok uzun sürmemiştir. 2003 yılından itibaren Batı ile kopan ippler, İran ve Suriye'yi dış politikada tekrar birleştirmiştir. 1991-2003 yılları arasındaki dönemde; Irak'ın 1991 Körfez ihtilafındaki yenilgisi ve aynı yıl Soğuk Savaş'ın sona ermesinin ardından Suriye-İran iş birliği dört ana sebepten dolayı devam etmiştir (Goodarzi, 2013):

"Birincisi; Sovyetler Birliği'nin kademeli olarak geri çekilmesi ve dağılmasıyla birlikte ABD'nin bölgedeki ve dünyadaki hâkim konumu, Ortadoğu'nun hızla değişen siyasi yapısı karşısında iki ülke siyasi, askeri ve ekonomik ilişkilerinin sürmesini sağlamıştır. İkincisi; Şam, Tahran ile olan bağına Arap-İsrail çatışması ve barış görüşmelerinde çıkarlarını ilerletmek için hayati bir araç olarak görmüştür. Suriye, Hizbullah üzerinde nüfuz etmek ve Hizbullah savaşçılarının 1991-2000 yılları arasında Güney Lübnan'da kendi ilan ettiği güvenlik bölgesinde İsrail güçlerine saldırmayı teşvik ederek hedeflerine ulaşmak için İran'a ihtiyaç duymuştur. Aynı zamanda Golan Tepelerini geri almak için yürütülen barış görüşmelerinde İsrail ve Amerikalılara karşı İran'ın kozunu kullanmıştır. Üçüncüsü; Saddam Hüseyin iktidarda kaldığı sürece başta İran olmak üzere iki müttefik Irak'ın gücünü kontrol altında tutmak için ittifakın sürdürülmesinin gerekli olduğuna inanmıştır. Dördüncüsü; 1991'den başlayarak iki müttefik yurt içinde balistik füze üretme kabiliyeti kazanmak için ortak bir program üstlenmiştir".

Suriye (Arap Milliyetçiliği) ve İran'ın (Pan İslamcı Cumhuriyet) ideolojileri farklılık göstermesine rağmen, bölgesel güç dengeleri ve ABD-İsrail karşıtı politikalar izlemeleri nedeniyle ikili ilişkiler devrimci retorikten ziyade oportünist bir yaklaşıma dayanmaktadır. Daha sarıh bir ifadeyle, iki ülke arasındaki ortaklığın derinleşmesindeki unsur, ortak tehdit algılarında yatmaktadır (Goodarzi, 2006). Barzegar'ın (2008) da ifade ettiği gibi:

"İdeolojik yönelime dayalı bir ittifakın oluşturulması gerçekçi değildir, çünkü böyle bir koalisyondaki hükümetlerin jeopolitik doğası ve mevcut talepleri ile bağdaşmaz. İran-Suriye ilişkilerinde yansıtıldığı gibi, uzmanlar böyle bir ittifakın iktidar seçkinlerinin Şii kökenlerinden ziyade; ABD ve İsrail tarafından ortaya konulduğu üzere, iki tarafın ortak stratejik tehdit algılarına daha fazla bağlı olduğu konusunda hemfikirler".

Suriye ve İran için İsrail, hayati bir önem taşımakta; Irak ve Lübnan'daki çıkarları açısından da bir tehdit unsuru olarak görülmektedir. Dolayısıyla İran ve Suriye ortak bir tehdide karşı stratejik ve politik hedefleri paylaşmaktadır. Bu nedenle iki ülke de bölgedeki ABD nüfuzunu azaltmak ve dış politikada İsrail tehdidine karşı kendi rejimlerini korumaya yönelik ortak mücadele etme stratejisini benimsemektedir. Suriye ve İran izlediği bu temel stratejik tavırla, bölgesel ve ulusal güvenliği sağlayarak toprak bütünlüklerini garanti altına almayı amaçlamaktadırlar. İki ülke arasındaki stratejik ortaklık diplomatik ve askeri birliktelikle sağlama alınmıştır.

Altıncı Aşama: İran-Suriye arasındaki ittifak 2003-2011 yılları arasında da sürmüştür. ABD önderliğindeki Irak işgali, iki ülkenin işbirliğini arttırmıştır. İran ve Suriye, Saddam Hüseyin'in ABD tarafından devrilmesini memnuniyetle karşılamış; ancak diğer taraftan Bush'un 'teröre karşı savaş'ında bir sonraki hedefin kendileri olacağı endişesini de taşımışlardır. Birkaç yıl boyunca Irak'taki isyan körüklenmiştir. Tahran, Bağdat'taki yeni hükümetin sempatisini kazanmak için Şiiler başta olmak üzere Irak'taki tüm büyük siyasi partiler ve milisler ile yakın ilişkiler kurmuştur (Goodarzi, 2013). Bölgedeki güç dengelerine ve stratejik hesaplara rağmen Suriye ve İran, çıkarlarını korumak amacıyla işbirliğine devam etmişlerdir. "Lübnan'daki Hizbullah gibi bir vekil milis şebekesi inşa etmede siyasi kaldıraç ve askeri kaynakları bir araya getirerek muhaliflerin hırslarını altüst ettiler. Din ve etnik köken gibi ideolojik konulardaki farklılıklarına ve uyuşmazlıklarına rağmen, uzun vadeli rejime özgü hedefleri dışında, bölgesel satranç tahtasında pozisyonlarını zorlamayı başardılar" (Risseeuw, 2018). Dolayısıyla İran ve Suriye'nin bölgedeki çatışmalara ve küresel müdahalelere karşı yarı ittifak kurmalarındaki temel motivasyonu, Ortadoğu'da sürekli değişen güç dengesi oluşturmuştur. Nazemroaya'nın (2017) belirttiği gibi, "Suriye'yi İran'dan koparmak, Şam ve Tahran'ın oluşturduğu Direniş Bloğu'nu gevşetmek, Suriye içindeki yabancı destekli hükümet karşıtı milislerin hedeflerindedir. Şam ve Tahran'da böyle bir bölünme, Ortadoğu'nun stratejik dengelerini ABD ve İsrail lehine değiştirecektir". Bu nedenle "Suriye ve İran, ABD'nin bölgedeki güvenlik düzenine muhalefet etmekte ve bu ittifak ile ortak güçlerin özerkliklerini Batının Ortadoğu'yu yoğun nüfuzuna karşı savunma arzusunu yansıtmaktadır. Bu ortak kaygılar, her iki ülkenin ideolojik farklılıklarını aşarak, ortak bölgesel özerklik vizyonları ve Ortadoğu'ya yabancı nüfuzu azaltmak için nasıl hareket edebileceklerini açıklamaktadır" (Ehteshami&Hinnebusch, 1997; Ahmadian&Mohseni, 2021). Bu gelişmelere ek olarak İran ile Suriye'nin 2006 Lübnan – İsrail Savaşı'ndaki tutumu; Filistin ve Irak'taki çıkarların yakınlaşması dış politikadaki siyasi ittifakı daha da kuvvetlendirmiştir.

Mahmut Ahmedinecad'ın 2005'te Cumhurbaşkanı seçilmesiyle birlikte dış politikadaki ortak söylem, ikili ilişkilerde dönüm noktası olmuştur. Bu nedenle İran Suriye'yi bölgedeki müttefiki olarak görmüş ve dış politikada Suriye ile ortak hareket etmiştir. "Alevî liderliği ve önemli Şii mabetleri, ideolojik sempati ölçüsüyle stratejik ilişkiyi güçlendirirken, Tahran için Lübnan'daki Hizbullah'a bir kara köprüsü sağlamanın devrimci zorunluluğu ittifakı daha da güçlendirmeye yardımcı olmuştur" (Ansari&Tabrizi, 2016).

Yedinci Aşama: Suriye Ayaklanması ve İran'ın müdahalesinin yer aldığı bu aşama, 2011'den bu yana yaşanan gelişmeleri ele almaktadır. İran, Arap Baharı ayaklanmalarında yaşanan gelişmelere bağlı olarak farklı tutumlar/politikalar izlemiştir. Batı yanlısı muhafazakâr rejimlerin otoritesine karşı gelen meydan okumalara destek vermiştir. "İran'ın muhafazakâr Batı yanlısı rejimlerin otoritesine büyük ölçüde meydan okuyan gösterilere destek vermesinde, Arap Baharı'nın Ortadoğu ve Kuzey Afrika'da otoriter rejimlerin yerini İslamcı hükümetlerin aldığı yeni Pan-İslami çağı başlatılacağını güvenle ilan etmesi yatmaktadır" (Goodarzi, 2013). Ancak Suriye meselesinde İran'ın hazırlıksız yakalandığını söylemek mümkündür. İran, başlangıçta Baas rejimine yardım ederek krizden kısa süre zarfında kurtulmasını umut etmiştir. Bu bağlamda İran, Esad rejimine karşı muhalif grupları etkisiz hale getirmek için rejime teknik destek ve askeri uzmanlık sağlayarak Esad'ın muhalifleri ezme çabalarını kararlıkla desteklemiştir. Hem bölgesel hem de küresel aktörleri içeren bir vekâlet savaşına dönen Suriye savaşında; Türkiye, Ürdün, Suudi Arabistan ve Körfez Arap ülkeleri Suriye muhalefetine maddi ve manevi desteği sağlamaya başlamıştır. Bu gelişmelere karşılık İran, Hizbullah ve Irak; Esad rejimini desteklemiştir.

4. İRAN DIŞ POLİTİKASININ SURIYE KRİZİ'NE YÖNELİK YANSIMALARI

İran'ın dış politikası araştırılırken, rehber Ayetullah'ın rolüne ve İran'ın dış politikasının karar mekanizmasındaki etkisine odaklanmak son derece önemlidir. Dolayısıyla İran'ın yakın tarihini iki temel noktada ele almak mümkündür. *Birincisi; Şiilik*, İran'ın dini ve kültürel yapısı için ayrılmaz bir bütündür. *İkincisi* ise, İran'ın siyasi yapısını elinde bulunduran ulema sınıfı, yani önde gelen dini âlimlerdir. Bu iki temel unsur, İran'ın politik yapısını şekillendirmektedir. Moazami'nin (2018) ifade ettiği gibi:

"İran'da devlet oluşumu tarihinin neredeyse her aşamasında kurumsal karakteri, doktrini ve pratikteki değişimler de dâhil olmak üzere dini alanın gelişimiyle örtüşen benzer bir aşama mevcuttur. Ulemanın ayrı egemen bir güç olarak dini alanda birtakım eklenmiş hedeflerle oluşumu merkezileşmiş, askerileşmiş ve bürokratik Pehlevi devletinin oluşumu ile eş zamanlı olarak 1979 Devrimi'ne giden yarım asırlık sürede gerçekleşmiştir. Bu dönemde siyasi iktidarın yapısı, kurumsal dinin yapısı gibi merkezileşmiş ve modernleşmiştir. Şii ulema, önemli bir kurumsal mevcudiyeti olmayan dağılmış dini ve sosyopolitik bir güçten resmîleşmiş bir hiyerarşisi, güçlü eğitim araçları ve geniş etkili siyasi ve dini ağı olan kuvvetli, örgütlü bir yapıya dönüşmüştür".

İran'ın dış politikasına yönelik analizler genellikle mezhepsel açıdan yapılmaktadır. El Berni'nin (2018:117) ifade ettiği gibi kimi araştırmacılara göre İran, bir İslam Cumhuriyeti olarak devrim ihracı altında Müslüman dünyasına hâkim olmayı ve Şii ideolojisini Sünni ülkelere yaymayı hedeflemektedir. Mevcut Suriye Savaşının, İran'ın dini hedeflerini Ortadoğu'da gerçekleştirmesine hizmet ettiğini öne sürmektedirler. Öte yandan bazıları da İran'ın Suriye Savaşında dini kimliklere vurgu yapmasının sadece bir retorik olduğunu, İran'ın Suriye savaşında rejimin hayatta kalmasını ve bölgedeki ittifaklarını güvence altına almak için stratejik hesapları olduğunu belirtmektedirler. Söz konusu farklı yaklaşımlar, İran'ın dış politikasının ortaya konmasında birtakım zorluklar ortaya çıkarmaktadır.

İran, köklü bir devlet geleneğine sahiptir ve tarihsel olarak da bunu kanıtlamıştır. Bu bağlamda İran'ın dış politikası 1979 Devrimi'nin öncesi ve sonrası olarak değerlendirilebilir. Devrim öncesi dönemde, İran'ın I. (Rusya ve İngiltere) ve II. (Sovyetler, İngiltere, ABD) Dünya Savaşları'nda uğradığı işgaller ve bunun doğal sonucu olarak millî duyguların harekete geçişi üzerinde durulması elzem bir noktadır. Ülke yönetiminde de yaşanan iç çekişmeler, Batı'nın müdahaleleri ve ABD'nin tavrı üzerinden de bu dönemi değerlendirmek mümkündür. Devrim sonrası dönem ise, günümüz İran dış politikasının kırılma noktası ve asıl belirleyicisidir. Devrimle birlikte köklü devlet tecrübesi, politik istikrarın sağlanmasında önemli bir unsurdur. Korkmaz'a (2015) göre, "İran'ın dış politika yapım süreci incelenirken, konjonktürel unsurlar kadar engin tarihi devlet tecrübesinin oluşturduğu, kendi içinde tutarlı ve istikrarlı bir politik refleksin karar alma mekanizmalarında etkin bir belirleyen konumunda olduğunu söyleyebiliriz".

İran'ın dış politikasının temelini emperyal ve kapitalist ülkelere karşı duyulan güvensizliğe bağlamak mümkündür. Bu görüş İran'ın 1979 İslam Devrimi'nin de ana noktasını oluşturmaktadır. Haji-Yousefi'a (2009:121) göre:

"Irak'ın 1980'de İran'ı saldırması ve 8 yıl süren savaşta BM Güvenlik Konseyi'nin de bu saldırıyı uluslararası barış ve güvenliğe karşı bir tehdit olarak görmemesi, İran'ın izlediği dış politikanın önemini ortaya çıkarmaktadır. Güvenlik Konseyi'nin Irak kuvvetlerinin İran'dan geri çekilme çağrısını iki yıldan uzun bir süre içinde yapması, diğer taraftan da Irak'ın Kuveyt'i işgalinde ise Irak'a kuvvetlerini derhal ve koşulsuz geri çekme çağrısında bulunulması, İran'a yönelik haksız tutumu ortaya çıkarmaktadır".

İran bölgede cereyan eden her türlü kaosta kendi kendine güvenmeyi bir ilke olarak kabullenmiş, Batı'nın ve Batı ile hareket eden liderlerin müdahalelerine önlem almaya çalışmıştır. Yaşanan bu gelişmeler İran'ın dış politikasının şekillenmesinde önemli bir paya sahiptir. Haji-Yousefi (2009), İran'ın bu davranışını, onu çevreleyen uluslararası çevrelere yönelik bir sonuç ve tepki olarak bakılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, İran dış politikasının önceliği, dış etkiyi ve müdahaleyi ortadan kaldırmaktır. Bu anlamda Arap Baharı ile Suriye'nin baskı altına alınması ve rejimin devrilmesiyle sonuçlanabilecek bu kalkışmanın gereği olarak İran, Suriye yönetimine olan desteğini her fırsatta dile getirmiştir.

Anti-emperyalist politika ve söylem, İran'ın devrim sonrası dış politikasını şekillendiren ana unsurlardır. İran Ortadoğu'nun sürekli değişen jeopolitik arenasında gücünü gittikçe hissettiren bir ülke konumundadır. Bölgesel politikaları, jeopolitik gerçeklik ve ideolojik tasarımlarına dayanmaktadır. Dahası, İran'ın bölgedeki varlığı, ABD birliklerinin bölgeye gelmesinden sonra ortaya çıkan güvenlik tehditlerine yanıt olarak dost Şii hükümetlerle ittifak kurma ihtiyacının bir sonucudur. Dolayısıyla yayılmacılıktan öte, savunmacıdır (Bargezar, 2008). Özellikle 1980'lerde Körfez monarşileri ile Saddam Hüseyin önderliğindeki savaşta yalnız kalan İran, 11 Eylül saldırıları sonrasında ABD'nin Irak ve Afganistan'a saldırmasıyla emperyal güçlerin bölgedeki stratejik tehdidini derinden hissetmiştir. Dabashi'nin (2008) de ifade ettiği gibi "İran- Irak Savaşı'nın ve onun etrafında gelişen çığır açıcı olayların, bölgenin jeopolitiğini dönüşsüz biçimde değiştirdiğini ve 11 Eylül öncesinde ve sonrasında vuku bulan olayların çoğunun habercisi olduğu öne sürülebilir". Bu nedenle İran'ın olası bir dış müdahaleye karşı stratejik önlemler alması, Ortadoğu'daki kaosu fitilini ateşleyen güçlere ve bölgesel temsilcilerine karşı Suriye, Irak, Yemen ve Lübnan'daki güçlerle yakın ilişkiler kurmuş ve bu güçlere askeri destek sağlamıştır. Ma'oz (2007) da bu durumu destekler mahiyette şu ifadelerde bulunmaktadır:

"İslami İran'ın 1980'lerin başından beri hala güçlü olan ilk büyük ittifakları, yalnızca yarı-Şii ve ideolojik olarak laik yapı tarafından yönetilen bir devlet olan Suriye ve militan bir Şii olan Lübnan'daki hareket Hizbullah ile olmuştur. Bu ittifakın kaynağı Şiilik değil, ortak "İslam düşmanları"dır. Bu ittifakın üç unsurundan her biri, İran, Hizbullah ve Suriye, ortak "düşmana" karşı operasyonlarda diğerine yardım etmiştir".

İran, Ortadoğu siyasetinin etkin bir gücü olarak, Batı ve İsrail karşıtı söylemi, Filistin yanlısı tutumu sayesinde, bölgedeki toplumsal gruplar, örgütler ve bazı liderler ile belirgin oranda uyumlu görünmektedir. Bu durum, ABD'nin bölgedeki müttefiklerinden Suudi Arabistan ve Ürdün için bir tehdit unsuru olarak görülmektedir. İran'ın yürüttüğü bu stratejinin temelini, Posch'ın (2017) ifade ettiği gibi:

"Batı unsurunun azaltılması, Basra Körfezi'nde baskın güç haline gelmesi ve bu durumun korunması, Levant bölgesinde güçlü bir nüfuz zemininin oluşturulması, hepsinden öte de Suudi Arabistan ile rekabette başarılı olunması oluşturmaktadır. İran'ın bölgedeki bu jeopolitik vizyonu, Batı ve Batı'nın müttefiklerinin güvenliği ve hedefleri açısından tehdit oluşturmaktadır. Doğal olarak Batı'nın da bölgeye yönelik hedefleri göz önünde bulundurulduğunda İranlı yöneticilerin tüm politik ve ideolojik seçenekleri pragmatist bir anlayışla kullanacağı unutulmamalıdır. İran rejiminin ayakta kalması ve Irak ile Afganistan'da olduğu gibi İran'a bir askeri saldırı düzenlenmesinin engellenmesi gibi 'elde edilmesi makul çıkarılara' odaklanma politikası, bir oto-kontrol veya 'temkinli provokasyon' mantığı ortaya çıkarmıştır".

İran temel çıkarlarını korumak adına kararlı bir şekilde yürüttüğü politikalarını sürdürmektedir. İran'ın Suriye ile kurduğu ittifak ilişkisi, İran'ın hem bölgesel gücünü arttırmakta hem de bölgedeki statüsüne aracılık etmektedir. Bu anlamda İran'ın amacı; ABD hegemonyasını dizginlemek, diğer bölgesel güçleri dengelemek ve caydırmak, İsrail'le savaşmak ve belki de bölgesel petrol kaynakları üzerinde kontrol uygulamak gibi temel stratejik çıkarlarını ilerletmektir (Ma'oz, 2007).

İran, bölgesel ölçekte, tehdit olarak algıladığı tarihi ve politik gelişmeleri, stratejik müttefiki olan Suriye'nin emperyal müdahalelerle çökmesi, İran'ı bölgede yalnızlaştıracak ve savunma stratejisini olumsuz etkileyeceği düşüncesiyle hareket etmiştir. İran Ulusal Güvenlik Yüksek Konseyi Genel Sekreteri Amiral Ali Şemhani, İran'da yayımlanan üç aylık dış politika dergisi olan Tahran'a (YDH, 2017) verdiği röportajda İran'ın Suriye'yi desteklemesinin temel nedenlerini şu şekilde değerlendirmiştir:

"Birincisi, Suriye Siyonist rejimle mücadelede Direniş Cephesi'nin ileri hattında bulunmaktadır. İşgalci rejimle mücadelesinden hiç vazgeçmeyen Filistin'in en önemli destekçisidir. İkincisi, Amerika ve gerici Arap rejimlerinin baskısı altında kalan Suriye'nin Direniş Hattı'ndan ayrılmaya zorlanması, İran'a ve Direniş Cephesi'ne yardım etmek yerine Hizbullah'ı dizginleme konusunda işbirliği yapması istenmiştir. Üçüncüsü, Suriye'nin bu taleplere karşılık vermemesi ve İran'ın Irak ile sekiz yıllık savaşında Suriye tarafından desteklenmiş olmasıdır".

İran açısından Suriye'yi desteklemek, Batılı ülkelerle Arap ülkelerinin liderlerinin Suriye'yi Direniş Cephesinden ayırmak hedefiyle yaptığı baskılara karşı İran Direniş Cephesini koruma stratejisidir. Dolayısıyla Suriye Batılı ve Siyonist baskılara ve bölgesel temsilciler tarafından desteklenen çeşitli etnik-ulusal

yapılanmalarının yanı sıra, terör örgütlerinin saldırılarına maruziyetini bertaraf etmek için İran tarafından desteklenmektedir. Sinkaya'nın (2017) da ifade ettiği gibi; "Esad yönetimindeki Suriye, sadece İran'ın bir müttefiki olarak değil; aynı zamanda İran'ın savunma stratejisine 'stratejik derinlik' kazandırması açısından son derece değerlidir".

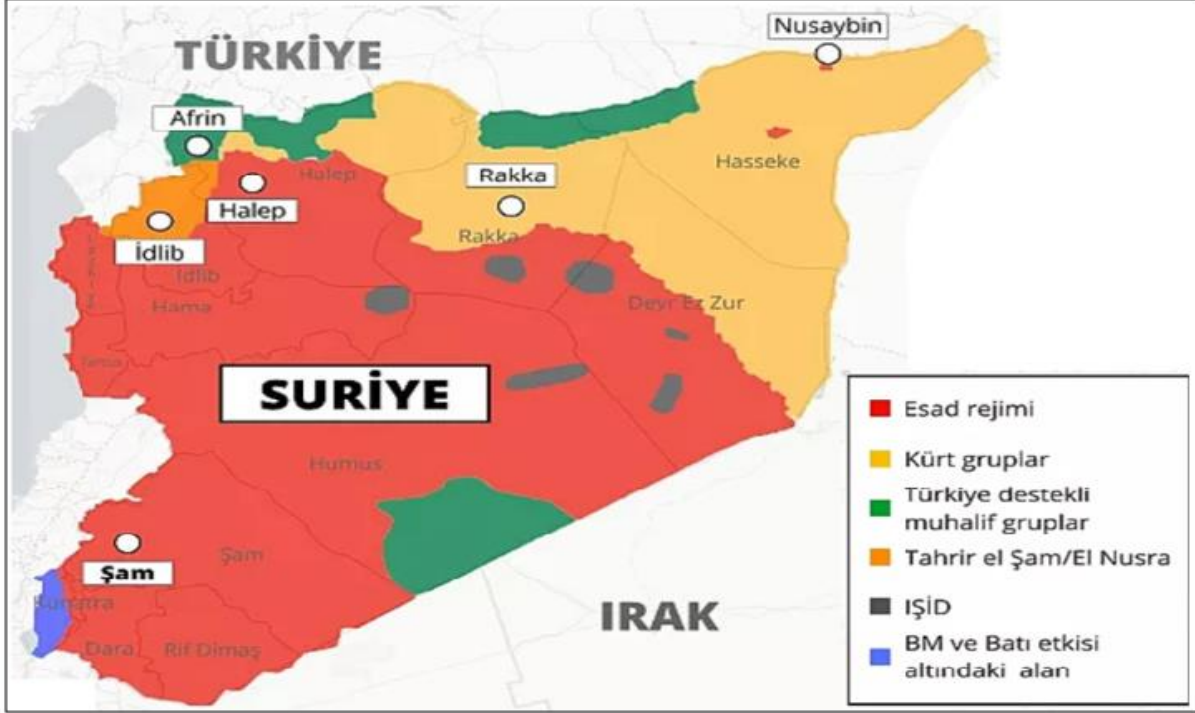
"İran'ın Arap Baharına yüklediği anlam ve değişim süreci karşısında izlediği siyaset, rejimi sınırladığı gibi ona fırsatlar da sunan jeopolitik ve toplumsal bağlam ile yakından ilgilidir" (Şen, 2012). Bu bağlamda ulusal önceliğini güvenlik, toprak bütünlüğü ve ulusal prestij oluşturmuştur. Sürece ilişkin strateji ve politikalarını Şii jeopolitiğini de dikkate alarak yürütmüştür. Bölgedeki ayaklanmalar sonucunda ABD yanlısı yönetimlerin devrilmesi, ABD askerinin Irak'tan çekilmesi ve Ortadoğu'da oluşan jeopolitik güç boşluğunun İran tarafından doldurulmasına zemin hazırlamıştır. Doğal olarak İsrail ve ABD karşıtı siyasi söylem, İran'ın İslam jeopolitiğindeki gücünü arttırmış ve Şii jeopolitiği ekseninde de önemli avantajlar sağlamıştır. Dolayısıyla İran'ın Suriye üzerinde gücünü etkin bir şekilde kullanabilmesi ve Esad rejiminin devamlılığını sağlaması için büyük çaba sarf ettiğinin de göz önünde bulundurulması önemlidir.

İran'ın Suriye Krizi'nde kontrol edici güç olma arayışı Suriye ile ittifakı güçlendirmiştir. Bölgenin istikrarı ve İran'ın güvenliği, Suriye gibi önemli bir müttefikin devamlılığından geçmektedir. Dolayısıyla Suudi Arabistan ve Ürdün gibi güçler için Suriye'ye yönelik her müdahale İran'ın gücünün kırılması anlamını taşımaktadır. Buna karşılık İran bu durumu göz önünde bulundurarak Suriye'ye her türlü desteği vermekte ve aynı zamanda olası rejim değişikliğini şiddetle reddetmektedir. İran, "Suriye'nin Esad yanlısı paramiliter örgütlerini doğrudan desteklemiştir. İran'ın vekilleri ve bölgesel ortakları; Lübnan Hizbullah'ı ve Iraklı Şii grupları daha önemli bir savaş rolü üstlenmişlerdir" (Fulton vd., 2013). Özellikle silahlı çatışmaların yoğunlaştığı ve rejim güçlerinin muhalif güçler karşısında zayıf kaldığı durumlarda, İran destekli güçlerin ve Hizbullah'ın meydana getirdiği Şii milis kuvvetleri devreye girmekte, ayrıca ABD ve İsrail destekli saldırılar karşısında da kontrol edici güç işlevi görmektedir. Ayrıca ülkenin kuzeyindeki ABD destekli Kürt siyasal hareketleri de bölgedeki önemli aktörlerdendir. Suriye krizinden önce yaklaşık 3 milyon nüfusa sahip olan Suriye'deki Kürtler, Suriye'de varlığı unutulmuş bir halktı. Michael Gunter (2014) geçtiğimiz yüzyılda Suriye'deki Kürtlerin birbirini izleyen hükümetlerce sömürüldüğünü ve marjinalleştirildiğini ileri sürmektedir: O'na göre, önce 1918'e kadar Osmanlı İmparatorluğu, ardından 1946'ya kadar Fransızlar ve son olarak bağımsızlığını kazanan Suriyeli Araplar bu durumun yaşanmasında pay sahibi olmuşlardır. Sirwan Kajjo (2020) da Kürtlerin kültürel ve siyasi haklarının reddedildiğini ve görece zengin kaynaklara sahip bölgelerinin de yıllarca ihmal edildiğini ifade etmektedir. Özellikle 25 Eylül 2017'de Irak özerk Kürdistan Bölgesel Yönetimi tarafından yapılan bağımsızlık referandumunun (%92.73'ü evet, %7,27 hayır) hem bölgesel (İran, Türkiye, Irak) hem de küresel güçler (ABD ve Rusya) tarafından olumsuz karşılanması, dikkatleri yeniden özerkliğini ilan eden Suriye'deki Kürtlere çevirmiştir.

2011'de başlayan Suriye (iç) savaşı sonrasında ülke *de facto* olarak üç ayrı bölgeye ayrıldı (Şekil 1). Ülkenin kuzey ve doğusunda, kabaca Fırat nehrinin doğusunda, Kürt nüfusun yoğun olduğu bölgede PYD (Demokratik Birlik Partisi) /YPG (Halk Koruma Birlikleri)'nin; kuzey batıda, İdlib ve yakın çevresi Tahrir el Şam ve El Nusra'nın, Türkiye sınırında yer alan bölgeler Türkiye destekli Suriye Milli Ordusu'nun (SMO) ve ülkenin geri kalan kısmı ise Suriye Baas rejiminin kontrolü altındadır (bak: Yıldız, 2017:197).

Peköz'ün de (2015:144) ifade ettiği gibi "uluslararası küresel kapitalist güçler, belirledikleri Ortadoğu stratejisini uygularken; PKK, PYD, Hizbullah, Hamas gibi toplumsal dinamikleri temsil eden siyasi hareketleri hesaba katmak zorunda olduklarını bilmektedirler". Söz konusu bu toplumsal hareketler, devletlerin iç ilişkileri ve bölgesel politikaları üzerinde önemli bir role sahip olmaktadır. Bu anlamda bölgedeki ilişkilerin son derece grift olduğu da bilinen bir gerçektir. Büyük oyun kurucuların yanı sıra bölgesel aktörlerin de farklı işbirliği ve politikaları hayata geçirdikleri görülmektedir. Örneğin Türkiye'nin desteklediği ve eğitip donattığı (SMO)'nun meydana getirdiği örgütler ve HTŞ (Heyetü Tahriru's Şam); ABD'nin YPG; Rusya'nın Baas rejimi ve İran'ın da Hizbullah ve Şii milis güçlerine verdiği destek ve askeri-lojistik-operasyonel ilişkiler, bölgedeki durumun daha da karmaşıklaşmasına neden olmuştur. Bu bağlamda Rusya ve İran Baas/Esad rejimine destek vermektedir. Küresel ve bölgesel güç olan bu iki ülke, özellikle İdlib bölgesindeki HTŞ, Ahrar-ü Şam vs. ile mücadele için YPG'nin öncülüğünü yaptığı Suriye Demokratik Güçleri'ne (SDG) karşı çıkmamakla birlikte, pragmatik bir

stratejiyle bölgesel denklemin hassasiyetlerini gözetererek yakın da durmadıkları görülmektedir. Ayrıca İran'ın YPG'ye ilişkin stratejik yaklaşımı, Suriye'nin toprak bütünlüğünden ve siyasal birliğinden yana bir perspektif üzerinden değerlendirdiği söylenebilir. İŞİD ile olan mücadeleden başarı ile çıkan SDG, bölgede başta ABD olmak üzere batılı ülkelerin en fazla askeri ve lojistik destekte buldukları bir yapılanmadır. Diğer taraftan SMO bünyesindeki grupların ve HTŞ'nin kontrolünde bulunan özellikle kuzeybatıda (Afrin gibi), Kürtlerin yoğun yaşadığı alanlarda demografik yapıyı değiştirmeye yönelik faaliyetleri, bir yandan bölgedeki kaotik durumun derinleşmesine neden olurken diğer taraftan uzun yıllara yayılacak sosyopolitik sorunlara yol açması da kaçınılmazdır.



Şekil 1- Suriye'de hangi bölge kimin kontrolünde?, (Euronews, 2022).

Figure 1- Who controls which region in Syria?, (Euronews, 2022).

İran, Suriye'de Esad rejimine karşı yürütülen ayaklanmayı iç dinamiklerin harekete geçmesi olarak değil, "direniş eksenini" ile düşmanları arasında bir mücadele olarak görmektedir (Cave 2012'den akt. Bingöl, 2013, Azizi, 2019). Sinkaya'nın (2017) da ifade ettiği gibi, özellikle Ayetullah Hamaney, yakın çevresi ve Devrim Muhafızları Suriye'deki gelişmeleri İran-ABD karşıtlığı ve 'direniş eksenini' çerçevesinde değerlendirilmektedir. Bu söylem, bir yanı sıra İran kamuoyunun Suriye politikasına ikna edilmesi, İran'ın beşeri ve iktisadi kaynaklarının bu uğurda harcanmasının meşrulaştırılması açısından da ideolojik bir işlev görmektedir.

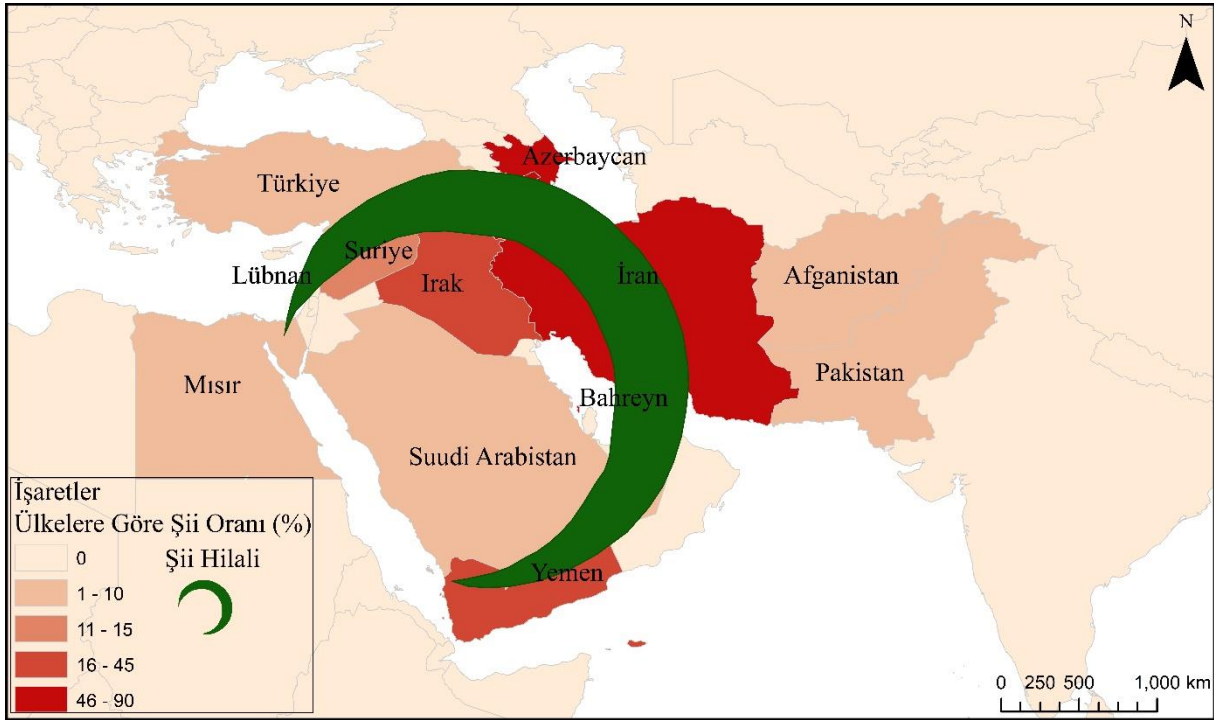
Sonuç olarak İran, Suriye savaşının aktif bir paydaşı olmuş ve Suriye ordusu ile birlikte binlerce devrim muhafızıyla özellikle Batı tasarımı çeşitli dinci radikal gruplara karşı savaşmıştır. İran için Suriye'deki gelişmeler çok stratejiktir. Esad rejiminin düşmesinin politik sonuçları, İran için son derece sarsıcı olmanın yanı sıra, küresel güçlerin İran'ı yeniden dizayn etmelerinin de önünü açacaktır. Bu nedenle İran, Suriye Krizi'ni kendi iç meselesi olarak görmüş, yaşanan tüm gelişmelerde adeta varlığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla Esad rejiminin devamlılığını sağlaması, bölgede İran'ın başarısı olarak görülecek ve bu bağlamda Ortadoğu dizayn edilirken, İran bölgesel bir güç olarak masada kendine yer bulacaktır (Peköz, 2015).

5. Şİİ HİLALİ VE SURİYE'NİN Şİİ HİLALİ EKSENİNDEKİ STRATEJİK ÖNEMİ

Şii Hilali'nin İran'dan başlayarak, ABD işgali sonrası Şii yönetimin başa geçtiği Irak'a, Beşar Esad yönetimindeki Suriye'ye ve Hizbullah'ın önemli bir güç olarak görüldüğü Lübnan'a kadar olan bölgeyi kapsadığı görülmektedir. Ayrıca Bahreyn, Yemen ve Batı Afganistan da bu Hilal'e dâhil edilmektedir (Şekil 2). Sinkaya'ya

(2007) göre "mezhepçi bakış, hâlihazırdaki İran-Suriye-Hizbullah ittifakına Şiiilerin hâkim olması beklenen Irak'ı ve diğer Şii topluluklarını da ekleyerek, Orta Doğu'nun siyasi haritasını Şii blok ile Sünni blok arasında ikiye bölmekte, bu iki blok arasındaki mücadele Ortadoğu'nun geleceğini belirlemektedir". Barzegar'ın (2008) da ifade ettiği gibi, iki siyasi ve entelektüel elit grubu, bölgesel bir Şii Hilal söylemiyle ilgili tartışmalara dikkat çekmektedir: (1) Arap Sünni elitleri ve (2) İran'ın Batı'da, özellikle ABD'de büyüyen bölgesel rolünün muhalifleri. Sünni kesimin bu tutumu benimsemesindeki amaç; gittikçe bölgede genişleyen İran hâkimiyetini zayıflatmak ve bölgede politik talepleri artan Şiiilerin etki ve temsil güçlerini kırmaktır.

İran, dünyada Şii nüfusun en fazla olduğu ülkelerdendir. Ülke nüfusunun yaklaşık % 90'ını Şii nüfusu oluşturmaktadır. İran'ı, % 65'lik oranlarla Azerbaycan ve Bahreyn takip etmektedir. Sırasıyla Irak ve Lübnan % 45, Yemen % 40, Suriye % 15, Afganistan, Pakistan, S. Arabistan'da % 10; Mısır da % 5 oranında Şii nüfus bulunmaktadır (Şekil 3).



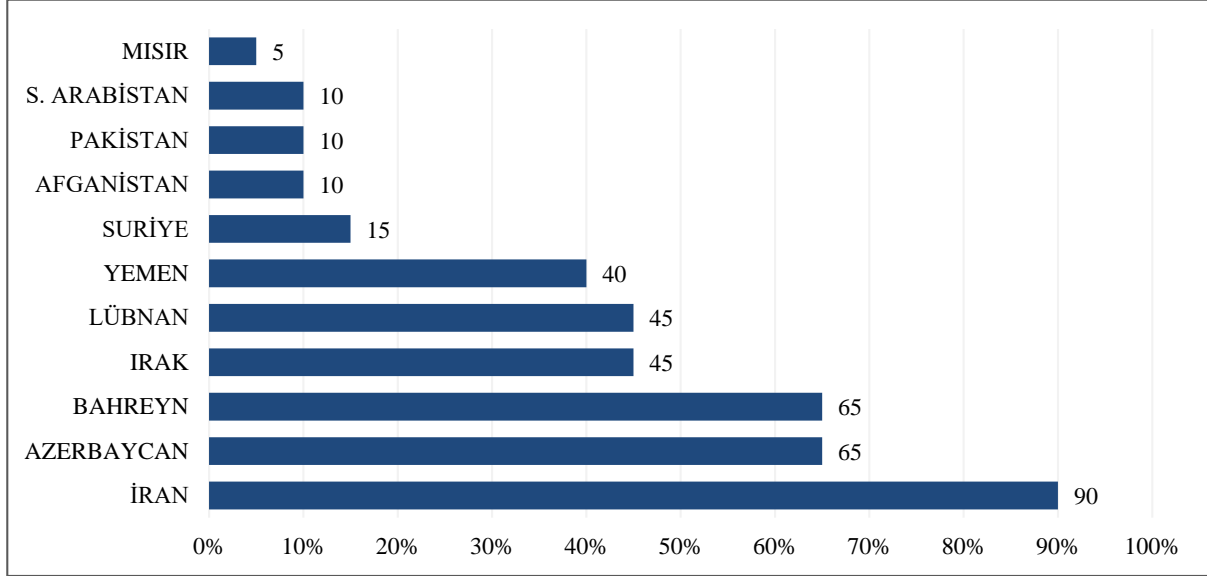
Şekil 2- Şii Hilali Söylemini Kapsayan Ülkeler.

Figure 2- Countries Containing the "Shia Crescent" Discourse

İran, Şii nüfusun yoğunlukta olduğu ülkelerle yakın ilişkiler içerisinde olmuş, ilgili ülkelerle gerek hükümetler bazında, gerekse Şii nüfus üzerinden kurduğu temaslarla tam da Ratzel'in *Lebensraum* (yaşam alanı) olarak tanımladığı bir kurulumu amaçlamıştır. Bu politik kurulum, özellikle 1979 Devrimi ile radikal ölçekte değişim göstermiştir. 1978-1979 İslam Devrimi ile İran toplumu adeta temelden ve yeniden örgütlenmiş, tüm ideolojik aygıtlar, İslam Cumhuriyetinin kurulumunda birer aygıt olarak işlevselleştirilmiş ve İslami kurumsallaşmaya bağlı olarak hegemonik-kültürel dönüşüm ciddiyetle uygulanmıştır. İran'da derinleşen bu tür ideolojik uygulamalara karşı Batı'nın eleştirel yaklaşımı karşısında, İran'ın demokrasiden yana bir değişim ve dönüşüm geçirmesi için Batı ile yüzleşmesi konusunda aydınlar arasında da arayışlar olmuştur (Farsoun & Mashayekhi, 2005).

Muhammed Rıza Şah Pehlevi liderliğindeki (1941-1979) İran'da, monarşi rejimi ile Batı (ABD ve İsrail) arasındaki iyi ilişkilerinin aksine, 1 Nisan 1979'da ilan edilen İran İslam Cumhuriyeti ise Batı ve emperyalizm karşıtı söylemleriyle dikkat çekti. Nitekim Ayetullah Ruhullah Humeyni'nin önderliğindeki (1979-1989) İran siyasal yönetiminin filizlendiği ilk yıllarda, İslami inanç ile sosyalist düşüncenin sentezlendiği yeni bir siyasal kurulum öngörülürken, bu çoğulcu halk hareketi ve talepleri "Şiilik" bariyerleri ile kısıtlandı ve bu ekseninde bir

İran İslam Cumhuriyeti rejimi inşa edildi. Bu siyasal kurulum, Şii nüfusun bulunduğu diğer Sünni egemen Ortadoğu ülkeleri tarafından bir tehdit olarak algılandı. Çünkü diğer ülkelerdeki Şii nüfus ile kurulan ekonomik, sosyal, kültürel ve özellikle politik ilişkiler, Şii Hilali söyleminde direten Suudi Arabistan, Ürdün, Mısır, Kuveyt ve Bahreyn gibi Sünni yönetimlerin tehdit algılarının pek de yersiz olmadığını göstermektedir. Nitekim Sünni otoriter rejimler kendi itibarlarını güçlendirmek için Şii Hilali fikrini dillendirmiş ve genel olarak nüfusun, özellikle ılımlı İslamcıların Şiilere karşı endişe duymalarına yol açmıştır (Helfont, 2009).



Şekil 3- Ülke Nüfusları İçinde Şii Nüfus Oranları, (Yetim, 2020).

Figure 2- Shia Population Rates in Country Populations, (Yetim, 2020).

Geleneksel olarak, bölgesel ve özellikle Basra Körfezi siyaseti, bölgenin ana aktörleri arasında bir güç dengesi sağlama arzusuyla her zaman ağır basmıştır. İran ve Irak yıllarca birbirlerinin gücünü dengeledi, böylece bölgedeki diğer devletlerin kendilerini daha güvende hissetmelerini sağladı. Mevcut Irak krizi ile Arap Sünni otokratları, bölgesel güç boşluğunu açıkça yerine getiren bir İran'dan korkmaktadır (Bargezar, 2008). Bu korkunun oluşmasında İran'ın, ABD-İrak savaşında Saddam'ın devrilmesiyle önemli bir siyasi kazanç elde etmiş ve bölgede Şii nüfus üzerinde ciddi bir güç elde etmiş olması yatmaktadır. Dolayısıyla bu gelişmeler, Ürdün Kralı II. Abdullah ve Suudi Arabistan yönetimini endişelendirmiştir. Şii Hilali söylemiyle Irak seçimlerinde İran'ın etkisine dikkatleri çekerek bu kavramın literatürde kendine alan bulmasına sebebiyet vermişlerdir. Ancak Şii ideolojik bir koalisyon kurma umudu henüz İran veya Arap toplumlarında kurumsallaştırılmamıştır ve bu nedenle İran'ın dış politikasını düzenlemede çok az bir ağırlığı bulunmaktadır. Dolayısıyla ideoloji, İslam Cumhuriyeti'nin dünya görüşünün önemli bir parçasını oluştursa da İran'ın eylemlerinin öncelikli olarak pragmatik düşüncelerle motive olduğunu gösteren birtakım gerçekler vardır. İran'daki yönetici seçkinler, Şii-Sünni meselesini İslam dünyasının daha geniş bağlamında algılamaktadırlar (Bargezar, 2008). Dolayısıyla 'Şii Jeopolitiği' ya da 'Şii Hilali' terimi Soğuk Savaş'tan sonra Batı siyaset literatürüne giren, Güneybatı Asya'daki Batı'nın stratejik çıkarları doğrultusunda izlenen bir tür söylemsel bölgesellik sürecidir (Kiani vd., 2014).

Merkezi yönetimin zayıfladığı Şii ülkelerdeki etnik ve mezhep gruplarının, daha güçlü olan İran ve diğer Şii yönetimlerle işbirliğini artırma eğilimine yöneldikleri bir gerçektir: çünkü İran; Irak, Suriye, Afganistan, Bahreyn, Pakistan, Azerbaycan gibi ülkelerdeki Şiiler ile yakın ilişki içerisinde. İran ile bu ülkelerdeki Şiiler arasındaki tarihsel manevi bağ, işgal bölgelerinde uygulamaya konulan küresel politikaları etkilemektedir (Peköz, 2015). Irak, Suriye, Lübnan, Filistin ve Yemen gibi ülkelerde İran etkisinin giderek artması ve İran'la yakın ilişkiler kurulması, Şii Hilali söyleminin sık sık gündeme gelmesine yol açmaktadır. "Şii Hilali iddiasında bulunan ülkeler, hedef 'söylemini' geliştirmek için 'harita' gibi bir aracı kullanmakta ve bölgenin coğrafi ve hümanist gerçeklerini dikkate almadan 'Şii Hilali' fikrini hedeflerine ulaşmak için teşvik etmeye çalışmaktadırlar" (Azandehie&Kiani, 2014).

Haji-Yousefi'e (2009) göre Şii Hilal teorisi fikri, "İran'ı daha fazla izole etmek için etnik-dini bir ayırım yaratma stratejisinin çerçevesi ve bağlamı içinde gözlemlenebilir. Başka bir deyişle, ABD İran'daki rejim değişikliğinden yana ve bunu bir Şii yükseliş korkusu yaratarak yapmayı planlamaktadır". Bu tamamen bölgede İran'a karşı Şii olmayan devletlerin ve İran'a karşı olası askeri koalisyonun desteğini almayı amaçlayan temel politikaları göstermektedir. Buna karşın İranlı yöneticiler ise, bu söylemin Batı kaynaklı olduğunu, İran'ın ne dış politikasında ne de iç yönetimine dair uygulama alanının olmadığına işaret etmektedirler. "Ayatollah Hamaney, bu Şii Hilali fikrine tepki olarak, Orta Doğu'ya yönelik Batı politikasının, büyüyen bir Şii gücü nedeniyle Basra Körfezi'ndeki ülkeler ve Sünni Müslümanlar arasında korku oluşturmaya odaklanan bir politika olduğunu ileri sürmüştür" (Haji-Yousefi, 2009).

İran, Ortadoğu'da bölgesel güç olma arzusuyla hareket etmektedir. İranlı yöneticiler, stratejik konumları, ülkenin doğal kaynakları, beşeri sermayesi, kültürü ve tarihi zenginlikleri nedeniyle bunu kendileri için çok doğal bir hak olarak görmektedirler. "Devrimin ilk günlerinde düşündüklerinin aksine, bu bölgesel hegemonyayı Şii Hilali yaratmak için bölgede İslami devrimler başlatmaya çalışarak elde etmeyi düşünmemektedirler. Sadece Irak'ta değil, tüm bölgede Şii dostlarını mümkün olduğu kadar daha çok liderlik pozisyonunda görmek istemektedirler; ancak bu durum İran'ın dış politikasını Şiilik üzerine inşa ettiği anlamına gelmez" (Cole vd., 2005). Dolayısıyla Şiilik üzerinden inşa edilecek dış politika söylemi İran'ı bölgede daha fazla marjinal hale getireceği ve etki alanını sınırlayacağı için İranlı yöneticiler tarafından reddedilmektedir.

Bargezar (2008) da, Şii Hilali söylemine iki açıdan itiraz edilebileceğini öne sürmektedir: "*Birincisi*, bölgede birlik ve dayanışma gücü olarak hareket eden din veya ideoloji yerine, ulusal kimlik faktörü öne çıkmaktadır. *İkincisi* ise, Ortadoğu meseleleri çoğunlukla kültürel, siyasi ve jeopolitik kimlik talepleri (örneğin Persler, Araplar, Türkler, Kürtler vb.) doğrultusunda odaklanmaktadır ve bunlar temel olarak ortak dilleri, bölgesel yakınlıkları ve tarihsel kökenleri nedeniyle konsolide hale gelmiştir". Dolayısıyla Şii Hilali söyleminin temelinde, Müslüman toplumundaki bölünmeyi sürdürmek ve bölgedeki olası bir durulmayı engellemek yatmaktadır. İran'ın hem Sudan hem Filistin meselelerinde sergilediği tutum, söz konusu ülkelerin kültürel aidiyetleri dikkate alındığında bir Sünni ya da Şii yaklaşımının önemsenmediği görülmektedir. İran'ın dış politikasının temelinde kuşkusuz ABD tehdidine ve bölgesel müttefiklerine karşı koymak yatmaktadır. Lübnan'da Hizbullah'ın desteklenmesi, Suriye ile stratejik ortaklığın kurulması, Irak ve Afganistan'da ABD'ye karşı olan tüm askeri ve siyasi girişimlerin desteklenmesi, söz konusu İran'ın dış politikasının bir ürünüdür. Sürekli emperyal baskılar ile mücadele eden İran'ın, ulusal güvenliğini koruması ve jeo-politik avantajını elde tutması için tüm kaynakları kullanması, bunun mücadelesi içinde olması önemli bir gerekliliktir.

Çakmak'a (2015) göre, belirli bir ülkede Şii varlığı mutlaka İran'ın nüfuz potansiyeli olduğu anlamına gelmemelidir. Bu bağlamda;

"Şii kimliğin, Şii Hilal'inin ortaya çıkması için tek belirleyici değişken olamayacağına savunmaktadır. Örneğin, halkın ağırlıklı olarak Şii olmasına rağmen, ulusal kimliğin mezhep kimliğine göre öncelikli olduğu Azerbaycan'daki İran etkisinden söz edilemez. Suriye'de İran etkilidir, ancak bu sadece mezhepsel yakınlığa bağlı değildir; aynı zamanda iki ülke arasındaki jeopolitik kaygılar ve yakınlaşma ile de ilgilidir. Afganistan ve Pakistan'daki Şii mevcudiyetine rağmen, bu Şii toplulukları çoğunlukla jeopolitik nedenlerden dolayı Şii Hilali için potansiyel adaylar gibi görünmemektedir. Bu, kavramın tamamen mezhep kimliği ile ilgili olmadığı anlamına gelir".

Azandehie ve Kiani'ye göre (2014) göre, "Coğrafi süreklilik haritası" "güç" yaratmada bir faktör olarak kabul edilse ve jeopolitik çıkarları Ortadoğu'da verilen siyasi birimlerin organik çevresinin veya ilişkisinin sonucu olarak görülse bile, "Şii jeopolitik" ve "Şii Hilali" kavramları bilimsel bir gerçeklik kazanmaz. Yönetimsel bir birliktelik olmadığından Ortadoğu'nun yeni jeopolitiğin inşasında Şii Hilali'nin ya da Şii topluluklarının birliğinin oluşturulması söz konusu değildir. Özellikle Irak ve Lübnan Şiiileri, Sünniler ile birlikte yaşadıkları ve kendi ülkelerinin toprak bütünlüğünün korunması gerektiğini öncelikle için Şii Hilali'nin gerçekleşmesini savunmaları beklenemez (Rigiderakhshan, 2020).

Şiiiler arasındaki kültürel, milli, etnik, sosyo-politik farklılıkları göz ardı ederek, Şiiileri sadece mezhep temeli üzerinde bir ittifak oluşturuyormuş gibi görmek, Şiiliği monolitik bir tarzda ele almak anlamına

gelmektedir. Oysa “Şii Hilali” yaklaşımını doğru şekilde değerlendirmek için Şiileri kendi sosyo-politik kurumları çerçevesinde analiz etmek gerekmektedir. Örneğin Hizbullah ve Irak Şiileri bir yana, birçok gözlemci Körfez ülkelerindeki Şiilerin, İran’ın bir temsilcisi ve aracı olmayı değil, kendi kimlikleriyle mevcut siyasi yapılar içinde yer almak istediklerini belirtmektedir (Sinkaya, 2007). Dolayısıyla Rigiderakhshan’ın (2020) da ifadesiyle “İran’ın bölgedeki Şiileri birlik altına alma girişimi dış politikasında Şii Hilali olarak algılansa da bu yaklaşım aslında Şiiilikteki direnişin jeopolitiğinin muhafaza edilmesi anlamına gelmektedir”. Uluslararası toplumun İran ile ilgili en çok düştüğü hata; İran algısını 1979 Devrimi ve günümüz yönetim sistemiyle sınırlandırma, bu algı çerçevesinde analiz etme kolaycılığıdır. Bu kolaycılık magazin, popüler ve basitleştirici modern dünya algısının bir anlamda kaçınılmaz sonucudur. İran’ı yalnızca 35 yıllık bir molla rejiminden ve bunun yansımalarından ibaret sanan algı, meseleleri “Şii Hilali/ Direniş Eksenini” kavramsallaştırmalarının kolaycılığıyla sınırlı bir şekilde anlamaya mahkûmdur (Korkmaz, 2015).

İran’ın liderliğinde bir "Şii Hilali" yaratma düşüncesine yönelik değerlendirme ve yorumlar, İran dış politikasının önemli yönlerinin gözden kaçmasına yol açmaktadır. Ma’oz (2007) da İran’ın dış politikasında ve Şii Hilali yaklaşımında yapılan açıklamaların eksikliğini şu şekilde ortaya koymaktadır:

“Birincisi, İran’ın Ortadoğu’da bir "Şii hilali" inşa etmeye çalıştığına dair net bir kanıt ya da bu yönde bir açıklama olmamıştır. İkincisi, en yoğun, devrimci aşamasında bile Ayetullah Ruhullah Humeyni yönetimindeki İran, ulusal veya mezhep ayrımı olmaksızın İslami olan, ne İranlı ne de Şii ekümenik bir İslami devrim çağrısında bulunmamıştır. İran İslam doktrini, Şii Hilali’nden ziyade, devletin çıkarlarını ön plana çıkarmakta ve mezhepçi söylemden uzak durmaktadır. İran, tam da Sünni liderleri ve potansiyel Sünni takipçilerini yabancılaştırmak istemediği için stratejik-ideolojik bir amaç olarak bir “Şii Hilali” inşasını ilan etmekten kaçınmıştır”.

6. SONUÇ

Suriye krizi, Ortadoğu’da güç dengesinin yeniden dizayn edilmesinde ve bölge siyasetinin uluslararası arenada farklı bloklarda tartışılmasına alan açmıştır. Uzun yıllara dayanan Suriye ve İran ittifakı, Esad rejimi için çok önemli gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Suriye’de yaşanan güç mücadelesinde bölgesel bir aktör olarak ortaya çıkan IŞİD (DAESH)’in etkinliğinin artması ve mezhepsel söylemlerin yükselişe geçmesi, İran’ı Suriye meselesinde önemli bir aktör haline getirmiştir.

İran ile Suriye arasındaki stratejik ortaklık, özellikle 2000 yılında Beşar Esad’ın yönetimi babasından devralmasıyla kuvvetlenmiştir. İran ve Lübnan Hizbullah lideri Hasan Nasrallah, Esad’ın can simidi olmuş ve Suriye yönetimine askeri savunma yönünden ciddi destekler sunmuşlardır. İran’ın gelişmiş silahları Lübnan Hizbullah’ına taşımak, bölge ülkelerinde bulunan Şii grupları desteklemek ve İran Devrim Muhafızlarının Lübnan’a geçişini sağlamak için Suriye topraklarını kullanması, Suriye ile olan ilişkileri güçlendirmiştir. Bu gelişmelere bağlı olarak, iki ülke arasındaki ortaklık özellikle Suriye’nin bölgedeki rakiplerinin politikalarını doğrudan etkilemiştir. Suriye-İran ittifakı, “Ortadoğu’daki iki kutuplu sistemin yanı sıra 1980’lerde Irak işgaliyle mücadele, 1990’larda İsrail-Türkiye eksenine karşı koyma ve 21. yüzyılda İsrail-ABD hegemonyasını dengeleme gibi ortak güvenlik çıkarları tarafından yönlendirilmektedir” (Sun, 2009). Bu stratejik ortaklık özellikle 2011 Suriye kriziyle hat safhaya ulaşmış, bölge siyaseti için yeni arayışları gündeme taşımıştır.

İran ve Suriye arasındaki ittifakın derin çözümlemesini yaparken sadece son 12 yıllık sürece bakılmamalıdır. Son yıllardaki çatışmalı sürecin öncesine ve iki ülke arasındaki tarihsel bağlara odaklanılmalıdır. Suriye’nin, İran’ın yeni hükümetini tanıyan ilk Arap ülkesi olması ve dış politikada ortak bir amaç duygusuyla (ABD-İsrail karşıtlığı) hareket etmesi iki ülke arasındaki dostluğu pekiştirmiştir. Ayrıca Irak ve Lübnan’daki ortak çıkarlar ve İsrail özelindeki ideolojik kesişmeler, iki ülkeyi dış politikada birleştirmektedir. İran’ın dış politikası bölgede en uzun soluklu gelişmeleri analiz etmek açısından kritik bir öneme sahiptir. Rusya, Hizbullah ve Körfez ülkeleri dâhil kilit oyuncularla yakın bir ilişki içerisinde olan İran’ın Suriye ile kurduğu stratejik ittifakın temelinde, bölgede İsrail ve ABD’yi bir tehdit olarak algılaması yatmaktadır. Dolayısıyla söz konusu ittifakta kendilerini Direniş Eksenini olarak görmektedirler. İki ülke arasındaki ittifakta ulusal çıkarların yer alması ve Hizbullah’ın Lübnan’daki konumunun güçlenmesi de stratejik bakış açısını önemli düzeyde etkilemektedir. ABD’ye (ve İsrail’e) yönelik karşılıklı şüphe, ittifakın devam etmesinde önemli bir etkidir. Wastnidge’nin

(2017:153) de ifade ettiği gibi Irak'ın güvenliğini sağlama, Hizbullah'ın gücünü sürdürme konusundaki acil jeopolitik kaygılar, İran'ın direniş arzusunu paylaşan bir ülkeye desteğini sürdürmesinde kilit stratejik nedenler olmuştur. Ayrıca İran'ın Hizbullah ile bağlantısını sürdürebilmesi için Suriye'de uzlaşmacı bir rejime ihtiyacı vardır. Bölgesel bir aktör olan Suudi Arabistan'ın da eylemleri, İran'ı bir Arap ülkesinin yanında olmaya zorlamıştır. Dolayısıyla Suriye'de Suudi Arabistan destekli ve Esad, Şii karşıtı İslamcı yönetimin gelmesinden endişe duyan İran, söz konusu krizde Suriye'nin yanında yer almıştır.

Suriye krizinin seyrini Esad rejimi lehine çevirmek için önemli çaba sarf eden İran, desteğini giderek arttırmıştır. Özellikle Nusra Cephesi ve Körfez ülkelerinin desteklediği muhalif grupların artan başarıları, İran yönetimini Suriye krizinde daha aktif bir pozisyona taşımıştır. Söz konusu bu gelişmeler başta Lübnan olmak üzere bölgedeki Şii savaşı grupları harekete geçirmiştir. Halep'e kadar uzanan alanda Suriye rejimine toprak kazandırmıştır. Bu anlamda İran dış politikasının Suriye krizindeki yansımaları uzun vadeli ilişkilerin temelini oluşturmaktadır. Dolayısıyla Suriye rejimine verilen askeri ve ekonomik destek; İran'ın bölgede ve özellikle Suriye'nin geleceğinde söz sahibi olma durumunu sağlamlaştırmaktadır.

İran nüfusunun büyük bölümü (%90-95 oranında) Şii mezhebine mensup olduğu için, hem Batı'nın hem de Körfez'deki Sünni yönetimli (S. Arabistan, Katar, Ürdün) rejimlerin ideolojik değerlendirmelerinin gündeminde yer almaktadır. Çünkü Ortadoğu'daki siyasal denklemin başat pratikleri din ve mezhepsel eksenli ideolojik kurulumlar üzerinden yürütülmektedir. Aynı şekilde İran'ın gündeminde ise Sünni mezhebe mensup körfez ülkelerin Batı ile birliktelik oluşturan ideolojik kurulumları ve bölgesel hegemonyalarına ilişkin özenli değerlendirmeler olduğu muhakkaktır. Bölgesel müttefikler ve temsilciler ABD'nin ve Batı'nın da bölgeye yönelik eylemlerini meşru bir zemine oturtacak hayali iddialarla rollerini oynamaya devam etmektedirler. Şii kimlik üzerinden üretilen ve bölge için yeni tartışmalara yol açan "Şii Hilali" tanımlaması, tam da Sünni yönetimli körfez ülkelerinin siyasal değerlendirmelerinin nüvesini oluşturmaktadır. Körfez ülkelerine göre İran'ın temel hedefi; Şii'leri tek çatı altında toplamak ve İran'ın Ortadoğu'daki teritoryal konumunu daha da güçlendirmektir. "Şii Hilali" olarak tanımlanan bu siyasal kurulum, İran'ın Suriye ve Lübnan üzerinden Levant bölgesi ve dolayısıyla Akdeniz'e kadar ulaşan bir hegemonik hilalin kuzey yarım hilalini oluştururken, diğer tarafta ise Irak, körfez ülkeleri ve Yemen'e kadar uzanan da hilalin güney kanadını oluşturmaktadır. Temel argüman, İran'ın Arap yarım adasını çevreleme- kuşatma ve Sünni yönetimli iktidarların egemenliğine halel getirecek yapılanmalara kaynaklık ettiğiidir.

Sinkaya'ya (2007) göre İran, artık devrimci aktivizmini yitirmiş, statükocu bir güç olmuştur. Dış politikasında Şiilikten ziyade kendi milli çıkarlarını ön planda tutmaktadır. İran'da milliyetçiliğin yükselişi, velayet-i fakih rejiminin itibar kaybetmeye başlaması ve ülkenin içinde bulunduğu siyasi, iktisadi ve sosyal sorunlar İran'a böyle bir eksene liderlik edecek fırsatı tanımamaktadır. Şii bir Irak'ın ve diğer Şii siyasi aktörlerin de böyle bir mihvare öncülük edecek siyasi ve iktisadi potansiyelleri bulunmamaktadır. Suriye ise, uluslararası arenada dinî kimliğinden ziyade sosyalist Arap milliyetçiliği ile tanınmıştır. Aynı zamanda Suriye, politikasında hiçbir zaman Şiiliği ön plana çıkarmamıştır. Bu bağlamda dış politikasında hegemonik alan oluşturma ve daha çok pragmatist davranan İran'ın hem Ortadoğu genelinde hem de komşu sınırlarda güvenli bir ortam inşa etme ve ekonomik fırsatlar elde etme gayreti içinde olduğu görülebilmektedir. Bu teritoryal kurulumda incelikli bir strateji yürütülmektedir ve İran'ın dış politikası sadece Şiilik üzerinden değil, aynı zamanda bölgesel çıkarlar da yürütülmektedir. Bu nedenle bölgedeki güç ve siyasal kurulumları temsil eden "Şii Hilali" düşüncesi, yekpare bir ideolojik kurulumdan ziyade, çok boyutlu ve farklı desenleri olan bir yapılanmanın tanzimi olarak da düşünülebilir. Ekonomik ilişkiler, turizm etkinlikleri, ticari faaliyetler ve uluslararası politikalar vasıtasıyla inşa edilen ilişkilerin de "Şii Hilali"ne alan açarak, bu teritoryal alanın kurulumuna katkıda bulunduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, İran'ın bölgesel yayılmacılığı ve Suriye'deki konumu, "Şii Hilali" söylemini haklı çıkaracak somut adımlardan mütevellittir. Dolayısıyla Sünni yönetimli körfez ülkelerin ileri sürdükleri Şii yayılmacılığı söylemi haklı olmakla birlikte eksik bir tanımlamadır. Çünkü İran'ın teritoryal kurulumunu ifade eden "Şii Hilali"ne karşılık, Sünni yönetimli bölge ülkelerinin, özellikle Batı ile birlikte Ortadoğu'daki faaliyetleri de İran'ın temel kaygılarından. Bu bağlamda, Ortadoğu gibi yekpare ulus kültüründen ziyade, çokkültürlü ulus devletlerin hemen hepsi, yaşam alanını (*Lebensraum*) genişletmek için sadece Şiilik değil, aynı zamanda bu inanç

kimliği ile simbiyotik bir bağıntı oluşturan (ekonomik, kültürel, uluslararası ilişkiler ve toplumsal etkinlikler gibi) farklı etkenler tedavüle alınarak istenilen hedefe yönelik politikalar hayata geçirilmektedir.

Güç sarkacının zaman içinde büyük salınımlarının damgasını yer vurduğu bir bölgede, Türkiye ile İran arasındaki ilişkiler aslında yüzlerce yıldır çarpıcı derecede istikrarını korumuştur (Fuller, 2017:147). İki ülke arasında ciddi bir dostluk olmamakla birlikte düşmanlık da bulunmamaktadır. Ancak bölgedeki çıkarlar ve karşılıklı meseleler, Türkiye ve İran'ı ortak noktalarda buluşturmaktadır. Her iki ülkenin mezhep temelinde izledikleri politikalar, çıkar ilişkisine dayanmakta ve bu çıkarlara bağlı olarak da önemli değişiklikler göstermektedir. Bölgesel olarak hem birbirlerine hem de çevrelerine karşı üstünlük kurma kaygısıyla hareket eden iki ülkenin temel kaygısı, kendi güvenliklerini korumaktır. Dolayısıyla bu mücadelede mezhep, kullanılan önemli konulardan biri olmaktadır. Olası bir "Şii Hilali"nin gerçekleşmesi durumunda Güneş'in (2019:63) de ifade ettiği gibi, Türkiye'nin Sünni-İslam dünyası ve zengin enerji kaynaklarının bulunduğu Ortadoğu ile olan coğrafi bağı kopacaktır. Bu bağın kopması durumunda ise Türkiye sadece büyük güç olma hedefine veda etmekle kalmaz; aynı zamanda İran kaynaklı yeni güvenlik riskleriyle karşı karşıya kalabilir.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / funding conditions	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/ <i>Conception/Design of Study</i>	M. Reyhanoğulları – N. Özgen
Metodoloji/ <i>Methodology</i>	M. Reyhanoğulları – N. Özgen
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/ <i>Data Curation</i>	M. Reyhanoğulları – N. Özgen
Analiz/ <i>Analysis and interpretation of data</i>	M. Reyhanoğulları – N. Özgen
Görselleştirme/ <i>Visualization</i>	M. Reyhanoğulları – N. Özgen
Yazı taslağı/ <i>Writing - Original Draft</i>	
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/ <i>Writing - Review & Editing</i>	M. Reyhanoğulları – N. Özgen
Proje yönetimi/ <i>Project administration</i>	

REFERANSLAR

- Adler, E. (1997). Seizing the Middle Ground: Constructivism in World Politics, *European Journal of International Relations*, 3 (3), pp. 319-363.
- Ahmadian, H. & Mohseni, P. (2021). Iran's Syria Strategy: The Evolution of Deterrence, F. Osinga, T. Sweijts (Eds.), In: NL ARMS Netherlands Annual Review of Military Studies 2020, (pp: 231-260), T.M.C. Asser Press.
- Ansari, A. & Tabrizi, A. B. (2016). The View From Tahrir, A. B. Tabrizi, R. Pantucci (Eds.), In: Understanding Iran's Role in the Syrian Conflict (pp: 3-11), Royal United Services Institute.
- Azandehie, M. B. & Kiani, V. (2014). A Critique on Shia geopolitics discourse; with emphasis on genealogical approach, *Geopolitics Quarterly*, 9 (4), 83-106.
- Azizi, H. (2019). Iran in Syria: decision-making actors, interest and priorities, *Omran for Strategic Studies-Geneva Centre for Security Policy*, 1-5.
- Barzegar, K. (2008). Iran and the Shiite Crescent: myths and realities, *The Brown Journal of World Affairs*, 15 (1), 87-99.
- Bingöl, O. (2013). Arap baharı ve Ortadoğu: çok eksenli güç mücadelesinde denge arayışları, *Türk Dünyası İncelemeleri Dergisi*, XIII (2), 25-49.
- Byrne, A. (2017). Suriye Gerçeğini Gizlemek: Enformasyon Savaşı, O. K. Sarıalioğlu (Ed.), içinde: Suriye Savaşı'nın Gizlenen Gerçekleri- İsrail İçin Suriye'yi Yok Etmek (Çev. S. Sezer, ss. 141-152), Önsöz Yayıncılık.
- Cartalucci, T. (2017). Suriye'ye Karşı Örtülü Savaş: Rejimi Mağlup Etme ve İran'a Etkinin Anahtarı, O. K. Sarıalioğlu (Ed.), içinde: Suriye Savaşı'nın Gizlenen Gerçekleri – İsrail İçin Suriye'yi Yok Etmek, (Çev. O. K. Sarıalioğlu, ss.135-140), Önsöz Yayıncılık.
- Chubin, S. (2012). Iran and the Arab Spring: Ascendancy Frustrated, Gulf Research Center.
- CIA, (2022). Country Summary, Aralık 20, 2022 tarihinde <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/bahrain/summaries> adresinden alındı.

- Cole, J., Katzman, K., Sadjadpour, K. & Takeyh, R. (2005). A Shia Crescent: what fallout for the United States?, *Middle East Policy*, 12 (4), 1-27.
- Cunningham, F. (2017). Suriye'den Ne İstiyorlar?, O. K. Sarılioğlu (Ed.), içinde: Suriye Savaşı'nın Gizlenen Gerçekleri – İsrail İçin Suriye'yi Yok Etmek, (Çev. O. K. Sarılioğlu, ss. 215-218), Önsöz Yayıncılık.
- Çakmak, C. (2015). The Arap spring and the Shiite Crescent: does ongoing change serve Iranian interests?, *The Review of Faith & International Affairs*, 13 (2), 52-63.
- Dabashi, H. (2008). İran: Ketlenmiş halk, Metis Yayınları.
- Ediger, V. Ş., Devlen, B., Bingöl McDonald, D. (2012). Levant'ta Büyük Oyun: Doğu Akdeniz'in Enerji Jeopolitiği, *Uluslararası İlişkiler*, 9 (33), ss. 73-92.
- Ehteshami, A. & Hinnebusch, R. (1997). Syria and Iran: Middle Power in a Penetrated System, Routledge.
- El Berni, H. M. (2018). Iran's security dilemma in the Middle East: A neorealist approach to Iran's foreign policy in Syria, *İran Çalışmaları Dergisi*, 1 (2), 115-139.
- Euronews, (2022). <https://tr.euronews.com/2022/11/20/erdogan-n-yeni-operasyon-sinyali-verdigi-suriye-de-hangi-bolge-kimin-elinde> (erişim: 6.6.2023).
- Farsoun, S. K. & Mashayekhi, M. (2005). Introduction: Iran's Political Culture, S. K. Farsoun, M. Mashayekhi (Eds.), In: Political Culture in the Islamic Republic (pp. 1-20), Rotledge.
- Finnemore, M., Sikkink, K. (2001). Taking Stock: The Constructivist Research Program in International Relations and Comparative Politics, *Annual Review of Political Science*, 4, pp.391-416.
- Fuller, G. E. (2017). Türkiye ve Arap baharı – Ortadoğu'da liderlik (Çev. Mustafa Acar), Eski Kitaplar Yayıncılık.
- Fulton, W., Holliday, J. & Wyer, S. (2013). Iranian strategy in Syria, *A Joint Report by Aei's Critical Threats Project Institute for the Study of War*.
- Fürtig, H. (2013). Iran and the Arap spring: Between expectations and disillusion GIGA working papers, No: 241, *German Institute of Global and Area Studies, GIGA*.
- Gause, F. G. (2014). Beyond sectarianism: The new Middle East Cold War, *Brookings Doha Center Foreign Policy at Brookings*, 1-27.
- Goodarzi, J. (2006). Syria and Iran: Diplomatic alliance and power politics in the Middle East. Tauris.
- Goodarzi, J. M. (2013). Syria and Iran: Alliance cooperation in a changing regional environment, *Ortadoğu Etütleri*, 4 (2), 31-54.
- Gunter, M. M. (2014). Out of nowhere the Kurds of Syrian in peace and war, Hurst/Company.
- Güneş, E. (2019). Şii Jeopolitiğinde Türkiye ile İran'ın Güç Mücadelesi, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 74 (1), ss. 57-88.
- Haji-Yoysefi, A. M. (2009). Whose agenda is served by the idea of a Shia Crescent, *Alternatives: Turkish Journal of International Relations*, 8 (1), 114-135.
- Helfont, S. (2009). The Müslim brotherhood and the emerging 'Shia Crescent', *Orbis*, 53 (2), 284-299.
- Hopf T. (1998). The Promise of Constructivism in International Relations Theory, *International Security The MIT Press*, 23 (1), pp.171-200.
- Kajjo, S. (2020). Syrian Kurds – Rising from the Ashes of Persecution, H. Moodrick, E. Khen, N. T. Boms, S. Ashraph (Eds.), In: The Syrian War Between Justice and Political Reality (pp. 268-286), Cambridge University Press.
- Kiani, V., Afzali, R., Azadehie, M. B. & Zaki, Y. (2014). Discursive territoriality process a critique on the Shiite Crescent theory, *Political Research in the Islamic World*, 4 (2), 99-124.
- Koenig, P. (2017). Suriye'nin Yıkımı ve Batı'nın Ahlaksız Medyası, O. K. Sarılioğlu (Ed.), içinde: Suriye Savaşı'nın Gizlenen Gerçekleri – İsrail İçin Suriye'yi Yok Etmek, (Çev. O. K. Sarılioğlu ss. 885-890), Önsöz Yayıncılık.
- Korkmaz, Y. (2014). “ ‘Şii Hilali’ ile ‘İhvan Hilali’ Korkusu Arasında Yalan Saltanatlar”, İNSAMER, Şubat 21, 2020 tarihinde https://insamer.com/tr/sii-hilali-ile-ihvan-hilali-korkusu-arasinda-yalan-saltanatlar_58.html adresinden alındı.
- Korkmaz, Y. (2015). İran Suriye bölgesel ittifakı ve Arap baharı sürecine yansımaları, Matbuat Yayın Grubu.
- Küçük, M. (2009). Uluslararası ilişkiler kuramında 'konstrüktivist dönüşü' anlamak, *Ege Akademik Bakış*, 9 (2), 771-795.

- Ma'oz, M. (2007). The Shi'i Crescent: myth and reality, *The Saban Center for Middle East Policy at the Brookings Institution*, 15, 1-33.
- Moazami, B. (2018). İran'da devlet, din ve devrim 1796'dan bugüne, (Çeviren: Bahar Bilgen), İletişim Yayınları.
- Nazemroaya, M. D. (2017). Suriye Finali: Pentagon'un İran'a Karşı Örtülü Savaşında Stratejik Aşama, O. K. Sarıalioğlu (Ed.), içinde: Suriye Savaşı'nın Gizlenen Gerçekleri – İsrail İçin Suriye'yi Yok Etmek, (Çev. S. Sezer, ss. 241-248), Önsöz Yayıncılık.
- Özgen, N. (2020). Mental designs on the Middle East Concept, *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 41, 36-58.
- Peköz, M. (2015). Küresel savaşta büyük Ortadoğu, Vivo Yayınevi.
- Posch, W. (2017). "İran'ın Bölgesel Güvenlik Politikaları: Irak ve Suriye Örnekleri", Alsharq-Uzman Görüşü, Aralık 10, 2019 tarihinde <https://research.sharqforum.org/2018/05/21/iranin-bolgesel-guvenlik-politikalari-irak-ve-suriye-ornekleri/?lang=tr> adresinden alındı.
- Rigiderakhshan, M. (2020). İran'ın dış politika kimliğini oluşturan faktörler, *VAKANÜVİS – Uluslararası Tarih Araştırmaları Dergisi*, 5 (1), 390-410.
- Risseuw, R. (2018). The Syrian – Iranian Nexus: a historical overview of strategic cooperation, *Brussels International Center For Research and Human Rights*. 1-16.
- Rumelili, B. (2015). Bölgeselcilik ve İnşacılık: Kazanımlar ve Vaatler, *Uluslararası İlişkiler*, 12 (46), 169-185.
- Sakin, S., Deveci, C. (2011). Ortadoğu kavramı ve Sınırları Üzerine Bir Değerlendirme, *History Studies, ABD ve Büyük Ortadoğu İlişkileri Özel Sayısı*, 281-293.
- Sepahpour-Ulrich, S. (2017). İsrail Suriye'de Gerçekte Neyin Peşinde?, O. K. Sarıalioğlu (Ed.), içinde: Suriye Savaşı'nın Gizlenen Gerçekleri – İsrail İçin Suriye'yi Yok Etmek, (Çev. S. Sezer, ss. 281-284), Önsöz Yayıncılık.
- Sinkaya, B. (2007). Şii ekseni tartışmaları ve İran, *Avrasya Dosyası*, 13 (2), 37-63.
- Sinkaya, B. (2011). İran-Suriye ilişkileri ve Suriye'de halk isyanı, *Ortadoğu Analiz*, 3 (33), 38-48.
- Sinkaya, B. (2017). İran'ın Suriye stratejisi, *Akademik Ortadoğu*, 11 (2), 49-64.
- Sun, D. (2009). Brothers Indeed: Syria-Iran quasi-alliance revisited, *Journal of Middle Eastern and Islamic Studies (in Asia)*, 3 (2), 67-80.
- Şen, G. (2012). İran ve Arap Baharı: Bağlam, söylem ve siyaset, *Ortadoğu Etütleri*, 3 (2), 95-118.
- Tür, Ö. (2022). "Bölgesel ve Küresel Siyasetin Odağında Suriye Dış Politikası", M. B. Altunışık (Der.), içinde: Ortadoğu ve Dış Politika Arap Ülkeleri ve İsrail (ss. 61-90), İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- YDH, (2017). "İran Suriye'yi Neden Destekliyor ve Ne Zamana Kadar Destekleyecek", Ocak 13, 2020 tarihinde http://www.ydh.com.tr/HD15086_iran-suriyeyi-neden-destekliyor-ve-ne-zamana-kadar-destekleyecek.html adresinden alındı.
- Yetim, F. (2020). "Hangi Ülkede Ne Kadar Şii Nüfus Yaşiyor?", Haziran 10, 2020 tarihinde [euronews.com](https://tr.euronews.com/2020/01/07/Hangi-ulkede-ne-kadar-sii-nufus-yasiyor), <https://tr.euronews.com/2020/01/07/Hangi-ulkede-ne-kadar-sii-nufus-yasiyor> adresinden alındı.
- Yıldız, M. Z. (2017). Bir savaş ve göç coğrafyası olarak Ortadoğu, Z. Taştan, M. Z. Duman, E. Akköprü (Der.), içinde: Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Panelleri, (ss. 183-208), İstanbul: Hiperyayın.
- Yılmaz, K. (2021). İran siyasal kültüründe Şia: Devrimden günümüze İran siyasetinde Şiiliğin etkisi, *İran Çalışmaları Dergisi*, 5 (1), 103-125.
- Walt, S. M. (1998). International relations: One world, many theories, *Foreign Policy Spring*, 29-46.
- Warnaar, M. (2013). Iranian foreign policy during Ahmadinejad ideology and actions, Palgrave Macmillan.
- Wastnidge, E. (2017). Iran and Syria: An Enduring Axis, *Middle East Policy*, XXIV (2), pp. 148-159.
- Weber, C. (2010). International relations theory: A critical introduction, Rotledge Taylor/Francis Group.
- Wendt, A. (1994). Collective identity formation and the international state, *The American Political Science Review*, 88 (2), 384-396.
- Wright, R., Baker, P. (2004). "Iraq, Jordan See Threat to Election From Iran; Leaders Warn Against Forming Religious State" *Washington Post*, Ocak 10, 2020 tarihinde https://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A43980-2004Dec7_2.html adresinden alındı.



Received: 26 December 2022 | Revised: 18 June 2023 | Accepted: 19 June 2023

GÜZELHİSAR HAVZASINDA ENDÜSTRİYEL GELİŞMENİN ARAZİ ÖRTÜSÜ VE ARAZİ KULLANIMI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BULUT TABANLI MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Assessing Industrial Development Influence on Land Use and Land Cover Change Detection in Güzelhisar Basin with Cloud-Based Machine Learning Techniques

Şevki DANACIOĞLU¹

İzmir Bakırçay Üniversitesi, Coğrafya Bölümü,
İzmir-Türkiye
sevki.danacioglu@bakircay.edu.tr

Hüseyin Can ÖNGÜL

İzmir Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enst.
Coğrafya Anabilim D., İzmir-Türkiye
huseyincan.ongul@bakircay.edu.tr

Abstract

Industrial activity is the main driving force behind urban growth, influencing the socioeconomic status of an area by creating employment opportunities. Land use and land cover (LULC) are influenced by various factors such as ecological conditions, geological and geomorphological features, vegetation characteristics, and socioeconomic structure. Monitoring LULC changes, their intensity, direction, and underlying causes provides valuable knowledge for sustainable development planning. Remote sensing (RS) is widely considered the most cost-effective and practical approach for obtaining regional and global LULC information. The aim of this study is to investigate the impact of industrial activity on LULC in the Güzelhisar Basin. Using satellite imagery and machine learning algorithms, the LULC status from 1995 to 2022 was determined. The LULC classes were classified as 'Water Surface', 'Forest Area', 'Agricultural Area', 'Bare Surface', and 'Built-Up Area'. The research utilized LANDSAT satellite images with a 30-meter resolution. To enhance accuracy, various indices including the NDVI, SAVI, NDWI, NBLI, BSI, and NDBI were calculated for the years 1995 and 2022. The Random Forest (RF) machine learning algorithm was employed for satellite image classification. The Google Earth Engine (GEE) platform was utilized for image acquisition and classification. Classification accuracy was evaluated using the Error Matrix, User's Accuracy, Producer's Accuracy, Overall Accuracy, and Kappa Coefficient. The findings indicate a significant increase in built-up areas and a decrease in agricultural and bare areas within the survey area. This demonstrates the impact of industrial operations on urbanization, considering the amount of increase in anthropic surfaces. The study thoroughly evaluates the capabilities of the GEE platform, machine learning-based classification algorithm, and the entire process from image classification to the assessment of obtained findings. These findings are crucial for future studies and the broader implementation of open data sources and cloud-based platforms in RS and Geographic Information Systems research.

Keywords: Güzelhisar Basin, Remote Sensing, Google Earth Engine, Random Forest, Land Use and Land Cover Change

Öz

Endüstriyel faaliyetin varlığı, kentsel büyümenin ana itici gücüdür ve istihdam fırsatları yaratarak bölgenin sosyoekonomik durumunu etkilemektedir. Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı (AÖAK), ekolojik koşullar, jeolojik ve jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü özellikleri gibi biyotik ve abiyotik faktörler ile sosyoekonomik yapı tarafından etkilenmektedir. AÖAK değişimlerini, bunların yoğunluğunu, değişim yönünü, etkenlerini ve izlemek, sürdürülebilir kalkınma planlaması için önemli bilgiler sağlamaktadır. Uzaktan Algılama (UA), bölgesel ve küresel AÖAK bilgisi elde etmek için en ekonomik ve uygulanabilir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Çalışmanın amacı Güzelhisar Havzasında sanayi faaliyetlerinin AÖAK durumu üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu bağlamda uydu görüntüleri kullanarak makine öğrenme algoritması ile 1995-2022 yıllarına ait AÖAK durumu tespit edilmiştir. Sınıflandırmada AÖAK sınıfları 'Su Yüzeysi', 'Orman Alanı', 'Tarım Alanı', 'Açık Yüzeys' ve 'Beşeri Yüzeys' olarak belirlenmiştir. Araştırmada 30 m çözünürlüğü ile LANDSAT uydu görüntüleri kullanılmıştır. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Toprakla Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI), Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Normalize Edilmiş Açık Yüzeys İndeksi (NBLI), Çıplak Toprak İndeksi (BSI), Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) indeksleri 1995 ve 2022 yılları için hesaplanarak doğruluğu artırmak amacıyla kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin sınıflandırmasında Rastgele Orman (RF) makine öğrenme algoritması tercih edilmiştir. Görüntülerin elde edilmesinde ve sınıflandırma işlemlerinde Google Earth Engine (GEE) platformu kullanılmıştır. Sınıflandırma doğruluğu hata matrisi, kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu, genel doğruluk ve Kappa Katsayısı ile hesaplanmıştır. Sonuç olarak araştırma sahasında beşeri yüzeylerde önemli miktarda artış meydana gelirken, tarım alanlarında ve açık yüzeylerde azalma olduğu tespit edilmiştir. Beşeri yüzeylerdeki artış miktarı dikkate alındığında bölgede sanayi faaliyetlerine bağlı istihdam potansiyelinin kentleşme üzerindeki etkisini göstermektedir. Araştırma kapsamında GEE platformunun yetenekleri, makine öğrenmesine dayalı sınıflandırma algoritması, sınıflandırma süreçleri ve elde edilen

¹ Sorumlu Yazar/ Corresponding author

bulguların değerlendirilmesine kadar olan tüm süreç performansları değerlendirilmiştir. Bu açıdan çalışmanın tüm sonuçları, gelecekte yapılacak çalışmaların geliştirilmesi, ayrıca UA ve Coğrafi Bilgi Sistemleri araştırmalarında açık veri kaynaklarının ve bulut tabanlı platformların yaygınlaşması açısından önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güzehisar Havzası, Uzaktan Algılama, Google Earth Engine, Makine Öğrenmesi, Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü

1. GİRİŞ

Sanayileşmiş veya sanayileşmekte olan ülkelerde meydana gelen ve günümüzde halen devam etmekte olan kontrolsüz büyüme önemli çevresel etkilere neden olmaktadır. Geçtiğimiz yüzyılda sanayileşme ve buna bağlı olarak gelişen insan faaliyetleri, çevresel kirlilik, plansız kentleşme ve tarım alanlarının amaç dışı kullanımı gibi sorunları beraberinde getirmiştir (Simmons, 2008). Bir yandan verimli tarım arazileri sanayi faaliyetleri kapsamında amaç dışı kullanılmakta, diğer yandan bu faaliyetlere bağlı olarak toprak, su ve hava kirliliği gibi çeşitli sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Sanayi faaliyetlerinin neden olduğu bu etkiler genellikle faaliyetin büyüklüğünden çok, planlama ve özellikle yer seçimindeki yanlış kararlardan kaynaklanmaktadır (Tanrıvermiş ve Mülâyim, 1999). Diğer yandan endüstriyel faaliyetin varlığı, kentsel büyümenin ana itici gücüdür ve istihdam fırsatları yaratarak bölgenin sosyoekonomik durumunu etkilemektedir (Hayter, 1997).

Sanayi faaliyetlerinin gelişmesiyle birlikte nüfus ve arazi kullanım faaliyeti olarak kentsel alanların genişlemesi sürekli değişim göstermektedir (Balchin vd., 2000). Endüstriyel faaliyetler, hem doğrudan hem de nüfus artışı ve buna bağlı olarak gelişen diğer faaliyetlerin etkisiyle Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı (AÖAK) üzerinde etkili olmaktadır (Geenhuizen ve Nijkamp, 1995). AÖAK değişimi, insan ve biyofiziksel kuvvetlerin AÖAK üzerindeki etkilerini anlamak ve bu değişikliklerin çevresel ve sosyal etkilerini ortaya koymak gibi çok yönlü etkilere sahiptir. Nitekim AÖAK, büyük ölçüde ekolojik koşullar, jeolojik ve jeomorfolojik özellikler gibi biyotik ve abiyotik faktörler ile birlikte arazi kullanım modelini etkileyen teknolojik, sosyoekonomik ve yönetsel yapı tarafından belirlenmektedir (Rai vd., 1994).

AÖAK haritalaması, herhangi bir alanın doğal kaynak planlama ve yönetim programları için çok önemlidir. AÖAK değişiklikleri tam olarak arazinin bozulması anlamına gelmese de küresel ölçekteki çevresel değişikliklerin en önemli itici güçlerinden biridir (Lambin, 1999). Bu durum doğal ekosistemler üzerinde önemli etkilere sahiptir. Araştırmalar AÖAK değişiminin iklim, biyoçeşitlilik, erozyon, gıda güvenliği ve ekosistemlerin sosyoekonomik kırılganlığı gibi sorunlar üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Turner vd., 2007; Salazar vd., 2015; Yang vd., 2017; Gashaw vd., 2018; Atumane ve Cabral, 2021).

AÖAK değişimlerini, bunların yoğunluğunu, değişim yönünü, etkenlerini ve etkilerini anlamak ve izlemek, sürdürülebilir kalkınma planlaması için önemli bilgiler sağlamaktadır (Loveland vd., 2002). Uzaktan Algılama (UA) teknolojisi ile birlikte Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), karar vericilere bilimsel olarak güvenilir sonuçlar ve politika önerileri sağlamaktadır (Rojan ve Chen, 2004). UA teknolojileri ile farklı ölçeklerde arazi örtüsü ürünleri, 1972'de LANDSAT-1 ile başlayan uydu misyonlarının sinoptik ve periyodik gözlemleri ile mümkün olmuştur (Belward ve Skøien, 2015). UA sensörleri, bir kara yüzeyinin elektromanyetik özelliklerini (yansıyan enerji (optik sensörler), yayılan (termal kızılötesi veya pasif mikrodalga sensörleri) veya saçılan (aktif radar sensörleri) kaydeden çeşitli temel fiziksel ilkeler üzerinde çalışır ve bu nedenle, arazi özellikleri hakkında çeşitli bilgiler sağlamaktadır. Bununla birlikte UA verilerini kullanarak AÖAK haritalarının oluşturulması konularında çeşitli zorluklar bulunmaktadır. Örneğin UA verisi üzerinden elde edilen arazi bilgisi, gerçek kullanım hakkında doğru bilgi veremeyebilir. Nitekim AÖAK bilgisi genellikle yer bilgisi veya kullanıcı yorumu ile ilişkili olarak elde edilebilmektedir (Giri, 2012).

Bununla birlikte UA, bölgesel ve küresel AÖAK bilgisi elde etmek için en ekonomik ve uygulanabilir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Cihlar, 2000). AÖAK bilgilerini UA verilerinden haritalamak için çeşitli sınıflandırma algoritmaları kullanılmaktadır. UA verilerinin sınıflandırmasında makine öğrenmesi yaklaşımları çeşitliliği ve sağlamlıklarından dolayı yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Kotsiantis, 2007; Lary vd., 2016; Hu vd., 2018, Xie vd., 2019; Pan vd., 2022). Makine öğrenmesi, kontrollü, kontrolsüz, yarı kontrollü ve takviyeli olarak ayrı ayrı kategorilerde incelenmektedir. UA alanında en sık kullanılan kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri, K-Ortalamalar, ISODATA, Bulanık K-ortalamalar, Öz örgütlemeli haritalar (SOM) yapay sinir ağı yöntemleridir (Danacıoğlu, 2019). Yaygın olarak kullanılan kontrollü sınıflandırma yöntemleri ise Maksimum

olabilirlik, K- en yakın komşu (KNN), Destek vektör makineleri (SVM) ve Rastgele orman (RF) sınıflandırıcısı gibi yöntemlerdir (Li vd., 2014).

Son yıllarda çeşitli programlama dillerine dayalı örüntü tanıma ve yapay zekâ algoritmalarında önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Yapay zekâ uygulamalarından biri olan makine öğrenmesi, UA verileri gibi yüksek boyutlu verilerde örüntü tanıma için otomatik bir endüktif yaklaşım kullanmaktadır (Maxvell vd., 2018). Makine öğrenmesi algoritmalarının birincil yeteneği, yüksek boyuttaki karmaşık veri kümelerini işleyerek ve bunları belirli özellikleri olan sınıflara eşlemesidir. Diğer bir ifadeyle makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmaları, veriye dayalı güçlü bir yaklaşım setidir (Cracknell ve Reading 2014). Bu kapsamda makine öğrenmesi algoritmaları UA kapsamında heyelan riskinin hesaplanması (Hejar vd., 2019; Prakash vd., 2020), tarımsal kuraklık (Khan vd., 2020; Liu vd., 2020), hava kirliliği (Bozdağ vd., 2020), toprak tuzluluğu (Taghizadeh-Mehrjardi vd., 2020) ve yeraltı suyu potansiyeli (Arabameri vd., 2019) gibi çeşitli konularda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı Güzelhisar Havzasında sanayi faaliyetlerine bağlı olarak bölgede artan insan baskısının AÖAK durumu üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Bu bağlamda uydu görüntüleri kullanarak bulut tabanlı makine öğrenme algoritması ile Aliğa Organize Sanayi Bölgesi (AOSB) baskısı altında olan Güzelhisar Havzasının güncel ve AOSB öncesi, 1995-2022 yıllarına ait AÖAK durumu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak araştırmada; (1) Güzelhisar Havzasında 1995-2022 yıllarına ait AÖAK durumlarında nasıl bir değişim olmuştur? (2) Havzada AÖAK durumları üzerinde sanayi faaliyetleri ve buna bağlı olarak kentleşmenin etkisi nasıldır? (3) Varsa, bu etki araştırma sahasının hangi bölümlerinde daha fazladır? sorularına cevap aranmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

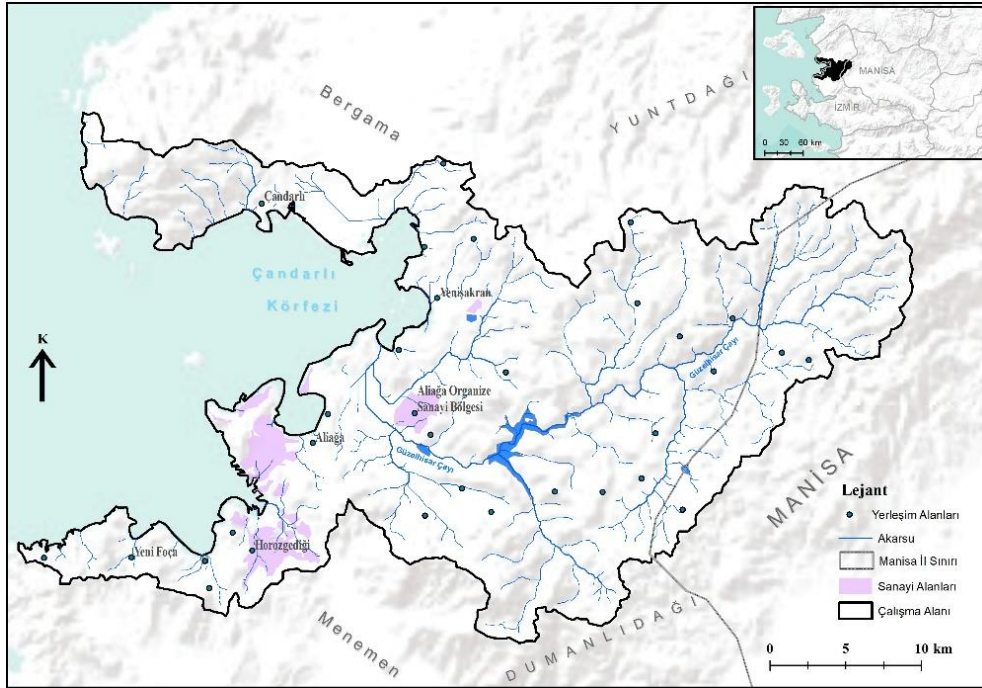
2.1. Çalışma Alanı

Güzelhisar Çayı havzası Ege Bölgesi'nin kıyı Ege bölümünde bulunan, İzmir İline bağlı Aliğa, Menemen, Bergama ile Manisa merkez ilçe sınırlarına kadar uzanan bir havzadır (Şekil 1). Coğrafi olarak kabaca 38° 40' ve 38° 60' Kuzey ile 26° 45' ve 27° 25' Doğu koordinatları arasında yer almaktadır. Güzelhisar Çayı Aliğa ilçe sınırlarında bulunan en büyük akarsudur. Kaynağını Yunt Dağından alan Güzelhisar Çayı, yıl boyunca akış göstermektedir, Kocaçay ve Sirce çaylarının birleştiği noktadan itibaren Güzelhisar adını almaktadır. Bütün kolları ile 70 km uzunluğa sahip Güzelhisar Çayı'nın debisi ortalama olarak 3,71 m³/sn'dir (Bayırhan ve Nas, 2018). Topoğrafik olarak Güzelhisar havzası, doğuda Yunt Dağı, batı yönünde Çandarlı Körfezi, güneyde Dumanlı Dağ ve kuzeyde ise Bakırçay Havzası ile sınırlanmıştır.

Araştırma sahası Bakırçay ve Gediz Havzaları arasında kabaca doğu-batı doğrultusunda üçgen şeklinde uzanmaktadır. Yunt Dağı'nın batı kesiminde, Çandarlı Körfezi'ne kadar olan bölgeyi kapsayan havzada, ana hatlarıyla kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan yüksek rölyefli alanlar ile havzanın batısında yer alan çöküntü alanlarının oluşturduğu iki büyük jeomorfolojik ünite yer almaktadır (Eroğlu ve Bozyiğit, 2011). Bölgede dağlık tepelik alanlar ile plato sahası yüksek rölyefi; faylanarak çöken sahaların oluşturduğu graben alanları, delta sahası ve kıyılar alçak rölyefi oluşturmaktadır (Şekil 2). Günümüzde iki farklı ilin, dört farklı ilçesine ait 49 köy yerleşmesinin ve AOSB'nin içerisinde yer alan Güzelhisar Havzası'nda gerçekleştirilen beşerî faaliyetler, söz konusu bu yapısal unsurlar ve morfolojik şekiller tarafından önemli ölçüde denetlenmektedir (Eroğlu ve Bozyiğit, 2011).

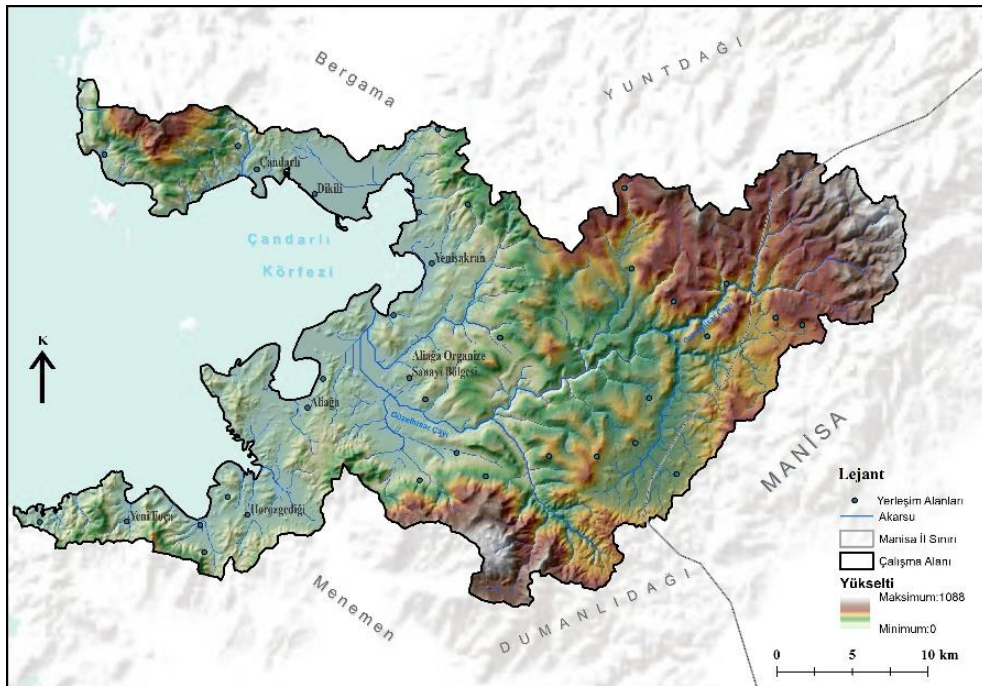
Güzelhisar Havzasında AÖAK büyük ölçüde Türkiye'nin en büyük sanayi bölgesi olan Aliğa Organize Sanayi Bölgesi (AOSB) ve buna bağlı olarak artan nüfus ile birlikte kentleşme süreçleri tarafından belirlenmektedir. 1960'lı yıllara kadar tarım yönünden gelişmiş olan bölgede 1961 yılında "Ağır Sanayi Bölgesi" kurulmasına karar verildikten sonra, 1970'lerin başından itibaren sanayi ağırlıkta olan bir ekonomik karakter ortaya çıkmıştır (Bayırhan ve Nas, 2018). Yörede PETKİM ve TÜPRAŞ gibi kamu kuruluşlarının tesisler kurması, sanayileşme sürecini hızlandırmıştır. Diğer yandan Güzelhisar Çayı ve üzerinde kurulu Güzelhisar Barajı, suya ihtiyaç duyan petrokimya endüstrisi ve demir-çelik fabrikalarını da bölgeye çekmektedir. Nitekim Petrol Ofisi, Türkiye'nin en büyük petrokimya endüstrisi, demir-çelik fabrikaları ve çeşitli sıvılaştırılmış gaz

dolum tesislerinin bölgede toplanması Aliğa'nın bir sanayi kenti haline gelmesine neden olmuştur (Bayırhan ve Nas, 2018).



Şekil 1- Güzelhisar Çayı Havzası Konum Haritası

Figure 1- Location Map of Güzelhisar Basin



Şekil 2- Güzelhisar Havzası Topoğrafya Haritası

Figure 2- Topography Map of Güzelhisar Basin

2.2. Veri

AOSB, 1997 yılı yatırım programında “Sanayi Bakanlığında kredi kullanmadan kurulacak Organize Sanayi Bölgesi” olarak yer almış ve yaklaşık 10 Milyon m² alanda kurulmuştur (Aliğa Organize Sanayi Bölgesi

Kurumsal Bilgi, [AOSBKİ], 2022). Bu kapsamda araştırmanın zamansal ölçeği AOSB öncesi 1995 yılı Ağustos ayı ile 2022 Ağustos ayı olarak belirlenmiştir. Araştırmanın mekânsal ölçeği ise bant çözünürlüğü olan 30 metre olarak belirlenmiştir. Görüntüler, USGS (Birleşik Devletler Jeoloji Araştırmaları Kurumu) tarafından sağlanan geometrik ve radyometrik düzeltmeleri yapılmış görüntüler Google Earth Engine (GEE) platformu kullanılarak temin edilmiştir. Araştırmada en fazla %5 bulutluluğa sahip, atmosferik olarak düzeltilmiş LANDSAT 5 TM ve LANDSAT 8 OLI görüntüleri tercih edilmiştir (Tablo 1). Buna göre araştırmada 1995 yılı için 05.08.1995 ile 14.08.1995 tarihlerine ait görüntülerinden elde edilen medyan görüntü; 2022 yılı için 22.08.2022 tarihine ait görüntü kullanılmıştır.

Tablo 1- Kullanılan Uydu Görüntülerinin Bant Özellikleri.

Table 1- Band Properties of Used Satellite Images

Veri Katmanı	Kaynak	Kullanılan Bantlar	Bant Genişliği (µm)	Mekânsal Çözünürlük (m)
LANDSAT-5 Level 2.	Google Earth Engine aracılığıyla USGS	Bant 1 (Blue)	0.45-0.52	30
		Bant 2 (Green)	0.52-0.60	30
		Bant 3(Red)	0.63-0.69	30
		Bant 4 (NIR)	0.77-0.90	30
		Bant 5 (SWIR1)	1.55-1.75	30
		Bant 7 (SWIR2)	2.08-2.35	30
LANDSAT-8 OLI Level 2.	Google Earth Engine aracılığıyla USGS	Bant 1 (Aerosol)	0.435-0.451	30
		Bant 2 (Blue)	0.452-0.512	30
		Bant 3 (Green)	0.533-0.590	30
		Bant 4 (Red)	0.636-0.673	30
		Bant 5 (NIR)	0.851-0.879	30
		Bant 6 (SWIR1)	1.566-1.651	30
		Bant 7 (SWIR2)	2.107-2.294	30

Araştırmada sınıflandırma doğruluğunu artırmak için çeşitli UA indeksleri kullanılarak ikincil veriler elde edilmiştir. UA indeksleri, birden fazla veri setine ait spektral özelliklerin nicel olarak birlikte ele alınmasına izin vermektedir. Böylece coğrafi nesnelere ait bilgiler, araştırmacı yanlılığından uzak ve hızlı bir şekilde analiz edilmekte ve değerlendirilmektedir (Viana vd., 2019; Ge vd., 2020 Javed vd., 2021). Bu kapsamda araştırmada kentsel alanların, bitki örtüsü yüzeylerinin ve su yüzeylerinin belirlenmesinde sınıflandırma doğruluğunun artırmak amacıyla çeşitli UA indeksleri kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2- Sınıflandırma Kullanılan UA İndeksleri

Table 2- RS Indices Used in the Classification

İndeks Adı	Bantlar	Formül	Açıklama	Kaynak
Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)	RED, NIR	$(NIR-RED) \div (NIR+RED)$	Bitki örtüsü yoğunluğu.	(Colwell, 1974)
Toprakla Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI)	RED, NIR	$(1.0 + L) * (NIR - RED) / (NIR + RED + L)$ (2.0 L=0.5)	Bitki örtüsü yoğunluğu.	(Huete, 1988)
Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI)	GREEN, NIR	$(NIR-GREEN) \div (NIR+GREEN)$	Su yüzeylerinin tespiti.	(McFeeters, 1996)
Normalize Edilmiş Açık Yüzeyi İndeksi (NBLI)	RED, THERMAL1	$(RED - THERMAL1) \div (RED + THERMAL1)$	Toprak yüzeylerinin tespiti	(Li vd., 2017)
Çıplak toprak indeksi (BSI)	RED, NIR, SWIR1	$((RED+SWIR2) - (NIR+BLUE)) \div ((RED+SWIR2) + (NIR+BLUE))$	Toprak yüzeylerinin tespiti.	(Diek vd., 2017)
Normalize Edilmiş Fark Yerleşik Alan İndeksi (NDBI)	NIR, SWIR1	$(SWIR1- NIR) \div (SWIR1+ NIR)$	Yerleşim alanlarının tespiti.	(Zha vd., 2003)

2.3. Yöntem

Görüntülerin elde edilmesinde ve sınıflandırma işlemlerinde büyük depolama kapasitesi, yüksek bilgi işlem gücü ve sınıflandırma algoritmalarındaki başarısı nedeniyle (Gorelick vd., 2017), GEE platformu kullanılmıştır. Sonuç haritalarının sunulmasında ve tasarımında ArcGIS Pro 3.0 yazılımı kullanılmıştır. Bir UA ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri çevrimiçi platform olan GEE, Google tarafından Aralık 2010'da piyasaya sürülmüştür. GEE, bölgesel ve küresel ölçekli çevresel izleme, haritalama ve analizler için bulut tabanlı bir mekânsal görüntü işleme platformudur (Amani vd., 2020). GEE, petabaytlarca halka açık UA görüntülerine ve web tabanlı uygulamalarıyla paylaşılan farklı coğrafi verilere erişim sağlaması; Google'ın hesaplama alt yapısını kullanan yüksek hızlı işlem kapasitesi ve JavaScript ve Python gibi yaygın programlama dillerini destekleyen programlama arabirimlerine (API) sahip olması ve makine öğrenme algoritmalarının uygulanmasını mümkün kılan bir platform olması gibi önemli avantajlara sahiptir (Rwanga ve Ndambuki 2017; Ravanelli vd., 2018; MohanRajan vd., 2020).

GEE platformu farklı makine öğrenme algoritmalarının kullanımını desteklemektedir (Kamal vd., 2019). Araştırma kapsamında Rastgele orman (RF) algoritması tercih edilmiştir. RF algoritması, en iyi tahmini elde etmek için birden fazla öğrenme ağacına sahiptir ve her ağaç bir girdi vektörünü sınıflandırmak için oy kullanır (Breiman., 2001). RF algoritması UA kapsamında örüntü tanıma ve görüntü sınıflandırma kapsamında yaygın olarak kullanılmaktadır (Stefanski vd., 2013; Karlson vd., 2015; Belgiu ve Drăgut, 2016). RF algoritması için temel parametreler ağaç sayısı ve her bölünmedeki değişken sayıdır. Araştırmada geliştirilecek ağaç sayısı 100 olarak belirlenmiş ve değişken sayısı olarak Abdollahizad vd., (2021) tarafından önerilen yöntem dikkate alınarak değişken sayısının karekökü olarak belirlenmiştir. Görüntülerin sınıflandırılmasında GEE platformu üzerinde yer alan "classifier. RandomForest" tekniği kullanılmıştır. Sınıflandırmada AÖAK sınıfları 'Su Yüzeyi', 'Orman Alanı', 'Tarım Alanı', 'Açık Yüzey' ve 'Beşerî Yüzey' olarak belirlenmiştir. Buna göre her bir sınıf için yüksek çözünürlük GEE görüntüleri üzerinden 50 eğitim poligonu oluşturulmuştur. Eğitim setinin oluşturulmasında piksel sayılarının önerilen limitin üzerinde olmasına dikkat edilmiştir (Lillesand vd., 2018).

Araştırmada sınıflandırma doğruluğunu artırmak amacıyla Tablo 2'de açıklamaları verilen NDVI, SAVI, NDWI, BSI, NDBI ve NBLI indeksleri hesaplanarak sınıflandırılan bant kombinasyonuna dâhil edilmiştir. NDVI, bölgesel ve küresel ölçeklerde vejetasyon dinamiğinin izlenmesi için yaygın olarak uygulanan en yaygın ve başarılı sonuçlar veren UA indekslerinden biridir (Colwell, 1974; Jia vd., 2014). Yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı bantların spektral yansımaları ile hesaplanır. NDVI değerleri tanım gereği -1 ile +1 arasında olmaktadır ve pozitif değerler artan yeşil bitki örtüsünü; negatif değerler ise bitki örtüsünden yoksun alanları göstermektedir.

NDWI, yeşil ve NIR dalga boylarını kullanarak suyun yansımalarını maksimize ederek, su yüzeylerinin bitki örtüsü ve toprak yüzeylerinden ayırt edilmesine yardımcı olmaktadır (McFeeters 1996). Tanım gereği maksimize edilmiş su özellikleri pozitif değerlere sahipken, bitki örtüsü ve toprak yüzeyleri sıfır veya negatif değerlere sahiptir.

BSI, esas olarak NDVI ve NDBI indekslerinin bir kombinasyonu şeklindedir. Çıplak toprak yüzeylerinin haritalanması ve izlenmesinde kullanılan BSI, Mavi, Kırmızı ve SWIR1 dalga boyları ile hesaplanmaktadır (Rikimaru vd., 2002; Zhao ve Chen, 2005). Ancak araştırmada NDBI indeksinin ayrıca hesaplanmış olmasından ve sınıflandırma doğruluğu açısından daha hassas sonuçlar verdiği görülen SWIR2 dalga boyları kullanılmıştır (Diek vd., 2017). Pozitif değerler açık toprak yüzeylerini gösterirken, negatif değerler su yüzeyleri ve bitki örtüsüyle kapalı alanları göstermektedir.

Araştırmada kentsel yerleşim alanlarının tespitinde kullanılan diğer bir UA indeksi NDBI'dir. SWIR ve NIR dalga boylarında hesaplanan NDBI, özellikle yol ağlarının değerlendirilmesinde önemli katkı sağlamaktadır (Zha vd., 2003). Hesaplanan NDBI değeri +1 ile -1 arasında değişmektedir. Pozitif değerler çıplak toprak yüzeylerini; negatif değerler ise su ve bitki örtüsü yüzeylerini göstermektedir.

Toprağa göre ayarlanmış bitki örtüsü indeksi olan SAVI, NDVI ile benzer ancak toprak piksellerinin etkisi aza indirger. L değerini kullanır ve bu değerinin amacı gölgelik arka plan ayarlanması ile ilgilidir. L toprağı dikkate almak için kullanılan bir faktör değeridir ve aldığı değerler birbirinden farklılık gösterir. Genellikle 0 ila 1 arası değer almaktadır. Bu değer eğer vejetasyon çok fazla yoğunluktaysa 1'e yakın değer alır ve toprağın etkisini

ortadan kaldırır (Huete, 1988). L faktörü için genelde 3 değer atanır. Bunlar 0.2, 0.5 ve 0.9 dur (Almutairivd. 2013).

NBLI, kentsel çıplak alanların belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Termal ve Kırmızı dalga boylarının kullanıldığı NBLI indeksi, inşa edilmiş araziler ile çıplak kentsel arazilerin birbirlerinden ayırt edilmesini sağlamaktadır (Li vd., 2017). Kentsel açık alanların araştırma sahasında sanayi faaliyetleri nedeniyle yaygın bulunmasından dolayı çalışmaya dahil edilmiştir.

Araştırmada sınıflandırma doğruluğu hata matrisi, kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu, genel doğruluk ve Kappa Katsayısı ile hesaplanmıştır. Hata matrisi, hem sınıflandırmanın doğruluğunu hem de sınıfların bireysel sınıflandırma elde etmenin etkili bir yoludur (Congalton ve Green, 2009). Çalışmada hata matrisi, değerlendirme hatalarının açık bir şekilde gösterilmesine ek olarak; genel doğruluk, üretici ve kullanıcı doğruluğu ölçümlerini hesaplamak için kullanılmıştır. Genel doğruluk değerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır (Formül 1).

$$GD = \left(\frac{P_s}{P_t} \right) \times 100 \quad (1)$$

Formülde P_s doğru sınıflandırılmış piksel sayısını; P_t toplam piksel sayısını ifade etmektedir.

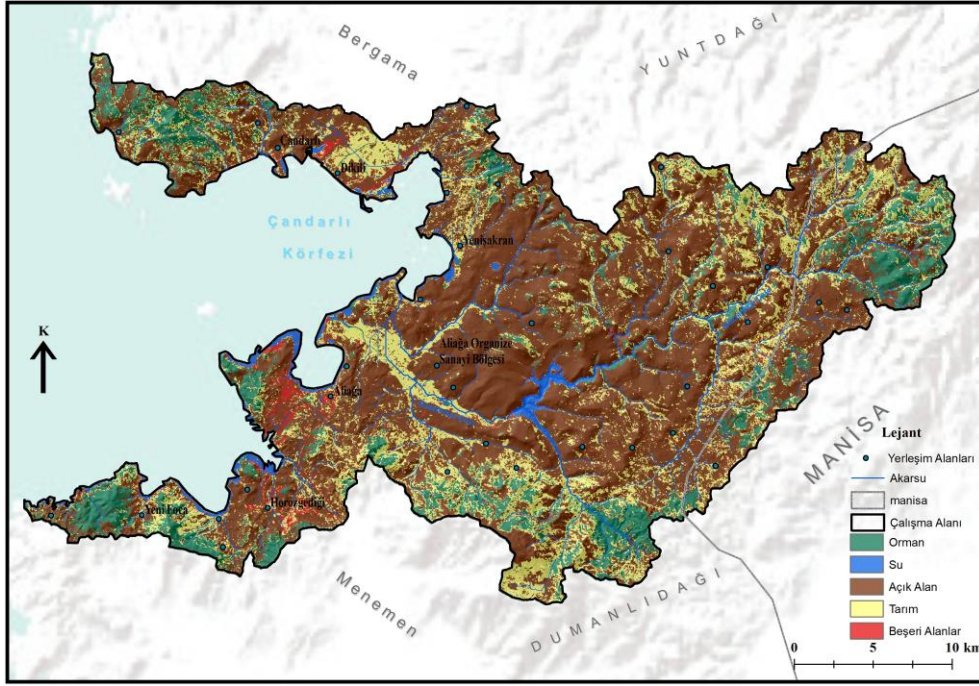
Her sınıf için kullanıcı doğruluğu, sınıftaki doğru şekilde sınıflandırılmış piksellerin toplam sınıflandırılmış piksel sayısına oranı ile belirlenirken, üretici doğruluğu ise her sınıftaki referans veriler içerisinde doğru şekilde sınıflandırılan piksellerin toplam piksel sayısına oranı ile belirlenmektedir (Congalton ve Green, 2009). Sınıflandırma doğruluğu için hesaplanan Kappa Katsayısı sıfır ile bir arasında değişen bir değere sahiptir ve k katsayısı bire eşit olması durumu mükemmel uyum anlamına gelmektedir (Jog & Dixit, 2016). K değerlerinin yorumlanmasında Monserud ve Leemans (1992) tarafından önerilen ölçek kullanılmıştır.

Bu bağlamda çalışmada 1995 ve 2022 yıllarına ait hata matrisleri oluşturulmuştur. Görüntü sınıflandırılması için üretilen poligonların, buna bağlı olarak piksellerin %70'i sınıflandırma için kullanılırken, %30'u hata matrisinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Her sınıf detayı için araştırma sahasının tamamına yayılmış, eğitim setiyle çakışmayan, 50 eğitim örneği alt limitinin üzerinde ve birbirlerine yakın sayıda referans noktası oluşturulmuştur. Yersel doğrulama noktalarının ve referans noktalarının oluşturulmasında bölgeye ait Google Earth görüntüleri, Harita Genel Komutanlığı tarafından sunulan 1992 yılına ait sayısal topografya haritaları ve güncel ortofoto görüntüleri, İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından Kent Rehberi üzerinden kullanıma sunulan 2005 yılında alınan 1m çözünürlüklü uydu görüntüleri ile 2010 yılına ait ortofoto görüntüleri kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Araştırmada daha iyi doğruluk elde etmek amacıyla bitki örtüsü, su yüzeyleri ve kentsel özellik çıkarımı UA indeksleri tercih edilmiştir. Bu kapsamda yaygın şekilde kullanılan ve ilgili bilimsel literatürde güncel indekslerden NDVI, NDWI, BSI, NDBI, SAVI ve NBLI UA indeksleri hesaplanmıştır (Şekil 3). Bu kapsamda elde edilen girdiler, 1995 ve 2022 yıllarına ait LANDSAT uydu görüntüleri ile birleştirilmiştir. Elde edilen mozaik görüntü üzerinde RF yöntemi kullanılarak Güzelhisar Havzasında AÖAK özellikleri sınıflandırılmış ve AÖAK durumlarındaki değişim değerlendirilmiştir. Bu bağlamda araştırma sahasında 'Su Yüzeyi', 'Orman Alanı', 'Tarım Alanı', 'Açık Yüzey' ve 'Beşeri Yüzey' AÖAK sınıfları analiz edilmiştir.

Buna göre araştırma sahasında 1995 yılı AÖAK durumunun mekânsal dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. Çalışma alanında 1995 yılında en geniş alanları sırasıyla açık yüzeyler ve tarım alanları kaplamaktadır (Tablo 3). Özellikle havzanın çevresini kaplayan yüksek kesimlerde yayılış gösteren orman alanları, sahanın %12,66'lık bölümünde yer almaktadır. Bununla birlikte yaklaşık % 1,56'lık bir alan ile beşeri yüzeyler ve % 1,99'lük bir alan ile su yüzeyleri, araştırma sahasında en az yayılım gösteren arazi sınıflarıdır.



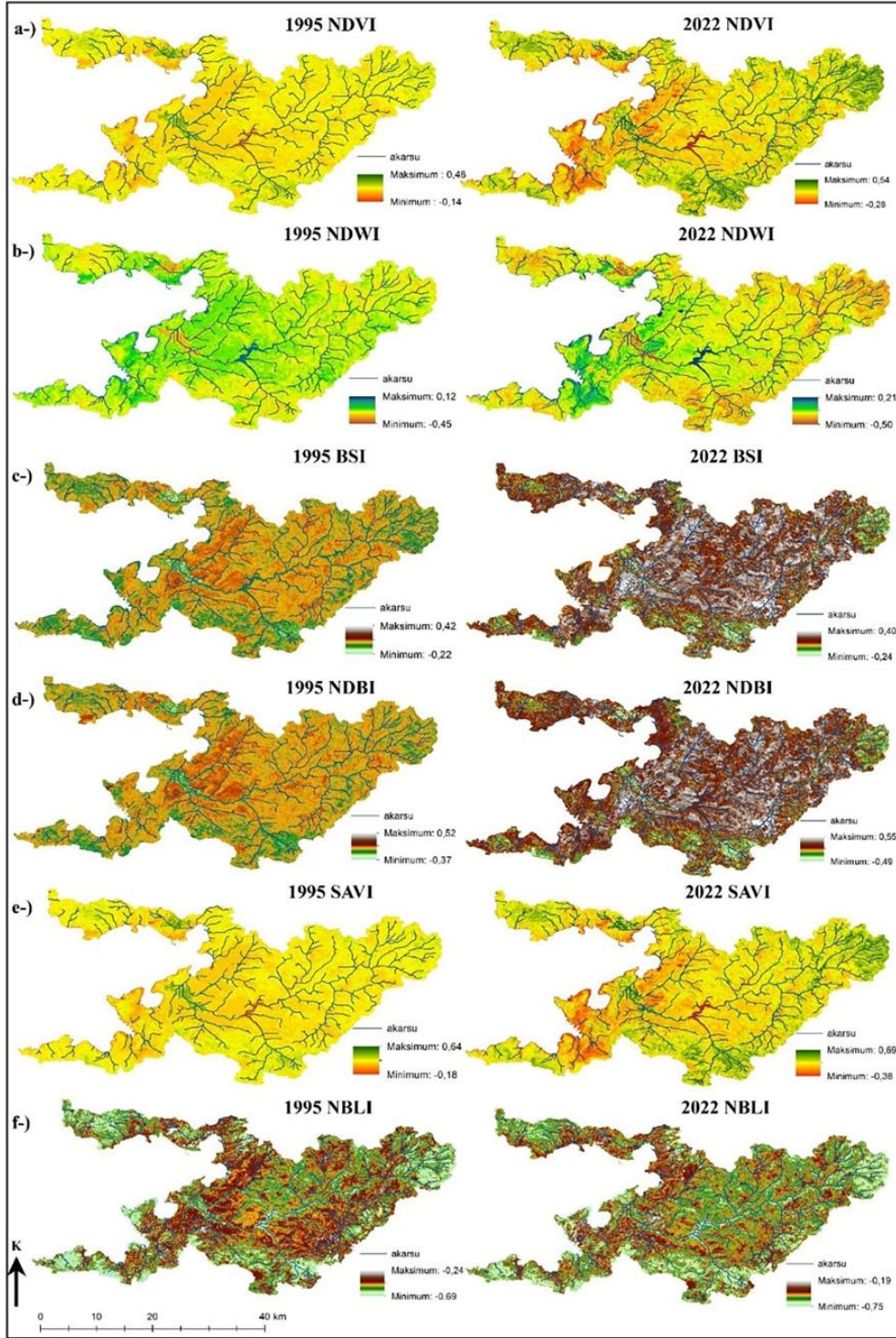
Şekil 3- Güzelhisar Havzası Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Haritası 1995
Figure 3- Land Use and Land Cover Map of Güzelhisar Basin 1995

Tablo 3- AÖAK Değerleri 1995-2022
Table 3- LULC Values 1995-2022

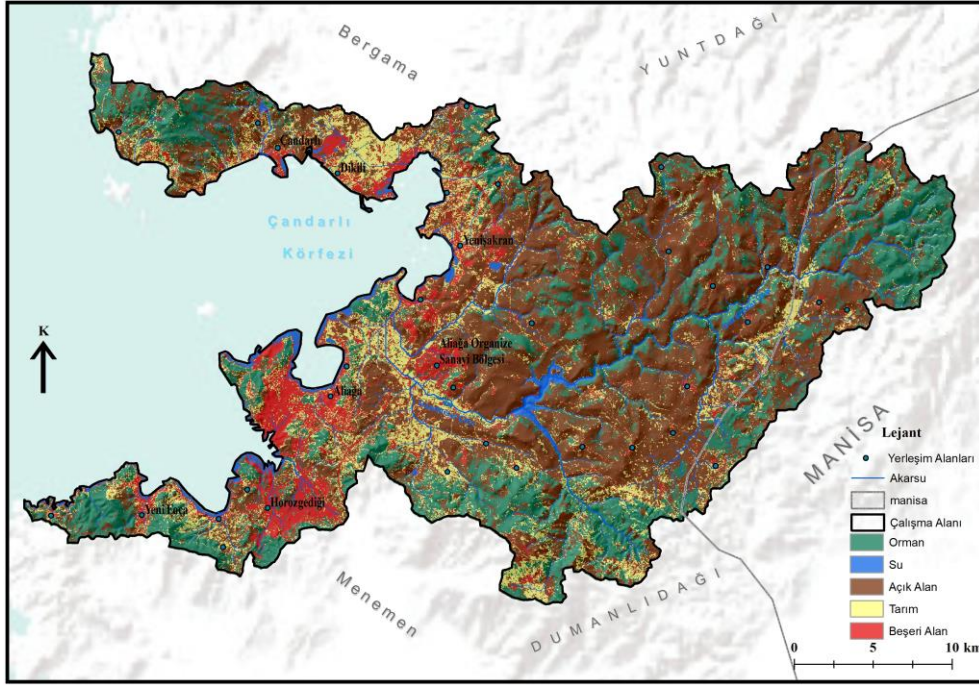
Sınıf	1995 - km ²	1995 - Yüzde(%)	2022 - Km ²	2022 - Yüzde(%)
Su	23.4	% 1,99	23.4	% 2,00
Orman	148.7	% 12,66	296.1	% 25,20
Tarım	273	% 23,23	178	% 15,14
Açık Alan	711.8	% 60,56	574.5	% 48,88
Beşerî Yüzey	18.3	% 1,56	103.2	% 8,78

Araştırma sahasının 2022 yılı AÖAK özellikleri incelendiğinde oldukça önemli farklılıklar olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 5). Buna göre özellikle tarım alanlarındaki azalma ve beşerî yüzeylerdeki artış dikkat çekmektedir. 2022 yılında tarım alanları %15'lik alan kaplarken, bu oran 1995 yılında %25 civarındadır. Bununla birlikte 1995 yılında %1.5'lük bir alanda yer alan beşerî yüzeyler, 2022 yılında çalışma sahasının %9'luk bir bölümünü kaplamaktadır (Tablo 3). Diğer yandan sahada alanını genişleten diğer AÖAK özelliği ise orman alanlarıdır. 2022 yılında orman alanları sahanın %25.2'lık bir bölümünde yer almaktadır. Su yüzeyleri 1995 yılında olduğu gibi 2022 yılında da %2.00'lik oranıyla, araştırma sahasında en az yayılış gösteren AÖAK özelliğidir.

Sınıflandırma doğruluğu hata matrisi, kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu, genel doğruluk ve Kappa Katsayısı ile hesaplanmıştır. Hata matrisinde sütunlar doğruluğun karşılaştırıldığı referans verileri temsil ederken, satırlar uydu görüntüsünden oluşturulan sınıflandırmayı göstermektedir (Tablo 4). Buradan yola çıkarak doğru sınıflandırılan piksel sayıları kullanılarak her bir sınıfın üretici ve kullanıcı doğrulukları hesaplanmıştır. Buna göre 1995 ve 2022 yılları için hesaplanan genel doğruluk değerleri sırasıyla %95 ve %91 olarak belirlenmiştir. (Tablo 5).



Şekil 4- Sınıflandırmada Kullanılan UA İndeks Sonuçları (1995-2022)
Figure 4- Results of UA Indices Used in the Classification (1995-2022)



Şekil 5- Güzelhisar Havzası Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Haritası - 2022

Figure 5- Land Use and Land Cover Map of Güzelhisar Basin - 2022

Tablo 4- Sınıflandırma Hata Matrisi (1995-2022)

Table 4- Error Matrix of the Classification (1995-2022)

1995						Toplam	2022						Toplam
	Orman	Su	Açık Alan	Tarım	Beşerî Alan			Orman	Su	Açık Alan	Tarım	Beşerî Alan	
Orman	122	0	2	4	0	128	Orman	77	0	0	2	0	79
Su	0	54	0	0	0	54	Su	2	84	0	1	0	87
Açık	0	0	542	6	4	552	Açık	0	0	80	5	6	91
Tarım	2	0	9	286	3	300	Tarım	1	0	10	74	0	85
Beşerî	0	0	10	8	43	61	Beşerî	0	0	7	4	74	85
Toplam	124	54	563	304	50	1095	Toplam	80	84	97	86	80	427

Tablo 5- ÜD: Üretici Doğruluğu, KD: Kullanıcı Doğruluğu (1995-2022)

Table 5- ÜD: Producer's Accuracy, KD: User's Accuracy (1995-2022)

Sınıf	ÜD1995	KD1995	ÜD2022	KD2022
Su Yüzeyleri	%100	%100	%94,1	%97,5
Orman Alanları	%95,3	%98,3	%97,5	%96,2
Tarım Alanları	%95,3	%94	%82,5	%92,2
Açık Yüzeyler	%98,1	%96,2	%86,7	%85,5
Beşerî Alanlar	%70,4	%86	%91,8	%83,3
Genel Doğruluk: 0.95		Kappa Katsayısı: 0.93		Genel Doğruluk: 0.91
				Kappa Katsayısı: 0.88

Sınıflandırma sonuçlarının istatistiksel olarak uygunluğu Kappa Katsayısı ile hesaplanmıştır. Buna göre elde edilen Kappa Katsayısı (k) ne kadar az ise sonuçların rastlantısallığı; (k) katsayısı ne kadar fazla ise sonuçların istatistiksel uyumu o kadar artmaktadır (Jog & Dixit, 2016). Araştırmada 1995 ve 2022 yılları Kappa Katsayıları istatistiksel olarak kabul edilebilir sınırın (Monserud & Leemans, 1992) üzerinde bulunmuştur (Tablo 6).

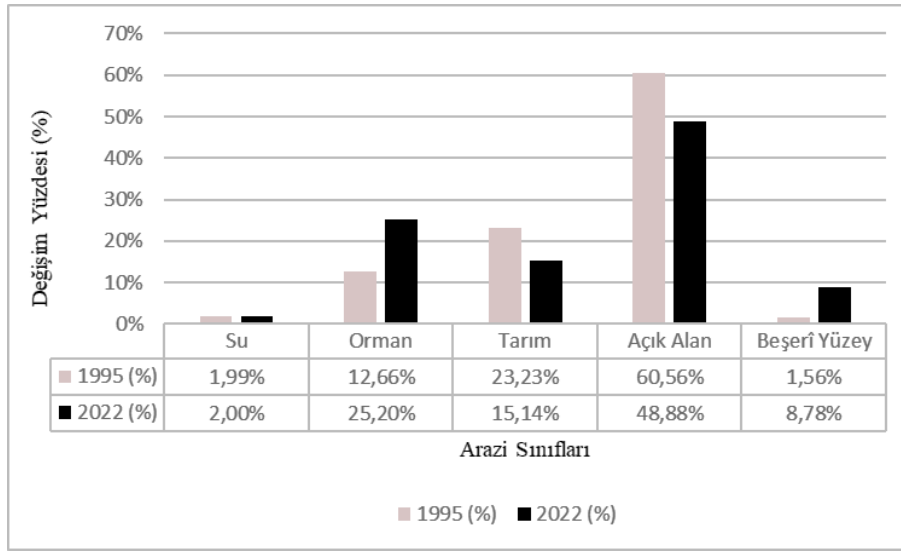
Tablo 6- Kappa Sayısı Değer İfadeleri (Monserud & Leemans, 1992)
Table 6- Kappa Coefficient Expressions (Monserud & Leemans, 1992)

Kappa Sayısı	İfadesi	Veri Doğruluğu
0-0.20	Yok	%0-4
0.21-0.39	Çok az	%4-15
0.40-0.59	Zayıf	%15-35
0.60-0.79	Orta	%35-63
0.80-0.90	Güçlü	%64-81
0.90 ve üstü	Çok güçlü	%82-100

AÖAK özelliklerinde zaman içerisinde değişimin yaşandığı alanların tespit edilmesi ve değişimin boyutlarının hesaplanması, mevcut ekolojik baskının durumunu ortaya koymada önemli bilgiler vermektedir. Bununla birlikte geçmişten günümüze AÖAK özelliklerindeki değişimin hızı ve yönü, mekânsal planlama süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu bağlamda araştırma sahasında 1995-2022 yılları arasında AÖAK özelliklerinde meydana gelen değişimin hızı ve yönü bilgileri hesaplanmıştır (Tablo 7). Buna göre araştırma sahasında yüksek değişimlerden biri ‘Tarım alanlarından Beşerî Yüzeyler yönünde olduğu tespit edilmiştir. Öyle ki bu hızlı değişim sonucunda 1995 yılında 273 km² olan tarım alanlarının genişliği, 2022 yılında 178 km²’ye gerilemiştir (Şekil 6). Diğer bir ifadeyle 1995 yılındaki mevcut tarım alanlarının yaklaşık %40’ı günümüzde artık bulunmamaktadır ve bu alanlar büyük oranda kentsel alan olarak kullanılmaktadır. Araştırma sahasında dikkat çeken bir diğer değişim beklendiği gibi beşerî yüzeyler üzerinde olmuştur. Söz konusu 1995-2022 yılları arasında en fazla genişleyen AÖAK sınıfı olmuştur (Şekil 6).

Tablo 7- AÖAK Değişim Yönü (1995-2022)
Table 7- Change Detection of the LULC Classification (1995-2022)

Değişimin Yönü (%)	1995-2022 %	1995-2022 km ²	Değişimin Yönü (%)	1995-2022 %	1995-2022 km ²
Hep Orman Alanı Olan	86,52	92,2	Tarım Alanıyken Açık Yüzey Olan	24,83	53,5
Orman Alanıyken Su Yüzeyi Olan	0,06	0,06	Tarım Alanıyken Beşerî Alan Olan	7,61	16,4
Orman Alanıyken Tarım Alanı Olan	4,79	5,1	Hep Açık Yüzey Olan	69,60	388
Orman Alanıyken Açık Yüzey Olan	7,41	7,9	Açık Yüzeyken Orman Alanı Olan	9,33	52
Orman Alanıyken Beşerî Alan Olan	1,22	1,3	Açık Yüzeyken Su Yüzeyi Olan	0,09	0,5
Hep Su Yüzeyi Olan	88,15	16	Açık Yüzeyken Tarım Alanı Olan	11,84	66
Su Yüzeyiyken Orman Alanı Olan	2,20	0,4	Açık Yüzeyken Kentsel Alan Olan	9,15	51
Su Yüzeyiyken Tarım Alanı Olan	0,28	0,05	Hep Beşerî Yüzey Olan	72,8	9,5
Su Yüzeyiyken Açık Yüzey Olan	0,55	0,1	Beşerî Yüzeyken Orman Alanı Olan	3,83	0,5
Su Yüzeyiyken Beşerî Alan Olan	8,82	1,6	Beşerî Yüzeyken Su Yüzeyi Olan	3,07	0,4
Hep Tarım Alanı Olan	31,55	68	Beşerî Yüzeyken Tarım Alanı Olan	12,26	1,6
Tarım Alanıyken Orman Alanı Olan	35,73	77	Beşerî Yüzeyken Açık Yüzey Olan	8,05	1,05
Tarım Alanıyken Su Yüzeyi Olan	0,28	0,6			



Şekil 6- 1995-2022 Sınıfların Alansal Karşılaştırması

Figure 6- 1995-2022 Comparison of Area of the Classes

4. SONUÇ

Araştırma kapsamında Güzelhisar Havzasında sanayi faaliyetlerine bağlı olarak bölgede artan insan baskısının AÖAK durumu üzerindeki etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu bağlamda sahanın 1995 – 2022 yılı AÖAK özellikleri, çok bantlı uydu görüntüleri üzerinden RF makine öğrenmesi algoritması ile sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmada ayrıca çeşitli UA indeksleri doğruluğu artırmak amacıyla yardımcı veri olarak kullanılmıştır. Araştırma sonuçları arazi kullanımı planlaması ve kentsel genişlemenin tahmin edilmesi amacıyla kullanılabilir niteliktedir (Kamal vd., 2019; Amani vd., 2020).

Araştırma sahasında beşerî yüzeylerde önemli miktarda artış meydana gelirken, tarım alanlarında ve açık yüzeylerde azalma olduğu tespit edilmiştir. Beşerî yüzeylerdeki artış miktarı dikkate alındığında bölgede sanayi faaliyetlerine bağlı istihdam potansiyelinin kentleşme üzerindeki etkisi olarak yorumlanabilir. Nitekim bölgede gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde sahanın zayıf yönleri olarak gösterilen noktalar bu yöndedir (Bağmancı, 2010, Eroğlu ve Bozyiğit, 2013). Bu durum ayrıca bölgenin uzun yıllar artan nüfusuna paralel arazi kullanım özelliklerinde meydana gelen değişimin göstergesi özelliğindedir.

Araştırma sahasında yanlış arazi kullanımı faaliyetleri önemli bir çevre sorunudur (Eroğlu, 2015). Elde edilen bulgularda beşerî yüzeylerde meydana gelen artışın önemli bir miktarının 1995 yılında tarım alanı ve açık yüzey olan sahalardan meydana geldiğini tespit etmiştir. Bu bağlamda bölgede yanlış arazi kullanımına bağlı sorunların olduğu görülmektedir. Ayrıca tarım alanlarında ve açık yüzeylerde meydana gelen azalma tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile de ilişkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim araştırma sahasında tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin giderek önemsizleştiği gözlenmektedir (Bağmancı, 2010). Araştırmada ayrıca çalışma sahasında 1995-2022 yılları arasında orman alanlarında artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Bölgede gerçekleştirilen ağaçlandırma faaliyetlerinin söz konusu değişimi etkileyecek boyutta olmadığı görülmektedir (Öner, 2006). Ormanlık alanlara dönüşen sahaların genelde açık yüzeylerden meydana gelmektedir ancak gerçekte bu durumun orman sınıfının tarım alanları ile karışmasından dolayıdır. Bununla birlikte tarım alanlarından ormanlık alanlara dönüşen alan miktarındaki yükseklik de bu nedenledir. RF algoritmasının söz konusu sınıfların ayırt edilmesinde başarılı sonuçlar vermediği görülmektedir. Nitekim bu sorunların bulut maskeleye algoritmalarından veya nem, pus, sis gibi atmosferik durumlardan kaynaklanabilmektedir (Hossein Shafizadeh, 2021).

Sonuç olarak araştırma kapsamında GEE platformunun yetenekleri, makine öğrenmesine dayalı sınıflandırma algoritması, sınıflandırma süreçleri ve elde edilen bulguların değerlendirilmesine kadar olan tüm süreç performansları değerlendirilmiştir. Bu bağlamda GEE platformu ile üst ölçekli mekânsal planlama süreçlerinde, soyutlama düzeyi yüksek, ilke düzeyinde AÖAK özelliklerinin haritalanmasında ve analizinde önemli katkılar sunabilecek özelliklere sahiptir. Bu açıdan çalışmanın tüm sonuçları, gelecekte yapılacak

çalışmaların geliştirilmesi, ayrıca Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri araştırmalarında açık veri kaynaklarının ve bulut tabanlı platformların yaygınlaşması açısından önem arz etmektedir.

Cıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. The authors declared no conflict of interest
Finansal Destek / funding conditions	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. The authors declared that this study has received no financial support
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/Conception/Design of Study	Ş. Danacıoğlu
Metodoloji/Methodology	Ş. Danacıoğlu
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/Data Curation	H. C. Öngül
Analiz/Analysis and interpretation of data	Ş. Danacıoğlu – H. C. Öngül
Görselleştirme/ Visualization	H. C. Öngül
Yazı taslağı/Writing - Original Draft	Ş. Danacıoğlu
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/Writing - Review & Editing	Ş. Danacıoğlu
Proje yönetimi/Project administration	

REFERANSLAR

- Abdollahizad, S., Balafar, M. A., Feizizadeh, B., Babazadeh Sangar, A., & Samadzamini, K. (2021). Using hybrid artificial intelligence approach based on a Neuro-Fuzzy System and evolutionary algorithms for modeling landslide susceptibility in East Azerbaijan province, Iran. *Earth Science Informatics*. doi: <https://doi.org/10.1007/s12145-021-00644-z>
- Aliğa Organize Sanayi Bölgesi Yönetim Kurulu (2022), Kurumsal bilgi, Ekim 30, 2022 tarihinde ALOSBI: <https://www.alosbi.org.tr/kurumsal> adresinden alınmıştır.
- Almutairi, B., El, A., Belaid, M. A., & Musa, N. (2013). Comparative study of SAVI and NDVI vegetation indices in sulaiabiya area (Kuwait) using worldview satellite imagery. *Int. J. Geosci. Geomatics*, 1, 50-53.
- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A. and Mirmazloumi, S. M. (2020). Google Earth Engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review," *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens.*, vol. 13, pp. 5326–5350, doi: <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3021052>
- Arabameri, A., Roy, J., Saha, S., Blaschke, T., Ghorbanzadeh, O., & Bui, D.T. (2019). Application of probabilistic and machine learning models for groundwater potentiality mapping in damghan sedimentary plain, Iran. *Remote Sensing* 11 (24): 3015. doi: <https://doi.org/10.3390/rs11243015>
- Atumane, A., Cabral, P. (2021). Integration of ecosystem services into land use planning in Mozambique. *Ecosystems and People* 17:1, pages 165-177. doi: <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1903081>
- Balchin, P. N., Isaac, D. & Chen, J. (2000). *Urban Economics: a global perspective*, Palgrave, New York.
- Bayırhan, İ., & Nas, S. (2018). Güzelhisar Deresi'nin Aliğa Organize Sanayi Bölgesi İçin Suyolu Olarak Tasarımı. *Teknik Dergi*, 29(1), 8199-8224, doi: <https://doi.org/10.18400/tekderg.346896>
- Bağmancı, M. F. (2010). Aliğa İlçe Merkezinin Beşerî Ve Ekonomik Coğrafyası. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi sosyal Bilimler Enstitüsü coğrafya Ana Bilim Dalı. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Belgiu, M., & Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 114, Pages 24-31, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>
- Belward, A.S. & Sköien, J.O. (2015). Who launched what, when and why; trends in global land cover observation capacity from civilian earth observation satellites *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 103, pp. 115-128, doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.03.009>
- Bozdağ, A., Dokuz, Y., & Gökçek, Ö.B. (2020). Spatial prediction of pm10 concentration using machine learning algorithms in Ankara, Turkey. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)* 263: 114635. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114635>
- Breiman L. (2001). Random forests. *Machine Learn.* 45(1):5–32.
- Cihlar, J. (2000). Land cover mapping of large areas from satellites: status and research priorities. *Int. J. Remote Sens.* 21, 1093–1114, doi: <https://doi.org/10.1080/014311600210092>

- Colwell, J. E. (1974). Vegetation canopy reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 3, 175–183.
- Congalton, R.G. and Green, K., (2009). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*, 2nd ed. (Boca Raton, FL: CRC Press), doi: <https://doi.org/10.1201/9780429052729>
- Cracknell, M. J., & Reading, A.M. (2014). Geological mapping using remote sensing data: a comparison of five machine learning algorithms, their response to variations in the spatial distribution of training data and the use of explicit spatial information. *Computers & Geosciences* 63: 22–33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.10.008>
- Danacıoğlu, Ş. (2019). Arazi kullanımı/Arazi örtüsü ve uzaktan algılama. D.D. Yavaşlı ve M.K. Ölgün (Ed.), *Coğrafyada Uzaktan Algılama içinde* (s. 161-198). İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Diek, S., Fornallaz, F., Schaepman, M.E., de Jong, R. (2017). Barest Pixel Composite for agricultural areas using LANDSAT time series. *Remote Sensing*, 9, 1245, doi: <https://doi.org/10.3390/rs9121245>
- Eroğlu, İ., & Bozyiğit, R. (2011). Güzelhisar Çayı Havzasında yapısal unsurların jeomorfolojik birimlere etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 32, 169-190.
- Eroğlu, İ. ve Bozyiğit, R. (2013), Aliğa İlçesinde Arazi Kullanımına Etki Eden Doğal ve Beşerî Faktörler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27, 353-400, İstanbul
- Eroğlu, İ. (2015). Aliğa İlçesindeki (İzmir) Çevre Sorunlarının Coğrafi Açıdan Değerlendirilmesi. *Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi*, 21-23 Mayıs Başkent Öğretmenevi, Ankara, Türkiye.
- Gashaw, T., Tulu, T., Argaw, M., Worqlul, A.W. (2018). Modeling the hydrological impacts of land use/land cover changes in the Andassa watershed, blue Nile basin, *Ethiopia. Sci. Total Environ.*, 619–620, pp. 1394–1408, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.191>
- Ge, G., Shi, Z., Zhu, Y., Yang, X., Hao, Y., (2020). Land use/cover classification in an arid desert-oasis mosaic landscape of China using remote sensed imagery: Performance assessment of four machine learning algorithms. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00971, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00971>
- Geenhuizen, V. M. & Nijkamp, P. (1995). 'Urbanization, industrial dynamics, and spatial development: a company life history approach', in *Urban agglomeration and economic growth*, ed. Giersch, H., Springer, New York, pp. 39-40, doi: 10.1007/978-3-642-79397-4_2.
- Giri, C.P. (2012). *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications*; CRC Press, Taylor and Francis Group: Boca Raton, FL, USA.
- Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, Thau D, Moore R (2017) Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens Environ* 202:18–27, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Hayter, R. (1997). *The dynamics of industrial location: the factory, the firm and the production system*, John Wiley & Sons, Sussex.
- Hejar, S., Jarihani, B., Piralilou, S.T., Chittleborough, D., Avand, M. & Ghorbanzadeh, O. (2019). A Semi-Automated object-based gully networks detection using different machine learning models: A Case study of Bowen catchment, Queensland, Australia. *Sensors* 19 (22): 4893. doi: <https://doi.org/10.3390/s19224893>
- Hossein Shafizadeh-Moghadam, Morteza Khazaei, Seyed Kazem Alavipanah & Qihao Weng (2021) Google Earth Engine for large-scale land use and land cover mapping: an object-based classification approach using spectral, textural and topographical factors, *GIScience & Remote Sensing*, 58:6, 914-928, doi: 10.1080/15481603.2021.1947623
- Hu Y., Dong Y., Batunacun, Y. (2018). An automatic approach for land-change detection and land updates based on integrated NDVI timing analysis and the CVAPS method with GEE support. *ISPRS J Photogramm Remote Sens.* 146:347–359, doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.10.008>
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295-309, doi: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- Javed, A., Cheng, Q., Peng, H., Altan, O., Li, Y., Ara, I., Huq, E., Ali, Y., Saleem, N. (2021). Review of spectral indices for urban remote sensing. *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 87, 513–524, doi: <https://doi.org/10.14358/PERS.87.7.513>

- Jia, K., Liang, S., Wei, X., Yao, Y., Su, Y., Jiang, B., & Wang, X. (2014). Land cover classification of LANDSAT data with phenological features extracted from Time Series MODIS NDVI Data. *Remote Sensing*, 6(11), 11518–11532. <https://doi.org/10.3390/rs61111518>
- Jog, S., & Dixit, M., (2016). Supervised classification of satellite images. *2016 Conference on Advances in Signal Processing (CASP), IEEE*, 93–98, doi: <https://doi.org/10.1109/CASP.2016.7746144>
- Kamal, M., Jamaluddin, I., Parella A., & Farda N.M. (2019). Comparison of Google Earth Engine (GEE)-based Machine Learning Classifiers for Mangrove Mapping. *The 40th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2019) October 14-18, 2019 / Daejeon Convention Center (DCC), Daejeon, Korea*
- Karlson, M., Ostwald, M., Reese, H., Sanou, J., Tankoano, B., Mattsson, E. (2015). Mapping tree canopy cover and aboveground biomass in Sudano-Sahelian woodlands using LANDSAT 8 and random forest. *Remote Sensing*, 7, p. 10017, doi: <https://doi.org/10.3390/rs70810017>
- Khan, N., Sachindra, D. A., Shahid, S., Ahmed, K., Shiru, S. M. & Nawaz, N. (2020). Prediction of droughts over Pakistan using machine learning algorithms. *Advances in Water Resources* 139: 103562. doi: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2020.103562>
- Kotsiantis S. B. (2007). *Supervised machine learning: a review of classification techniques*. *Informatica*,31:249–268.
- Lambin, E.F. (1999). Monitoring forest degradation in tropical regions by remote sensing: some methodological issues. *Global Ecology and Biogeography*, 8: 191-198. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00123.x>
- Lary, D.J., Alavi, A. H., Gandomi, A.H., Walker, A.L. (2016). Machine learning in geosciences and remote sensing, *Geoscience Frontiers*, 7 (1), 3-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.07.003>
- Li H, Wang C, Zhong C, Su A, Xiong C, Wang J & Liu J. (2017). Mapping urban bare land automatically from LANDSAT imagery with a simple index. *Remote Sensing*. 9(3):249. doi: <https://doi.org/10.3390/rs9030249>
- Li, M, Zang, S, Zhang, B, Li, S, Wu, C. (2014) A review of remote sensing image classification techniques: the role of spatio-contextual information. *European Journal of Remote Sensing* 47(1):389–411. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20144723>
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. , ve Chipman, J.W. (2018). *Uzaktan Algılama ve Görüntü Yorumalama* (K.Ş. Kavak, Çev.), Palme Yayınevi (Orişinal çalışma basım tarihi 2015).
- Liu. X., Zhu, X., Zhang, O., Yang, T., Pan, Y., & Sun, P. (2020). A Remote sensing and artificial neural network-based integrated agricultural drought index: Index development and applications. *Catena* 186: 104394. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104394>
- Loveland, T., Sohl, T., Stehman, S., Gallant, A., Sayler, K., Napton, D. (2002). A strategy for estimating the rates of recent United States land cover changes. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 68, 1091–1099.
- Maxwell, A. E., Warner, T. A., & Fang, F. (2018). Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. *International Journal of Remote Sensing*, 39(9), 2784-2817. Doi: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1433343>
- McFeeters, S. K. (1996). The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features, *International Journal of Remote Sensing*, 17: 1425–1432. Doi: <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- MohanRajan, S.N., Loganathan, A. & Manoharan, P. (2020). Survey on Land Use/Land Cover (LU/LC) change analysis in remote sensing and GIS environment: Techniques and Challenges. *Environ Sci Pollut Res* 27, 29900–29926. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09091-7>
- Monserud, R. A., Leemans, R., (1992). Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological modelling*, 62(4), 275–293, doi: [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(92\)90003-W](https://doi.org/10.1016/0304-3800(92)90003-W)
- Öner, N. (2006). Aliağa-Kemalpaşa (İzmir) Yöresinde Yapılan Kızılçam ve Fıstıkçamı Ağaçlandırmalarının Başarısı. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ormancılık Dergisi*2 (1), 68–78
- Pan, X., Wang, Z., Gao, Y., Dang, X., Han, Y. (2022). Detailed and automated classification of land use/land cover using machine learning algorithms in Google Earth Engine, *Geocarto International*, 37:18, 5415-5432, doi: <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1917005>

- Prakash, N., Manconi, A. & Loew, S. (2020). Mapping Landslides on EO Data: Performance of Deep Learning Models vs. traditional Machine Learning Models. *Remote Sensing* 12 (3): 346. doi: <https://doi.org/10.3390/rs12030346>
- Rai, S., Sharma, E., & Sundriyal, R. (1994). Conservation in the Sikkim Himalaya: Traditional knowledge and land-use of the mamlay Watershed. *Environmental Conservation*, 21(1), 30-34. doi: <https://doi.org/10.1017/S0376892900024048>
- Ravanelli, R., A. Nascetti, R. V. Cirigliano, C. Di Rico, P. Monti, and Crespi, M. (2018). Monitoring Urban Heat Island through Google Earth Engine: Potentialities and Difficulties in Different Cities of the United States. The International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLII-3: 1467–1472. doi: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-1467-2018>
- Rikimaru, A., Roy, P.S. & Miyatake, S. (2002). Tropical forest cover density mapping. *Trop. Ecol.*, 43, 39–47.
- Rojan, J., Chen, D. (2004). Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Prog. Plan.*, 61, 301–325.
- Rwanga, S. S., & Ndambuki, J. M. (2017). Accuracy assessment of land use/land cover classification using remote sensing and GIS. *International Journal of Geosciences* 08 (04): 611–622. doi: <https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84033>
- Salazar, A., Baldi, G., Hirota, M., Syktus, J., McAlpine, C., (2015). Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: a review. *Glob. Planet. Change* 128, 103–119, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.02.009>
- Simmons, I. G. (2008). *Global environmental history: 10,000 BC to AD 2000*. Edinburgh University Press.
- Stefanski, J., Mack, B., Waske, B. (2013). Optimization of object-based image analysis with random forests for land cover mapping. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, 6, pp. 2492-2504, doi: <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2013.2253089>
- Taghizadeh-Mehrjardi, R., Toomanian, N., Shamshirband, S., Mosavi, A., Behrens, T., Schmidt, K., and Scholten, T.: Predicting and mapping of soil salinity using machine learning algorithms in central arid regions of Iran, *EGU General Assembly 2020*, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-18516, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-18516> , 2020
- Tanrıvermiş H, Mülâyim ZG (1999). Sanayinin Neden Olduğu Çevre Kirliliğinin Tarıma Verdiği Zararların Değerinin Biçilmesi: Samsun Gübre (TÜGSAS) ve Karadeniz Bakır (KBI) Sanayileri Örneği. *Tr. J. of Agriculture and Forestry* 23: 337- 345.
- Turner, B, L., Lambin, E, F., Reenberg, A. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proc Natl Acad Sci USA* 104, 20666–20671, doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0704119104>
- Viana, C. M., Oliveira, S., Oliveira, S. C. & Rocha, J. (2019). 29—Land use/land cover change detection and urban sprawl analysis, in *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*, H. R. Pourghasemi and C. Gokceoglu, Eds. Amsterdam, *The Netherlands: Elsevier*, pp. 621–651, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815226-3.00029-6>
- Xie S, Liu L, Zhang X, Yang J, Chen X, Gao Y. (2019). Automatic land-cover mapping using LANDSAT time-series data based on Google Earth Engine. *Remote Sens.* 11(24):3023, doi: <https://doi.org/10.3390/rs11243023>
- Yang C, He X, Yan F, Yu L, Bu K, Yang J, Chang L, Zhang S. (2017). Mapping the influence of land use/land cover changes on the urban heat island effect—a case study of Changchun, China. *Sustainability* 9(2):312. <https://doi.org/10.3390/su9020312>
- 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), 583-594, doi: <https://doi.org/10.1080/01431160304987>
- Zhao, H. & Chen, X. (2005). Use of normalized difference bareness index in quickly mapping bare areas from TM/ETM+. In *Proceedings of the 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Seoul, Korea, 29 July 2005; pp. 1666–1668.



KENTSEL ISI ADASININ İKLİM PARAMETRELERİ VE UZAKTAN ALGILAMA ÜZERİNDEN İNCELENMESİ: İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ

Investigation of Urban Heat Island on Climate Parameters and Remote Sensing: The Case of Istanbul City

Pervin AKSAK¹

pervinaksak@hotmail.com

Şeyda KARTUM ÖZTÜRK

Manisa Celal Bayar Üniversitesi,
Coğrafya Bölümü,
Manisa-Türkiye
seydakartum@hotmail.com

Ömer ÜNSAL

İstanbul Üniversitesi,
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İstanbul-Türkiye
oomer.unsal@gmail.com

Abstract

Anthropogenic factors that are effective in the change of cities have negatively affected the urban climate. Urban heat islands (UHI) are formed with the increase in the temperature difference between rural and urban areas. The aim of this study is to establish the connection between urbanization and UHI. Accordingly, three regions (Istanbul Bolge, Sarıyer, Şile) from Istanbul, which is one of the places where urbanization is most intense in Turkey, were selected as samples. Meteorological data obtained from the General Directorate of Meteorology (MGM) for the selected regions from 1950 to 2021, as well as Landsat TM 5 satellite images from 1990 to 2009 and Landsat 8 satellite images from 2021, constituted the main data sets of the study. Five parameters including mean-maximum-minimum temperatures, total precipitation, and average wind speed were analyzed for the Istanbul Bolge, Sarıyer, and Şile meteorological stations. Mann-Kendall method was applied as time series analysis. An increasing trend was observed in all long-term temperature parameters of the three selected stations, starting from the first half of the 1980s. There was a decreasing trend in precipitation at Istanbul Bolge station and an increasing trend at Sarıyer and Şile stations. A decreasing trend was observed in the wind speeds of the stations. In the years 1990-2009-2021, there was a general increase in the land surface temperature (LST) values. Especially in Istanbul Bolge, where urbanization is the most intense, the average LST of the study area is 25.5°C in 1990, 28.8°C in 2009 and 32.8°C in 2021. Sarıyer study area has an average of 23.4°C in 1990, 26.2°C in 2009 and 29.3°C in 2021. Şile study area has an average LST of 22.7°C in 1990, 23.8°C in 2009 and 26.3°C in 2021. As a result of the study, the connection between urbanization and UHI was revealed.

Keywords: Urbanization, Meteorological Parameters, Remote Sensing, Urban Heat Island, Istanbul.

Öz

Kentlerin değişiminde etkili olan antropojenik faktörler, kent iklimini olumsuz etkilemiştir. Kır ile kent arasındaki sıcaklık farkının artışıyla kentsel ısı adaları (KIA) oluşmaktadır. Bu çalışmanın amacı kentleşme ile KIA arasındaki bağlantıyı ortaya koyabilmektir. Buna göre Türkiye’de kentleşmenin en yoğun yaşandığı yerlerden olan İstanbul’dan üç bölge (İstanbul Bölge, Sarıyer, Şile) örneklem olarak seçilmiştir. Seçilen bölgelerin Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden (MGM) alınan meteorolojik verileri (1950-2021) ile 1990-2009 yılı Landsat TM 5 ve 2021 yılı Landsat 8 uydu görüntüleri, çalışmanın temel veri setlerini oluşturmuştur. İstanbul Bölge, Sarıyer ve Şile meteoroloji istasyonlarının ortalama-maksimum-minimum sıcaklık, toplam yağış, ortalama rüzgâr hızı olmak üzere 5 parametre incelenmiştir. Zaman serisi analizi olarak Mann-Kendall yöntemi uygulanmıştır. Seçilen üç istasyonun uzun yıllık tüm sıcaklık parametrelerinde 1980’li yılların ilk yarısında artış eğilimi görülmüştür. İstanbul Bölge istasyonunda yağışlarda azalma, Sarıyer ve Şile istasyonlarında ise artış eğilimi gözlemlenmiştir. İstasyonların rüzgâr hızlarında azalma eğilimi görülmüştür. 1990-2009-2021 yıllarında yer yüzeyi sıcaklığı (YYS) değerlerinde genel olarak artış görülmüştür. Özellikle kentleşmenin en yoğun görüldüğü İstanbul Bölge istasyonu inceleme alanının 1990 YYS ortalaması, 25,5°C, 2009’da 28,8°C, 2021’de 32,8°C’dir. Sarıyer inceleme alanı 1990 YYS ortalaması 23,4°C, 2009’da 26,2°C, 2021’de 29,3°C’dir. Şile inceleme alanı 1990 YYS ortalaması 22,7°C, 2009’da 23,8°C, 2021’de 26,3°C’dir. Çalışma sonucunda kentleşme ile KIA arasındaki bağlantı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kentleşme, Meteorolojik Parametreler, Uzaktan Algılama, Kentsel Isı Adası, İstanbul.

¹ Sorumlu Yazar/ Corresponding author

1. GİRİŞ

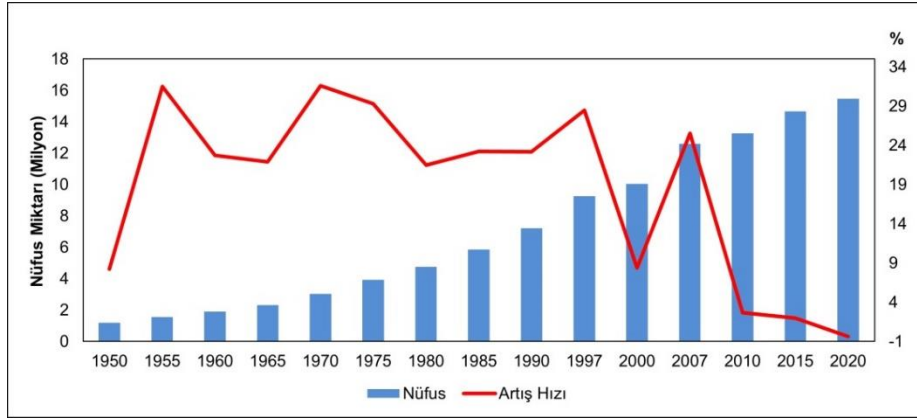
Sanayileşme ile kentlerde fosil yakıt kullanımı ve atmosfere salınan sera gazı salımının artması ile iklimsel değişimler hızlanmış, ortalama sıcaklıklarda artış eğilimleri gözlemlenmiştir (Intergovernmental Panel on Climate Change, [IPCC], 2022). Bilhassa son kırk yılda gerçekleşen neoliberal kentleşme ile kent peyzajında radikal değişiklikler yaşanmıştır. Kentler bir yandan dikey olarak büyürken diğer yandan yatay bir şekilde genişlemiştir. Böylece yoğun bir yapılaşmanın olduğu ve yeşil alanların azaldığı kentsel mekanlarda, kentsel ısı adalarının oluşması kaçınılmaz olmuştur. Bu bağlamda temel problemimiz, kentin yapılı çevresindeki değişime bağlı olarak oluşan *kentsel ısı adalarının*, kent iklimini olumsuz yönde etkilemesidir.

Kentsel ısı adası, kentsel alanlardaki sıcaklığın çevresindeki kırsal alanlara göre daha yüksek olmasıdır (Oke, 1982; Kim, 1992). Kırsal alanlarda güneş ışınları herhangi bir engelle karşılaşmadan bitki ve topraktaki suyun buharlaşmasına yardımcı olur ancak kentlerde güneş radyasyonunun bir kısmı kent geometrisini etkileyen unsurlar tarafından absorbe edilir, tutulur ve sonrasında ortama ısı olarak yansır. İşte bu durum "*kentsel ısı adası*" olarak ifade edilir (Tozam & Bulut-Karaca, 2018). Isı adaları, kentsel ve kırsal alanlar arasında yerel ölçekteki sıcaklık farklılıklarını tanımlarken, küresel ısınma, dünya çapında ortalama yüzey sıcaklıklarının kademeli olarak yükselmesini ifade etmektedir. Kentsel ısı adaları küresel ısınmanın kent ölçeğindeki karşılığı olarak görülmektedir (Environmental Protection Agency, [EPA], 2003). Kent ve kır arasındaki mutlak sıcaklık farkı "*kentsel ısı adası şiddeti*" olarak ifade edilmektedir. Gece 21.00-22.00 arası kentsel ısı adası şiddeti en fazla olmakla birlikte bu değer günlük kentsel ısı adası şiddetidir (Yılmaz, 2013). Kentsel ısı adası etkisi, kentin morfolojik yapısına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte (Oke, 1981) sokak ve caddelerin genişliği, binaların kat sayısı gibi özellikler, "*kentin geometrisini*" belirleyen faktörlerden olmuştur. Dar sokakların ve yüksek binaların meydana getirdikleri kentsel boşluklar ise "*kentsel kanyonları*" meydana getirmiştir. Öyle ki kentsel kanyonlar ve kentsel ısı adası ilişkisi birçok çalışmaya da konu olmuştur (Kum, 2006; Theeuwes vd. 2014; Canan, 2017).

Oke (1982)'yi referans alan Arnfield (2003)'e göre, kentsel ısı adası yoğunluğu, artan rüzgar hızı ve bulutluluğun artması ile azalır. Yüksek basınç koşullarında en fazladır ve en iyi yazın ya da yılın sıcak yarısında gelişir. Kentsel ısı adası etkisi gündüz yok olabilir ya da kent, çevresindeki kırsal alanlara oranla daha serin olabilir (Oke, 1982; Arnfield, 2003). Bu konuda yapılan ilk bilimsel çalışma Luke Howard'ın (1800-1833) Londra'nın verileriyle oluşturduğu dökümanlardır (Howard, 1833; Stewart, 2011; Özbilge, 2020). Rao (1972) Uydu tabanlı termal verileri analiz ederek, kentsel yüzey ısı adası gözlemlerini ilk kez rapor etmiştir. Oke (1981) kanyon geometrisi ve kentsel ısı adası oluşumu ile ilgili model oluşturmuştur. 1990'lardan sonra hızlı kentleşmenin kent iklimine etkisi dikkate alınmış ve bilhassa termal uzaktan algılama ile yapılan çalışmaların sayısı (Kim, 1992; Voogt & Oke, 1998 vb.) giderek artmıştır (Voogt & Oke, 2003). Sözelimi, Akinoru Lino ve Akira Hoyano (1996)'nın ısı adası potansiyelini tahmin etmek için ortaya çıkardıkları indeksle geliştirdikleri metod bu konuda yapılan ilk çalışmalardandır. Yeraltı kentsel ısı adası (Menberg vd. 2012), ısı dalgaları ve kentsel ısı adası oluşumu (Ward vd. 2016), hızlı kentleşme ve bölgesel kentsel ısı adaları (Yu vd., 2019; Shahfahad vd., 2022) bu konudaki çeşitliliği gösteren çalışmalardır. Türkiye'de de kentleşmeye bağlı kentsel ısı adaları ile ilgili çalışmalar (Çiçek & Doğan, 2005; Duman-Yüksel & Yılmaz, 2013; Gülten, 2014; Özbilge, 2020; Sarp vd. 2021; Yasdıman, 2021; Diren-Üstün vd. 2022) giderek artmıştır.

Bu çalışma, kentleşmenin (aynı zamanda neoliberal kentleşmenin) en yoğun yaşandığı yer olan İstanbul'un gerek uzaktan algılama gerekse meteorolojiden alınan seçilmiş iklim parametreleriyle birlikte değerlendirilmesi açısından önemli ve farklıdır. Kırsal, yarı kentsel ve kentleşmiş üç araştırma alanının seçilmesi hızlı kentleşmenin etkilerini göstermesi açısından önemli olmakla birlikte, en düşük 167 km², en yüksek 280 km²'lik alanlar (seçilen bölgelerin karada kalan oranı) belirleyip YYS haritalarının bu alanlar bazında değerlendirilmesi, sıcaklığın yüksek ve düşük olduğu noktalardaki arazi kullanımının seçilen yıllar içerisindeki değişiminin yorumlanması, bu çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılmıştır. Bu noktadan hareketle amacımız hızlı ve yoğun kentleşme ile kentsel ısı adaları arasındaki bağlantıyı ortaya koyabilmektir. Kentleşmenin temel göstergelerinden biri olan nüfus sayısındaki artışa bakıldığında İstanbul'un nüfusu 1945 yılında ilk kez 1 milyonun (1.078.399) üzerine çıkmış, 2022 yılı itibari ile de 15 milyon 907 bin 951'e (Türkiye İstatistik Kurumu, [TÜİK], 2023) ulaşmıştır.

1950'den 2020'ye İstanbul'un nüfusu artmış, artış hızında ise son yıllarda bir düşüş yaşanmıştır (Şekil 1). Doğum oranlarının azalması ve göç gibi unsurlar nüfus artış hızını düşüren temel faktörlerden olmuştur.



Şekil 1- İstanbul'un nüfus miktarı ve nüfus artış hızı (%) (1950-2020) Kaynak: TÜİK, 2023

Figure 1- The amount of population of Istanbul and the rate of population growth (%) (1950-2020) Source: TÜİK, 2023

İstanbul ısı adası etkisini daha iyi gösterebilecek hem kentsel hem de kırsal istasyonlara sahiptir. Buna karşın seçilen merkezlerin İstanbul'un farklı iklim tiplerine sahip alanlarında olması, topografya farklılıkları, etkili hava kütleleri, İstanbul Boğazı'nın varlığı kentsel ısı adası etkisini ortaya koymada olumsuz ve sınırlayıcı faktörler olmuştur. Bu bağlamda öncelikle bu unsurlar gözönünde bulundurularak veri ve yöntem açıklanmıştır. Sonrasında bulgulara yer verilerek, meteorolojik parametreler incelenmiştir. Zaman serisi analizleri Mann-Kendall yöntemi ile ele alınmıştır. 1990-2009 yılı Landsat TM 5 ve 2021 yılı Landsat 8 (OLI-TIRS) uydu görüntüleri üzerinden seçilen üç yerin (İstanbul Bölge, Sarıyer, Şile) YYS değerleri açıklanmıştır. Uygulanan her iki yöntemde de öne çıkan sonuç, kentleşmenin yoğun bir şekilde yaşandığı günümüzde, kentsel ısı adası oluşumunun kaçınılmaz olmasıdır.

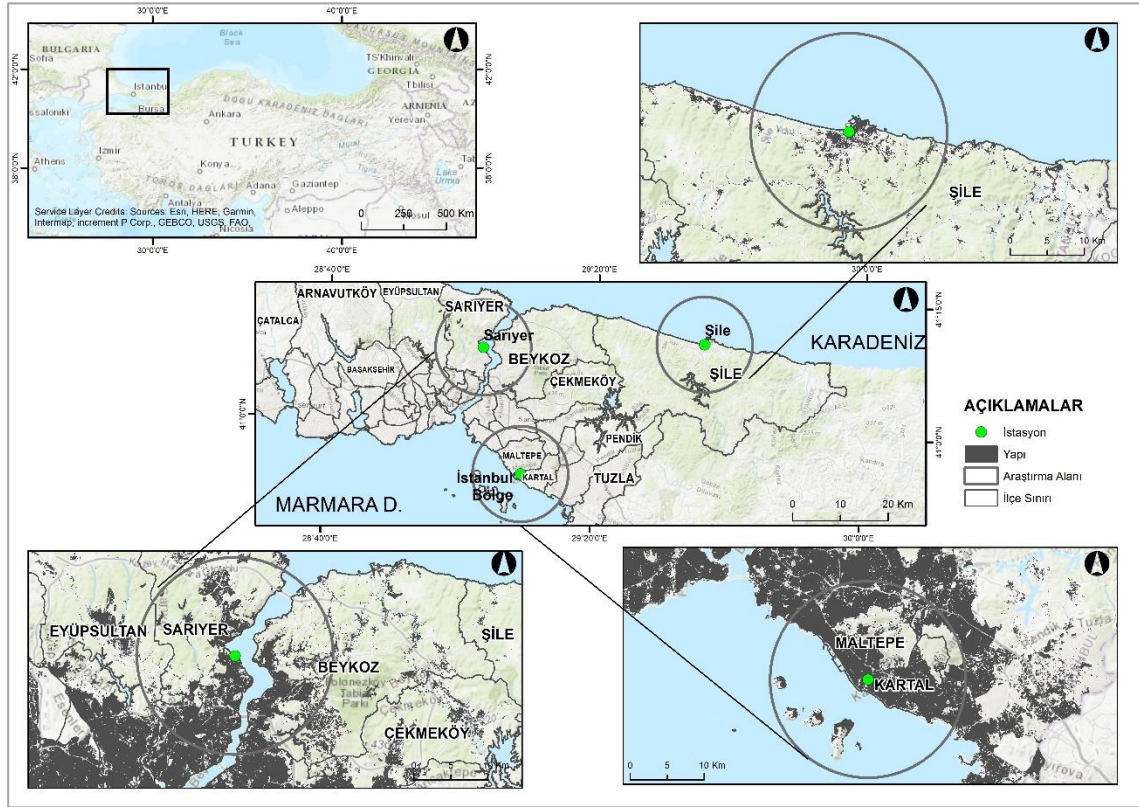
2. VERİ VE YÖNTEM

Genel olarak kentsel ısı adaları ile ilgili çalışmalarda kentsel ısı ada etkisinin tam olarak anlaşılabilmesi için yapılı çevrenin yoğun olduğu merkezle, yapılaşmanın çok sık olmadığı merkez ya da merkezler karşılaştırılmaktadır (Magee vd., 1999; Duman-Yüksel & Yılmaz, 2013; Yılmaz, 2013; Ünal vd., 2020; Diren-Üstün vd., 2022).

Araştırma alanları belirlenirken öncelikle İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden alınan güncel yapı verisi kullanılarak, İstanbul'un yapı yoğunluk haritası oluşturulmuştur. Yapı yoğunluğu baz alınarak, uzun yıllık meteorolojik verilerine ulaşabildiğimiz kentleşmiş (İstanbul Bölge), yarı kentleşmiş (Sarıyer) ve kentleşmenin görülmesine karşın kırsal özelliği daha belirgin olan bir merkez (Şile) araştırma alanları olarak belirlenmiştir (Şekil 2). İstanbul'un Anadolu Yakası'nda Kartal ilçesinde yer alan İstanbul Bölge istasyonu, batıda Maltepe, kuzeyde Sancaktepe, kuzeydoğuda Sultanbeyli ve doğuda Pendik, güneyde Marmara denizi ile çevrilidir. Avrupa Yakası'nda, yer alan Sarıyer, kuzeyinde Karadeniz, doğusunda İstanbul Boğazı ile çevriliyken, güneyinde Kağıthane ve Beşiktaş, batısında ise Eyüp ilçelerine komşudur. Anadolu Yakası'nda yer alan Şile, kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Kocaeli'nin Gebze ilçesi, doğusunda Kocaeli'nin Kandıra ilçesi, batısında Beykoz ve güneybatısında, Kartal, Pendik ile Çekmeköy'e komşudur (Şekil 2).

Çalışmada kullanılan meteorolojik parametrelerin veri kontrolleri yapılmıştır. Bu amaçla uygulanan Kruskal-Wallis türdeşlik sınaması sonuçlarına göre istasyonların verileri homojenken, İstanbul Bölge istasyonunun verileri inhomojendir, istasyonun 90'lı yıllarda Göztepe'den Kartal'a taşınması sebebiyle veri seti homojenliğini kaybetmiştir. Ancak bu istasyon çalışmada kullanılmıştır. Bunun sebebi taşındığı yerin kentleşme özelliği ile önceki alanının özellikleri paraleldir ve coğrafi olarak da sahalar birbirine benzer özellik göstermektedir. Uzun yıllık veri setlerinin gidişleri ve ortalamaları grafik haline getirilmiştir. Bu grafiklere uzun yıllık eğilim çizgisi eklenerek genel gidiş yönü saptanmıştır. Genel gidiş yönünün istatistik açıdan anlamlılığı,

varsa gösterdiği trend ve yönü Mann-Kendall Sıra Korelasyon Yöntemi (Türkeş, 2004) ile sınanmıştır. Bu sınamaya SPSS Statistics 21.0 programında analiz edilmiştir. Analiz sonuçları tablolaştırılmıştır.



Şekil 2- Araştırma alanlarının lokasyon haritası
Figure 2- Location map of the research areas

USGS (2022) veri tabanından 1990 ve 2009 yılına ait Landsat 5 TM, 2021 yıllarına ait Landsat 8 (OLI ve TIRS-2019) gündüz görüntüleri internet adresinden (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) indirilmiştir. İstasyonlara ait tarih, saat ve sıcaklık bilgileri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1- Meteorolojik veri ve Landsat uydu görüntülerine ait bilgiler
Table 1- Informations of meteorological data and Landsat satellite images

Meteoroloji İstasyonu Tarih ve Saat	İstanbul Bölge	Sarıyer	Şile
13 Haziran 1990 / 10:03	24,7°C	27,3°C	25,0°C
17 Haziran 2009 / 10:33	25,1°C	26,4°C	25,3°C
5 Ağustos 2021 / 11:45	32,0°C	29,4°C	29,6°C
Uydu Görüntüleri	İstanbul Bölge	Sarıyer	Şile
13 Haziran 1990 / 10:05	30,4°C	22,8°C	23,3°C
17 Haziran 2009 / 10:33	30,4°C	24,1°C	24,1°C
5 Ağustos 2021 / 11:45	33,0°C	27,3°C	26,5°C

YYs oluşturma işlemi altı aşamadan oluşmaktadır. Landsat 8 için birinci aşamada termal bant ve çeşitli değerler kullanılarak atmosfer üstü spektral yansıtım (top of atmospheric spectral radiance-TOA) haritası elde edilmiştir. L , watt/(m² * ster * µm) cinsinden TOA spektral parlaklığını, M_L banda özgü çarpımsal yeniden ölçeklendirme faktörünü, A_L banda özgü ilave yeniden ölçeklendirme faktörünü, Q_{cal} ise düzeltilmiş dijital sayı değerini ifade eder. Landsat 5 için birinci aşamadaki Eşitlik 2 kullanılmıştır (Chander & Markham, 2003; Sobrino vd., 2004; Sobrino vd., 2008; Barsi vd., 2014).

İkinci aşamada spektral radyans haritasından ilgili görüntünün termal sabit değerleri kullanılarak celsius cinsinden sensör parlaklık sıcaklığına (brightness temperature-BT) dönüştürülmüştür. K_1 , watt/(m² * ster * µm) ve K_2 , Kelvin cinsinden sıcaklığı ifade eder ve kalibrasyon sabitleridir. Kullanılan her görüntü için bu sabitler değişebilmektedir (Chander & Markham, 2003; Coll vd., 2010).

Üçüncü aşamada Landsat 8 için yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı (R) bant kullanılarak NDVI haritası üretilmiştir. 1990 ve 2009 NDVI haritasını üretmek için Landsat 5 TM sensörüne ait kırmızı (bant 3) ve yakın kızılötesi (bant 4) kullanılmıştır (Tucker, 1979). Dördüncü aşamada NDVI haritasının minimum ve maksimum değerleri kullanılarak bitki örtüsü oranı (proportion of vegetation- P_v) haritası elde edilmiştir. Beşinci aşamada bitki örtüsü oranı ve sabitler kullanılarak yer yüzeyi yayınlılık (land surface emissivity-LSE) haritası üretilmiştir (Sobrino vd., 2004; Sobrino vd., 2008; Avdan & Jovanovska, 2016). Son aşamada ise ikinci adımda üretilen parlaklık sıcaklığı, yer yüzeyi yayınlılık haritası ve çeşitli sabitler (Boltzmann, Planck's ve ışık hızı) kullanılarak YYS haritası elde edilmiştir (Sobrino vd., 2004; Sobrino vd., 2008; Avdan & Jovanovska, 2016).

Birinci aşama

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{CAL} + A_L \quad (1)$$

$$L_{\lambda} = \frac{L_{max} - L_{min}}{Q_{CAL_{max}} - Q_{CAL_{min}}} (Q_{CAL} - Q_{CAL_{min}}) + L_{min} \quad (2)$$

İkinci aşama

$$BT = (K_2 / \ln(K_1 / L) + 1)) - 273.15 \quad (3)$$

Üçüncü aşama

$$NDVI = (Band\ 5(IR) - Band\ 4(R)) / (Band\ 5(IR) + Band\ 4(R)) \quad (4)$$

Dördüncü aşama

$$P_v = (NDVI - NDVI_{min} / NDVI_{max} - NDVI_{min})^2 \quad (5)$$

Beşinci aşama

$$\varepsilon = 0.004 * P_v + 0.986 \quad (6)$$

Altıncı aşama

$$YYS = (BT / (1 + 0.0015 * BT / 1.4388) * \ln(\varepsilon)) \quad (7)$$

Bu işlemler ArcGIS for Desktop 10.8 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. 1990, 2009, 2021 yıllarına ait YYS haritaları birbirinden çıkarılarak 1990-2009, 2009-2021, 1990-2021 YYS fark haritaları oluşturulmuştur. Seçilen araştırma alanlarının meteorolojik veri ve YYS verisi açısından net ve keskin sınırları olamayacağı için alanları ifade ettiği düşünülen (kentsel alan ayrımları, anayollar ve orman alanları vb.) 167 ve 280 km²'lik alanlar belirlenmiş ve YYS haritaları bu alanlar bazında değerlendirilmiştir. İncelenen bir bölgenin alanı EPSG 5254'e göre çıkarılmış olup 314,2 km²'dir (Tablo 2).

Tablo 2- YYS haritalarına dahil olan alanlar

Table 2- Areas included in the LST maps

Bölge Adı	Bölgenin Karada Kalan Oranı	Yapı Sayısı	Konut Sayısı	İşyeri Sayısı	Yapı Taban Alanı	Toplam İnşaat Alanı
İstanbul Bölge	% 54,9 (172,5 km ²)	155.419	531.387	79.103	27,8 km ²	146 km ²
Sarıyer	% 89,2 (280,1 km ²)	152.136	332.912	55.687	21,6 km ²	91,8 km ²
Şile	% 53,2 (167,1 km ²)	11.612	11.294	907	1,5 km ²	3,6 km ²

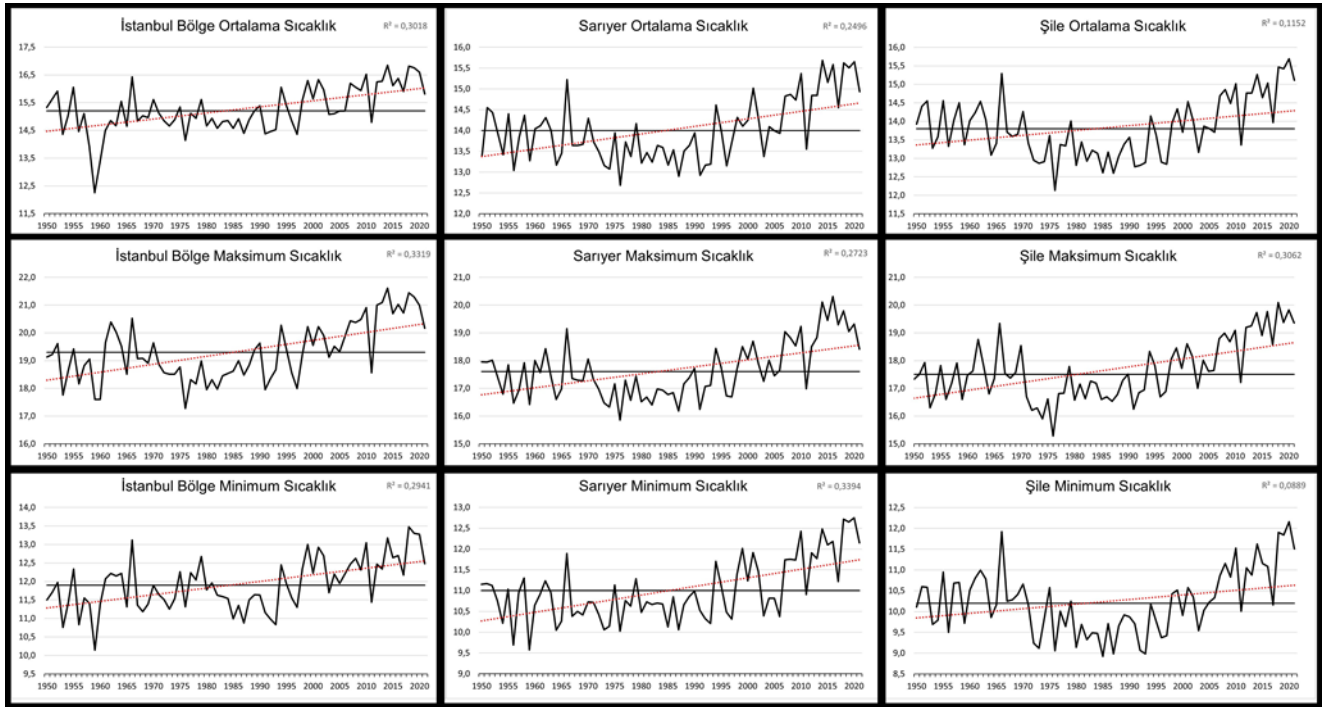
Kaynak: İBB (2021) verilerinden düzenlenmiştir.

Son olarak araştırma alanı içinde kalan çeşitli kentsel arazi örtüsü/arazi kullanımı (kentsel AÖ/AK) sınıflarının 2021 yılı ortalama, minimum ve maksimum YYS değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan sınıflar, sürekli kentsel alan (>%80), sanayi ve üretim alanları, maden ocağı ve boşaltım sahaları, orman alanı, su alanı, mevcut kullanımı olmayan alanlardır (Copernicus, 2012; Özmekik, Tonyaloğlu & Göktuğ, 2022). Bu hesaplama için 2021 yılı YYS haritası ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2019 yılında tamamlanan kent atlası (ÇŞİDB, 2019) verisi ArcGIS for Desktop 10.8 yazılımındaki Zonal Statistics aracı kullanılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR

Çiçek (2005)'e göre kentleşmeden en çok etkilenen iklim elemanı sıcaklıktır. Seçilen üç istasyonun uzun yıllık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık analizleri incelendiğinde dikkati çeken temel benzerlik, tüm sıcaklık parametrelerinde bir artış eğiliminin olmasıdır. Bu eğilimler tüm istasyonlar ve tüm sıcaklık parametrelerinde 1980'li yılların ilk yarısında uzun süreli ortalamanın üstüne çıkarak, artış yönünde bir trend göstermiştir. Genel olarak, istasyonlardaki sıcaklık gidişleri, analizlerin ortak başlangıç yılı olan 1950 ve 1970 yılları arasında görece ortalama çevresinde, 1970-1998 yılları arası ortalamanın altında, 1998 ve 2021 yılına kadar da ortalamanın üstünde bir gidiş göstermiştir. Sıcaklık gidişindeki kısa dönemli dalgalanmalar, her üç istasyonda da 2005 yılı ve sonrası, uzun süreli ortalama altına inmeden devam etmiştir (Şekil 3). 2011 yılındaki düşüşün sebebi, MGM (2012)'ye göre bu yıldaki La Nina hadisesinin son 60 yılın en şiddetlisi olması ve birçok iklim ekstremünün görülmesine yol açmasıdır.

Genellikle kentleşme ile yağış değişimi arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır (Gümüş, 2015). Toplam yağış miktarındaki artış, her zaman verimli bir şekilde yıl içinde ya da belirli aylarda yayılmış bir yağış demek değildir. Özellikle kentleşmenin olumsuz etkileri ile kısa süreli yağışların miktar ve şiddetinde afet boyutundaki artışlar, yıllık toplam ortalama yağışlara artış şeklinde yansiyabilmektedir. Seçilen istasyonlardan İstanbul Bölge istasyonunda yağışlarda bir azalma, Sarıyer ve Şile istasyonlarında ise bir artış eğilimi gözlemlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 3- Seçilen istasyonların uzun yıllık ortalama, maksimum, minimum sıcaklıkları

Kalın düz siyah çizgi uzun yıllar ortalaması, kesik kırmızı çizgi doğrusal trend

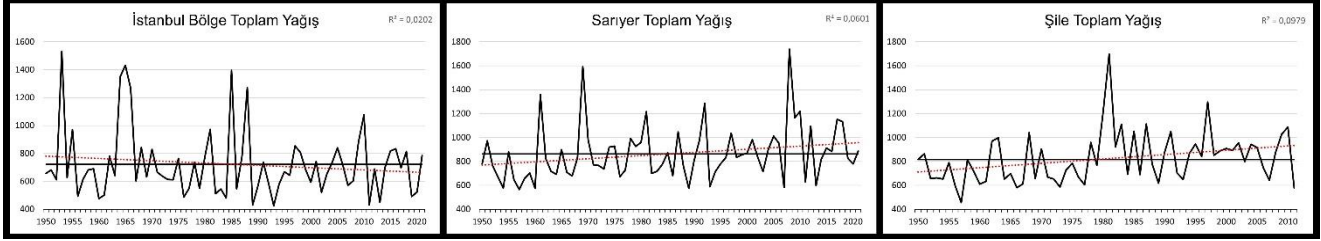
Figure 3- Long-term average, maximum, minimum temperatures of selected stations

The bold solid black line is long-term average, dashed red line is linear trend

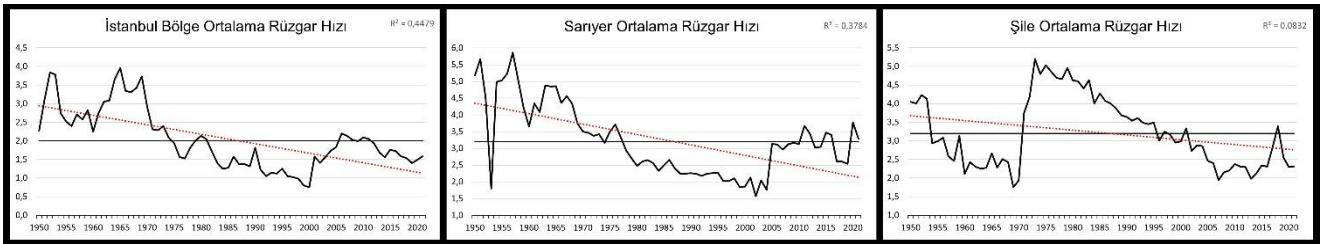
Bu azalış ve artışların şiddeti düşüktür. Ancak bu gidişlerde dikkat çeken nokta gerek artış yönünde olsun gerek azalış, istasyonlarda değişkenliğin uzun yıllık ortalamayı yakalayıp eğilim gösterdiği yılın ortalama 1980 yılı olmasıdır (Şekil 4). Hem sıcaklıklarda hem de yağışlarda önemli yıllar seçilen istasyonlarda ortaktır. Ancak şiddetlerinde değişkenlik söz konusudur. Bu durum, aynı ilde olan bu üç istasyonun yapı yoğunluğu farklılıkları ile açıklanabilir.

İstasyonların rüzgar hızlarında azalma eğilimi vardır. Eğilim, istasyonlarda 1985 yılı ve sonrası uzun süreli ortalamasının altında seyretmiştir. Bu açıdan rüzgar hızı da diğer tüm meteorolojik parametreler ile ortaklık

göstermektedir. 4,0 m/sn ile 0.8 m/sn arasında maksimum ve minimum gidiş gösteren rüzgar hızı, özellikle 2000 ve sonrası uzun dönemli ortalamayı neredeyse hiç geçmemiştir (Şekil 5). Bu bulgu literatürle de benzerlik göstermektedir. Sözgelimi Dadaser-Çelik & Cengiz (2014) 206 istasyonu inceledikleri çalışmalarında, istasyonların büyük çoğunluğunda yıllık ortalama rüzgâr hızının azaldığını saptamışlardır.



Şekil 4- Seçilen istasyonların uzun yıllık toplam ortalama yağışları
Figure 4- Long-term total average rainfall of selected stations



Şekil 5- Seçilen istasyonların uzun yıllık ortalama rüzgar hızları
Figure 5- Long-term average wind speeds of selected stations

İstasyonların meteorolojik parametrelerine uygulanan Mann-Kendall analiz sonuçları Tablo 3'teki gibidir. İstanbul Bölge istasyonunda toplam yağışların ortalaması dışında, her istasyon için her parametrede istatistik açıdan anlamlılıklar görülür (Tablo 3).

Tablo 3- Bazı meteorolojik parametrelere uygulanan Mann-Kendall analizi sonuçları
Table 3-Results of Mann-Kendall analysis applied to some meteorological parameters

İstasyonlar	Ortalama Sıcaklık	Maksimum Sıcaklık	Minimum Sıcaklık	Toplam Yağış	Rüzgar Hızı
İstanbul Bölge	.359**	.369**	.362**	-.016	-.452**
Sarıyer	.295**	.314**	.351**	.225**	-.438**
Şile	.188*	.378**	.171*	.179*	-.285**

Şile istasyonunun bazı parametreleri (ortalama sıcaklık, minimum sıcaklık ve yağışta 0.05 olmak üzere) dışında tüm parametrelerde istatistik açıdan 0.01 anlam düzeyinde kuvvetli trendler söz konusudur. Bu trendlerin yönü, tüm sıcaklık parametrelerinde artış yönünde, toplam yağışlarda Sarıyer ve Şile için artış yönünde ve rüzgar hızı için tüm istasyonlarda kuvvetli bir azalma yönündedir. İstanbul Bölge istasyonunda yağışlarda bir anlamlılık olmamakla birlikte, azalma yönünde bir eğilim görülmektedir. Buna karşın Sarıyer ve Şile istasyonlarının yağış verilerine göre yağışlarda artış trendi görülmektedir. Nitekim Şen & Aksu (2021)'ya göre de İstanbul Bölge istasyonunun bulunduğu Kartal ilçesinde yağışlarda azalma, Sarıyer ve Şile'de ise monotonik artan trend saptanmıştır ve yüksek yağışlarda artış daha fazladır. Çeşitli süreli (5 dk ile 18 sa arası değişen) yıllık en büyük yağış yüksekliklerindeki artış, sellerle de ilişkilendirilmiştir.

Tüm bu parametreler içerisinde, özellikle her istasyon için 0.01 anlam düzeyi ile en kuvvetli trend, maksimum sıcaklık ve rüzgar hızı parametrelerindedir. Her istasyon için maksimum sıcaklıkların artma eğilimi, özellikle sıcaklıklarda önemli değişkenlik veren 2000'li yılların başları olup, 2005 yılından sonra bir trend

göstermiştir. Efe vd. (2015) de tüm Türkiye için yıllık minimum sıcaklıklardaki artış eğiliminin 2005 yılından itibaren başladığını saptamıştır. Bu değişkenlik noktalarının tarihleri, seçilen istasyonların kentleşme hızlarına göre değişim göstermektedir. İstanbul Bölge istasyonu en kuvvetli artışı göstermektedir. Aynı il ve görece aynı etkiler altındaki bu istasyonlarda, farklı ortalama sıcaklıklar ve artış eğiliminde kuvvet farklılıkları, kentsel mekânın yoğunluğuna bağlı olarak ısı adası varlığını saptamada en açık göstergedir. Bu bağlamda analiz sonuçları tek başına değerlendirildiğinde bile İstanbul Bölge istasyonu daha yoğun kentleşmeye sahipken, Şile'nin daha az kentleşme özelliği gösterdiği söylenebilir. Lokasyon haritasında verilen yapı yoğunluklarında da (Şekil 1) görüldüğü gibi, seçilen istasyonlardan en yoğun kentleşmenin görüldüğü yerler sırasıyla İstanbul Bölge, Sarıyer ve Şile'dir.

Grafik ve analizler ile belirlenen önemli yıllara ait sıcaklık ortalamaları değerlendirildiğinde (Tablo 4), belirli yıl aralıklarının karşılaştırılması günümüze doğru daraltıldıkça, sıcaklık ortalamalarındaki artış dikkat çekmektedir. Bu durum kentleşmenin yoğunlaştığı tarihler ile paralellik göstermektedir ve artan kentsel alanlar ile ısınmanın doğru orantılı olduğunun bir göstergesidir. İstanbul Bölge istasyonunun 72 yıllık sıcaklık ortalaması 15,2°C iken, 2010-2021 yılları arasındaki sıcaklık ortalaması 16,3°C'dir. Yani geçmiş yıllar sıcaklık ortalamalarını aşağı çekerken, özellikle 2000 ve sonrası, geçmişe göre fark eden ortalama +1°C ile kentleşmenin yoğunluk kazandığı iki ayrı dönem olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer istasyonlarda da bu değişim benzer şekilde görülmektedir (Tablo 4). Ayrıca bu tablo ile yine aynı ildeki istasyonlar arasındaki sıcaklık ortalamaları farklılıklarının kentleşme yoğunluğuyla ilişkisi de kurulabilmektedir (Şekil 1).

Tablo 4- Belirli yıl aralıklarındaki sıcaklık ortalamaları
Table 4- The averages of temperature at certain year ranges

İstasyonlar	1950-2021	1950-1999	2000-2021	2005-2021	2010-2021
İstanbul Bölge	15,2	14,9	16,0	16,1	16,3
Sarıyer	14,0	13,7	14,8	14,9	15,1
Şile	13,8	13,5	14,5	14,7	14,9

1990-2009-2021 yılları için LST haritalarından oluşturulan YYS öncelikle seçilen yıllar bazında daha sonra yıllar arası oluşan sıcaklık farklılıkları şeklinde açıklanmıştır. Bunu yaparken de sıcaklığın yüksek ve düşük olduğu noktalar öne çıkarılmış, uydu görüntülerinden bu noktaların seçilen yıllardaki görüntüleri ve literatürde yer alan bilgiler doğrultusunda yorumlar yapılmıştır. İncelenen alanlar içerisinde kalan her üç merkezde YYS ortalamaları 1990'dan 2021'e artış göstermiştir. En fazla artış kent dokusunun diğerlerine göre daha fazla olduğu İstanbul Bölge istasyonundadır. 1990-2021 yılları arasındaki fark ortalamaları her üç bölgede en yüksek farklılıkların görüldüğü yıllar olmuştur (Tablo 5).

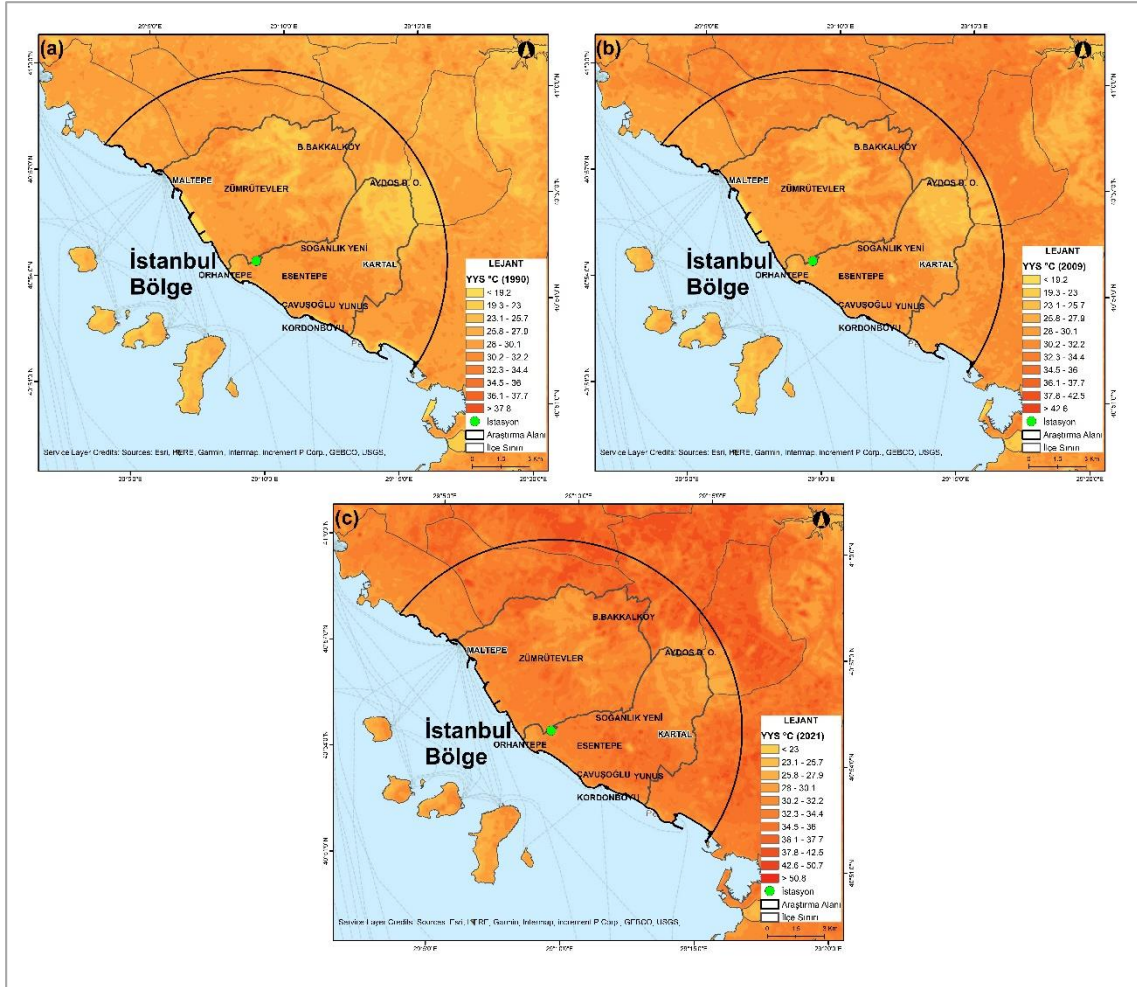
Tablo 5- İncelenen alanlardaki YYS ve YYS fark ortalamaları (°C)
Table 5- LST and LST difference averages in the examined areas (°C)

Bölge Adı	1990 Ortalaması	2009 Ortalaması	2021 Ortalaması	1990-2009 Fark	2009-2021 Fark	1990-2021 Fark
İstanbul Bölge	25,5	28,8	32,8	3,3	4	7,3
Sarıyer	23,4	26,2	29,3	2,8	3,1	5,9
Şile	22,7	23,8	26,3	1,1	2,5	3,6

3.1. İstanbul Bölge

İncelenen bölge içerisindeki sürekli kentsel alan (>%80) 24,9 km² olup, minimum YYS 26,9°C, maksimum 39,1°C, ortalama 33,7°C'dir. Orman alanı 27,5 km² olup, minimum YYS 22,7°C, maksimum 26,6°C, ortalama 29,6°C'dir. Sanayi ve üretim alanı 5,5 km² olup, minimum YYS 30,8°C, maksimum 43,3°C, ortalama 36,6°C'dir. Su alanı 0,5 km² olup, minimum YYS 26,4°C, maksimum 38,9°C, ortalama 30,9°C'dir. Mevcut kullanımı olmayan alanlar 2,1 km² olup, minimum YYS 24,6°C, maksimum 38,7°C, ortalama 34,1°C'dir.

1990 yılında D-100 hattı üzerinde ölçüm alınan nokta üzerinde yüzey sıcaklığı 30,8°C iken, D-100 çevresinde 28,7°C, 2021’de yer yüzey sıcaklığı D-100 üzerinde 35,0°C iken, çevresinde ise 33,0°C’dir (Şekil 6a, c). Bu durum 1990-2021 arasında yaklaşık 5°C’lik bir farkın olduğunu göstermektedir. 1990 yılında Kartal Aydos Ormanları’ndan alınan bir noktada 20,6°C ile sıcaklıkların daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu noktada sıcaklıklar, 2009 yılında 22,4°C, 2021 yılında 28,7°C şeklinde olup, yıllara göre bir artış eğilimi göstermiştir (Şekil 6b, c). Ormanlık alanda ağaç yoğunluğunun daha az olduğu adacıklardaki (en yoğun adacıktaki sıcaklıklara örnek vermek gerekirse; 1990 yılında, 26,2°C, 2009 yılında 24,1°C, 2021’de 30,1°C) YYS, yoğun olduğu alanlara göre daha fazla olmuştur.



Şekil 6- İstanbul Bölge 1990(a), 2009(b) ve 2021(c) YYS haritaları

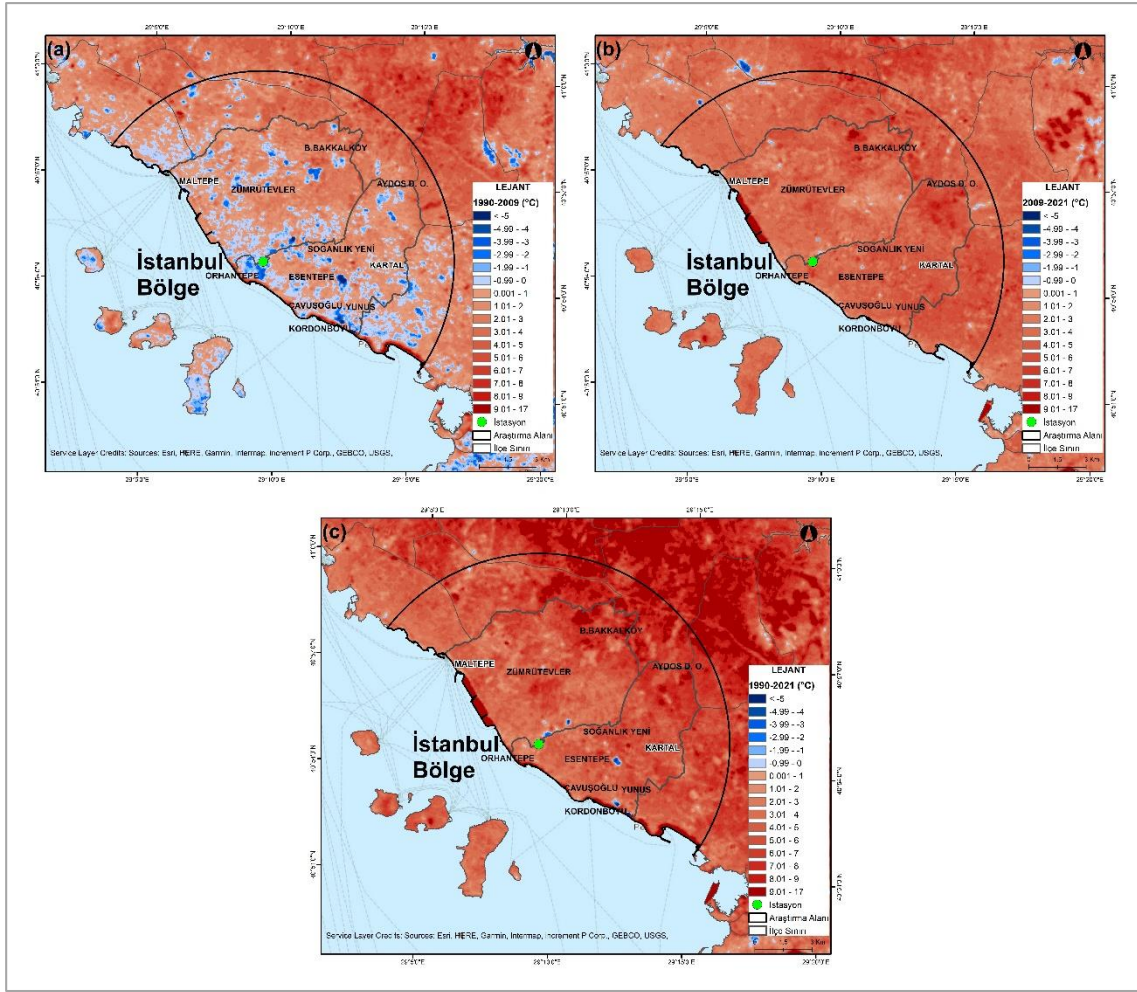
Figure 6- Istanbul Bölge 1990(a), 2009(b) and 2021(c) LST maps

Kartal’da Orhantepe Mahallesi’nde eski tütün fabrikası olup, sonradan üniversite olan yerin YYS değerleri 1990 yılında 30,0°C, 2009’da 26,7°C’ye düşmüş, 2021’de 34,0°C’ye çıkmıştır. 1990-2009 yılları arasında 3,3°C’lik bir soğuma olmakla birlikte (Şekil 7a), 2009-2021 arasında artışın şiddeti (7,3°C) daha yüksek olmuştur (Şekil 7b).

1990’da Soğanlık Mahallesi’nde yer alan adacıkta sıcaklık 28,8°C iken, uydu görüntülerine göre 2009 yılında AVM’ye dönüşen adacıkta sıcaklık 37,2°C olmuş, 2021 yılında da YYS değeri 41,1°C’ye çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi konutun ve yapılaşmanın arttığı merkezlerde sıcaklık, diğer yerlere göre artış eğiliminde olmuştur (Bernatzky, 1982; EPA 2003; Duman-Yüksel & Yılmaz, 2013).

Kartal Aydos Ormanı’nda, YYS değerinin yüksek ve düşük olduğu iki yer incelendiğinde; farkın yüksek olduğu yerde sıcaklık, (x değeri 29.232-y değeri 40.94) 1990’da 22,4°C, 2009 yılında 23,7°C, 2021 yılında

32,8°C; farkın düşük olduğu yerde (x değeri 29.24-y değeri 40.945) 1990’da 25,0°C, 2009’da 23,3°C, 2021’de 28,6°C’dir.



Şekil 7- İstanbul Bölge 1990-2009(a), 2009-2021(b) ve 1990-2021(c) YYS fark haritaları
Figure 7- Istanbul Bölge 1990-2009(a), 2009-2021(b) and 1990-2021(c) LST difference maps

Aydos Devlet Ormanları Mahallesi’nde 1990 yılında minimum sıcaklık 18,8°C, maksimum sıcaklık 28,4°C, ortalama sıcaklık ise 22,9°C’dir. 2009 yılında minimum sıcaklık 21,9°C, maksimum sıcaklık, 28,8°C, ortalama 24,0°C dir. 2021’de minimum sıcaklık 27,0°C, maksimum sıcaklık 33,3°C, ortalama 29,6°C’dir.

Maltepe Büyükbakkalköy Mahallesi’nde 2009-2021 yılları arasında, 1°C daha düşük bir artış vardır (Şekil 7b). 1990 ve 2021’de hava sıcaklığı yüksek olmasına karşın belirgin bir yüzey sıcaklığı farkı çıkmamıştır. Bu durum albedo etkisini arttıracak faktörlerin bir arada bulunması ile açıklanabilir. Sözelimi sıcaklığı azaltacak yeşil alan varlığı ya da çatı sistemlerinin ısıyı iyi yansıtması gibi faktörler öne çıkmış olabilir (Tozam & Bulut-Karaca, 2018).

Maltepe Zümrütevler Mahallesi’nde yoğun yapılaşmanın YYS sıcaklıklarına artış şeklinde yansıdığı görülmüştür. Zümrütevler Mahallesi Begonyalık Sokak çevresinde YYS 1990’da 28,0°C, 2009’da 30,4°C, 2021’de 37,0°C’dir. Bu mahalle özelinde 1990-2021 aralığında 9°C’lik bir YYS artışı vardır (Şekil 7c). Kentsel ısı adası etkisi, kentin morfolojik yapısına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte (Oke, 1981), kent peyzajına hakim olan *kentsel kanyonlar* güneş ışınlarının emilip yansıtmasında zamansal ve bölgesel farklılıkların oluşmasını da beraberinde getirmiştir (Duman-Yüksel & Yılmaz, 2013).

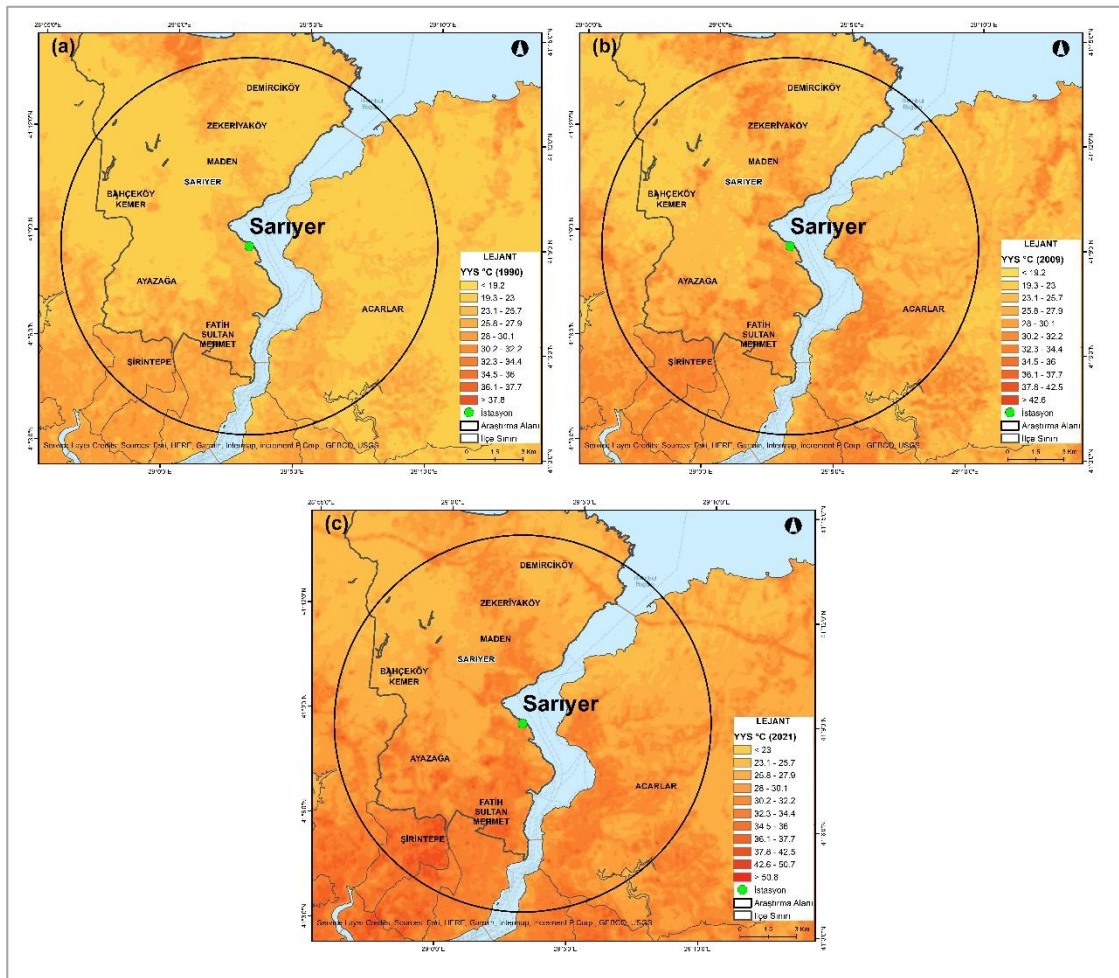
Maltepe Büyükbakkalköy Mahallesi’nde Ferhatpaşa Yolu Sokak (x değeri 29.177-y değeri 40.973) YYS haritalarında 1990 ve 2009 yıllarında çok fazla sıcaklık göstermeyen bir alanken, 2021 yılında ciddi bir artış

görülmüştür. Bu durum ormanlık alanın çıplak araziye dönüşmesiyle açıklanmaktadır. Bu bölgenin YYS değerleri 1990 yılında 22,0°C, 2009'da 24,1°C, 2021'de ise 36,4°C'dir.

3.2. Sarıyer

İncelenen bölge içerisindeki sürekli kentsel alan (>%80) 12,6 km² olup, minimum YYS 25,3°C, maksimum 39,6°C, ortalama 34,6°C'dir. Orman alanı 107,3 km² olup, minimum YYS 23,6°C, maksimum 36,4°C, ortalama 27,6°C'dir. Sanayi ve üretim alanı 2,1 km² olup, minimum YYS 25,0°C, maksimum 38,8°C, ortalama 33,2°C'dir. Su alanı 1,6 km² olup, minimum YYS 22,4°C, maksimum 36,0°C, ortalama 24,4°C'dir. Maden ocağı ve boşaltım alanı 1,6 km² olup, minimum YYS 29,1°C, maksimum 36,0°C, ortalama 33,2°C'dir. Mevcut kullanımı olmayan alanlar 1,0 km² olup, minimum YYS 25,0°C, maksimum 37,9°C, ortalama 31,8°C'dir.

Sarıyer için yapılan YYS haritalarına göre sıcaklık artışı ve düşüşünün olduğu dikkat çekici noktalara baktığımızda öne çıkanlar şu şekildedir: Maden Mahallesi'nde x 29,04-y değeri 41.179 olan noktada 1990 yılında 22,0°C, 2009'da 27,1°C, 2021'de 33,4°C'lik sıcaklıklar görülmüştür (Şekil 8a, b, c). 1990'dan 2021'e 11,4°C'lik bir fark varken, 2009-2021 aralığında 6,3°C'lik bir sıcaklık farkı görülmüştür. Uydu görüntüleri incelendiğinde, 1990 ve 2009 yıllarında ormanlık alan olan bu yerde 2021'de yapılaşmanın olduğu görülmüştür.

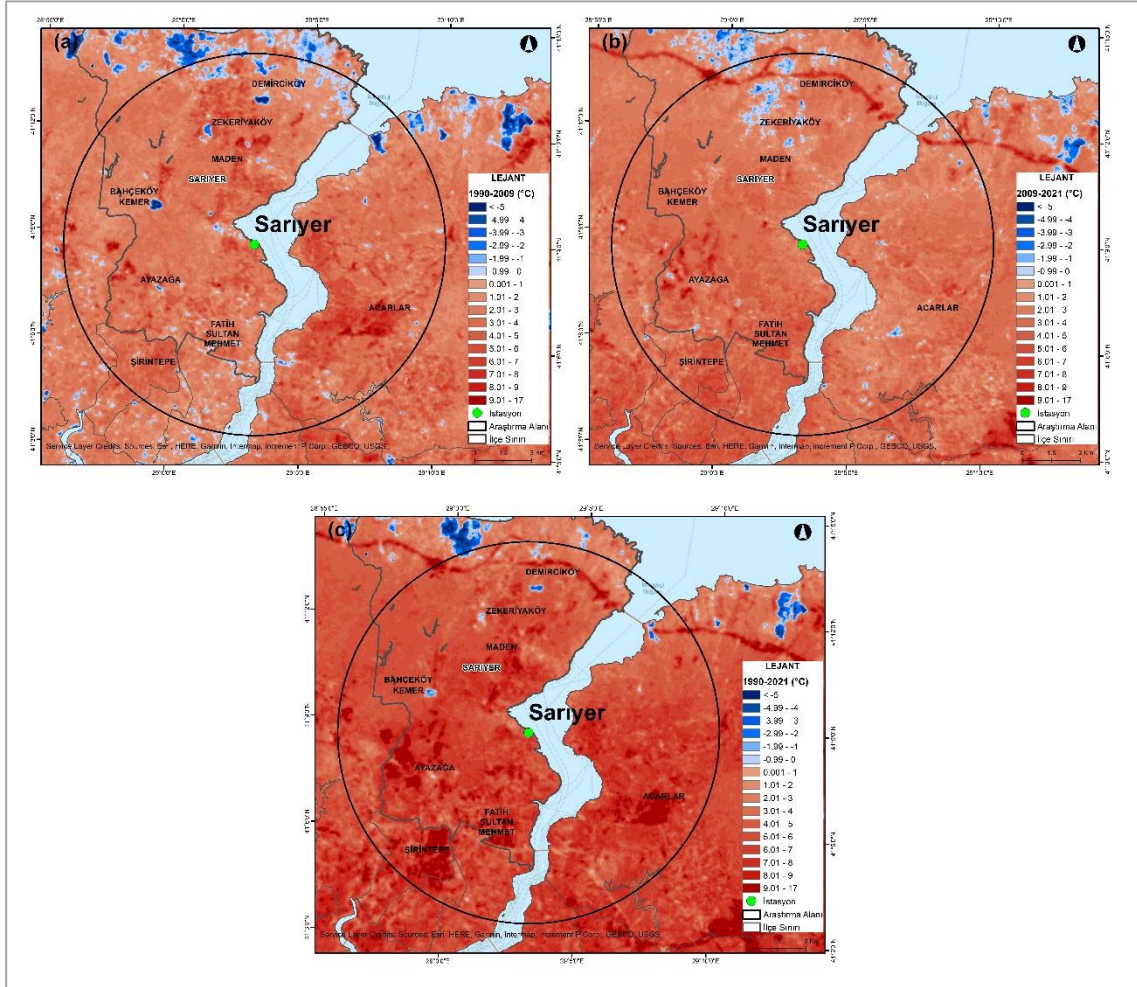


Şekil 8- Sarıyer 1990(a), 2009(b) ve 2021(c) YYS haritaları

Figure 8- Sarıyer 1990(a), 2009(b) and 2021(c) LST maps

Demirciköy Mahallesi'nde x değeri 29,053-y değeri 41,215 olan nokta, 1990 yılında 29,6°C, 2009 da 22,0°C, 2021'de 25,1°C'dir. 1990'dan 2021'e -4,5°C bir soğuma gerçekleşmiş buna karşın 2009'dan 2021'e 3,1°C bir ısınma görülmüştür (Şekil 9c, b). 1990'da bu alan çıplak arazi olduğu için YYS sıcaklıkları yüksek çıkmış, 2009 ile 2021'de ise ormanlık alana dönüştürüldüğü için yüzey sıcaklığı düşmüş ve fark haritalarında soğuma alanı olarak görülmüştür (Şekil 9b).

Demirciköy Mahallesi'nde Kuzey Marmara Otoyolu'nun olduğu hatta (x değeri 29,059-y değeri 41,227) YYS değerlerinde bir artış görülmektedir. 1990'da 21,0°C, 2009'da 24,1°C, 2021'de 31,9°C'dir. 1990-2021 aralığında 10,9°C, 2009-2021 aralığında 7,8°C sıcaklık farkı görülmüştür. 1990 ve 2021 yılları arasındaki farkın yüksek olma nedeni Kuzey Marmara Otoyolu'nun ısınmayı artırıcı etkisi olduğu düşünülmektedir. Nitekim yol, cadde, sokak gibi geçirimsiz yüzeyler kentsel ısı adalarının oluşumunu arttıran unsurlardır (Oke, 1982; Kim, 1992).



Şekil 9- Sarıyer 1990-2009(a), 2009-2021(b) ve 1990-2021(c) YYS fark haritaları

Figure 9- Sarıyer 1990-2009(a), 2009-2021(b) and 1990-2021(c) LST difference maps

Zekeriyaköy Mahallesi x değeri 29.018-y değeri 41,201 olan noktada, 1990 yılında 27,9°C, 2009 yılında 24,1°C, 2021 yılında 26,6°C'dir. Gözlemlenen değerlere göre yıllar arası bir sıcaklık düşüşü olmuştur. 1990'dan 2021'e -1,3°C'lik bir sıcaklık düşüşü görülürken, 2009'dan 2021'e 2,5°C'lik sıcaklık artışı görülmüştür. 1990 yılı uydu görüntülerinde çıplak arazi olarak görülen alanın YYS değeri yüksekken, 2009 yılında orman alanı olarak görülmüş ve 2021'de orman örtüsü korunmuştur. Literatüre göre kentsel ısı adası yoğunluğu, kentin büyüklüğü ve/veya popülasyonunun artmasıyla büyüme eğilimindedir (Oke, 1982; Arnfield, 2003). 2009-2021 yılındaki 2,5°C'lik YYS artışı, kuzyedeki kentsel alanın seçilen noktaya doğru genişlemesiyle açıklanabilir. Haritalarda bu kentsel alan genişlemesi bölgenin 1 km kuzeydoğusunda (x değeri 29.03-y değeri 41.203) 8,5°C'lik bir YYS artışı alanı oluşturmuştur.

Bahçeköy Kemer Mahallesi'nde x değeri 28.987-y değeri 41.164 olan noktanın YYS değerleri incelendiğinde düşüş görülmüştür. Bu değerler, 1990 yılında 30,0°C, 2009 yılında 24,1°C, 2021'de 27,2°C'dir. 1990'dan 2021'e -2,8°C'lik bir YYS düşüşü görülmüştür. 2009'dan 2021'e ise 3,1°C YYS artışı olmuştur. YYS düşüşünün en kuvvetli olduğu aralık 5,9°C ile 1990-2009 yıllarıdır (Şekil 9a). 1990 uydu görüntülerinde bu alan

çıplak arazi iken 2009 ve 2021’de ormanlık alan olarak gözlemlenmiştir. Bu alanın 1 km kuzeyinde YYS artışı gözlemlenen yerin (x değeri 28.99-y değeri 41.174) değerleri 1990 yılında 23,7°C, 2009 yılında 32,9°C, 2021 yılında 34,0°C’dir. Bu alanda 1990-2021’de 10,3°C’lik bir fark varken, 2009-2021’de 1,1°C’lik bir fark vardır. Uydu görüntüleri incelendiğinde, 1990 yılında çıplak arazi olarak gözlemlenen alanın, 2021’de yapılaşmış bir alana dönüştüğü dikkat çekmektedir. Nitekim çıplak arazinin ısıyı yansıtma kapasitesinin (albedo) daha düşük olduğu bilinmektedir (Schlünzen & Katzfey, 2003).

Ayazağa Mahallesi’nde (x değeri 28.972-y değeri 41.134) seçilen noktanın 1990 yılında YYS değeri 21,1°C iken 2009’da 30,8°C, 2021’de 35,8°C’dir. 1990’dan 2021’e 14,7°C’lik bir artış (Şekil 9c) ve 2009’dan 2021’e 5,0°C’lik bir artış görülmüştür (Şekil 9b). Bu durum uydu görüntüleriyle incelendiğinde bölgede 4 adet öbek şeklinde açık maden işletmesi olduğu görülmüştür.

Fatih Sultan Mahallesi’nde Boğaz Köprüsü’ne ulaşımı sağlayan otoyolun kuzeyinde (x değeri 29.039-y değeri 41,096) 1990’da 25,4°C, 2009’da 30,4°C, 2021’de 36,5°C’lik bir YYS değeri görülmektedir. 1990’dan 2021’e 11,1°C’lik artış görülürken, 2009’dan 2021’e 6,1°C’lik artış görülmüştür.

Sarıyer istasyonu sınırları içerisinde kalan Beykoz’da Acarlar Mahallesi’nde (x değeri 29.129-y değeri 41.108) 1990’da 20,2°C, 2009’da 30,0°C, 2021’de 32,3°C’lik bir YYS artışı görülmüştür. 1990’dan 2009’a 9,8°C’lik bir YYS değeri artışı görülmüştür. 1990’dan 2021’e 12,1°C’lik bir artış görülmüştür. Yine incelenen bölge içerisinde yer alan Kağıthane’de Şirintepe Mahallesi x değeri 28.993-y değeri 41.091 olan noktada 1990 YYS değeri 26,3°C, 2009’da 32,8°C, 2021’de 38,3°C’lik bir YYS değeri görülmüştür. 1990’dan 2021’e 12°C’lik bir artış görülmüştür. 1990’dan 2009’a 6,5°C’lik bir artış görülürken, 2009’dan 2021’e 5,5°C’lik bir artış görülmüştür. Uydu görüntülerine göre, bu noktada 1990’da yapılaşma daha seyrekken, 2021’de yapılaşmanın daha sık olduğu görülmüştür. Bu noktada yapılaşma ve yeşil alanın paralel bir şekilde artmaması YYS değerlerinin artışı üzerinde etkili olmuştur.

3.3. Şile

İncelenen bölge içerisindeki sürekli kentsel alan (>%80) 0,5 km² olup, minimum YYS 27,3°C, maksimum 31,2°C, ortalama 29,7°C’dir. Orman alanı 1,4 km² olup, minimum YYS 24,5°C, maksimum 30,0 °C, ortalama 26,0°C’dir. Sanayi ve üretim alanı 0,03 km² olup, minimum YYS 29,5°C, maksimum 33,0°C, ortalama 32,5°C’dir. Su alanı 0,01 km² olup, minimum YYS 27,8°C, maksimum 31,9°C, ortalama 29,4°C’dir. Mevcut kullanımı olmayan alanlar 0,15 km² olup, minimum YYS 24,0°C, maksimum 34,3°C, ortalama 30,2°C’dir.

Seçilen diğer bölgelere göre daha kırsal bir yapıda olduğu için YYS haritalarında en az sıcaklık artışının olduğu merkezdir. Buna göre haritalarda sıcaklıklardaki artış ve düşüşte dikkat çeken noktalarla ilgili bazı değerlendirmeler şu şekildedir:

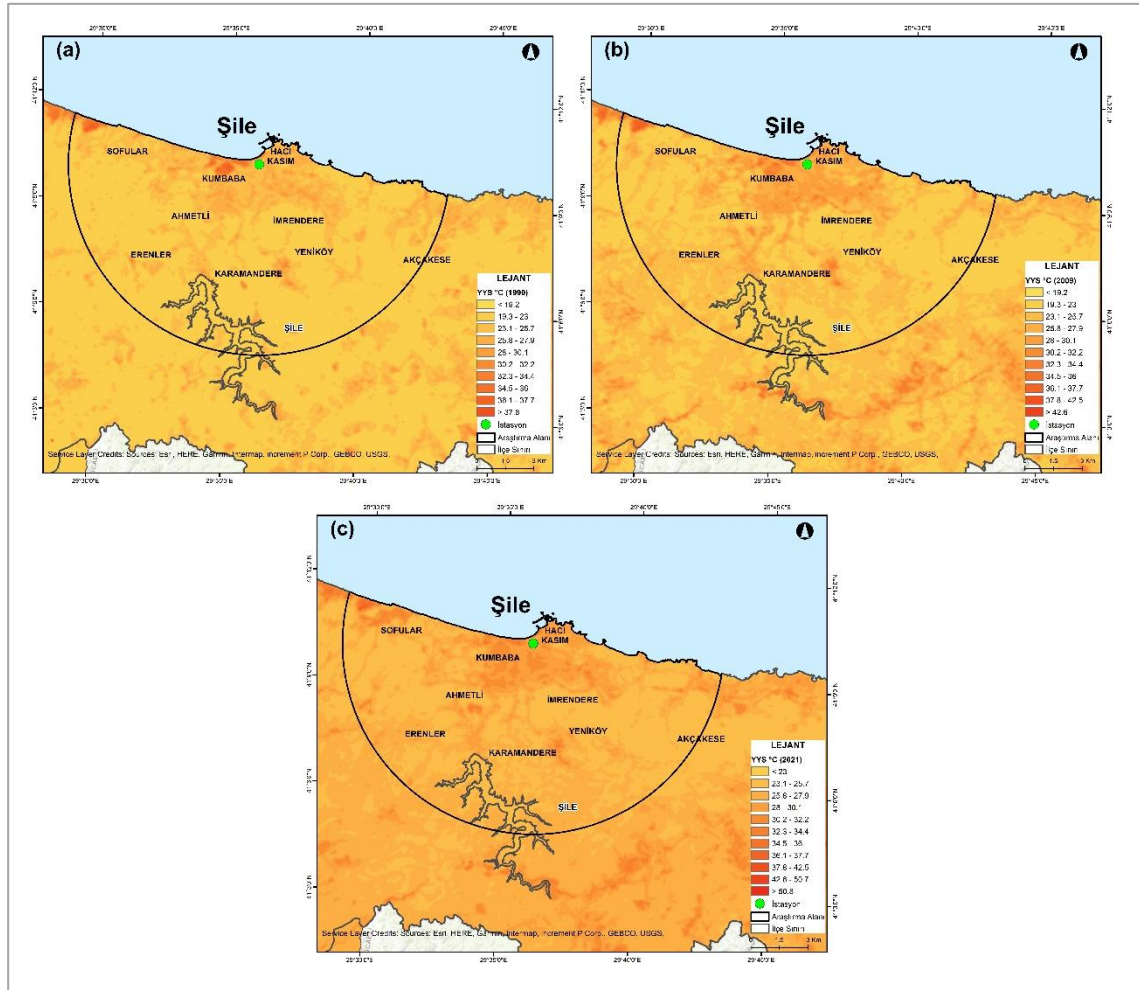
Şile Ahmetli Mahallesi x değeri 29.563-y değeri 41.138 olan noktanın 1990 YYS değeri 21,1°C, 2009’da 23,3°C, 2021’de 34,1°C olarak ölçülmüştür (Şekil 10a, b, c). 1990-2021 aralığında 13°C’lik, 1990’dan 2009’a 2,2°C’lik, 2009’dan 2021’e 10,8°C’lik bir artış görülmüştür. Uydu görüntülerine göre, 1990’da ormanlık arazi olan alan 2009’da maden ocağı olmuştur. 2021’de ise maden ocağı genişlemiştir. Bu nedenle sıcaklıklar artmıştır.

Şile merkezde Hacıkasım Mahallesi’nde x değeri 29.608-y değeri 41.177 olan yerin 1990 YYS değeri 18,4°C, 2009’da 25,8°C, 2021’de 29,4°C olarak ölçülmüştür. 1990’dan 2021’e 11°C’lik bir artış görülmüştür. 1990’dan 2009’a 7,4°C, 2009’dan 2021’e 3,6°C’lik bir sıcaklık artışı gözlemlenmiştir (Şekil 11c, a, b). Uydu görüntülerine bakıldığında bu alan, 1990 yılında su yüzeyi iken 2009’da dolgu alanı haline getirilmiştir. 2021’de ise marina yapılan alanda, otopark, açık hava spor etkinlik alanları ve boş arazi olduğu görülmüştür.

İmrandere Mahallesi’nde x değeri 29.619-y değeri 41.15 olan noktanın 1990 YYS değeri 22,4°C, 2009’da 30,8°C, 2021’de 30,4°C olarak ölçülmüştür. 1990’dan 2021’e 8°C’lik bir artış görülürken, 2009’dan 2021’e -0,4°C’lik bir düşüş olduğu görülmüştür. Uydu görüntülerine göre 1990’da ormanlık alan olan bu yerin, 2009’da Melen boru hattının geçtiği güzergâh olduğu gözlemlenmiştir. 2021’de de boru hattı vardır.

Sofular Mahallesi’nde x değeri 29.504-y değeri 41.176 olan noktanın 1990’da YYS değeri 22,8°C iken, 2009’da 22,4°C, 2021’de 32,4°C olduğu gözlemlenmiştir. 1990’dan 2009’a sıcaklık değerlerinde büyük farklılık görülmezken, 1990’dan 2021’e 9,6°C’lik bir artış görülmüştür. 2009’dan 2021’e ise 10°C’lik bir artış olmuştur.

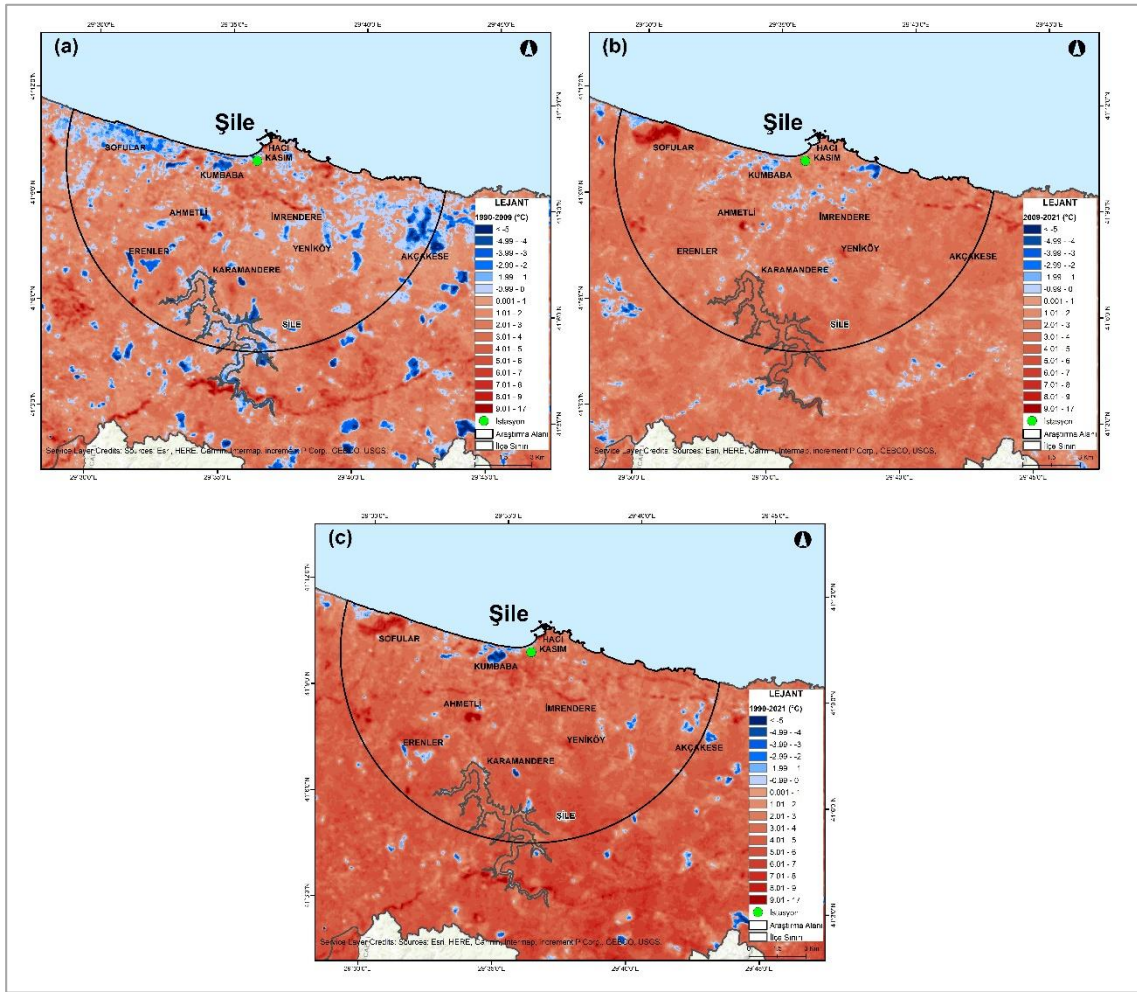
Uydu görüntüleri ve Orman Genel Müdürlüğü (OGM, 2022)'ne göre 2 Ağustos 2020'de çıkan orman yangını sonrasında bu alan günümüzde çıplak arazi haline gelmiştir. Bu durum orman yangınlarının küresel ısınma ve bunun yereldeki karşılığı olan kentsel ısı adaları üzerindeki sıcaklığı artırıcı etkisi ile açıklanabilir (IPCC 2022; Türkeş, 2014).



Şekil 10- Şile 1990(a), 2009(b) ve 2021(c) YYS haritaları
Figure 10- Şile 1990(a), 2009(b) and 2021(c) LST maps

Karamandede Mahallesi'nde x değeri 29.594-y değeri 41.11 olan noktanın 1990 YYS değeri 31,7°C iken, 2009'da 23,3°C, 2021'de 25,4°C olarak ölçülmüştür. 1990-2021 aralığında 6,3°C'lik bir düşüş görülürken, 1990'dan 2009'a 8,4°C'lik bir düşüşün olduğu görülmüştür. 2009'dan 2021'e 2,1°C'lik artış olmuştur. Uydu görüntülerine göre, 1990'da çıplak arazi olan bu yer, 2009'da ormanlık alan haline gelmiştir. Dolayısıyla çıplak araziden orman örtüsü haline gelen bir yerin ısı adası etkisini azalttığı görülmüştür.

Erenler Mahallesi'nde x değeri 29.524-y değeri 41.121 olan yerin 1990 YYS değeri 30,8°C, 2009 değeri 22,8°C, 2021 değeri 26,0°C olarak ölçülmüştür. 1990'dan 2021'e 4,8°C'lik bir düşüş görülürken, 1990'dan 2009'a 8°C'lik bir düşüş görülmüştür. Bu durum uydu görüntülerine göre çıplak araziden ormanlık alana geçişle açıklanabilir. 2009'dan 2021'e 3,2°C'lik bir artışın olduğu görülmüştür. Bu artış hava sıcaklıklarındaki sıcaklıkların artışıyla da paralellik göstermektedir.



Şekil 11- Şile 1990-2009(a), 2009-2021(b) ve 1990-2021(c) YYS fark haritaları
Figure 11- Şile 1990-2009(a), 2009-2021(b) and 1990-2021(c) LST difference maps

Kumbaba Mahallesi x değeri 29.583-y değeri 41.167 olan yerin 1990 YYS değeri 36,5°C, 2009'da 32,1°C, 2021'de 30,4°C olarak ölçülmüştür. 1990'dan 2021'e 6,1°C'lik düşüş görülürken, 2009'dan 2021'e 1,7 °C'lik bir düşüş, 1990'dan 2009'a 4,4°C'lik bir düşüş görülmüştür. Uydu görüntülerine göre bu nokta 1990 da çıplak arazi iken, 2009 da seyrek ve düşük yoğunluklu bir yerleşme haline gelmiş, 2021'de de yerleşmelerin artış gösterdiği görülmüştür.

Akçakese Mahallesi'nde x değeri 29,702-y değeri 41.135 olan yerin 1990 yılında YYS değeri 28,4°C iken, 2009 yılında 21,1°C, 2021 yılında ise 24,3°C olarak ölçülmüştür. 1990'dan 2009'a 7,3°C'lik bir düşüş varken, 2009'dan 2021'e 3,2°C'lik bir artış vardır. 1990'dan 2021'e ise 4,1°C'lik düşüş görülmüştür. Uydu görüntülerine bakıldığında bu nokta, 1990'da çıplak arazi iken 2009'da ormanlık alan haline dönüşmüştür.

Yeniköy Mahallesi'nde x değeri 29.627-y değeri 41.127 olan yerin 1990 YYS değeri 21,9°C iken, 2009'da 22,8°C, 2021'de 30,0°C'dir. 1990'dan 2021'e 8,1°C'lik bir artış olmuş, 1990'dan 2009'a 0,9°C'lik artış olmuştur. 2009'dan 2021'e 7,2°C'lik bir artış görülmüştür. 1990 ve 2009'da ormanlık alan olan yerde, 2021 yılında maden ocağı yapıldığı uydu görüntüleriyle saptanmıştır.

4. TARTIŞMA

Son yıllarda hızlı kentleşmeye bağlı iklim değişikliği ve kentsel ısı adaları (Arnfield, 2003; EPA, 2003; Stewart, 2011; IPCC, 2022) sıklıkla tartışılan konular olmuştur. Bu çalışmada İstanbul'dan 3 farklı istasyon (İstanbul Bölge, Sarıyer ve Şile), 2 farklı yöntemle çalışılmıştır. 1950-2021 yılları aralığındaki, ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, toplam yağış, ortalama rüzgar hızı olmak üzere 5 farklı meteorolojik

parametre; United States Geological Survey -USGS- 'den alınan 1990 ve 2009 yılı Landsat TM 5 ve 2021 Landsat 8 -OLI-TIRS- uydu görüntüleri üzerinden oluşturulan YYS haritaları ile kentsel ısı adası oluşumu incelenmiştir.

Erlat, Türkeş & Aydın-Kandemir (2021)'e göre sıcak hava dalgası özelliklerinin trend analizi, Türkiye'nin 1950'den bu yana daha sık ve daha uzun sıcak hava dalgaları yaşadığını göstermektedir. Bu çalışmada da analizlerin ortak başlangıç yılı olan 1950'den bu yana İstanbul Bölge, Sarıyer ve Şile istasyonlarında tüm sıcaklık parametrelerinde artış eğilimi söz konusudur. Bu artış eğilimi Şile istasyonunda görece daha düşük olmakla birlikte yine tüm istasyonlarda özellikle maksimum sıcaklıklarda (0.01 anlam düzeyi) istatistiksel açıdan anlamlılık göstermiştir. Nitekim Yasdıman (2021) da İstanbul ve Şile istasyon çifti için 69 yıllık sıcaklık veri seti karşılaştırmasında kentsel ısı adası varlığını ispat etmiştir. Buna göre aylık maksimum, aylık minimum ve aylık ortalama sıcaklık ortalamalarına ait tüm mevsimlerde kent istasyonu olan İstanbul, kırsal istasyon olan Şile'den daima daha fazla ısınmıştır.

Firozjaei vd. (2020) mega kentler, aşırı nüfus artışı, kentsel alan genişlemesi, insan faaliyeti, artan enerji tüketimi ve artan antropojenik ısı nedeniyle ciddi sorunlarla karşı karşıya olduğunu yaptıkları çalışma ile ispatlamaya çalışmıştır. Buna göre 1985-2019 yılları aralığında yaptıkları modellemede Los Angeles, Atlanta, Atina, İstanbul, Tahran ve Pekin gibi mega kentlerin antropojenik yer yüzeyi sıcaklık ortalamalarının artış göstermesi, ısı adalarının kentlerdeki etkisinin önemli boyutlarda olduğunu göstermiştir. Duman-Yüksel (2008), günümüz büyük kentlerinde yeşil alanların ve buharlaşma yüzeylerinin azalması; beton ve asfaltla kaplanmış yüzeyler ile yapısal alanların artması ve bu alanlarda kullanılan yapı malzemelerinin sıcaklığı daha iyi iletme ve yüksek sıcaklık depolama özelliklerine sahip olmaları gibi nedenlerle meteorolojik parametrelerin değişerek, yerel ve bölgesel ölçekte iklim değişimine neden olduğunu belirtmiştir. İstasyonların yağış değerleri İstanbul Bölge istasyonu dışında artış eğilimine sahiptir. İstanbul Bölge'deki azalma eğilimi herhangi bir anlam düzeyine girmemiştir. Bu durum kentsel ısı adası etkisinin yağışlar üzerinde azaltıcı etkiye sahip olmadığını göstermiştir. Kadıoğlu (1997), Marmara Bölgesi'nde şehirleşmenin yağış üzerine etkisini araştırdığı makalesinde şehirlerdeki aşırı yoğunlaşma çekirdekleri nedeniyle yağışlı gün sayısında artış olurken, şiddetli yağışlarda (> 30 mm gün-1) azalma saptamıştır. Yazar bu durumu aşırı yağışları besleyecek kadar yağışa geçebilir su buharının atmosferde birikmeden eskiye nazaran daha sık yere ulaşmasıyla açıklamaktadır. İstasyonlarda yine şiddetli azalma trendi gösteren diğer parametre ortalama rüzgar hızıdır. Tüm istasyonlarda 0.01 anlam düzeyinde saptanmıştır. Yapılı çevre yoğunluğu arttıkça rüzgar hızının düştüğü görülmüştür. Nitekim Bernatzky (1982), yapılaşma yoğunluğu, materyal seçimi, yüksek binaların rüzgâr hızını kesmesi, yağış akışkanlığının olumsuz etkilenmesi, vejetasyon eksikliği nedeni ile buharlaşmanın azalması ve sis oluşumunun artması nedeni ile kentlerde bir sıcaklık artışından söz etmiştir.

1990, 2009, 2021 YYS haritaları sonuçlarına göre, seçilen üç bölgede yapılaşmanın ve çıplak arazinin artması, orman örtüsünün azalması, maden ocaklarının varlığı, sanayi tesislerinin varlığı, günümüze doğru YYS değerlerini arttırmıştır. Bu sonuç literatürle de örtüşmekle birlikte, kent yoğunluğunu arttıracak geçirimsiz yüzeylerin ısı adaları oluşumunu tetiklediği ile açıklanmıştır (Svensson & Eliasson 2002; Çiçek & Doğan 2005; Dadaser-Çelik & Cengiz, 2014; Yu vd., 2019; Shahfahad vd., 2022). Seçilen üç istasyon arasında kentleşme düzeyi en fazla olan İstanbul Bölge'den Sarıyer'e ve kırsal bir özellik taşıyan Şile'ye doğru YYS değerlerinde de bir düşüş söz konusu olmuştur. Bu durum literatürle de örtüşmektedir. Sözelimi, Özbilge (2020)'nin MODIS ve Landsat 8 uydu görüntüleri ile İstanbul'un yüzey sıcaklıklarını incelediği çalışmasında, Şile'nin yüzey sıcaklıkları tüm yıl boyunca İstanbul Bölge ve Sarıyer'i de içeren bölgelere göre daha düşük çıkmıştır. Yine Sarp vd. (2021)'nin İstanbul genelinde uzaktan algılama yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmalarında, ilçelerin kentsel obje oranlarına bakıldığında en yüksek kentsel obje oranı %52 ile Güngören ilçesidir. Kentsel obje oranının en düşük olduğu ilçe ise %2 ile Şile'dir. Karşılaştırma, kentsel obje oranları ile yüzey sıcaklığı arasındaki pozitif doğrusal ilişkiyi ortaya koymaktadır. İstanbul Bölge'de incelenen bölge içerisindeki alanda geçmişte fabrika olan yerlerin YYS değerlerinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç, Sarp, Temurçin & Aldırmaz (2018)'in, uzaktan algılama yöntemi kullanarak sanayileşmenin kentsel ısı adası oluşumu üzerindeki etkisini Bağcılar (İstanbul) özelinde inceledikleri çalışma ile de örtüşmektedir. Çalışmada sanayileşmiş bölgelerde ısı adalarının oluşumunda bir artış görüldüğü saptanmıştır.

İstanbul Bölge istasyonu İstanbul'un en yoğun kentleşme gösteren yerlerinden biri, Sarıyer istasyonu kentleşmenin hız kazandığı yarı kentsel bir yer, Şile istasyonu ise çevresine göre daha kırsal bir özellik göstermektedir. Bu durum sıcaklık gidişlerinde aynı yönde olsa da şiddet bakımından farklılık göstermelerine sebep olmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye'nin birçok yeri gibi hızlı yapılaşmanın sürdüğü Şile istasyonunda da kentleşme hızının devam etmesi durumunda, zaman içinde daha da şiddetlenen bir ısınma eğilimi olacağı düşünülmektedir.

Yapılı çevrenin hızla değiştiği ve birim alandan daha fazla gelir elde edilen çok katlı yapılaşmayla birlikte kentlerde nüfus yoğunluğu artmaktadır. Bu nüfusun ihtiyacı olan yeşil alanlar, yapılaşmaya bağlı olarak azalmaktadır. Gerek toplumun ihtiyacını karşılamak gerekse kentsel ısı adalarının oluşumunu azaltmak için yeşil alanlar ve ağaçlandırma artırılmalıdır. Bilimsel araştırmalar ağaç ve bitki örtüsünün bir binanın soğutma enerjisi tüketimini %25'e kadar azalttığını göstermektedir (EPA, 2003). Yapıların çatı sistemleri (yeşil çatı, serin çatı vb.) güneş ışınlarını absorbe etmeyecek, yayılımı kolaylaştıracak malzemelerden üretilmelidir. Nitekim Zoras vd. (2014)'nin Florina'da (Yunanistan) kentsel bir alanda geleneksel malzemeleri soğuk malzemelerle değiştirdikleri simülasyon çalışmalarında, soğuk malzemelerle değiştirilen simülasyonda en sıcak günün öğle saatlerinde ortalama maksimum hava sıcaklığı 1,39°C azalırken, ortalama yüzey sıcaklığında 3,52°C azalma gerçekleşmiştir.

5. SONUÇ

Kentler, bitki örtüsünün yok edildiği, geçirimsiz yüzeylerin ve yapı alanlarının yoğun olduğu, doğal drenaj ve su akışının değiştirildiği; su, enerji, bitki örtüsü, topografya ve yapı malzemelerinde çok büyük dönüşümlerin yaşandığı mekânlar haline gelmiştir. Kentsel mekânlardaki yapılaşma ve yüzey değişiklikleri nedeniyle radyasyon dolaşımının bozulması, kent mekânında ısınmış alanların yani kentsel ısı adalarının oluşumunu beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada kentsel ısı adası, kentsel yoğunlukları farklı olan üç merkezde (İstanbul Bölge, Sarıyer, Şile), meteorolojik parametreler ve uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen sonuçlar üzerinden değerlendirilmiştir. 5 farklı parametrenin 1950-2021 dönemi yıllık zaman serilerindeki trendler incelenmiştir. Meteorolojik verilere Mann-Kendall Sıra Korelasyon Analizi yöntemi uygulanmıştır. 1990-2009-2021 yıllarına ait Landsat görüntüleri kullanılarak YYS elde edilmiştir. Bu görüntüler üzerinden araştırma alanları bazında yıllar arası YYS değerlerindeki durum ve farklılaşma açıklanmıştır.

Seçilen üç istasyonun uzun yıllık sıcaklık analizleri incelendiğinde, tüm sıcaklık parametrelerinde bir artış eğilimi saptanmıştır. Bu eğilimler 1980'li yılların ilk yarısında uzun süreli ortalamanın üstüne çıkarak, artış yönünde bir trend göstermiştir. Şile istasyonunun ortalama sıcaklık, minimum sıcaklık ve yağışta 0.05, maksimum sıcaklık ve ortalama rüzgarda istatistik açıdan 0.01 anlam düzeyinde kuvvetli trendler söz konusudur. Bu trendlerin yönü, istasyonların tüm sıcaklık parametrelerinde artış yönünde, toplam yağışlarda Sarıyer ve Şile'de artış yönünde ve rüzgar hızı için ise tüm istasyonlarda kuvvetli bir azalma yönündedir. İstanbul Bölge istasyonunda yağışlar anlamlılık vermemiştir ve azalma yönünde bir eğilim görülmüştür. Buna karşın Sarıyer ve Şile istasyonlarında yağışlarda artış trendi saptanmıştır. 1990-2009-2021 yıllarına ait seçilen bölgelerin Landsat uydu görüntülerine göre ise YYS değerlerinde genel olarak artış görülmüştür. Bu artış kentleşmenin en yoğun olduğu İstanbul Bölge'de daha fazladır. Sonrasında Sarıyer ve Şile takip etmektedir.

Bu çalışmada incelenen alanların meteorolojik verileri ve Landsat uydu görüntülerinden elde edilen YYS sonuçları kentsel ısı adası oluşumunu göstermekle birlikte, kentleşmenin kent iklimi üzerinde ısı arttırıcı etkisine örnek olmuştur.

Çıkar Çatışması / <i>Conflict of Interest</i>	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / <i>funding conditions</i>	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/ <i>Conception/Design of Study</i>	P. Aksak - Ş. Kartum Öztürk - Ö. Ünsal
Metodoloji/ <i>Methodology</i>	P. Aksak - Ş. Kartum Öztürk - Ö. Ünsal
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/ <i>Data Curation</i>	P. Aksak - Ş. Kartum Öztürk - Ö. Ünsal
Analiz/ <i>Analysis and interpretation of data</i>	Ş. Kartum Öztürk - Ö. Ünsal - P. Aksak
Görselleştirme/ <i>Visualization</i>	Ö. Ünsal - Ş. Kartum Öztürk - P. Aksak
Yazı taslağı/ <i>Writing - Original Draft</i>	P. Aksak - Ş. Kartum Öztürk - Ö. Ünsal
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/ <i>Writing - Review & Editing</i>	P. Aksak - Ş. Kartum Öztürk - Ö. Ünsal
Proje yönetimi/ <i>Project administration</i>	P. Aksak - Ş. Kartum Öztürk - Ö. Ünsal

REFERANSLAR

- Arnfield, A.J. (2003). Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, 23, 1-23. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.859>
- Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Sensors*, Article ID 1480307, 8 pages. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Barsi, J., Schott, J., Hook, S., Raqueno, N., Markham, B., & Radocinski, R. (2014). Landsat 8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, 6(11), 11607-11626. <https://doi.org/10.3390/rs6111607>
- Bernatzky, A. (1982). The contribution of trees and green spaces to a town climate. *Energy and Buildings*, 5(1), 1-10. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(82\)90022-6](https://doi.org/10.1016/0378-7788(82)90022-6)
- Canan, F. (2017). Kent Geometrisine Bağlı Olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 69-80. doi: <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.357202>
- Chander, G., & Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2677. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2003.818464>
- Coll, C., Galve, J. M., Sánchez, J. M., & Caselles, V. (2010). Validation of Landsat-7/ETM+ thermal band calibration and atmospheric correction with ground-based measurements. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(1), 547-555. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2009.2024934>
- Copernicus. (2012). Urban Atlas Supplement I. Retrieved from <https://acp.copernicus.org/preprints/acp-2019-127/acp-2019-127-supplement.pdf>
- Çiçek, İ. (2005). Ankara'da şehir ve kırsal sıcaklık farklarındaki değişiklikler (1970-2002). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 1-16. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/firatsbed/issue/45191/565903>
- Çiçek, İ., & Doğan U. (2005). Ankara'da şehir ısı adasının incelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72. doi: https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000049
- ÇŞİDB. (2019). Urban Atlas Retrieved from http://ecbsservis.csb.gov.tr/arcgis/rest/services/YAYIN/urbanatlas_ondokuz/MapServer
- Dadaser-Çelik, F., & Cengiz, E. (2014). Wind speed trends over Turkey from 1975 to 2006. *International Journal of Climatology* 34(6), 1913-1927. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.3810>
- Diren-Üstün, D., Kaplan, E., & Ünal, Y. (2022). İstanbul şehir ısı adası ve kentsel gelişim senaryolarına bağlı değişimi. *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(1), 55-68. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/itucis/issue/68628/1084267>
- Duman-Yüksel, Ü. (2008). Kentlerde yapısal ve yeşil alanlardaki hava ve yüzey sıcaklıklarının irdelenmesi: Ankara örneği. *Ekoloji*, 18(69), 66-74. doi: <https://doi.org/10.5053/ekoloji.2008.699>
- Duman-Yüksel, Ü., & Yılmaz, O. (2013). Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6678/88558>

- Efe, B., Toros, H., & Deniz, A. (2015). Türkiye geneli yağış ve sıcaklık verilerinde eğilimler ve salınımlar. VII. *Atmospheric Science Symposium Bildiriler Kitabı* içinde, (s.791-800). 28-30 Nisan, İstanbul.
https://web.itu.edu.tr/toros/yayinlar/2015/turkiye_geneli_yagis_ve_sicaklik_verilerinde1.pdf
- Environmental Protection Agency-EPA. (2003). Cooling summertime temperatures/Strategies to reduce heat islands. EPA, publication number: 430-F-03-014. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-06/documents/hiribrochure.pdf>
- Erlat, E., Türkeş, M. & Aydın-Kandemir, F. (2021). Observed changes and trends in heatwave characteristics in Turkey since 1950. *Theoretical and Applied Climatology*, 145:137–157 <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03620-1>
- Firozjaeia, M. K., Wengb, Q., Zhaoc, C., Kiavarza, M., Lud, L. & Alavipanah, S. K., (2020). Surface anthropogenic heat islands in six megacities: An assessment based on a triple-source surface energy balance model. *Remote Sensing of Environment*, 242, 1-22.
- Gülten, A. (2014). *Kentsel yüzeylerde ısı adası etkisinin simülasyon yöntemi ile araştırılması*. Yayımlanmamış doktora tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Gümüş, A. E. (2015). *Ankara kenti ısı adası oluşumunun saptanması ve değerlendirilmesi*. Yayımlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Howard, L. (1833). *The climate of London: deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it*. London.
https://books.google.com.tr/books?id=tHAAAAAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Dodman, D., Hayward, B., Pelling, M., Castan Broto, V., Chow, W., Chu, E., Dawson, R., Khirfan, L., McPhearson, T., Prakash, A., Zheng, Y., & Ziervogel, G. (2022). Cities, settlements and key infrastructure. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In (pp. 907–1040). Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/9781009325844.008>.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter06.pdf
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (2021, Haziran 10). <https://www.ibb.istanbul/icerik/bilgi-hizmetleri>
- Kadioğlu, M. (1997). Trends in surface air temperature data over Turkey. *International Journal of Climatology*, 17, 511-520. doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199704\)17:5<511::AID-JOC130>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199704)17:5<511::AID-JOC130>3.0.CO;2-0)
- Kim, H. H. (1992). Urban heat island. *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2319 – 2336. doi: <https://doi.org/10.1080/01431169208904271>
- Kum, G. (2006). *Göztepe, Kandilli ve Şile sıcaklık verileri kullanılarak istanbul'da şehir ısı adası etüdü*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Lino, A., & Hoyano, A. (1996). Development of a method to predict the heat island potential using remote sensing and GIS data. *Energy and Buildings*, 23, 199-205. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(95\)00945-0](https://doi.org/10.1016/0378-7788(95)00945-0)
- Magee, N., Curtis, J., & Wendler, G. (1999). The urban heat island effect at Fairbanks, Alaska. *Theoretical and Applied Climatology*, 64(1-2), 39-47. doi: <https://doi.org/10.1007/s007040050109>
- Menberg, K., Bayer, P., Zosseder, K., Rumohr, S. & Blum, P. (2012). Subsurface urban heat islands in German cities. *Science of the Total Environment*, 442, 123–13. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.043>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2012). Türkiye 2011 yılı iklim değerlendirmesi. Şubat 2012, Ankara.
<https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/2011-yili-iklim-degerlendirmesi.pdf>
- Oke, T. R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, 1(3), 237-254. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.3370010304>
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 1-24. doi: <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Orman Genel Müdürlüğü-OGM (2022, Eylül 18). <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/FaaliyetRaporu/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCr%C3%BCr%C3%BCr%C4%9F%C3%BC%202020%20Y%C4%B1%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf>
- Özbilge, M. K. (2020). *Şehir ısı adası ile yüzey ısı adası kavramları arasındaki farklar ve İstanbul örneği*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Özmeçik İ. M., Tonyaloğlu E. E. & Göktuğ T.H. (2022). Kent atlası verilerinden kentsel saçaklanmanın belirlenmesi: Samsun ili örneği. *Turkish Journal of Landscape Research*, 5 (2), 102-111. doi: <https://doi.org/10.51552/peyad.1222058>
- Rao, P. K. (1972). Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 53, 647-648.
- Sarp, G., Baydoğan, E., Güzel, F., & Otlukaya, T. (2021). Evaluation of the relationship between urban area and land surface temperature determined from optical satellite data: A case of Istanbul. *Advanced Remote Sensing*, 1(1), 31-37.
- Sarp, G., Temurçin, K. & Aldırmaz, Y. (2018). Evaluation of industrialization effects on urbanization and heat island formation using remote sensing technologies: a case of *Istanbul Bağcılar District*. *SDU Faculty Of Arts And Sciences Journal Of Social Sciences*, 44, 1-13.
- Schlünzen, K. H., & Katzfey, J. J. (2003). Relevance of sub-grid-scale landuse effects for mesoscale models. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 55(3), 232-246. doi: <https://doi.org/10.3402/tellusa.v55i3.12095>
- Shahfahad, Talukdar, S., Rihan, M., Hang, H. T., Bhaskaran, S., & Rahman, A. (2022). Modelling urban heat island (UHI) and thermal field variation and their relationship with land use indices over Delhi and Mumbai metro cities. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 3762–3790. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01587-7>
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Guillem, Sòria, M., Luis Guanter, R., Moreno J., Plaza, A., & Martínez., P. (2008). Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46, 316-327. doi: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.904834>
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434-440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>
- Stewart, I. D. (2011). A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *International Journal of Climatology*, 31, 200-217. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.2141>
- Svensson, M. K., & Eliasson, I. (2002). Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning. *Landscape and urban planning*, 61(1), 37-54. doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00076-2)
- Şen, K., & Aksu, H. (2021). İstanbul için standart süreli gözlenen en büyük yağışların eğilimleri. *Teknik Dergi*, 32 (1), 10495-10514. doi: <https://doi.org/10.18400/tekderg.647558>
- Theeuwes, N. E., Steeneveld, G. J., Ronda, R. J., Heusinkveld, B. G., van Hove, L. W. A. & Holtslag, A. A. M. (2014). Seasonal dependence of the urban heat island on the street canyon aspect ratio. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 140(684), 2197–2210. doi: <https://doi.org/10.1002/qj.2289>
- Tozam, İ., & Karaca, Ü. B. (2018). Kentsel ısı adası etkisi ve serin çatılar. 9. *Ulusal Çatı & Cephe Konferansı 12 - 13 Nisan 2018 T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi – Ataköy Yerleşkesi–Akıngüç Oditoryumu*. <http://catider.org.tr/pdf/sempozyum9/5%20Kentsel%20Is%C4%B1%20Adas%C4%B1%20Etkisi%20ve%20Serin%20C3%87at%C4%B1lar.pdf>
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations monitoring vegetation. *Journal of Remote Sensing Environment*, 8(2), 127-150. doi: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- Türkeş, M. (2004). İklimsel ve atmosferik verilerin türdeşlik ve rasgelelik çözümlemesi. DMIGM Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Temel İstatistik Kursu Notları, Ankara, 39 s.
- Türkeş, M. (2014). İklim değişikliğiyle savaşım, Kyoto Protokolü ve Türkiye. *Mülkiye Dergisi*, 32(259), 101-131. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mulkiye/issue/259/746>
- Türkiye İstatistik Kurumu-TÜİK (2022, Şubat 6) <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2022-49685> (Erişim Tarihi 6.03.2023)
- Türkiye İstatistik Kurumu-TÜİK (2023, Nisan 27) <https://www.tuik.gov.tr/>
- U.S. Geological Survey-USGS (2022, Eylül 20). <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Ünal, Y., Sonuç, C.Y., İncecik, S., Topçu, S., Üstün, D.D., & Temizöz, P. (2020). Investigating urban heat island intensity in İstanbul. *Theoretical and Applied Climatology*, 139, 175–190. doi: <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02953-2>
- Voogt, J. A., & Oke T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86, 370-384. doi: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)

- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (1998). Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 895-920. doi: <https://doi.org/10.1080/014311698215784>
- Ward, K., Lauf, S., Kleinschmit, B., & Endlicher, W. (2016). Heat waves and urban heat islands in Europe: A review of relevant drivers. *Science of the Total Environment*, 527–539. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.119>
- Yasdıman, K. (2021). *Türkiye’de Nüfusu 500.000 ve Üzeri Kentlerin Isı Adası Etüdü*. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, E. (2013). *Ankara şehrinde ısı adası oluşumu*. Yayınlanmamış doktora tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Yu, Z., Yao, Y., Yang, G., Wang, X., & Vejr, H. (2019). Spatiotemporal patterns and characteristics of remotely sensed region heat islands during the rapid urbanization (1995–2015) of Southern China. *Science of the Total Environment*, 674, 242-254. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.088>
- Zoras, S., Tsermentselis, A., Kosmopoulos, P., & Dimoudi, A. (2014). Evaluation of the application of cool materials in urban spaces: A case study in the center of Florina. *Sustainable Cities and Society*, 13, 223-229. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.01.007>



TÜRKİYE HAVA ULAŞIM AĞI'NIN (THUA) DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ: DİNAMİK MEKÂNSAL - KARMAŞIK AĞ YAKLAŞIMI

Modeling the Change of the Turkish Air Transport Network (THUA): Dynamic Spatial - Complex Network Approach

Umut ERDEM 

Dokuz Eylül Üniversitesi Harita Kadastro Programı,
İzmir-Türkiye
umut.erdem@deu.edu.tr

Abstract

The aviation industry is a capital-intensive industry with high quality social capital and high technology. For this reason, it is of strategic importance for both national and regional economies. Air transport networks are able to attract domestic and foreign investments to the regions by the settlement of the complementary sectors of the aviation industry, as well as the passengers, cargo and information they circulate. The Turkish Air Transport Network (THUA) has a history of almost a century that started in 1930 and continues to grow today with the world's largest airport and a global flag carrier. In this context, this article models the change of THUA for each year in the 2012-2017 period using spatial-complex network analysis, estimates the effects of socio-economic and network criterion-based dynamics on the probability of a new connection between airports in THUA using machine learning models and reveals important results. Although the THUA is a sparse network, it tends to be concentrated. New ties are not formed randomly between nodes, on the contrary, they are formed between certain airports. Income and population, as well as degree centrality and clustering coefficient, increase the likelihood of a new link between airport pairs.

Keywords: Turkey Air Transportation Network, Spatial Network Analysis, Complex Network Analysis, Machine Learning

Öz

Havacılık sektörü yüksek ve kaliteli sosyal sermaye ve yüksek teknoloji içeren sermaye yoğun bir sektördür. Bu nedenle hem ülke ekonomileri hem de bölge ekonomileri için stratejik önem arz etmektedir. Hava taşımacılığı ağları dolaşımını sağladıkları yolcu, yük ve bilginin yanı sıra havacılık sektörünün tamamlayıcı sektörlerin bölgelerde yerleşmesiyle yerli ve yabancı yatırımları da bölgelere çekebilmektedirler. Türk Hava Ulaşım Ağı (THUA), 1930'da başlayan neredeyse bir asırlık bir geçmişe sahiptir ve bugün dünyanın en büyük havalimanı ve küresel bir bayrak taşıyıcısı ile büyümeye devam etmektedir. Bu bağlamda, bu makale THUA'nın 2012-2017 periyodunda her yıl için mekânsal-karmaşık ağ analizlerini kullanarak değişimini modellemekte, makine öğrenmesi modelleri kullanarak THUA'da havalimanları arasında yeni bir bağın oluşum olasılığına sosyo-ekonomik ve ağ ölçütü tabanlı dinamiklerin etkilerini tahmin etmekte ve önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. THUA her ne kadar seyrek bir ağsa da yoğunlaşma eğilimindedir. Yeni bağlar düğümler arasında rastlantısal olarak oluşmamakta aksine belirli havalimanları arasında oluşmaktadır. Gelir ve nüfus ve ayrıca derece merkeziliği ve kümelenme katsayısı havalimanı çiftleri arasında yeni bir bağın oluşma olasılığını arttırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye Hava Ulaşım Ağı, Mekânsal Ağ Analizi, Karmaşık Ağ Analizi, Makine Öğrenmesi

1. GİRİŞ

Ulaşım, bireylerin, malların, teknolojinin, bilginin ve yeniliğin yer değişimini sağlaması ve iktisadi birikim çevrimini hızlandırması nedeniyle önemli bir iktisadi olgudur. Çok modlu ve bütünsel ağ yapılarını içeren karayolu, deniz ve hava ulaşım ağları teknolojik gelişmeler doğrultusunda yatırımları ulusal ve bölgesel bütçelerde oldukça yüksek payları kapsayan yatırımlardır (Rodrigue ve diğ., 2013). Hava ulaşım ağlarına yönelik yatırımlar sektörün içerdiği yüksek rekabet ortamı, yüksek teknolojik gelişmeler, daha yüksek beşerî sermaye ve teknolojiyi tamamlayıcı sektörler ve daha hızlı sermaye sirkülasyonu nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Hava ulaşım ağları geri kalmış bölgelerin gelişmiş bölgelere ve küresel pazarlara erişim fırsatı sunabilmesi nedeniyle ulusal ve bölgesel ekonomiler için önemli bir iktisadi olgudur. Ayrıca havalimanı kapasitesi ve bağlanabilirlik açısından, hava ulaşım ağları geri kalmış bölgeler ve gelişmiş bölgeler arasında teknolojinin, insan sermayesinin yayılımında ve dağılımında katkı sunduğu ifade edilmektedir (Allroggen ve Malina, 2014).

Havayolu ağları yukarıda ifade edilen sosyo-iktisadi nedenselliklere ilişkin olarak dinamik ve kesintisiz değişim gösteren ağ örüntüleridir. Hava ulaşım ağlarının evrimini ve gelişimini yönlendiren nedensellik bölgelerin ve ülkelerin ekonomik büyümesi ilişkili olduğundan, bölgesel ekonomiler için ağ paradigmasının kullanımıyla ağ topolojisinin analiz edilmesine ve sosyal ve iktisadi çözümlenmelere girdi sunacak bulgular elde edilmesi mekânsal karmaşık ağ analizlerine önemli bir işlev yüklemektedir (Kasarda and Green, 2005). Büyük veri ve ağ bilimi (Brandes ve diğ., 2013; Barabasi, 2013) ve mekansal ağ analizleri, ulaşımın ve özellikle havayolu ağlarının modellenmesine olanak sağlamaktadır (Barthelemy, 2011; Tsiotas ve Polyzos, 2018). Havayolu ağları rastgele oluşmuş coğrafi örüntüler değildir aksine örneğin, ABD (Jia ve Jiang, 2012; Clark ve diğ., 2018), Çin (Wang ve diğ., 2011), Hindistan (Bagler, 2008), Avustralya (Hossain ve Alam, 2017) ve dünya geleninde (Wu ve diğ., 2018; Sun ve diğ., 2017) çalışmalarının ortaya koyduğu üzere belirtilen hava taşımacılığı ağları, düğüm, bağlantı, kümelenme ve diğer özellikler açısından çeşitli ağ topolojilerine sahip rastgele olmayan karmaşık ağ yapılarıdır (Barthelemy, 2011). Bu ağların her biri aynı zamanda coğrafi ve sosyoekonomik çerçeve tarafından yapılanan merkezilik ve hiyerarşik ağ bileşen yapısı da içermektedir.

Türkiye'nin önemli bir jeopolitik konuma sahip olması, dünya çapındaki çok modlu ulaşım ağında geçit işlevi görmesi (Rodrigue ve diğ., 2013), Avrupa ve Asya'nın buluşma noktasında yer alması ayrıca asırlık bir geçmişe sahip olan Türkiye Hava Ulaşım Ağı (THUA), THUA'ya Türkiye'nin ekonomik ve bölgesel kalkınması için önemli bir güç olma işlevi yüklemektedir ve bu nedenlerle mekânsal ağ analizleriyle incelenecek ilginç bir ağ topolojisi örneği olarak ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca gelişmekte olan bir ekonomi olarak Türkiye transit uçuşları çekme coğrafi avantajına (Dursun ve diğ., 2014) ve artan iç hava taşımacılığı talebine sahiptir ve ayrıca kaynaklar, üretim, hizmetler ve tüketim gibi sosyoekonomik gelişmenin tüm yönleriyle ilgili olarak büyük bir pazardır (Çiftçi ve Sevkli, 2015; Melikoğlu, 2017). Örneğin THUA, toplam iç hat yolcu sayısı bakımından ilk 10 ülke arasında yer almaktadır (Melikoğlu, 2017) ve dünya çapında maksimum sayıda destinasyonda faaliyet gösteren ulusal bayrak taşıyıcı Türk Hava Yolları'nı (THY) geliştirmiştir (Çiftçi ve Sevkli, 2015).

Küreselleşmenin "ekonomik büyümeyi" tetiklediği 2000'li yıllar sonrasında havacılık politikalarının Türkiye'de serbestleştirilmesine ve havacılıkta yapılan teknolojik gelişmelere paralel olarak havacılık sektörünün yoğunlaşması ve büyümesi adeta "patlama" yaşamıştır (Çetin ve Benk, 2011). Ulaşım filosu ve altyapıları (Orkcu ve diğ., 2016) ve özel pazarın artması ve artan talep (Çetin ve Benk, 2011; Melikoğlu, 2017) ve devlet sübvansiyonları (Saldıraner, 2013) hava taşımacılığı pazarının yoğunlaşmasını sağlamıştır. Tüm bu gelişmeler sonucunda THUA hem dinamik bir ağ hem de coğrafi olarak yeniden yapılanmıştır.

Bu kapsamda sonraki bölümde THUA'nın günümüz yapısının köklerini ve değişim dinamikleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan veri ve metodoloji aktarılmıştır. Dördüncü bölümde ise THUA'nın yapısını çözümlenmek amacıyla yapılan keşfedici mekânsal-karmaşık ağ analizlerini aktarmaktadır. Beşinci bölümde ağda havalimanı çiftleri arasında yeni bağların oluşma olasılığının tahmin edildiği makine öğrenme modelleri yer almaktadır. Tartışma ve sonuç altıncı bölümde yer almaktadır.

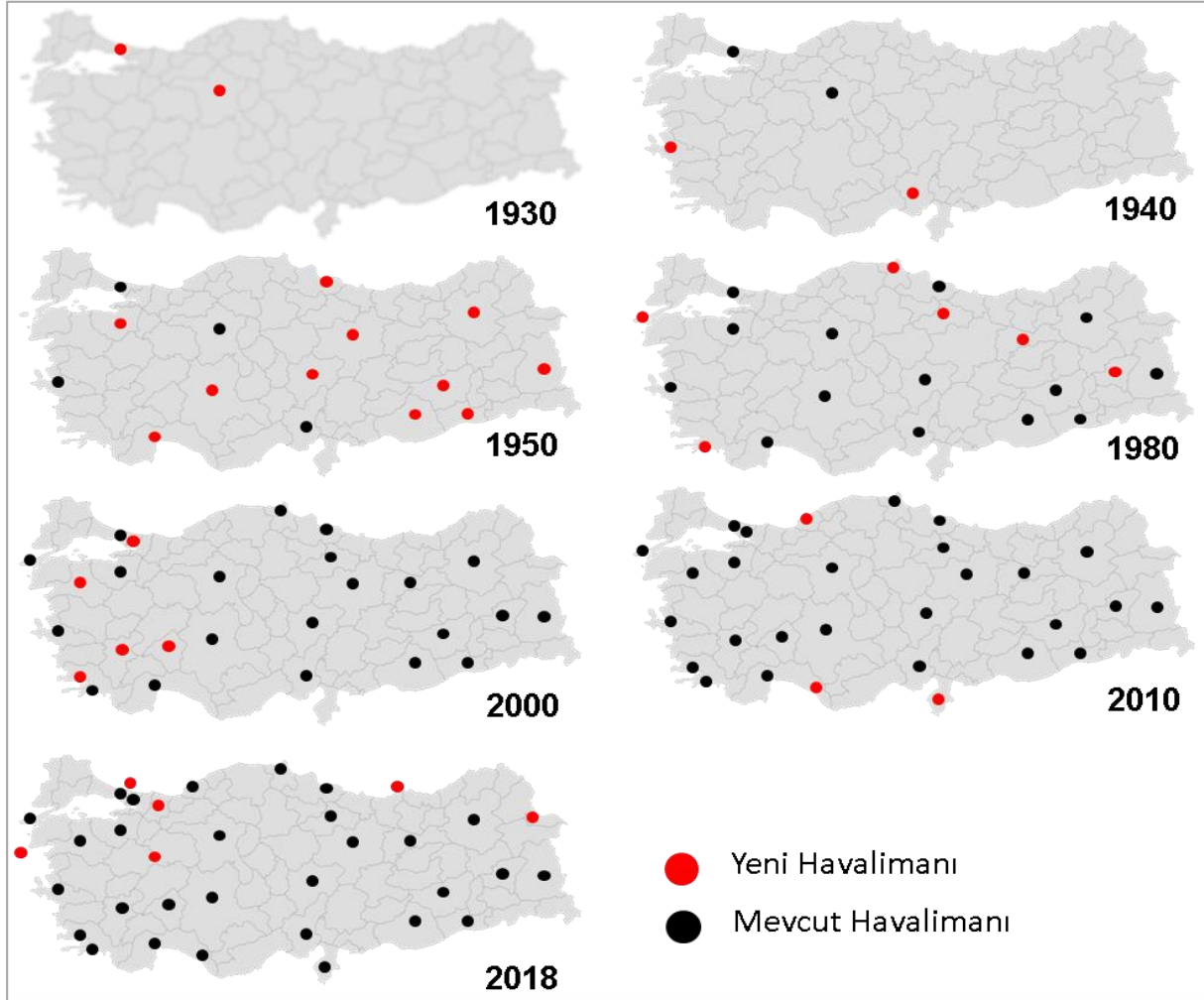
2. TARİHİ ARKA PLAN

THUA'nın geçmişi, yeni modern cumhuriyetin kurulduğu ve Atatürk'ün "İstikbal göklerde" sloganının kurucu otorite olduğu 20. yüzyılın başlarına dayanmaktadır. Türkiye'de havacılık sektörü, 1900'lü yılların başında İstanbul'da iki hangar ve küçük bir pisti kapsayan havacılık faaliyetlerinden dünyanın "en büyük" havalimanına ve dünyada en çok uçuş gerçekleştiren küresel bayrak taşıyıcısı THY'ye bir asırda benzersiz bir geçiş gerçekleştirmiştir.

İfade edilen benzersiz geçişin temel hızlandırıcısı Türkiye ekonomisinin 1980 sonrası yaşanan serbestleşme ve deregülasyon politikalarıdır. Türkiye'de havacılık pazarı, özellikle 2000 sonrası süreçte özel sektöre alan açılmasıyla ve yap-işlet-devret modeli ile kamu ve özel sektör iş birliği ile gerçekleştirilen havacılık alt yapılarıyla hızla büyümüştür (Duran ve Erdem, 2017; Shinnar ve Zamantılı, 2019).

THY bir kamu kuruluşu olarak 1933 yılında İstanbul (eski başkent) ile Ankara (yeni başkent) havalimanları arasında hizmet vermeye başlamıştır (Bakırcı, 2012; Dursun vd., 2014; Çetin ve Benk, 2011). İstanbul ve Ankara havalimanlarından sonra ilk havalimanları, 1939 yılında ülkenin en büyük 3. nüfusuna sahip bir batı şehri olan

İzmir'e ve Türkiye'nin güneyindeki büyük şehirlerden biri olan Adana'ya inşa edilmiştir (THY, 2018). Bu yeni havalimanları ile THUA, Türkiye'nin batı ve doğu Akdeniz bölgelerine yayılmıştır. THUA, 1943 yılında Van havalimanının inşa edilmesiyle Türkiye'nin doğusuna yayılmıştır (Bakırcı, 2012; Taşlıgil, 1999). 1950'li yıllara gelindiğinde, THUA'nın mekânsal örüntüsü, İstanbul ve Ankara havalimanlarının merkezde olduğu, çevre havalimanlarının bu merkez havalimanlarından sadece birine veya ikisine bağlı olduğu, çevre havalimanları arasında herhangi bir çapraz bağın olmadığı bir ağ şeklinde oluşmuştur. THUA'nın ifade edilen iki çekirdekli coğrafi konfigürasyonu sonralarda topla dağıt (hub and spoke) modeli olarak adlandırılan periferdeki havalimanlarından uçuşların merkezi havalimanlarında toplandığı ve ardından tekrar periferdeki havalimanlarına dağıtıldığı sisteme esas olarak 2000'li yıllara kadar kendini sürdürmüştür (Ersöz ve diğ. 2022). Yıllara göre THUA'ya eklenen havalimanları ve THUA'nın mekânsal yayılımı Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1- Türkiye'deki Havalimanlarının Tarihsel ve Mekânsal Yayılımı
Figure 1- Historical and Spatial Expansion of Airports in Turkey

THUA içerisinde THY 1980'li yıllara kadar iç ve dış taleplere hizmet vermiştir. Ayrıca 1980'li yıllara kadar Türkiye genelinde büyük şehirlere yeni havalimanları da inşa edilmiştir. 1980'den sonra, küresel serbestleşme politikaları doğrultusunda hem uluslararası hem de yerel pazarlara hizmet vermek üzere 34 yeni özel havacılık firması Türkiye havacılık pazarında yer almıştır. 1990'lı yıllardan sonra THY'nin pazardaki konumunu korumak için koruma politikaları uygulanmaya başlanmıştır. THY'ye imtiyaz tanıyan kontrolsüz deregülasyon politikaları ve tahsis edilen imtiyazların pazar gücünü pekiştirmesi, 1990'daki Körfez Savaşı, 1999'daki ulusal ekonomik krizler ile bu yeni şirketlerden 28'i iflas ilan etmesine neden olmuştur (Orhan ve Gerede, 2013; Battal ve Kiraci, 2015).

2000'li yıllardan sonra Türkiye'de daha liberal bir piyasa ortamına kavuşmak için hükümetler tarafından yeni neoliberal programlar izlenmiştir (Pamuk, 2014; Togan, 2016). Türkiye'nin yeni teknolojileri ve serbest piyasa ortamı ile hava taşımacılığına olan talep artmış ve hem iç hem de dış talebe hizmet vermek için yeni düşük maliyetli taşıyıcı şirketler ortaya çıkmıştır (Orhan ve Gerede, 2013). THY, kamu iktisadi teşebbüsü niteliğinden halka arz edilen bir şirkete dönüşmüştür. Hükümetlerin neoliberal programları ile ilgili olarak Türkiye'nin havacılık sektöründe büyük bir değişikliğe yol açan bir başka kilometre taşı, havalimanlarının inşası ve işletilmesinde kamu odaklı havalimanı işletmeciliğinden özel-kamu ortaklığına geçiştir (Togan, 2016). Bu da ülkenin büyük şehirlerinde yeni havalimanlarının yap-işlet-devret modeliyle inşa edilmesine yol açmıştır. Sabiha Gökçen havalimanı ve Antalya Havalimanı'nın dış hatlar kısmı ile İstanbul Havalimanı özel sektör tarafından inşa edilmiş ve halen işletilmektedir (daha fazla detay için bkz. Battal ve Aksoyek, 2018).

THUA'nın iki çekirdekli modele dayalı mekânsal konfigürasyonu, yeni pazar dinamikleri ile yeniden yapılandırılmıştır. İzmir ve Sabiha Gökçen havalimanları, pazardaki yüksek rekabet ve ulusal bayrak taşıyıcının hâkim rolü nedeniyle şirketler tarafından aktarma merkezi olarak seçilmiştir (Acar ve Karabulak, 2015). Bu yeni dört çekirdekli model, THUA'nın mekânsal konfigürasyonunda değişikliklere yol açmıştır, ancak yeni merkezler de batı ve güneydeki ana havaalanları olduğundan, THUA'nın eşitsiz coğrafyası değiştirilmesi zor bir mekânsal örüntüye dönüşmüştür.

Anadolu Jet firması, 2008 yılında THY'nin kontrolünde, firma içinde firma modelinde ve ağırlıklı olarak iç pazarda yeni düşük maliyetli taşıyıcı firmalarla rekabet etmek ve küçük ve büyük havalimanları arasında bağlantı sağlamak amacıyla kurulmuştur. Türkiye'nin başkenti ve konum olarak merkezi olan Ankara, AnadoluJet şirketinin ülke çapındaki küçük havalimanları arasında Ankara üzerinden bağlantılı uçuşlar sağlaması için ana merkez olarak seçilmiştir (Orhan ve Gerede, 2013).

Anadolu Jet firmasıyla, bir yandan THY'nin düşük fiyatlı taşıyıcılarla rekabet etmek için kalitesini ve lüksünü düşürmesi gerekmediği, diğer yandan THY'nin hizmetini geliştirerek uluslararası pazarı hedefleyebileceği stratejisinin bir parçası olarak seçildiği ifade edilmektedir. Kalite ve konfor artışıyla THY, yüksek gelirli uluslararası grupların talebini çekmiş ve uluslararası pazardaki konumunu güçlendirmiştir (Çiftçi ve Şevkli, 2015).

2012 sonrasında Türkiye'nin batısında Gökçeada, Aydın ve Kocaeli havaalanları, Türkiye'nin doğusunda Iğdır Havaalanı, Türkiye'nin kuzeyinde Zonguldak Havaalanı, Türkiye'nin güneyinde Gazipaşa Havaalanı hizmete açılmıştır (Taslıgil, 1999). THUA'nın dört çekirdekli coğrafi konfigürasyonu, 2012 yılında 7 merkezden (Atatürk, Sabiha Gökçen, Ankara, İzmir, Adana, Trabzon ve Antalya) 48 havalimanına iç hat uçuşlarının yapıldığı bir mekânsal örüntüye dönüşmüştür. Merkez sayısının 4'ten 7'ye yükselmesi her ne kadar batı-doğu ayrımında eşitsizlikleri dengelemeyi içerse de THUA'nın yeni mekânsal örüntüsü de yüksek eşitsizlik içermektedir. Genelgelere göre, görevlendirilen havayolu şirketinin haftalık sefer sayısı her hat için yaz döneminde 3, kış döneminde 2 seferden az olamaz.

Büyük havalimanlarına yönelik yurt içi talep için şirketlerin rekabeti, küçük havalimanlarına göre daha yüksek olmuştur. Bu nedenle, küçük havalimanlarına uçuşlar ağırlıklı olarak Anadolu jet şirketi tarafından ve kısmen THY tarafından Ankara havalimanı üzerinden birkaç havalimanları için hizmet vermiştir (Orhan ve Gerede, 2013). Diğer şirketler, kar maksimizasyonu ve pazar dinamikleri nedeniyle çoğunlukla ikincil havalimanlarına hizmet vermeyi tercih etmişlerdir. THUA'ya, 2013 yılında Türkiye'nin doğusundaki Şırnak havalimanı ve Türkiye'nin kuzeyindeki Kastamonu havalimanının eklenmesiyle 52 havalimanına genişlemiştir (Orhan ve Gerede, 2013). Perifer bölgelerde yer alan havalimanları ile 7 merkez havalimanı arasında yeni uçuşları ve ayrıca perifer havalimanları arasında da yeni çapraz uçuşların gerçekleşmesini teşvik etmek amacıyla 2013 ve 2015 yıllarında teşvik genelgeleri yayınlanmıştır (Orhan ve Gerede, 2013). Teşvik genelgeleri dış hat uçuşlarına iç hat uçuşları yapan firmalara öncelik vermek üzere kurgulanmıştır. Genelgelerin önemli düzenleyici maddelerinden biri, bir şirketin yeni iç hatlarda yeterli seferlere başlaması halinde, dış hatlara hizmet vermek için öncelik bu şirkete verilmesi, iç hattın iptal edilmesi durumunda tahsis edilen dış hat iptal edilmesidir.

Tablo 1'de merkez havalimanlarına göre uçuş gerçekleştirilmesi teşvik edilen perifer havalimanları yer almaktadır. Genelge aracılığıyla İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya havalimanları ve 35 perifer havalimanı

arasında düzenlenmiştir. Halihazırda AnadoluJet firmasının perifer havalimanları ve Ankara Havalimanı arasında servis sağladığından en az sayıda perifer havalimanı Ankara Havalimanına ayrılmıştır. Ankara havalimanı kadar olmasa da İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı ve perifer havalimanları arasında da gerçekleşmektedir. Yine de İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanına ayrılan perifer havalimanı sayısının Ankara havalimanına ayrılan perifer havalimanı sayısının 2 katından fazladır. 2013 genelgesinin öncelikli amacının İzmir ve Antalya havalimanları ve periferde yer alan havalimanları arasında sağlanması olduğu Tablo 1'de görülmektedir. Antalya havalimanı ve 29 perifer havalimanı arasında uçuş gerçekleştirilmesi teşvik edilirken, İzmir havalimanından ise 21 perifer havalimanına uçuş gerçekleştirilmesi teşvik edilmektedir.

Tablo 1- 2013'te Havalimanı Çiftleri Arasında Teşvik Edilen Hatlar (DHMI, 2014)

Table 1-Subsidized Lines Between Airport Pairs in 2013 (DHMI, 2014)

Başlangıç	Varış
Sabiha Gökçen (İstanbul)	Adıyaman, Ağrı, Amasya, Denizli, Gökçeada, Iğdır, Isparta, Kahramanmaraş, Nevşehir, Muş, Siirt, Sinop, Uşak, Eskişehir
Ankara	Balıkesir, Gökçeada, Sinop, Gazipaşa, Sivas, Denizli
İzmir	Adıyaman, Ağrı, Amasya, Batman, Bursa, Iğdır, Isparta, Kahramanmaraş, Kocaeli, Konya, Nevşehir, Muş, Siirt, Sinop, Sivas, Tokat, Uşak, Eskişehir, Tekirdağ, Zonguldak, Gazipaşa
Antalya	Adıyaman, Ağrı, Amasya, Batman, Bursa, Çanakkale, Denizli, Erzincan, Erzurum, Elâzığ, Gökçeada, Iğdır, Maraş, Kocaeli, Kayseri, Kars, Nevşehir, Muş, Siirt, Sinop, Sivas, Tokat, Uşak, Eskişehir, Tekirdağ, Şanlıurfa, Zonguldak, Mardin ve Malatya

Her ne kadar iki genelge de merkez havalimanları ve perifer havalimanları arasında uçuşların gerçekleşmesine diğer bir ifadeyle THUA'nın yoğunlaşarak Türkiye'nin bölgeleri arasında yolcu ve yük taşımını sağlaması amaçlansa da bölgelerin ve havacılık sektörü dinamikleri merkez havalimanları ve belirli (seçili) perifer havalimanları arasında uçuşların gerçekleşmesine neden olmuştur. 2013 genelgesiyle 4 merkez havalimanı ile 18 perifer havalimanı arasında uçuşlar firmalar tarafından üstlenilmiştir. 2015 genelgesinin ardından ise 4 merkez havalimanı ve 11 perifer havalimanı arasında uçuşlar düzenlenmiştir. Genelgeler ardından firmalar tarafından merkez havalimanları ve seçili perifer havalimanları arasında gerçekleştirilen uçuşlar ve sıklıkları 2013 genelgesi için Tablo 2'de 2015 genelgesi için ise Tablo 3'te gösterilmiştir.

2013 genelgesinin ardından firmalar tarafından en fazla güzergâh seçimi İzmir ve Antalya havalimanına göre görece az sayıda perifer havalimanı ayrılmasına rağmen Sabiha Gökçen havalimanına gerçekleşmiştir. İstanbul'un içerdiği hem ekonomik hem de nüfus dinamikler firmaların Sabiha Gökçen havalimanı ve perifer havalimanı arasındaki uçuşlara dair ortaya koymuş oldukları talebi açıklamaktır. Firmalar İzmir ve Antalya havalimanlarından Batman, Kocaeli ve Sivas havalimanları güzergahlarını seçmişlerdir. Bu durum 2015 genelgesinin ardından yeni açılan hatlar için de benzerdir. En fazla güzergâh Sabiha Gökçen havalimanı ve perifer havalimanlarına gerçekleşirken yine de bu sayı 2013 genelgesinin ardında açılan yeni güzergahların oldukça gerisindedir. Her iki genelgeyle toplamda 4 merkez havalimanı ile 29 perifer havalimanı arasında yeni hatların oluşması sağlanmıştır. Gerçekleşen yeni hat sayısının beklenenin oldukça gerisinde olduğu görülmektedir. Teşvik edilen ancak firmalar tarafından tercih edilmeyen güzergahlar ve ilgili bilgiler Ek-1'de yer almaktadır.

2015 yılında petrol fiyatlarında yaşanan gerileme firmaların maliyetlerini düşürerek fiyatların düşmesine neden olmuştur. 2006'dan 2016 sonuna kadar ortalama bilet fiyat endeksi dünyada %20 düşüş gösterirken, Türkiye'de %30 düşüş göstermiştir. Ayrıca kişi başına düşen gelir dünyada yüzde 6, Türkiye'de yüzde 19 artmıştır. Daha açık bir ifadeyle, Türkiye'de ortalama bireysel gelir dünya ortalamasının 3 katı artmış, bilet fiyatları ise dünya ortalamasının 1,5 katı azalmıştır (Gerde, 2015). İfade edilen gelişmeler THUA'nın sadece mekânsal olarak yayılmadığını ayrıca dinamik bir ağ olarak yoğunlaştığını da göstermektedir. 2017 yılı itibarıyla THUA iç hatlarda yaklaşık 109 milyon ve dış hatlarda ise yaklaşık 83,5 milyon yolcunun taşındığı, 55 havalimanından, 13 yerli firmanın 549 güzergahta uçuş hizmeti verdiği yoğunlaşan bir ağa dönüşmüştür. THUA'nın 2012-2017 periyodunda dinamik dönüşümü sonraki bölümde mekânsal-karmaşık ağ analizleriyle çözümlenmiştir.

Tablo 2- 2013 Yeni Uçuş Hatlarının Teşvik Edilmesine İlişkin Genelge ile Tercih Edilen Hatlar, Şirketler ve Frekanslar (SHGM, 2012; 2013; 2014)

Table 2-2013 Circular on the Promotion of New Flight Lines and Preferred Lines, Companies and Frequencies (SHGM, 2012; 2013; 2014)

Başlangıç	Varış	Nüfus (2013)	Kişi Başına Düşen GSYİH (\$) (2013)	Yolda Sürüş Süresi - Mesafe	Şirket	Haftalık Sefer Sıklığı
Sabiha Gökçen (İstanbul)	Amasya	321.977	9.274	7s 13d - 677 km	Pegasus	3
	Denizli	963.464	11.461	6s 25d - 579 km	Pegasus	5
	Gökçeada	8.830	-	5s 2d - 348 km	Borajet	3
	İğdır	190.424	6.681	17s 21d - 1,522 km	Atlasjet	7
	Isparta	417.774	9.779	6s 24d - 568 km	Borajet	3
	Maraş	1.075.706	7.460	11s 8d - 1,030 km	Pegasus	3
	Muş	412.553	5.748	16s 16d - 1,452 km	Pegasus	3
	Nevşehir	285.460	8.794	7s 35d - 743 km	Pegasus	3
	Sinop	204.568	8.530	7s 31d - 688 km	Borajet	3
Uşak	345.508	10.366	5s 14d - 470 km	Borajet	3	
Ankara	Balıkesir	1.162.761	10.334	5s 51d - 541 km	Borajet	3
	Gökçeada	8.830	-	8s 59d - 721 km	Borajet	3
İzmir	Batman	547.581	5.739	17s 19d - 1,510 km	Sunexpress	3
	Kocaeli	1.676.202	20.572	4s 43d - 469 km	Borajet	3
	Sivas	623.824	8.697	11s 46d - 1,035 km	Pegasus	3
Antalya	Batman	547.581	5.739	14s 11d - 1,219 km	Onurair	3
	Kocaeli	1.676.202	20.572	6s 52d - 612 km	Borajet	3
	Sivas	623.824	8.697	9s 41d - 809 km	Pegasus	3

Tablo 3- 2015 Yeni Uçuş Hatlarının Teşvik Edilmesine İlişkin Genelge ile Tercih Edilen Hatlar, Şirketler ve Frekanslar (SHGM, 2014; 2015a; 2015b)

Table 3-2013 Circular on the Promotion of New Flight Lines and Preferred Lines, Companies and Frequencies (SHGM, 2014; 2015a; 2015b)

Başlangıç	Varış	Nüfus (2015)	Kişi Başına Düşen GSYİH (\$) (2015)	Yolda Sürüş Süresi - Mesafe	Şirket	Haftalık Sefer Sıklığı
Sabiha Gökçen (İstanbul)	Sinop	204.133	6.995	7s 33d - 688 km	Borajet	3
	Ağrı	547.210	3.559	15s 53d - 1,415 km	Pegasus	3
	Kastamonu	372.633	8.131	5s 23d - 515 km	THY	3
	Bingöl	267.184	5.412	14s 56d - 1,342 km	THY	3
	Adıyaman	602.774	5.512	13s 13d - 1,177 km	Pegasus	3
Ankara	Kayseri	1.341.056	9.398	3s 43d - 326 km	THY	3
	Çanakkale	513.341	10.775	7s 35d - 666 km	THY	3
İzmir	Konya	2.130.544	8.719	6s 36d - 561 km	Sunexpress	3
Antalya	Kayseri	1.341.056	9.398	7s 31d - 610 km	Onurair	3
	Elâzığ	574.304	7.045	12s 56d - 1,053 km	Onurair	3
	Erzurum	762.321	6.442	14s 50d - 1,243 km	THY	3

3. VERİ VE METODOLOJİ

Havalimanları arası yolcu verisi Devlet Hava Meydanları İşletmesi'ne yazarlar tarafından başvurularak 2012-2017 periyodunda yıllık bazda havalimanlarının satır ve sütunlarında yer aldığı kare matrisler olarak edinilmiştir. Matrislerin asal diyagonalleri havalimanlarının kendileri arasında yolcu taşımacılığı olmadığı için 0'dır.

THUA'nın değişimi modellenirken mekânsal ve karmaşık ağ analizi ölçütleri kullanılmıştır. Ağ topolojileri düğümler ve bağlardan oluşmaktadır. Düğümler ağların bileşenleri bağlar ise düğüm çiftleri arasında ilişkinin olup olmadığını ve şiddetini ifade etmektedir. Ağları inceleyen indeksler düğüm ve bağ sayıları üzerinden ağlara dair bilgiler sunmaktadır. Ağ yoğunluğu, ağda mevcut olan olası ilişkilerin oranını temsil eder. Değer, 0 ile 1 arasında değişir; 0, ilişkisiz ağlara karşılık gelir ve üst sınır, diğer yandan 1 düğümler arası tüm olası ilişkilere sahip ağları temsil eder. Derece merkeziliği ise bir düğümün ağ içerisinde derecesidir, yani sahip olduğu bağ sayısıdır. Derece ne kadar yüksek olursa, düğüm o kadar merkezi olur.

Aradalık merkeziliği, bir düğümün bir grafikteki bilgi akışı üzerindeki etkisinin miktarını tespit etmenin bir yoludur. Genellikle grafiğin bir bölümünden diğerine köprü görevi gören düğümleri bulmak için kullanılır. Kümeleme katsayısı, bir grafikteki düğümlerin birlikte kümelenme eğiliminin derecesinin bir ölçüsüdür. Harmonik merkeziliği, bir düğümün ağdaki diğer düğümlere olan "ortalama" mesafesini ölçmektedir (Ağ indekslerinin tanımları ve matematiksel hesaplamaları için bakınız Barthelemy, 2018; Gürsakal, 2009)

Havacılık ağları içerdiği sermaye ve teknoloji yoğun dinamikler ve yüksek insan sermayesi nedeniyle hızlı değişen ve dönüşen dinamik ağ yapıları içermektedir bu nedenle 2012-2017 periyodunda THUA'nın değişimi geliştirilmemiş aksine yıllık bazda ağa eklenen ve çıkan bağlar ve düğümler ağ analizleriyle incelenmiştir.

Ağ analizleri yapılırken R ortamında "network", "igraph" paketleri kullanılarak matrisler ağlara dönüştürülmüş ve oluşturulan algoritmalarla yıllar arasında ağa katılan ve ağdan eksilen bağları gösterir matrisler elde edilmiştir, ağlar mekansallaştırılırken önce "nominatim" paketi kullanılarak havalimanları geocoding yapılarak koordinatları elde edilmiş ve ardından "mapproj" paketi kullanılarak 2d kartezyen düzlem üzerinde görselleştirilmiştir.

THUA'da havalimanları arasında yeni bir bağın oluşumunu tahmin etmek üzere iki sonuçlu binom logistik tahmin modeli kullanılmıştır. Modele dair detaylar ilgili bölümde aktarılmıştır. Makine öğrenmesi tahminleri için R ortamında "caTools" paketi kullanılmıştır.

4. KEŞFEDİCİ MEKÂNSAL-KARMAŞIK AĞ ANALİZLERİ

Türkiye'de iktisadi dinamiklerin değişmesi neoliberal politikalar ve petrol fiyatlarının ucuzlaması gibi nedenselliklerle havacılık alanının özel sektöre açılması beraberinde düşük maliyetli taşıyıcı firmalarının pazarda yer bulmasına ve bu nedenle hava taşımacılığının yüksek oranda artmasına neden olmuştur (Tablo 4). Her ne kadar 2014 sonrası süreçte Türkiye'de kişi başı gelir azalma eğiliminde olsa da yolcu sayısının arttığı görülmektedir. THUA dinamik bir ağıdır ve 1 yüzyıllık kısa bir sürede mekânsal ve ağsal olarak yeniden ve yeniden yapılanmıştır ve günümüzdeki ağ yoğunluğuna ulaşmıştır. İfade edilen dinamik değişim ve dönüşümü bu çalışmanın odaklandığı 2012-2017 periyodunda da gözlemlemek mümkündür.

Tablo 4- Türkiye'de Yıllara Göre Havalimanı ve Yolcu Sayıları
Table 4- Number of Airports and Passengers by Years in Turkey

Yıllar	Havalimanı Sayısı	Yolcu Sayısı (Bin)	Kişi Başı GSYİH (\$)
2012	48	64.718	11.675
2013	52	76.148	12.582
2014	53	85.416	12.178
2015	55	97.041	11.085
2016	55	102.499	10.964
2017	55	109.511	10.696

THUA'nın değişim ve dönüşümünü daha doğru çözümlenmek amacıyla mekansal-karmaşık ağ analizleri kullanılmıştır. THUA, L -uzayı temsili (bkz. Barthelemy, 2011) çift yönlü, tek katmanlı, ağırlıklandırılmış düğüm ve bağlardan oluşan bir ağ $G_t = \{V_t, E_t\}$ olarak modellenmiştir. G_t , THUA ağında yer alan havalimanlarını, E_t ise THUA ağında yer alan havalimanları arası yolcu akışını, t ise ilgili ilgili yılı ifade etmektedir. THUA modellenirken 2012-2017 periyodunda altı yıl $G_{2012} = \{V_{2012}, E_{2012}\}, \dots, G_{2017} = \{V_{2017}, E_{2017}\}$ için aynı ($V_{2012} = \dots = V_{2017} = V$) düğüm adları kullanılmıştır. 2012 yılında 48 olan havalimanı sayısı ($V_{2012} = 48$) 2017 yılında

55'e kadar yükselmiştir ($V_{2017} = 55$). Düğüm sayısı Arjantin için 39 (Guillaumet, 2018), Avustralya için 131 (Hossain ve Alam, 2017), ABD için 272 (Xu and Harriss, 2008), İtalya için ise 50'dir (Guida ve Maria, 2007).

THUA'da sadece düğüm sayısı artmamakta ayrıca düğümler arasında bağ sayısının da arttığı görülmektedir. 2012 yılında 400 olan bağ sayısı ($E_{2012} = 400$) 2017 yılında 549'a kadar ($E_{2017} = 549$) yükselmiştir. Bağ sayısı Arjantin için 168 (Guillaumet, 2018), Avustralya için 596 (Hossain ve Alam, 2017), ABD için 6566 (Xu and Harriss, 2008), İtalya için ise 310'dur (Guida ve Maria, 2007).

Tablo 5- Türkiye'de Yıllara Göre Hava Taşımacılığı Ağ İstatistikleri
Table 5- Air Transport Network Statistics in Turkey by Years

Yıllar	Düğüm Sayısı	Bağ Sayısı	Ağ Yoğunluğu	Ortalama Derece Merkeziliği	Maksimum Derece Merkeziliği
2012	48	400	0,174	7,273	77
2013	52	512	0,189	9,309	83
2014	53	530	0,189	9,636	90
2015	55	546	0,180	9,927	91
2016	55	542	0,179	9,855	88
2017	55	549	0,181	9,982	91

Daha önce de ifade edildiği üzere THUA'nın tarihselliğinden de miras olan genel mekânsal konfigürasyon topla-dağıt (hub and spoke) sistemi üzerine kuruludur (Ersöz ve diğ. 2022) ancak bu mekânsal konfigürasyon özellikle 2000 sonrası serbestleşme politikalarının etkisi, firma sayısının ve merkez havalimanı sayısının artmasıyla topla-dağıt sistemini tam olarak terk etmese de yeniden yapılanmıştır. İfade edilen yeniden yapılanmayı ağ analizleri ortaya koyma kabiliyetindedir.

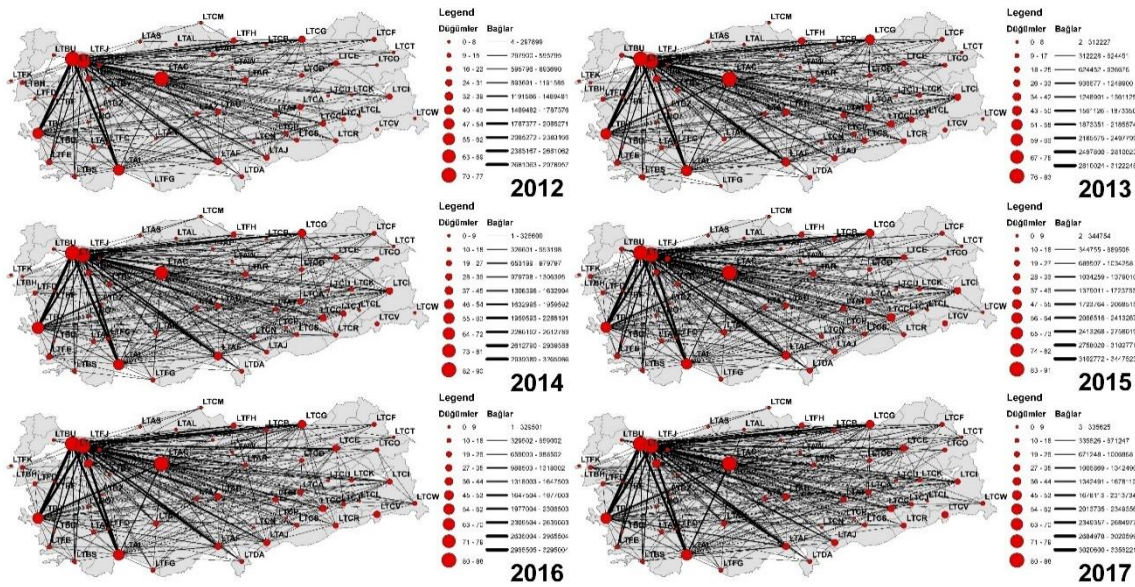
Ağ yoğunluğu, ρ , bir ağda mevcut bağlantılarının olası bağlantı sayısına oranına karşılık gelmektedir. Ağın görece yoğun mu yoksa seyrek mi olduğunu ölçmek için kullanılmaktadır. Tablo 5'te görüldüğü üzere 2012-2017 periyodunda ρ değeri 0,174 ve 0,189 arasında değişmektedir ve 2017 yılında ρ değeri 0,181'dir. ρ değerleri THUA'nın görece seyrek bir ağ olduğunu göstermektedir. Tüm düğümler arası bağların yer aldığı tam ağ değeri olan 1 değerinin oldukça gerisindedir. Her ne kadar 2013 sonrası süreçte bağ sayısının artmasıyla ağ yoğunluğu artsa da yeni havalimanlarının THUA'ya eklenmesi sonucunda ağ yoğunluğunun düştüğü görülmektedir.

Bir ağda düğümlerin bağlantılar açısından ne kadar önemli olduğunu ölçen ortalama derece merkeziliği ölçütleri de THUA için önemli bulgular ortaya koymaktadır. Ortalama derece merkeziliği Arjantin için 4,3 (Guillaumet, 2018), Avustralya için 9,1 (Hossain ve Alam, 2017), ABD için 48,28 (Xu and Harriss, 2008), İtalya için ise 12,4'tür (Guida ve Maria, 2007). Ölçüt bir düğüme bağlanan bağ sayısını ölçmektedir. Daha fazla bağa sahip olan düğüm ağ içerisinde daha önemli bir konuma sahiptir. THUA'da ortalama bir düğüm 2017 yılında yaklaşık 10 bağa sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değer 2012-2017 periyodunda 7,273'ten 9,982'ye yükselmiştir. Ancak bu artış ağ genelinde yer alan düğümlerin bağ sayısındaki homojen artıştan kaynaklanmamaktadır. Maksimum derece merkeziliği değeri 2012-2017 periyodunda daha yüksek bağa sahip olan düğümlerin bağ sayılarını daha çok arttırdığı görülmektedir. 2012-2017 periyodunda THUA'da maksimum derece merkeziliği değeri 77'den 91'e kadar yükselmiştir.

Her bir yıl için THUA (G_t) ağda yer alan düğümlerin coğrafi koordinatlarına göre bağların dönüştürülmesiyle mekânsal olarak 2d kartezyen düzlem üzerinde görselleştirilmiştir (Şekil 2). 2012-2017 periyodunda THUA'nın yüksek derece merkezilik değerlerine sahip düğümlerinin Türkiye'nin batısında yer aldığı görülmektedir. Genelgede merkez havalimanı olarak kabul edilen İstanbul, Sabiha Gökçen, Ankara, İzmir ve Antalya havalimanları düğümlerin en büyük olduğu havalimanlarıdır. Diğer yandan Türkiye'nin doğusunda yer alan havalimanları görece oldukça küçük düğümler (derece merkeziliği değerlerine) olarak Şekil 2'de görülmektedir.

Büyük düğümler olarak ağda temsil edilen havalimanları ve periferde yer alan küçük düğümlerden farklı olarak 2012-2017 döneminde düğümlerinin görece olarak büyüdüğü ancak büyük düğümlere kıyasla yine oldukça küçük olan havalimanları da THUA'da dikkat çekmektedir. Bu havalimanları Türkiye'nin doğusunda

yer alan büyükşehir yasası kapsamında büyükşehir olarak tarif edilen Adana, Bursa, Gaziantep, Kayseri, Samsun ve Trabzon gibi ikincil merkezlerdir. İkincil merkezi havalimanlarının yıllara göre derece merkezilik değerleri Tablo 6'da yer almaktadır.



Şekil 2- Yıllara Göre Türkiye Havayolu Ağı'nın Değişimi

Figure 2- Changes of THUA by years

Tablo 6- Yıllara Göre Derece Merkeziliği Değerleri En Yüksek 10 Havalimanı

Table 6- 10 Airports with the Highest Rank Centrality Values by Years

Kod	Havalimanı	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LTAC	Ankara Esenboğa	77	78	78	85	81	79
LTFJ	İstanbul Sabiha Gökçen	76	83	90	91	88	85
LTBA	İstanbul Atatürk	71	80	89	89	88	91
LTAI	Antalya	51	54	59	57	58	65
LTBJ	İzmir Adnan Menderes	48	52	64	56	55	54
LTCG	Trabzon	30	44	39	37	41	39
LTAJ	Adana	29	40	43	40	34	34
LTBR	Bursa Yenişehir	23	30	25	27	36	29
LTAU	Kayseri	22	30	25	25	33	27
LTAJ	Gaziantep	20	23	22	27	35	17

İkincil merkezi havalimanlarını temsil eden düğümler 2012-2017 arasında büyüme eğiliminde olsalar da derece merkezilikleri büyük havalimanlarının üçte birine kadar yükselebilmektedir. Bu durum büyük havalimanları ve ikincil havalimanları arasındaki farkı yolcu sayısına ilişkin olarak ağ topolojisi içerisinde de göstermektedir. Bu bulgular Codal ve Güner (2022) ve Ersöz ve diğ. (2022) ile tutarlıdır. THUA'yı oluşturan bir diğer ağ elementi olan bağlar incelendiğinde ise 2012-2017 periyodunda bağ sayısının 400'den %37,25 oranında artarak 549'a yükselmiştir. İfade edilen artış her ne kadar yüksek bir artış oranı olarak görünse de ağ yoğunluk değerlerinin bu artışa rağmen oldukça düşüktür (Tablo 5). 2012-2013 arasında THUA'da bağ sayısı 112 artmıştır. İfade edilen 112 bağ artışı havalimanlarına dağılımı incelendiğinde ise en fazla bağ sayısı artışının Türkiye'nin doğusunda yer alan havalimanlarında ve ikincil merkez havalimanları olarak yukarıda anılan havalimanlarında gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 7).

Bağ sayılarının yıllık değişimini sayı üzerinden genel değişim olarak değerlendirmesi kaba bir indirgeme olduğundan havalimanları arası yolcu ve sefer verisinin içerdiği mekânsal örüntü bundan daha fazlasıdır. Havalimanları arası ağa bağlar dinamik olarak eklenmekte ve ayrıca ağdan bağlar eksilmektedir. THUA'nın

dinamik yapılanması sonucu genişleyen ağ rastlantısal şekilde büyümektedir aksine yeni bağlar merkezilik değeri yüksek düğümler arasında oluşma eğilimindedir. Ağa yeni katılan düğümler, halihazırda yüksek oranda bağlı düğümlerle (hub'lar olarak adlandırılır) bağlanmayı “tercih” (tercihli terimi buradan gelir) etmektedir. Bu prosedür, merkezlerin ağdaki ana bağlantı yükünü üstlendiği ve bu durumu ağın gelecekteki büyüme sürecini yönlendirmeye yansıyan bir hiyerarşiyle bütünleşmesine yol açmaktadır. Her ne kadar THUA'nın değişiminde perifer havalimanları ve merkez havalimanları arasında yeni bağlar teşvik edilerek ağın ifade edilen büyüme eğilimine müdahaleler yapılsa da yeni bağların halihazırda yüksek oranda bağlı düğümlerle eklenme eğilimi sürmektedir.

Tablo 7- Yıllara Göre Bağ Sayısı En Çok Yükselen 10 Havalimanı

Table 7- Top 10 Airports with the Highest Number of Edges by Years

Kod	Havalimanı	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LTCI	Van Ferit Melen	17	37	33	31	25	26
LTCV	Şırnak Şerafettin Elçi	0	16	16	25	27	14
LTCG	Trabzon	30	44	39	37	41	39
LTCA	Elâzığ	18	30	27	22	22	25
LTFH	Samsun Çarşamba	18	30	22	26	23	17
LTAF	Adana	29	40	43	40	34	34
LTCC	Diyarbakır	18	29	29	37	32	30
LTBA	İstanbul Atatürk	71	80	89	89	88	91
LTCJ	Batman	11	20	21	13	11	20
LTCS	Şanlıurfa GAP	11	20	15	17	16	17

THUA'nın değişimin içerdiği mekânsal örüntülerinin deşifre edilebilmesi amacıyla THUA'nın değişimi dinamik bir süreç olarak ele alınarak 2012-2017 periyodunda incelenmiştir. 2012-2017 periyodunda THUA'ya eklenen bağ sayısının yıllar itibariyle düşme eğiliminde olduğu ve aksine THUA'dan eksilen bağ sayısının ise artma eğiliminde olduğu açıktır (Tablo 8 ve Tablo 9). Diğer yandan ağ eklenmeyen ve bağ eksilmeyen düğüm sayıları yıllar itibariyle değişen trendler göstermektedir. 2012-2017 arasında ağ eklenmeyen düğüm sayısı 8 ve 6 havalimanı arasında değişmektedir. Bağ eksilmeyen düğüm sayısı ise 2012-2017 arasında 20'iken bu sayının 2016-2017 arasında 7'ye kadar gerilemiştir. Bağ eksilmeyen düğüm sayısındaki ifade edilen azalma dikkate değer bir bulgudur.

Tablo 8- Türkiye'de Yıllara Göre Hava Taşımacılığı Ağına Eklenen Bağ İstatistikleri

Table 8- Edge Statistics Added to the Air Transport Network in Turkey by Years

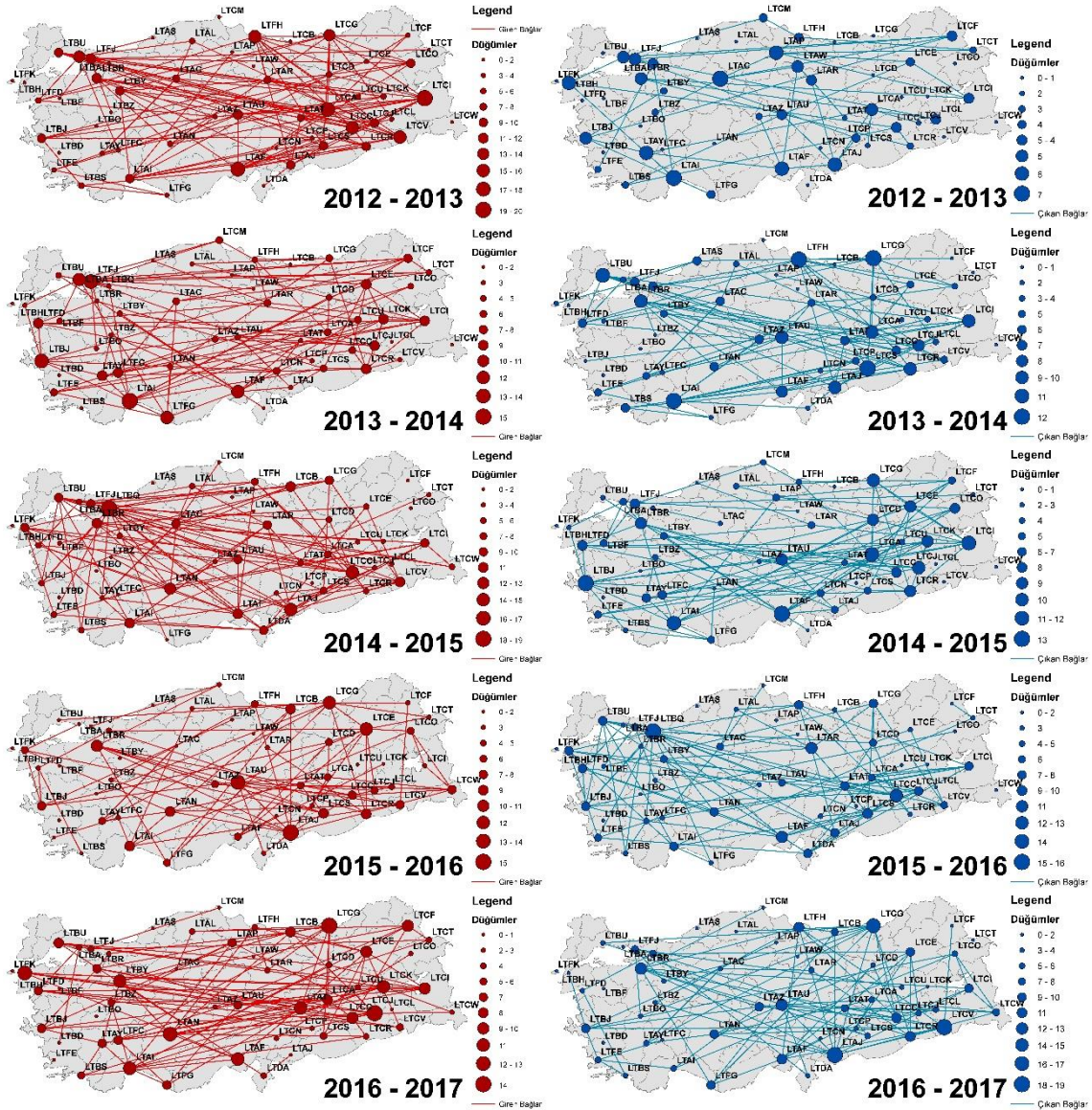
Yıllar	Düğüm Sayısı	Eklenen Bağ Sayısı	Ortalama Derece Merkeziliği	Maksimum Derece Merkeziliği	Bağ Eklenmeyen Düğüm Sayısı
2012-2013	47	178	3,787	20	8
2013-2014	49	138	2,816	15	6
2014-2015	47	144	3,064	19	8
2015-2016	48	118	2,458	15	7
2016-2017	48	144	3,000	14	7

2012-2017 periyodunda en dikkate değer bağ sayısı değişiminin gerçekleştiği 2012-2013 yılları arasında THUA'nın 47 havalimanı arasında 178 bağ oluşturken 35 havalimanı arasında 66 bağ eksilmiştir. 2012-2013 arasında eklenen bağ sayısının eksilen bağ sayısının neredeyse 3 katı kadar olduğu görülmektedir. İfade edilen oran 2016-2017 arasında 1'in biraz üzerindedir. İfade edilen değişimler THUA'da düğümler arası dinamik yapılanmayı ortaya koymaktadır. THUA'dan 2012-2017 periyodunda çıkan bağ sayısındaki artış dikkate değer bir diğer bulgudur. Anılan periyotta eksilen bağ sayısı yaklaşık olarak 2 kat kadar artış göstermiştir.

Tablo 9- Türkiye’de Yıllara Göre Hava Taşımacılığı Ağından Çıkan Bağ İstatistikleri
 Table 9- Edge Statistics from Air Transport Network in Turkey by Years

Yıllar	Düğüm Sayısı	Çıkan Bağ Sayısı	Ortalama Derece Merkeziliği	Maksimum Derece Merkeziliği	Bağ Eksilmeyen Düğüm Sayısı
2012-2013	35	66	1,914	7	20
2013-2014	47	122	2,596	12	8
2014-2015	47	126	2,681	13	8
2015-2016	48	123	2,563	16	7
2016-2017	48	136	2,833	19	7

THUA'nın değişimin içerdiği mekânsal örüntülerinin deşifre edilebilmesi amacıyla THUA'nın değişimi dinamik bir süreç olarak ele alınarak 2012-2017 periyodunda yıllık bazda mekânsal olarak da incelenmiştir. Yıllık bazda THUA'ya eklenen, THUA'dan çıkan bağlar ve THUA düğümlerinin değişimi yine 2d kartezyen düzlem üzerinde görselleştirilmiştir (Şekil 3).



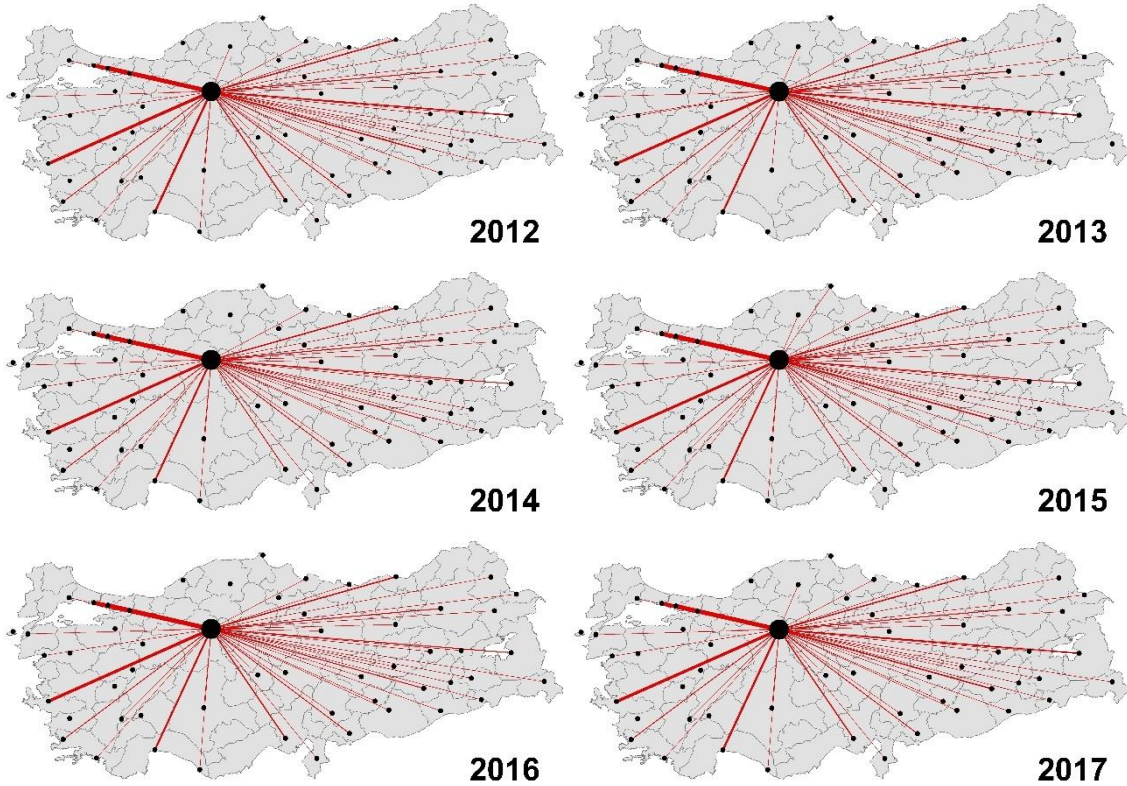
Şekil 3- Türkiye Havayolu Ağına Eklenen ve Çıkan Bağlar
 Figure 3- Edges entering and exiting from THUA

THUA'ya eklenen ve THUA'dan eksilen bağlar incelendiğinde başlangıçta (2012-2013) bağ sayıları Türkiye'nin doğusunda yer alan havalimanlarında artmaktadır. Doğuda yer alan düğümlerin batıda yer alan düğümlerden daha büyüktür. Bağların çoğunluğunun doğu-batı yönlü ve kuzeybatı ve güneydoğu yönlü olduğu ifade etmek yanlış olmayacaktır. Eksilen bağların sayısı ise merkez havalimanları ve ikincil merkez havalimanlarında daha yüksektir. Daha büyük mavi düğümlerin büyük havalimanları olduğu Şekil 3'te görülmektedir. Eklenen bağların mekânsal örüntüsü 2017 yılına doğru büyük düğümlerin doğuda yer alan havalimanlarından batıda yer alan havalimanlarına kaysa da eklenen bağların seyrekleştiği dikkate değerdir. Eksilen bağlar incelendiğinde ise 2017 yılına doğru büyük mavi düğümlerin doğuda yer alan havalimanlarına kaymaktadır.

2012-2017 arasında ağa toplam 722 bağ girmiştir ağdan çıkan bağ sayısı ise 574'tür. Ağa giren ve çıkan bağ sayıları THUA'nın dinamik bir yapılanma süreci içerisinde olduğunu ortaya koymaktadır. Bağların ağdaki düğüm çiftleri arasında oluşma ve yok olma eğilimi rastlantısal olmamakta bu süreçleri hem sosyo-iktisadi dinamikler hem de ağın topolojisi tarafından etkilenmektedir. Bu nedenle ağın gelişim dinamikleri ağın topolojisi ve düğümlerin bulunduğu bölgelerin sosyo-iktisadi dinamikleriyle çözümlenebilir ve bölgelerin kalkınması ve gelişmesi için politika tasarlayıcılarına ve karar vericilere önemli bilgiler sunabilir.

4.1. THUA içinde Ankara Havalimanının Merkeziliği

THUA'nın yapısal bütünlüğü içerisinde Ankara havalimanının farklı bir yeri bulunmaktadır. İstanbul'da yer alan havalimanları hem dünyanın en meşgul ve en çok bağlantılı yurtdışı uçuşlarını içermektedir hem de İstanbul'un Türkiye içindeki önemi gereği THUA'nın en stratejik düğümleridir. Ancak Ankara havalimanının THUA'nın mekânsal konfigürasyonundaki rolü hem idari merkez (başkent) hem de Türkiye'nin coğrafi olarak da merkezine yakın olması nedeniyle önemlidir. İllerin bürokratik olarak Ankara'ya bağlı olması nedeniyle THUA içinde sağladığı bağlantılar stratejik bir ağ yapısı işlevi üstlenmektedir (Taşçı ve Yalçınkaya, 2015).



Şekil 4- Yıllara Göre Ankara Esenboğa Havalimanı Bağlarının Değişimi
Figure 4- Change of Ankara Esenboğa Airport Edges by Years

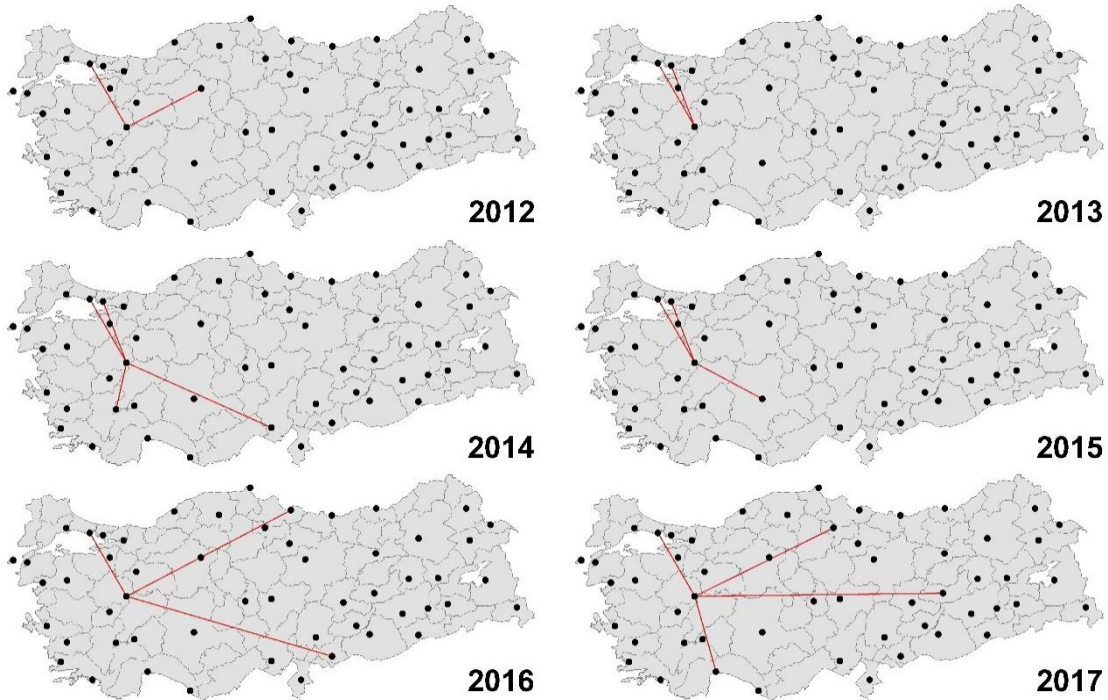
Ankara Türkiye'nin coğrafi olarak merkezine yakındır bu nedenle havacılık sektöründe yurtdışı bağlantılı uçuşlarda ve özellikle iç hat uçuşlarında bağlantı noktası işlevi de üstlenmektedir. Şekil 4'te görüldüğü üzere Türkiye'nin coğrafi olarak dört bir yanı arasında Ankara aktarmalı uçuşlarla ulaşım mümkün kılınmıştır. Literatürde topla-dağıt modeli olarak da bilinen bu model için THY'nin daha çok dış hatlarda lüks segmentte odaklanması amaçlanırken iç hatlarda havacılık servisi sağlamak amacıyla düşük maliyetli taşıyıcı firma olarak kurgulanan AnadoluJet firma içinde firma aracılığıyla kurulmuştur. Ankara'nın stratejik konumu nedeniyle merkez olarak seçilmiş ve perifer havalimanları ve Ankara ve ayrıca perifer havalimanları arasında Ankara havalimanı aracılığıyla rotalar geliştirilmiştir.

2012 yılında Ankara havalimanından 42 havalimanına 79 bağlantı yer almıştır. Bu sayılar 2015 yılında 46 havalimanına ve 85 bağlantıya yükselmiştir. 2017 yılı için ise bu sayılar 42 havalimanı ve 79 bağlantıdır. Daha kalın bağların daha çok taşınan yolcuyu ifade ettiği Şekil 4'te kalın bağların Ankara havalimanı ve batıda yer alan havalimanları arasında gerçekleştiğini göstermektedir. Ankara havalimanı ve ikincil merkezler arasında da görece kalın bağlar yer almaktadır. Periferde yer alan diğer havalimanları ile bağlantılar en ince (en düşük yolcu sayısı) bağlantılardır.

4.2. THUA içinde Zafer Havalimanının Merkeziliği

THUA'nın yapılanması içerisinde Zafer havalimanının gerekliliği ve etkinliği üzerine tartışmalar yürütülmektedir. Zafer havalimanı YİD modeliyle özel sektör tarafından yolcu garantisi (Hazine üzerinden karşılanmak üzere) verilerek Kütahya, Afyon, Uşak illerinin ortak havalimanı olarak 50 milyon Euro maliyetle yapılmıştır. Tan'ın (2022) aktardığı üzere 2012 yılında hizmete giren Zafer havalimanı işletmecisine 2012 yılı için 850.000 yolcu garantisi verilmiştir.

Zafer havalimanını kullanan yolcu sayısının garanti edilen sayıların oldukça gerisinde kaldığı ifade edilmiştir. Tarihselliği içerisinde İzmir, İstanbul, Ankara ve Antalya gibi metropoller tarafından ürettiği artı değer ve yüksek insan sermayesini çekilen Kütahya, Afyon, Uşak illeri her ne kadar Türkiye'nin batısında yer alsada Türkiye'nin büyük kentleri olan ifade edilen şehirlere 4 saatlik mesafede bulunmaktadır. Havacılık sektöründe 6 saatlik araç yolculuk mesafesi kritik mesafe olarak kabul edilmektedir. Hem maliyeti yüksek bir ulaşım türü olması hem de merkezlere 4 saatlik mesafede olması nedeniyle Zafer havalimanının kullanımı düşüktür.



Şekil 5- Yıllara Göre Kütahya Zafer Havalimanı Bağlarının Değişimi

Figure 5- Change of Kutahya Airport Edges by Years

Zafer havalimanı ve bağlantılı olduğu havalimanlarının yıllara göre değişimi Şekil 5’te sunulmuştur. 2012 yılında 3.616 yolcu iç hatlarda 2 güzergahta Zafer havalimanını kullanmıştır. Zafer havalimanından uçuş gerçekleştirilen havalimanı sayısı 2017 yılına gelindiğinde 4’e yolcu sayısı ise 163.988’e kadar yükselmiştir ancak 2017 yılında garanti edilen yolcu sayısı yaklaşık 1 milyon 100 bindir. Zafer havalimanının THUA’ya eklenmesi hem düğüm sayısının artmasıyla ağın genişlemesine hem de yeni bağlantılarla ağın bağlantı düzeyini yükseltse de bir diğer ifadeyle ağ değerlerini değiştirirse de Zafer havalimanının yapımında katlanılan maliyetin THUA’yı rasyonel dinamikler doğrultusunda dönüştürme gerekliliğini ortaya koymaktadır.

5. THUA’YA EKLENECEK BAĞLAR İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELİ TAHMİNİ

Bu bölümde THUA’da yeni bir bağ oluşma olasılığı makine öğrenmesi modelleriyle tahmin edilmiştir. Keşfedici mekânsal-karmaşık ağ analizlerinin ortaya koyduğu üzere THUA genişleme eğilimindedir. Ancak yeni bağlar rastlantısal şekilde düğümler arasında oluşmamakta aksine ağda merkeziliği yüksek belirli havalimanları ve doğuda yer alan ikincil merkezler arasında bağlar oluşma eğilimindedir.

İfade edilen eğilim sosyo-ekonomik değişkenler ve ağ ölçütlerine dayalı değişkenler kullanılarak bu çalışma kapsamında makine öğrenmesi modeliyle bir havalimanında yeni bir bağ oluşması olasılığı tahmin edilmiştir. Tahminde kullanılan eşitlik Denklem 1’de gösterilmektedir. Bir havalimanında yeni bir bağlantının oluşumunun (giriş) olasılığını değerlendirmek için Doğrusal Olasılık Modeli (LPM) kullanılmıştır. Yeni bir bağlantının oluşumu *Giriş*, değişkeni ikili (binary) değişkendir ve havalimanı çiftleri arasında yeni bir bağlantı oluşması 1 değerini aksi durumda ise 0 değerini almaktadır. Sosyo-ekonomik değişkenler *Kişi Başı Gelir*_{r,t-1} ve *Nüfus*_{r,t-1}’dir. Oluşan bağların sosyo-ekonomik dinamiklerini tahmin edebilmek için bir önceki yılın nüfus ve kişi başı gelir değerleri kullanılmıştır. *Derece Merkeziliği*_{a,t-1}, *Kümelenme*_{a,t-1}, *Aradalık Merkeziliği*_{a,t-1}, ve *Harmonik*_{a,t-1} ölçütleri ise ağlarda havalimanlarının topolojik konumlarını belirlemek için kullanılmıştır. *Derece Merkeziliği*_{a,t-1} düğümlere bağlanan bağ sayısı üzerinden merkeziliğini ölçmektedir. *Kümelenme*_{a,t-1} ağın düğümlerinin gruplaşma eğilimini ölçmektedir. *Aradalık Merkeziliği*_{a,t-1} ise bir ağda stratejik düğümleri belirlemekte ve ağlarda köprü görevi gören tüm düğümler arasında bağlantı kuran düğümleri metrik olarak ölçmektedir. *Harmonik*_{a,t-1} ise bir düğümün ağdaki diğer düğümlere olan "ortalama" mesafesini ölçmektedir¹.

$$Giriş_{o,d,t} = \gamma + \delta_1 \ln Kişi Başı Gelir_{o,t-1} + \delta_2 Nüfus_{a,t-1} + \delta_3 Derece Merkeziliği_{a,t-1} + \delta_4 Kümelenme_{a,t-1} + \delta_5 Aradalık Merkeziliği_{a,t-1} + \delta_6 Harmonik_{a,t-1} + \phi_a + \alpha_t + \xi_{a,t} \quad (1)$$

Temel model iki yönlü sabit etkiler modelidir ve ϕ_a sabit havalimanı etkisi, α_t sabit zaman etkisi ve $\xi_{a,t}$ ise model artık değeridir. Zaman etkisi t ile gösterilen, örtüşmeyen 5 farklı periyodu ifade etmektedir. Potansiyel endojenlik sorunlarını azaltmak için, tüm bağımsız değişkenler $t-1$ ile gösterilen bir dönem gecikmeli olması amacıyla bir yıl öncenin verileri kullanılmıştır. Bölgelerin sosyo-ekonomik değişkenlerine dair değerleri bölgelerde bulunan havalimanlarına atanmıştır. Bir bölgede birden fazla havalimanı olması durumunda havalimanı sayısına bakmaksızın havalimanlarının her birine aynı değerler girilmiştir.

Veri seti oluşturulurken aynı havalimanı çiftleri arasında yolcu aktarımı olmadığı kabul edilmiştir bu nedenle veri seti 14.850 gözlemden oluşmaktadır (55 başlangıç havalimanı x 54 varış havalimanı x 5 periyod = 14.850). Makine öğrenmesi modellerinde veri seti eğitim ve test olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Veri setinin %70’i eğitim kısmına ayrılmıştır. Veri setinin %30’u modelin eğitimi sonucu tahminlerde ne kadar başarılı olduğunu tespit etmeye yönelik olarak kullanılacak olan test kısmına ayrılmıştır.

Model bağımlı değişken olan yeni bir ağ oluşma olasılığını sosyo-ekonomik ve ağ indeks değerlerince tahmin etmekte ve bir veya daha fazla bağımsız değişkene dayalı olarak bir gözlemin ikili bağımlı değişkenin iki kategorisinden birine düşme olasılığını tahmin etmektedir. Diğer bir ifadeyle havalimanı ağları arasında yeni bir bağın oluşma olasılığı (bu çalışmada havalimanı çiftleri arasında bağ oluşumu 1 oluşmama durumu ise 0 olarak belirlenmiştir) sosyo-ekonomik ve ağ analizleri aracılığıyla modellenmiştir.

¹ Ağ ölçütlerin matematiksel açılımı ve dahası için bakınız Barthelemy (2018).

Tahmin modellerinde açıklayıcı değişkenler için pozitif katsayılar beklenmektedir Tablo 10'da model sonuçlarının ortaya koyduğu üzere THUA'da yeni bir bağın oluşmasına *Kişi Başı Gelir_{t-1}* ve *Nüfus_{t-1}* değişkenlerinin etkisi pozitiftir. Diğer bir ifadeyle sosyo-ekonomik değişkenlerin havalimanları arasında yeni bir bağın oluşma olasılığı üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak %5'te anlamlı etkisi bulunmaktadır. Modellere ağ ölçütleri eklendiğinde ölçütlerin farklılaşan etkilerinin olduğu görülmektedir.

Derece Merkeziliği_{a,t-1} değişkeni Model 3 – Model 6'da pozitif ve istatistiksel olarak %5'te anlamlı etkiye sahiptir. Bir havalimanında oluşacak diğer bir ifadeyle THUA'da oluşacak yeni bir bağın oluşma olasılığını derece merkeziliği değişkeni arttırmaktadır. Özellikle perifer havalimanları merkezi havalimanlarına bağlanma eğiliminde olduğundan bir ağda daha yüksek derece merkeziliğine sahip havalimanlarının bulunması düğümler arasında yeni bağların oluşumuna pozitif katkı sunmaktadır. *Kümelenme_{a,t-1}* değişkeninin de yeni bir bağın oluşum olasılığına etkisi pozitiftir ve katsayısı oldukça yüksektir. Ağda kümelerin varlığı bazı düğümlerin arasında tam bağlantının olduğu diğer yandan bazı düğümlerin izole olduğuna işaret etmektedir. Ağlarda düğümler daha çok sayıda bağla birbirine bağlı kümelerle eklenerek kümelerde yer alma eğilimindedir. *Aradalık Merkeziliği_{a,t-1}* bir havalimanında yeni bir bağın oluşumuna etkisi negatiftir. Ağlarda bazı düğümler köprü görevi görerek izole düğümlerin bağlantısını sağlarlar.

Tablo 10- Yeni Bağların Oluşma Olasılığını Etkileyen Dinamikler (GLM Model)
 Table 10- Dynamics Affecting the Probability of Entering New Edges (GLM Model)

	Bağımlı Değişken: Giriş _t						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Kişi Başı Gelir _{t-1}	0,003** (0,001)	0,001 (0,002)	-0,001 (0,002)	-0,001 (0,002)	-0,001 (0,002)	-0,001 (0,002)	0,003** (0,001)
Nüfus _{t-1}		0,000** (0,000)	-0,000** (0,000)	-0,000** (0,000)	0,000* (0,000)	0,000* (0,000)	-0,001 (0,001)
Derece Merkeziliği _{t-1}			0,020*** (0,003)	0,023*** (0,004)	0,034*** (0,004)	0,030*** (0,009)	-0,067*** (0,022)
Kümelenme _{t-1}				0,573*** (0,199)	0,527** (0,211)	0,384 (0,333)	0,247 (0,557)
Aradalık Merkeziliği _{t-1}					-0,005*** (0,001)	-0,005*** (0,001)	0,005 (0,003)
Harmonik _{t-1}						0,447 (0,820)	0,535 (1,303)
Sabit	-3,24*** (0,118)	-3,08*** (0,133)	-3,21*** (0,134)	-3,68*** (0,217)	-3,96*** (0,233)	-4,04*** (0,274)	-1,367*** (4,416)
Havalimanı Sabit Etkisi	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet
Zaman Sabit Etkisi	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet
Gözlem	10.395	10.395	10.395	10.395	10.395	10.395	10.395
Karmaşıklık Değeri	0,747	0,863	0,732	0,665	0,634	0,631	0,627
Doğru Sayısı (1)	37	58	37	79	107	113	128
Doğru Sayısı (0)	440	988	440	1077	1548	1567	1602
Not:	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01						

THUA'da izole bağlar derece merkeziliği en yüksek bağlar üzerinden bağlandıkları için aradalık merkeziliği yüksek havalimanları öncelikle Ankara ve Sabiha Gökçen havalimanlarıdır ve THUA'ya yeni bir düğüm eklenmedikçe halihazırda ağda yer alan neredeyse tüm düğümler bu düğümlerle bağlantılı olduğundan yeni bir bağın oluşum olasılığı oldukça düşüktür ve modellerde yeni bir bağın oluşma olasılığına etkisi negatiftir. Modellere sabit etkiler eklendiğinde modeller bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını varsayarak havalimanlarını veya periyotları ayrı gözlemler olarak değerlendirmektedir. Sabit etkiler modelleri popülasyon ortalamalı bir tahmin yerine her bir havalimanına veya periyoda özgü varyansların kullanıldığı koşullu çıkarımlar sağlayan sonuçlar sunar. Sabit etkiler modele eklendiğinde *Derece Merkeziliği_{a,t-}*

1 değişkeninin negatife dönüştüğü ve katsayısının arttığı görülmektedir bu durum derece merkeziliği ve yeni bir bağ oluşumu arasındaki ilişkinin havalimanına özgü olduğu durumunu ortaya koymaktadır.

Modeller tutarlılık açısından incelendiğinde her ne kadar karmaşıklık değerleri yeni değişkenler eklendiğinde düşse de modelin doğru tahmin ettiği yeni bir bağ oluşacağını ifade eden (1) temel modelde 37 iken farklı kontrol değişkenlerin eklenmesiyle 113'e ve sabit etkilerin eklenmesiyle ise 128'e kadar çıkmıştır. Modeller ayrıca havalimanı çiftleri arasında yeni bağ oluşmayanları da tahmin etmiştir. Yeni bir bağ oluşacağını ifade eden (0) temel modelde 440'iken kontrol değişkenlerin eklenmesiyle 1567'ye ve sabitlerin modele eklenmesiyle ise 1602'ye yükselmiştir.

Model 1- Model 6'nın ortaya koyduğu üzere sosyo-ekonomik ve ağ ölçütü temelli tahmin modelleri veriden öğrenerek daha doğru sonuçlar ortaya koyma eğilimindedir. Modeller sosyo-ekonomik ve yolcu profillerine göre değişkenler eklenerek daha tutarlı sonuçların elde edilebileceğine dair önemli sinyaller vermektedir.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Havacılık sektörü Türkiye'nin cumhuriyet döneminde temellendirdiği ve kurumsallaştırdığı bir iktisadi dinamizmdir. Literatürde özellikle THY'nin Türkiye için uluslararası alanda bir "yumuşak güç" niteliği taşıdığını ifade eden söylemler bulunmaktadır. Bir asır kadar kısa bir süreçte önemli başarılar oluşturan Türkiye havacılık sektörü içerdiği Türkiye Hava Ulaşım Ağı (THUA), ülkenin ekonomik ve bölgesel kalkınması için önemli bir itici güçtür ve dinamik bir sektör olması gereği ve devlet tarafından yapılan teşvik müdahaleleriyle hızla yeniden yapılanmaktadır. Tüm bu nedenler doğrultusunda ve THUA ağ bilimi araştırmalarında incelenecek ilginç ve benzersiz bir ağ topolojisi örneğidir.

Bu çalışmada THUA'nın karmaşıklık düzeyini tespit etmek ve ağ örüntülerini çözümlenmek amacıyla mekânsal-karmaşık ağ araçlarıyla analizleri kullanılmıştır. THUA mekânsal konfigürasyonu yeniden yapılanan bir ağdır. Tarihselliği boyunca sermaye ve nüfusa sahip olan büyük bölgelerde yer alan merkezi havalimanlarına yolcular toplanmış ve ardından tekrar dağıtılmıştır. Ancak yıllar itibariyle ağa eklenen yeni havalimanları ve merkez sayısının 7'ye kadar çıkması sonucu THUA'da havalimanı çiftleri arasında yeni bağlar oluşmuştur.

Bu kapsamda bu çalışma öncelikli olarak THUA'nın ağ yapısını ve mekânsal konfigürasyonunu çözümlenmiş, ağda havalimanı çiftleri arasına eklenen bağları yıllık değişimleri esas alan 5 periyotta belirlemiş ve ardından makine öğrenmesi modelleri kullanarak havalimanı çiftleri arasında yeni bir bağ oluşma olasılığına sosyo-ekonomik ve ağ ölçütü temelli dinamiklerin etkisini modellemiştir.

İlk olarak THUA dinamik bir ağdır ve ağın yoğunluğu artmaktadır. THUA'nın ortalama derece merkezilik değeri artma eğilimindedir ve Avustralya ve İtalya gibi ülkeler seviyesinde olsa da ABD'nin oldukça gerisindedir (Xu and Harriss, 2008). Her ne kadar derece merkeziliği değeri yüksek 10 havalimanı Türkiye'nin dört bir tarafına yayılmış olsa da en yüksek derece merkeziliğine sahip birincil merkez havalimanları Türkiye'nin batısındadır. En yüksek derece merkeziliğe sahip merkezi havalimanı 10. sıradaki ikincil merkez havalimanının derece merkezilik değerinin yaklaşık 4 katı kadardır. Bu durum her ne kadar THUA'nın mekânsal örüntüsünün yeni merkezler nedeniyle yeniden yapılanıyor olsa da doğu ve batı ayrımında önemli ve büyük miktarda farklılıklar içerdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu Ersöz ve diğ. (2022) ve Erdem ve diğ. (2019) ile tutarlıdır.

Bağlar açısından THUA değerlendirildiğinde bağ sayısı 2012-2017 periyodunda artış eğilimindeyse de daha çok yolcu taşınımını ifade eden daha kalın bağların doğal olarak daha çok nüfus ve sermaye içeren bölgelerde yer alan merkez havalimanları arasında ve Türkiye'nin batısında yer aldığı görülmektedir. 2012-2017 periyodunda THUA'da bağ sayısı 149 (400 → 549) artmıştır bu artışa teşvik genelgelerinin katkısı 29'dur.

THUA'ya eklenen ve THUA'dan çıkan bağlar incelendiğinde ise 2012-2017 periyodunda eklenen bağların azalma eğiliminde çıkan bağların ise artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Ağa eklenen ve çıkan bağlar mekânsal olarak incelendiğinde ise yeni bağların çoğunlukla Türkiye'nin doğusunda yer alan havalimanları ve batısında yer alan havalimanları arasında olduğu görülmektedir. 2012-2017 arasında ağa toplam 722 bağ girmiş ve 574 bağ çıkmıştır. Bu bulgular THUA'nın statik bir ağ olmanın aksine dinamik bir yapılanma süreci içerisinde

olduğunu göstermektedir. Özellikle bu dinamik yapılanmada THUA'nın dört merkezli mekansal konfigürasyondan 7 merkezli mekansal konfigürasyona geçmesinin etkisi olduğunu iddia etmek yanlış olmayacaktır.

Makine öğrenme modellerinin ortaya koyduğu üzere THUA'da havalimanı çiftleri arasında yeni bir bağ oluşma olasılığı gelire yakından ilişkilidir. Gelirin artması sonucu bireyler daha hızlı, güvenli ve daha konforlu olan havayolu ulaşımını tercih etmekte ve bu da talebin artarak yeni rotaların oluşmasına neden olmaktadır. Nüfus değişkeni de taleple ilişkili olduğundan daha fazla nüfus yeni bağların oluşma olasılığını arttırmaktadır. Diğer yandan ağ topolojisi içerisinde merkezilik ölçütleri ise ağda yer alan düğümlerin merkeziliğinin ve düğümler arası bağların tam olma eğiliminin artmasının yeni bağların oluşma olasılığına katkı sağladığını ortaya koymuştur.

Periferde yer alan havalimanları arasında çapraz uçuşlar olmaması THUA'nın tarihsel topla dağıt modeline içkindir. Bu durum THUA'nın yoğunlaşmamasının en önemli belirleyicisidir. Her ne kadar merkez sayılarını artırma ve genelgelerle yeni rotaların teşvik edilmesi sağlansa da pervaneli küçük uçaklarla perifer havalimanları arasında yolcu taşımanın THUA'ya katacağı bağ sayısını karar vericilerin üzerinde dikkatle durması gereken bir konudur.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / funding conditions	Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir. <i>The author declared that this study has received no financial support</i>

REFERANSLAR

- Acar, A. Z., & Karabulak, S. (2015). Competition between full service network carriers and low cost carriers in Turkish Airline market. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 207, 642-651.
- Albert, R., & Barabasi, A.-L., (2002) "Statistical mechanics of complex networks", *Reviews of Modern Physics*, 74(1), pp.1-47.
- Allroggen, F., & Malina, R. (2014). Do the regional growth effects of air-transport differ among airports?. *Journal of Air-transport Management*, 37, 1-4.
- Bagler, G., (2008) "Analysis of the airport network of India as a complex weighted network", *Physica A*, 387, pp.2972-2980.
- Bakırcı, M. (2012). Ulaşım Coğrafyası Açısından Türkiye'de Havayolu Ulaşımının Tarihsel Gelişimi Ve Mevcut Yapısı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (25), 340-377.
- Barabasi A-L. (2013) "Network science", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical. Phys Eng Sci*, 371(1987), 20120375.
- Barthelemy, M. (2011). Spatial networks. *Physics Reports*, 499(1-3), 1-101.
- Barthelemy, M. (2018). *Morphogenesis of spatial networks*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Bastian M, Heymann S, Jacomy M (2009) Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. *Proceedings of the Third International ICWSM Conference (AAAI Press, Menlo Park, CA)*, pp 361-362.
- Battal, Ü., & Aksoyek, M. (2018). Havayolu taşımacılığında uzun menzilli düşük maliyetli taşıyıcılarda uçak ve hat seçimi (Master's thesis, Tez (yüksek lisans)-Anadolu Üniversitesi).
- Battal, Ü., & Kiracı, K. (2015). Bankruptcies And Their Causes in The Turkish Airline Industry. *Transport & Logistics*, 15.
- Bezirci, M., Ceran, Y., & Otamis, I. V. (2011). Cost analysis of the air-transport sector in Turkey and its impact on competitiveness. *International Research Journal of Finance and Economics*, 76, 24-30.
- Bianconi, G., & Barabasi, A.-L., (2001) "Competition and multiscaling in evolving networks", *Europhysics Letters*, 54(4), pp.436-442.
- Brandes, U., Robins, G., McCranie, A., Wasserman, S., (2013) "What is network science?", *Netw Sci*, 1, pp.1-15.

- Buhl, J., Gautrais, J., Reeves, N., Solé, R. Valverde, S., Kuntz, P., and Theraulaz, G. (2006) "Topological patterns in street networks of selforganized urban settlements". *European Physical Journal B*, 49, pp.513–522.
- Cardillo, A., Scellato, S., Latora, V., Porta, S., (2006) "Structural properties of planar graphs of urban street patterns", *Physical Review E*, 73, 066107.
- Cetin, T., & Benk, S. (2011). Regulation, deregulation, and competition in the Turkish airline industry. In *The Political Economy of Regulation in Turkey* (pp. 193-214). Springer, New York, NY.
- Ciftci, M. E., & Sevcli, M. (2015). A new hub and spoke system proposal: A case study for Turkey's aviation industry. *Journal of Air-transport Management*, 47, 190-198.
- Clark, K. L., Bhatia, U., Kodra, E. A., & Ganguly, A. R. (2018). Resilience of the US national airspace system airport network. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(12), 3785-3794.
- Codal, K.S. & Güner, S. (2022). Exploring the Sources of Centrality in the Turkish Domestic Airport Network. *Journal of Transportation and Logistics* 7(2):199-212. DOI: 10.26650/JTL.2022.1109878
- Crucitti, P., Latora, V., Porta, S., (2006) "Centrality measures in spatial networks of urban streets", *Physical Review E*, 73, 036125.
- Duran, H. E., & Erdem, U. (2017). Regional inequality and international trade in Turkey: A dynamic spatial panel approach. *A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*.
- Dursun, M. E., O'Connell, J. F., Lei, Z., & Warnock-Smith, D. (2014). The transformation of a legacy carrier—A case study of Turkish Airlines. *Journal of Air-transport Management*, 40, 106-118.
- Erdem, U., Cubukcu, K. M., Tsiotas, D., (2019) "Mapping the Topology of the Air-transport Network in Turkey", *Environment and Planning A: Economy and Space* (doi:10.1177/0308518X19848753).
- Ersoz, C., Kilic, S., & Aldemir, H. O. (2022). Analysis of Turkey's airport network structure and centrality in the opening-out period after the first wave of COVID-19: A complex network approach. *Case Studies on Transport Policy*, 10(4), 2506-2518.
- Fruchterman, T. M., & Reingold, E. M. (1991) "Graph drawing by force-directed placement", *Software: Practice and experience*, 21(11), pp.1129-1164.
- General Framework of Spatial Planning and Sustainable Development of Greece – GSPF (2008), "Approval of the General Framework of Spatial Planning and Sustainable Development", *Newspaper of the Greek Government (ΦΕΚ)*, Issue 1 (T-A), Number 128, 3/7/2008.
- Gerede, E. (2015). *Havayolu taşımacılığı ve ekonomik düzenlemeler teori ve Türkiye uygulaması*. Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Guida, M., & Maria, F. (2007). Topology of the Italian airport network: A scale-free small-world network with a fractal structure?. *Chaos, solitons & fractals*, 31(3), 527-536.
- Guillaumet, M. P. (2018). A complex network approach to the Argentinian Airport Network.
- Gürsokal, N. (2009). *Sosyal ağ analizi: Pajek Ucinet ve Gmine uygulamalı*. Dora yayınları.
- Hossain, M. M., & Alam, S. (2017). A complex network approach towards modeling and analysis of the Australian Airport Network. *Journal of Air Transport Management*, 60, 1-9.
- IATA. (2018). *Air Passenger Forecasts Country Report*, available at <https://www.iata.org/publications/Documents/country-report-sample.pdf>
- Jia, T., Jiang, B., (2012) "Building and analyzing the US airport network based on en-route location information", *Physica A*, 391, pp. 4031–4042.
- Jiang, B., (2007) "A topological pattern of urban street networks: universality and peculiarity", *Physica A*, 384, pp.647–655.
- Jiang, B., & Claramunt, C., (2004) "Topological analysis of urban street networks", *Environment and Planning B*, 31, pp.151–162.
- Kasarda, J. D., & Green, J. D. (2005). Air cargo as an economic development engine: A note on opportunities and constraints. *Journal of Air-transport Management*, 11(6), 459-462.
- Köroğlu, B. A., & Eceral, T. Ö. (2017). Redefining space in production networks: Network centrality and R&D activities in Ankara defence and aviation cluster. *Gazi University Journal of Science*, 30(2), 17-33.

- Köroğlu, N. T., & Köroğlu, B. A. (2014). Çekim Modeli ve Ağ Analizinin Bölgesel Eşitsizlikleri Açıklama Kapasitesi. Ulusal Bölge Bilimi ve Planlama Kongresi Bölge Bilimi Türk Milli Komitesi, 18-19.
- Koschutski, D., Lehmann, K., Peeters, L., Richter, S. (2005) "Centrality Indices". In Brandes, U., Erlebach, T., (Eds.), *Network Analysis*, Berlin, Germany, Springer-Verlag Publications, pp.16-61.
- Lammer, S., Gehlsen, B., Helbing, D., (2006) "Scaling laws in the spatial structure of urban road networks", *Physica A*, 363, 89.
- Link, H., Dodgson, J. S., Maiback, M., Herry, M., (2012) *The costs of road infrastructure and congestion in Europe*, Heidelberg, Physica-Verlag (Springer).
- Logothetis, M., & Miyoshi, C. (2018). Network performance and competitive impact of the single hub—A case study on Turkish Airlines and Emirates. *Journal of Air-transport Management*, 69, 215-223.
- Mansfield, E., (1962) "Entry, Gibrat's law, innovation, and the growth of firms", *The American economic review*, 52(5), pp.1023-1051.
- Melikoglu, M. (2017). Modelling and forecasting the demand for jet fuel and bio-based jet fuel in Turkey till 2023. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 19, 17-23.
- Merton, R. K., (1968) "The Matthew effect in science: The reward and communication systems of science are considered", *Science*, 159(3810), pp.56-63.
- Mukkala, K., & Tervo, H. (2013). Air-transportation and regional growth: which way does the causality run? *Environment and Planning A*, 45(6), 1508-1520.
- Newman, M. E. J., (2010) *Networks: an introduction*, Oxford, Oxford University Press.
- Norusis, M., (2004) *SPSS 13, Advanced statistical procedures companion*, New Jersey (USA), Prentice Hall Publications.
- Norusis, M., (2008) *SPSS 16.0 advanced statistical procedures companion*, Prentice Hall Press.
- Orhan, G., & Gerede, E. (2013). A study of the strategic responses of Turkish airline companies to the deregulation in Turkey. *Journal of Management Research*, 5(4), 34-63.
- Orkcü, H. H., Balıkcı, C., Dogan, M. I., & Genc, A. (2016). An evaluation of the operational efficiency of Turkish airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index: 2009-2014 case. *Transport Policy*, 48, 92-104.
- Paez, A., Scott, D. M., Morency, C., (2012) "Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators", *Journal of Transport Geography*, 25, pp.141-153.
- Pamuk, Ş. (2014). Fiscal centralisation and the rise of the modern state in the Ottoman empire. *The Medieval History Journal*, 17(1), 1-26.
- Polyzos, S., (2015) *Urban development*, Athens, Kritiki Publications [in Greek].
- Polyzos, S., (2019) *Regional development*, 2nd Edition, Athens, Kritiki Publications [in Greek].
- Polyzos, S., Tsiotas, D., Papagiannis, K., (2014) "Determining the changes in commuting after the Ionian Motorway's construction", *MIBES TRANSACTIONS International Journal*, 8, pp. 113-131.
- Rodrigue, J. P., Comtois, C., & Slack, B., (2013) *The Geography of Transport Systems*, New York, Routledge Publications.
- Saldıraner, Y. (2013). Airport Ownership and Management in European Union Countries, BOT Applications in Turkey, and Suggestions for Turkey. *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 61-67.
- Sarılgan, A. E. (2016). Impact of Low Cost Carriers on Turkish Tourism Industry. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 6(4), 176-188.
- Shinnar, R. S., & Zamantılı Nayır, D. (2019). Immigrant entrepreneurship in an emerging economy: The case of Turkey. *Journal of Small Business Management*, 57(2), 559-575.
- SHGM. (2012). Havayolu Teşvik Uygulaması Kapsamında 20 Yeni Hat Açıldı. Erişim adresi: <http://web.shgm.gov.tr/tr/haberler/1884-havayolu-tesvik-uygulamasi-kapsaminda-20-yeni-hat-acildi>
- SHGM. (2013). Yeni Uçuş Hatları Teşvik Genelgesi - 2014. Erişim adresi: http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/genelgeler/2014_ucus.pdf.

- SHGM. (2014). Uçuş Hatları Teşvik Genelgesi 2015. Erişim adresi: http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/genelgeler/Ucus_Hatlari_Tesvik_Genelgesi-2015.pdf.
- SHGM. (2015a, 15 Haziran). Başkent'ten Üç Ülkeye Daha Doğrudan Uçak Seferi. Erişim adresi: <http://web.shgm.gov.tr/s/4766-baskent>
- SHGM. (2015b, 11 Aralık). İzmir'den Yurtdışı Seferlerini Arttırmak için Teşvik Genelgesi Yayınlandı. Erişim adresi: <http://web.shgm.gov.tr/tr/manset-haber/5034-izmir>
- Sun, X., Gollnick, V., & Wandelt, S. (2017). Robustness analysis metrics for worldwide airport network: A comprehensive study. *Chinese Journal of Aeronautics*, 30(2), 500-512.
- Taşçı, D., & Yaçınkaya, A. (2015). Havayolu sektöründe yeni bir iş modeli: bağlı düşük maliyetli havayolu (airline within airline) modeli ve Anadolujet örneği bağlamında bir karşılaştırma.
- Taşlıgil, N. (1999). Türkiye'nin ulaşım coğrafyası. Kuşak Ofset Kitabevi, İstanbul.
- Togan, S. (2016). The liberalization of transportation services in the EU and Turkey. Oxford University Press.
- Tsiotas D., & Polyzos, S., (2018) "The complexity in the study of spatial networks: An epistemological approach", *Networks and Spatial Economics*, 18(1), pp.1-32.
- Turgut, T. (2022). Pandemi Nedeniyle Yap-İşlet-Devret Sözleşmelerinin de Uyarlanması Gerekmez mi?. *İdare Hukuku ve İlimleri Dergisi*, 1-2.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., Ye, K., (2012) *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*, ninth ed., New York, Prentice Hall Publications.
- Wang, H., Mo, H., Wang, F., Jin, F., (2011) "Exploring the network structure and nodal centrality of China's air-transport network: a complex network approach", *Journal of Transport Geography*, 19, pp.712-721.
- Wensveen, J., (2018) *Air-transportation: A management perspective*, Sixth Edition, Hampshire, UK, Ashgate Publishing Ltd.
- Wold, S., Esbensen, K., Geladi, P., (1987) "Principal component analysis", *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 2(1-3), pp.37-52.
- Wu, W., Zhang, H., & Wei, W. (2018). Optimal design of hub-and-spoke networks with access to regional hub airports: a case for the Chinese regional airport system. *Transportmetrica A: Transport Science*, 14(4), 330-345.
- Xu, Z., & Harriss, R. (2008). Exploring the structure of the US intercity passenger air transportation network: a weighted complex network approach. *GeoJournal*, 73, 87-102.
- Yule, G., (1925) "II-A mathematical theory of evolution, based on conclusions of Dr. JC Willis, FR S", *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, containing papers of a biological character*, 213(401-410), pp.21-87.

Ekler

Ek-1: 2013 ve 2015 yıllarında havalimanı çiftleri arasındaki talep edilmeyen hatlar

Başlangıç	Varış	Nüfus (2015)	Kişi Başına Düşen GSYİH (\$) (2015)	Yolda Sürüş Süresi - mesafe
Sabiha Gökçen (İstanbul)	Adıyaman	602,774	5,512	13h23m - 1,177 km
	Ağrı	547,210	3,559	16h6m - 1,415 km
	Siirt	320,351	4,814	17h43m - 1,518 km
	Eskişehir	826,716	11,824	3h36m - 302 km
Ankara	Sinop	204,133	6,955	5h7m - 412 km
	Gazipaşa	2,288,456	12,172	6h33m - 526 km
	Sivas	618,617	7,677	5h13m - 434 km
	Denizli	993,442	9,890	6h9m - 479 km
İzmir	Adıyaman	602,774	5,512	14h1m - 1,221 km
	Ağrı	547,210	3,559	19h27m - 1,780 km
	Amasya	322,167	8,243	11h1m - 928 km
	Bursa	2,842,547	12,346	3h58m - 351 km
	İğdir	192,435	5,967	20h52m - 1,759 km
	Isparta	421,766	8,365	4h55m - 392 km
	Maraş	1,096,610	6,602	12h20m - 1,084 km
	Konya	2,130,544	8,719	6h37m - 557 km
	Nevşehir	286,767	8,025	8h52m - 761 km
	Muş	408,728	4,775	18h35m - 1,532 km
	Siirt	320,351	4,814	18h2m - 1,598 km
	Sinop	204,133	6,955	11h40m - 1,054 km
	Tokat	593,990	6,117	11h39m - 968 km
	Uşak	353,048	8,700	2h48m - 220 km
	Eskişehir	826,716	11,824	5h6m - 415 km
	Tekirdağ	937,910	13,420	7h12m - 483 km
Zonguldak	595,907	7,531	9h10m - 732 km	
Gazipaşa	2,288,456	12,172	5h37m - 462 km	
Antalya	Adıyaman	602,774	5,512	11h14m - 934 km
	Ağrı	547,210	3,559	16h49m - 1,424 km
	Amasya	322,167	8,243	10h4m - 834 km
	Bursa	2,842,547	12,346	6h32m - 548 km
	Çanakkale	513,341	10,775	9h7m - 698 km
	Denizli	993,442	9,890	2h53m - 224 km
	Erzincan	222,918	9,002	12h-33m - 1,062 km
	Erzurum	762,321	6,442	14h45m - 1,243 km
	Elâzığ	574,304	7,045	13h6m - 1,052 km
	Gökçeada	8,830	-	10h53m - 768 km
	İğdir	192,435	5,967	18h19m - 1,531 km
	Maraş	1,096,610	6,602	9h34m - 798 km
	Kayseri	1,341,056	9,398	7h41m - 610 km
	Kars	292,660	5,621	17h7m - 1,445 km
	Nevşehir	286,767	8,025	6h36m - 529 km
	Muş	408,728	4,775	16h4m - 1,332 km
	Siirt	320,351	4,814	15h19m - 1,311 km
	Sinop	204,133	6,955	11h4m - 892 km
	Tokat	593,990	6,117	10h32m - 864 km
	Uşak	353,048	8,700	3h55m - 298 km
Eskişehir	826,716	11,824	5h12m - 417 km	
Tekirdağ	937,910	13,420	9h50m - 839 km	
Urfa	1,892,320	4,148	11h6m - 966 km	
Zonguldak	595,907	7,531	9h9m - 760 km	
Mardin	796,591	5,623	13h54m - 1,267 km	
Malatya	772,904	6,600	11h44m - 952 km	

* Not: Bold havalimanları sadece 2013 yılında talep edilmemiştir, daha sonra 2015 yılında varış havalimanlarından bu vurgulanan havalimanlarına yeni hatlar ortaya çıkmıştır



Etik Sorumluluklar ve Politikalar / Ethical Responsibilities and Policies

Yayın Etiği	Publishing Ethics
<ul style="list-style-type: none">• Ege Coğrafya Dergisi'nde yayınlanan çalışmaların tarafsız ve etik olması amacıyla editörler kurulu tarafından etik politikalar geliştirilmiştir.• Bu politikalar yazarlar, editörler ve hakemler ile ilgili süreçleri kapsamaktadır.• Ege Coğrafya Dergisi'nde yer alan etik görev ve sorumluluklar, ulusal ve uluslararası alanlarda taranan dergilerin yayın politikaları ile açık erişim olarak <u>Committee on Publication Ethics (COPE)</u> tarafından yayınlanan rehberler ve politikalar dikkate alınarak hazırlanmıştır.	<ul style="list-style-type: none">• A series of ethical policies has been developed by editors and editorial board with the purpose of ensuring impartiality and ethics of studies to be published in the Aegean Geographical Journal.• These policies include processes related to authors, reviewers, editors and studies.• Ethical tasks and responsibilities in the Aegean Geographical Journal have been prepared in consideration of publishing policies of national and international indexed journals and open-access policies and guidelines published by Committee on Publication Ethics (COPE).
Yazarların Etik Sorumlulukları	Ethical Responsibilities of Authors
Araştırmacıların gönderdikleri makaleler özgün olmalı; yöntem ve bulgular doğru bir şekilde bildirilmelidir.	<i>The articles sent by researchers must be original; methods and findings must be reported correctly.</i>
Yazarlar, yazılarının hazırlanmasında, derginin yazım kurallarına uymalıdır.	<i>Authors should consult the journal's editorial and publication policies.</i>
Yazar(lar), yayınların içeriği açısından ortak sorumludurlar.	<i>Authors are take collective responsibility for the content of their publications.</i>
Ancak, yazarlar araştırmanın sadece belirli yönleri için sorumluluk alırsa, bu yayında belirtilmelidir. Çalışmanın içeriğine katkı sağlamayan kişiler, yazar olarak belirtilmemelidir.	<i>However, if authors take responsibility only for certain aspects of the research this should be specified in the publication. Names that do not contribute to the study are not to be specified as authors</i>
Tüm yazarlar, yazar listesini kabul etmeli ve yayının gönderilen ve kabul edilen sürümlerini onaylamalıdır.	<i>All authors should agree the authors list and should approve the submitted and accepted versions of the publication.</i>
Yazar listesindeki herhangi bir değişiklik, listeden çıkarılmış olanlar da dahil olmak üzere, tüm yazarlar tarafından onaylanmalıdır.	<i>Any change to the author list should be approved by all authors including any who have been removed from the list.</i>
Sorumlu yazar, editör ile diğer yazarlar arasında bir iletişim noktası olarak hareket etmeli, yazarları bilgilendirmeli ve yayın hakkında önemli kararlara dahil etmelidir.	<i>The corresponding author should act as a point of contact between the editor and the other authors and should keep co-authors informed and involve them in major decisions about the publication.</i>
<ul style="list-style-type: none">• Yazar(lar)ın yararlandıkları bütün çalışmalara eksiksiz ve doğru bir biçimde atıfta bulunmaları ve/veya alıntı yapmaları gerekmektedir.• Yazarlar, alıntılanan çalışmayı okumadılarsa, diğer yayınlardan alıntılar kopyalamamalıdır.	<ul style="list-style-type: none">• Authors should represent the work of others accurately in citations and quotations.• Authors should not copy references from other publications if they have not read the cited work.
Diğer araştırmacıların yayınlarından doğrudan alınan orijinal ifadeler, uygun alıntılarla birlikte tırnak işaretleri içinde görünmelidir.	<i>Original wording taken directly from publications by other researchers should appear in quotation marks with the appropriate citations.</i>



Dergiye gönderilen yazılar başka yerde yayınlanmamış ve aynı anda sunulmamış olmalıdır.	<i>Manuscripts submitted to this journal should not have been published and simultaneously submitted, elsewhere.</i>
Araştırmacılar sonuçlarını dürüst, sahtecilik veya uygunsuz veri manipülasyonu olmadan sunmalıdır.	<i>Researchers should present their results honestly and without falsification or inappropriate data manipulation.</i>
<ul style="list-style-type: none">•Yazarlar, gönderilen eserin orijinal olduğuna ve herhangi bir dilde başka bir yerde yayınlanmama koşullarına uymalıdır.•Ancak, yurtdışında yabancı bir dilde yayınlanmış olmasına rağmen, bu makalenin Türkiye'de daha fazla okuyucuya ulaşması için makale, yayın kurulunun kararı ile Türkçe olarak yayınlanabilir.•Bu tür yayınlarda ilgili telif hakkı sözleşmelerine ve izin gereksinimlerine uyulmalıdır. Bu gerçek okuyuculara açık bir şekilde verilmelidir.	<ul style="list-style-type: none">•Authors should adhere to publication requirements that submitted work is original and has not been published elsewhere in any language.•However, although it was published in a foreign language abroad, to benefit that article reach more readers in Turkey, the article can be published in Turkish by the decision of the editorial board.•In such publications, the relevant copyright agreements and permission requirements must be observed. It should be given to readers clearly.
<ul style="list-style-type: none">•Telif hakkı materyali (örneğin tablolar, şekiller, fotoğraflar, haritalar veya kapsamlı alıntılar) yalnızca uygun izin ve onay ile kullanılmalıdır.•Görüntüler, dosyalar, şekiller ve tablolar, orijinal veya mevcut bulgulardan yanıltıcı bir şekilde değiştirilmemelidir.	<ul style="list-style-type: none">•Copyright material (such as tables, figures, photos, maps or comprehensive citations) should only be used with appropriate permission and acknowledgement.•Images, files, figures, and tables should not be inappropriately altered from the original or present findings in a misleading way.
Yazarlar, insan görüntüleri için ilgili kişilerden izin almalıdır. Bu izin, çalışmanın hangi dergide yayınlanacağını katılımcılara bildirmelidir.	<i>Authors should obtain permission from the persons concerned for the image of people. This consent should inform participants which journal the work will be published in.</i>
Doğrudan ve dolaylı mali destek dahil olmak üzere tüm araştırma fonu kaynakları, ekipman veya materyal tedariki ve diğer destek açıklanmalıdır.	<i>All sources of research funding, including direct and indirect financial support, supply of equipment or materials, and other support should be disclosed.</i>
Yazar(lar) gönderilen, kabul edilen veya yayınlanan bir çalışmada bir hata bulmuşsa, editörü uyarmalıdır. Yazarlar düzeltmeler veya geri çekme konusunda gerektiğinde editörlerle işbirliği yapmalıdır.	<i>Authors should alert the editor promptly if they discover an error in any submitted, accepted or published work. Authors should cooperate with editors in issuing corrections or retractions when required.</i>
Yazarlar hakemlerin yorumlarına profesyonel ve zamanında cevap vermelidir.	<i>Authors should respond to reviewers' comments in a professional and timely manner.</i>
Yazarlar çalışmayı gözden geçirmek amacıyla geri çekerlerse ya da şartlı kabul aldıktan sonra hakem yorumlarına yanıt vermemeyi seçerse editöre bilgi vermelidir.	<i>Authors should inform the editor if they withdraw their work from review, or choose not to respond to reviewer comments after receiving a conditional acceptance.</i>
Editörlerin Etik Görev ve Sorumlulukları	Ethical Responsibilities of Editors
Editörler yayınladıkları her şeyden sorumludur	<i>Editors are accountable for everything they publish</i>
Editörler, yayınlanmış tüm makalelerin kendi alanlarına önemli ölçüde yeni bir katkıda bulunduğundan emin olmak için çalışmalıdır.	<i>Editors should work to ensure that all published papers make a substantial new contribution to their field.</i>
Editörler adil ve tarafsız kararlar vermeli; adil ve uygun bir gözden geçirme süreci sağlamalıdır.	<i>Editors should make fair and unbiased decisions and ensure a fair and appropriate review process.</i>



Editörler, yeterli uzmanlığa sahip kişileri seçerek ve çıkar çatışması olanlardan kaçınarak yayınlanmak üzere kabul edilen makaleler için uygun hakemler kullanılmalıdır.	<i>Editors should use appropriate peer reviewers for papers that are considered for publication by selecting people with sufficient expertise and avoiding those with conflicts of interest.</i>
Editörler yalnızca akademik konularda karar vermeli ve kararları için tüm sorumluluğu üstlenmelidir.	<i>Editors should make decisions on academic alone and take full responsibility for their decisions.</i>
Editörler hakemlerin kimliklerini korumalıdır.	<i>Editors should protect reviewers' identities .</i>
Uygun nedenlerle yazarlıkta değişiklikler olduğunda, editörler tüm yazarların (bir yazar listesinden isimleri çıkarılmış olanlar da dahil olmak üzere) bunların yazılı olarak kabul edilmesini şart koşmalıdır.	<i>When there are changes in authorship for appropriate reasons, editors should require that all authors (including any whose names are being removed from an author list) agree these in writing.</i>
Editörler, anti-intihal yazılımı kullanarak intihal aramaları yapma hakkını saklı tutar.	<i>Editors reserve the right to make plagiarism searches using anti-plagiarism software.</i>
Yayınlanmış çalışmalardaki hatalar, okuyucular, yazarlar veya editörler tarafından işaret edildiğinde, mümkün olan en kısa zamanda bir düzeltme yayınlanmalıdır. Yayının çevrimiçi versiyonu, düzeltme tarihi ve basılmış dizgi hatasına bir bağlantı ile düzeltilebilir.	<i>When errors in published work are pointed out by readers, authors, or editors, , a correction should be published as soon as possible. The online version of the paper may be corrected with a date of correction and a link to the printed erratum.</i>
Editörler, okuyucular, hakemler veya diğer editörler tarafından ortaya atılan her türlü iddia veya şüphe ya da yayın suistimali şüphesine cevap vermelidir.	<i>Editors should respond to all allegations or suspicions of research or publication misconduct raised by readers, reviewers, or other editors.</i>
İnsanların imgeleri için, editörler, yazarların yayın için açık bir şekilde onay almasını şart koşmalıdır. Bu izin, çalışmanın hangi dergide yayınlanacağını katılımcılara bildirmelidir.	<i>For images of people, editors should require the authors to have obtained explicit consent for publication.This consent should inform participants which journal the work will be published in.</i>
Editörler, derginin okuyucuları için uygun olmadığı veya kalitesiz olduğu düşünüldüğünde hakemli bir makaleyi reddedebilir. Bu karar adil ve tarafsız bir şekilde yapılmalıdır.	<i>Editors may reject a paper without peer review when it is deemed unsuitable for the journal's readers or is of poor quality. This decision should be made in a fair and unbiased way.</i>
Editörlerden gelen yazışmalar genellikle sorumlu yazar ile yapılır. Editörler tüm yazarların yayından haberdar olmasını ve yayının onaylanmasını sağlamak için ilk gönderimde ve son kabul aşamasında tüm yazarlarla iletişim kurar.	<i>Correspondence from editors is usually with the corresponding author. Editors Communicates with all authors at first submission and at final acceptance stage for to ensure all authors are aware of the submission and have approved the publication.</i>
Editörler tüm hakem yorumcularının yorumlarını bütünüyle iletmelidir. Bununla birlikte, istisnai durumlarda, örneğin, hakaret veya rahatsız edici ifadeler içeriyorsa, bir incelemenin bölümlerini hariç tutmak gerekli olabilir. Ancak, bu tür editöryal takdir yetkisinin uygunsuz yorumları bastırmak için uygunsuz bir şekilde kullanılmaması önemlidir.	<i>Editors should pass on all peer reviewers' comments in their entirety. However, in exceptional cases, it may be necessary to exclude parts of a review, if it, for example, contains libellous or offensive remarks. It is important, however, that such editorial discretion is not inappropriately used to suppress inconvenient comments.</i>
Hakemlerin Etik Sorumlulukları	Ethical Responsibilities of Reviewers
Hakemler, sadece uzmanlık alanı ile ilgili çalışmalarını değerlendirmeyi kabul etmelidirler.	<i>Reviewers should only accept to evaluate the work related to the field of expertise</i>
Hakemler, değerlendirme sürecini belirli bir zamanda tamamlamalıdır.	<i>Reviewers should complete the assessment process within a specified time frame</i>



Hakemler, tarafsızlık ve gizlilik içerisinde değerlendirme yapmalıdırlar.	<i>Reviewers should make an assessment within the neutrality and confidentiality.</i>
Hakemler dini inanç, ırk, cinsiyet siyasi düşünce gibi faktörlerin değerlendirme sürecine kesinlikle etki etmemesi konusunda duyarlı davranmalıdır	<i>Reviewers should be sensitive to factors such as religious beliefs, race, gender, political thought, etc.</i>
Hakemler değerlendirmeyi yapıcı ve nazik dille yapmalıdır.	<i>Reviewers should make a constructive and polite evaluation.</i>
Hakemler, makaleyi akademik açıdan değerlendirmelidir ve değerlendirmeler makalenin içeriği ile ilgili olmalıdır.	<i>Reviewers should evaluate the article academically and the evaluations should be related to the content of the article.</i>

YAYIN ÖN KOŞULLARI	PUBLICATION PRECONDITIONS
Ege Coğrafya Dergisi'ne makale gönderimi, derginin https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd adresindeki makale yükleme süreçleri izlenerek yapılmalıdır. Dergipark sistemi dışında makale kabul edilmemektedir.	<i>Submission of articles to Ege Geography Journal should be done by following the article upload processes in the journal's web address (https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd). No articles are accepted outside the Dergipark system.</i>
Yazar(lar) kurum ve iletişim bilgilerini, ORCID numaralarını Dergipark sisteminde belirtmelidirler.	<i>Authors should report their institution and contact information, ORCID numbers in the Dergipark system.</i>
Dergiye gönderilen yazılar, daha önce yayınlanmamış ve aynı anda yayınlanmak üzere başka bir yere gönderilmemiş olmalıdır.	<i>Manuscripts submitted to the journal should not have been previously published and sent to another institution for publication.</i>
Makale gönderim sürecinde, Telif Hakkı Formu ve gerekiyorsa Etik Kurul Belgelerinin sisteme yüklenmesi gerekmektedir.	<i>During the submission of the article, Copyright Form and Ethics Committee Documents should be uploaded to the system if necessary.</i>
Yazarlar, makalelerinde, derginin Etik kurallarına kesinlikle uymalıdır. Yazarların, bu etik kuralları okuduğu kabul edilir ve bu kurallara uygun olmayan makaleler geri gönderilir.	<i>Authors must strictly follow the journal's Code of Ethics in their articles. The authors are considered to have read the ethical rules and articles that do not comply with these rules are sent back.</i>
Sosyal bilimler dahil olmak üzere tüm bilim dallarında yapılan araştırmalar için ve etik kurul kararı gerektiren klinik ve deneysel insan ve hayvanlar üzerindeki çalışmalar için ayrı ayrı etik kurul onayı alınmış olmalı, bu onay makalede belirtilmeli ve belgelendirilmelidir.	<i>Ethics committee approval must be obtained for studies requiring an ethical committee decision in all scientific studies, including social sciences. This approval must be stated and documented in the article.</i>
Makalelerde Araştırma ve Yayın Etiğine uyulduğuna dair ifadeye yer verilmelidir.	<i>The statement about the compliance of Research and Publication Ethics should be included in the Articles.</i>
Etik kurul izni gerektiren çalışmalarda, izinle ilgili bilgiler (kurul adı, tarih ve sayı no) yöntem bölümünde ve ayrıca makale ilk/son sayfasında yer verilmelidir	<i>In studies requiring ethics committee permission, information about the permit (name of the board, date and number) should be included in the method section and also on the first / last page of the article.</i>
Kullanılan fikir ve sanat eserleri için telif hakları düzenlemelerine riayet edilmesi gerekmektedir	<i>Copyright regulations must be followed for the ideas and works of art used.</i>
Yazarlar, yazılarının hazırlanmasında, derginin yazım kurallarına uymalıdır. Yazım kurallarına uygun olmayan makaleler geri gönderilir.	<i>Authors must comply with the journal's writing rules in the preparation of their articles. Articles that do not comply with the spelling rules are sent back.</i>
Teslim edilen yazının çok yazarlı olması durumunda, aksi belirtilmediği sürece, yazışmalar sorumlu yazar olarak ilk yazara gönderilir.	<i>If the submitted article is multi-author, the correspondences are sent to the first author as the responsible author, unless stated otherwise.</i>



Gönderilen yazılar Word dosyası olarak yüklenmeli ve Times New Roman fontunda, 11 punto, tek aralık, tek sütun olarak yazılmalıdır. Makaleler, çok özel durumlar dışında, tüm şekil, tablo ve fotoğraflar dahil olmak üzere 25 sayfayı geçmemelidir.	<i>Submitted manuscripts should be uploaded as a Word file and should be written in Times New Roman font, 11 font size, single space, single column. Articles should not exceed 25 pages including all figures, tables and photographs, except in very special cases.</i>
Metin içinde yazarların kimliklerini belirten herhangi bir ibare bulunmamalıdır. Yazarın kimliğini belli edecek bazı açıklamalar, dipnotlar varsa bunlar makale dosyasından ayrı olarak gönderilmelidir.	<i>The article should not contain a statement of the authors' identity. If there are some explanations and footnotes to show the identity of the author, these should be sent separately from the article file.</i>
Makale, bir yüksek lisans veya doktora tezinden üretiliyse, bu bilgi makale dosyasından ayrı olarak paylaşılmalıdır.	<i>If the article was produced from a master's or doctoral thesis, this information should be shared separately from the article file.</i>
Editörlerin yeniden gözden geçirdiği yazılar, en az iki hakeme gönderilir.	<i>Manuscripts are sent to least two referees.</i>
YAZIM KURALLARI Metin	NOTES FOR CONTRIBUTORS Main Text
Dergiye verilecek yazılar, PC ortamında, Word'ün yeni versiyonlarında düzenlenmiş olmalıdır.	<i>Manuscript should preferably be in PC Word format.</i>
Yazılar Times New Roman fontunda, 12 punto, 1,5 aralık, tek sütun olarak yazılmalıdır.	<i>All text should be written in Times New Roman font, 12 font size, 1.5 spacing, single column.</i>
Dip not gerekmedikçe kullanılmamalıdır.	<i>Footnote must not be used.</i>
Metin içi vurgular (koyu, alt çizgili, italik vb.) yazarların tercihine bırakılmıştır.	<i>The accents in the text (bold, underline, italic, etc.) are left to the authors to choose.</i>
Metin üst bilgi bölümünde ve içinde yazarların kimliğini açığa çıkaracak bilgiler yer almamalıdır.	<i>Author(s) name and marks which reveal authors identification must not be used in any part of text including header and footer.</i>
Matematiksel ifadeler, denklemler numaralandırılmalı, denklemler sola, denklem numaraları ise parantez içinde sağa dayalı olmalıdır.	<i>Equations should be numbered serially in the right-hand side, in parentheses.</i>
Metnin hazırlanmasında şu sıra izlenmelidir. Başlık (İngilizce karşılığı ile), İngilizce abstract, keywords, Türkçe öz ve anahtar kelimeler, ana metin, teşekkür bölümü, referanslar ve varsa ekler.	<i>The main text should be formed by following order: Title (both in Turkish and in English), Abstract in English, Keywords in English, Abstract in Turkish, Keywords in Turkish, Main text, Acknowledgements, References and appendices.</i>
Yazar adları, adresleri, e-mailleri ORCID numaraları metinden ayrı bir sayfada gönderilmelidir.	<i>Author names, addresses, e-mails and ORCID numbers should be sent on a separate page from the text.</i>
Başlık	Title
Makalenin yazım dilindeki ana başlığı (büyük harflerle) mümkün olduğunca kısa olmalı ve makalenin içeriğini tam olarak yansıtmaya özen gösterilmelidir. İngilizcesi (özel isimler dışında küçük harf) belirtilmelidir.	<i>The main title of the article in the writing language (in capital letters) should be as short as possible and care should be taken to reflect the content of the article exactly. English (lower case except special names) should be specified.</i>
Abstract	Abstract
Abstract İngilizce hazırlanmalı ve 300 kelimeyi kesinlikle aşmamalıdır. Çalışmanın amacını, yöntemini, bulgularını içermelidir. Abstract'ın sonunda, çalışmanın bütünlüğünü yansıtan beş (5) anahtar kelime (Keywords) yer almalıdır	<i>Abstract should be prepared in English and should never exceed 300 words. It should include the purpose, method and findings of the study. At the end of the Abstract, there should be five (5) keywords that reflect the integrity of the study.</i>
Öz	Öz
Abstract'ın Türkçe karşılığı olmalı ve 300 kelimeyi	<i>Abstract should have a Turkish equivalent and should not</i>



aşmamalıdır. Sonunda yine Türkçe hazırlanmış beş (5) anahtar kelime bulunmalıdır.	<i>exceed 300 words. Finally, there should be five (5) keywords prepared in Turkish.</i>
Şekiller ve Tablolar	Figures and Tables
Metin içinde yer alan tüm çizim, harita, grafik ve “şekil”, fotoğraflar “fotoğraf”, çizelgeler ise “tablo” olarak isimlendirilir.	<i>All drawings, maps, charts, diagrams and are to be referred to as “figures”, photographs as “photo” and tables as “table” in the main text.</i>
Tablo, şekil ve fotoğraflardaki numaralandırma aşağıdaki gibi yapılır. Şekil 2- Tablo 5-	<i>Numbering in tables, figures and photographs is done as follows. Figure 2- Table 5-</i>
Tüm tablo başlıkları, tablonun üst kısmında, şekil ve fotoğraf başlıkları altta yer almalıdır.	<i>All table titles should be at the top of the table and figure and photo titles at the bottom.</i>
Tüm şekil, tablo ve fotoğrafların başlıkları mümkün olduğu ölçüde kısa olmalı ve Türkçe başlıktan hemen sonra İngilizceleri mutlaka belirtilmelidir.	<i>Titles of all tables and figures should be short and explanatory in both in English and in Turkish.</i>
Makalede yer alan tüm şekillerin içeriğinde kullanılan yazıların boyutu, şekillerin gerektiğinde küçüleceği düşünülerek belirlenmeli ve okunur olmalıdır.	<i>The size of the texts used in the content of all the figures in the article should be determined and readable considering that the shapes will be shrink when necessary.</i>
Referanslar	References
Kaynaklar, metnin sonunda, kendi içinde alfabetik olarak verilmeli ve başlık olarak "Referanslar" kullanılmalıdır. Kaynakça yazımında APA 6 kullanılmaktadır.	<i>All references should be arranged in alphabetical order and grouped together at the end of the paper under the title of “References”. References should be arranged in APA 6 style.</i>
Referanslar bölümünde, yalnızca metin içinde atıf yapılan referanslar yer almalıdır.	<i>All publications cited in the text must only be presented in the references section.</i>
Referanslar bölümünde, tüm kitap ve dergi isimleri, kısaltılma yapılmadan ve italik olarak yazılmalıdır.	<i>Names of periodicals and books should be written out in full and italic without any abbreviation.</i>
Referanslar bölümünde, birden çok yazarı olan referanslardaki tüm yazarlar belirtilir.	<i>All authors’ name must be complete in the reference section.</i>
Aynı yazara ait referanslar tarih sırasına göre verilmelidir. Referans verilen yazarın aynı tarihe ait birden fazla yayını var ise yayın yılının yanına (a) şeklinde belirtilmelidir.	<i>Reference is made to more than one work by the same author published in the same year; identify each as (a) mark after the date.</i>
Metin içinde verilen referanslarda, yazarın soyadı ve yayın yılı parantez içinde verilir. (Kayan, 1998). Sayfa numarası belirtilmez.	<i>In the text, references should be cited by the author’s name and the year in parentheses (Kayan, 1998).</i>
Metin içinde, referans verilen yazarın, aynı yıla ait iki birden fazla yayını kullanılıyorsa, şu şekilde belirtilir: (Kayan, 1998a).	<i>Where there are two or more references to one author in the same year, the following form should be used (Kayan, 1998a) or (Kayan, 1998b).</i>
Üç ve daha fazla yazarlı yazarlara yapılan atıflarda ilk yazarın soyadı esas alınır: (Kayan vd., 1999).	<i>Where references include three or more authors the form (Kayan et. al., 1999) should be used.</i>
Bu genel ilkeler dışında, referansların hazırlanmasında derginin web sayfasındaki örnekler uyuşmalıdır.	<i>Except from the abovementioned principle in citing, examples of the references can be followed in the web page of the journal</i>
Ekler	Appendices
Ekler bölümünde, metin içinde verilemeyen uzun tablolar, kullanılan denklem veya yöntemlerin detayları yer alabilir.	<i>Appendices are encouraged for long tables, specific details of methods or mathematics.</i>



Dergide Makale / Journal Article

Yakar, M. (2021). Türkiye'ye göçün değişen zamansal ve mekânsal örüntüleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30(1), 1-30. doi: <https://doi.org/10.51800/ecd.848106>

Karadaş, A., Ertuğ, Ö., & Rifat, İ. (2021). Kadikalesi (Anaia) çevresinde jeoarkeolojik araştırmalar. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30(1), 31-42. doi: <https://doi.org/10.51800/ecd.877265>

Kitap / Book

Erinç, S. (1982). *Jeomorfoloji I*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 2931, İstanbul.

du Cros, H., & McKercher, B. (2020). *Cultural tourism* (3rd Edition ed.). Routledge.

Editörlü Kitap / Edited Book

Gregory, D., Martin, R., Smith, G. (eds.) (1994). *Human Geography*. Macmillan, London.

Editörlü Kitapta bölüm / Article or chapter in edited book

Erder, S. (2000). Uluslararası Göçte Yeni Eğilimler: Türkiye "Göç Alan" Ülke Mi? F. Atacan, F. Ercan, H. Kurtuluş, & M. Türkay (Eds) içinde, *Mübeccel Kıray İçin Yazılar* (s. 235-259). Bağlam Yayınları.

Arango, j. (2000). Becoming a country of immigration at the end of the twentieth century: The Case of Spain. Eldorado or fortress? In R. King, G. Lazaridis, & C. Tsardanidis (Eds), *Migration in Southern Europe* (s. 253-276). Macmillan Press.

Kurumsal Kitaplar / Book without authors

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022). İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması (SEGE 2022), Ankara: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü Yayını.

Ceviri Kitaplar / Translation of a book

Lewis, B. (1996). *Ortadoğu*. (Çev. M. Harmancı), Sabah Yayınları, İstanbul, (Orijinal Basım Tarihi 1995).

Bildiri Kitapları / Proceedings

Emekli, G. (2006). Avrupa birliği sürecindeki Türkiye'de bölgesel farklılıklar. A. Ü. TÜCAUM (Dü.), IV. *Ulusal Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde, (s. 153-162). 25-26 Mayıs, Ankara.

Tezler / Thesis

Toprak, M. A. (2017). *Kütahya kentinin sosyo-ekonomik yapısı ve gelişiminde Dumlupınar Üniversitesi'nin etkileri*. Yayımlanmamış doktora tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

URL ADRESLERİ / URL references

Yıldırım, A. (2019, Nisan 12). *Bir muhtarlık uğruna tersine göç eden edene*. Mart 16, 2021 tarihinde HaberTürk: <https://www.haberturk.com/yazarlar/abdurrahman-yildirim-1018/2430484-bir-muhtarlik-ugruna-tersine-goc-eden-edene> adresinden alındı



EGE COĞRAFYA DERGİSİ

Aegean Geographical Journal

e-ISSN 2636-8056

**Ege Üniversitesi Yayınları
İzmir-Türkiye, 2023**

**Haziran/June
2023**

**Cilt/Volume: 32
Sayı/Number: 1**