

Fiziki Coğrafyada Güncel Akademik Çalışmalar

EROL KAPLUHAN



BİDGE Yayınları

Fiziki Coğrafyada Güncel Akademik Çalışmalar

Editör: EROL KAPLUHAN

ISBN: 978-625-372-944-8

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-12-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Coğrafya, doğal çevre ile insan olgusu arasındaki etkileşimi inceleyen ve bağlantı kuran bir bilimdir. Coğrafya bilimi, yeryüzünün sadece fiziki yapısı ile değil aynı zamanda, üzerinde yaşayan insanoğlu ve onun tüm aktiviteleri ile de ilgilenmektedir. Bu bilimle elde edilen bilgi ve beceriler günlük hayatın ayrılmaz bir parçası olmakla kalmaz, aynı zamanda toplum ve devletlerin sosyoekonomik standartlarının yükseltilmesine de katkı sağlar.

Köklü bir geçmişe sahip olan Coğrafya bilimi, konulara bakış açıları itibariyle sosyal bilimlerin kesişim noktasında yer almaktadır ancak tıpkı diğer disiplinler gibi coğrafi olaylara bakış açısı zamana ve sahaya göre değişiklik göstermektedir. Coğrafyada geleneksel iki inceleme alanı olan fiziki ve beşerî coğrafya konusal ya da sistematik yaklaşım ile tek tek konuların çeşitli kısımları üzerinde odaklaşmak şeklindedir. Yeryüzünün fiziksel olarak çeşitli kısımları fiziki coğrafyanın konusu; insanı, özelliklerini ve faaliyetlerini inceleyen kısım ise beşerî coğrafyanın konusunu oluşturmaktadır.

FİZİKİ COĞRAFYADA GÜNCEL AKADEMİK ÇALIŞMALAR adını taşıyan bu eserde, fiziki coğrafya alanında konusunda uzman akademisyenler tarafından hazırlanmış farklı konular da ki akademik çalışmalar yer almaktadır.

Eserin ortaya çıkmasına katkı sağlayan ve emek veren çok değerli yazarlarımıza ve BİDGE Yayınevi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Bilimsel bilginin ışığında hazırlanan bu eserin, yeni araştırmalara ilham kaynağı olması, uygulamada rehberlik etmesi, alana ve okuyucularına katkı sağlaması dileğiyle.

EDİTÖR
Prof. Dr. Erol KAPLUHAN
Aralık 2025

İÇİNDEKİLER

EMİSYON SENARYOLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ: IPCC RAPORLARINDA KULLANILAN YAKLAŞIMLAR	1
---	---

GÖKBEN ADANA KARAAĞAÇ, HAKAN UYGUÇGİL

Türkiye’de Sürdürülebilir Şehir Yapıları ve Afet Hazırlık Üzerine Bir Değerlendirme: Hobı Bahçeleri Ve Konteynerkentler	31
---	----

ALİ İMAMOĞLU

GELECEK İKLİM SENARYOLARI BAĞLAMINDA GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ’NİN İKLİMSEL YAPISINDAKİ DEĞİŞİM VE OLASI ETKİLERİ	46
---	----

MUHAMMED MUSTAFA ÖZDEL

KUVATERNER ARAŞTIRMALARINDA DENİZEL KAYITLARIN KARASAL KARŞILIĞI: LÖS DEPOLARI	86
---	----

AZİZ ÖREN

ŞANLIURFA İLİNİN JEOPARK POTANSİYELİ	112
--	-----

AHMET SERDAR AYTAÇ

ALTINOVA-İZNİK ARASINDA ESKİ ROMA YOLU GÜZERGÂHININ TESPİTİ	141
--	-----

SALİHA EBRU ÇAKIRGÖZ, KADİR TATLIDİL, SELİN APATARKAN, MERİÇ KURT, RA

BÖLÜM 1

EMİSYON SENARYOLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ: IPCC RAPORLARINDA KULLANILAN YAKLAŞIMLAR

GÖKBEN ADANA KARAAĞAÇ¹
HAKAN UYGUÇGİL²

Giriş

Küresel iklim değişikliği, yalnızca çevresel bir tehdit değil, aynı zamanda ekonomik, toplumsal ve politik alanlarda da derin etkiler yaratan çok boyutlu bir krizdir. Bu krizle mücadelede alınacak önlemlerin etkili olabilmesi için, gelecekteki sera gazı (Greenhouse Gas-GHG) emisyonlarının nasıl bir seyir izleyeceğine dair öngörüler büyük önem taşır. Bu noktada devreye giren emisyon senaryoları; belirli sosyoekonomik gelişmeler, enerji kullanımı, arazi değişimi, demografik eğilimler ve teknolojik dönüşümlere

¹ Öğr. Gör. Dr., Eskişehir Teknik Üniversitesi, Bilişim Teknolojileri Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı, Orcid: 0000-0002-5807-2184, gokbenkaraagac@eskisehir.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri ABD, Orcid: 000-0003-3100-0129, uygucgil@eskisehir.edu.tr

dayalı olarak, atmosferdeki sera gazı yoğunluklarının olası gelişimini modellemeyi amaçlar. Emisyon senaryoları genelde "tahmin" olarak algılansa da belirli varsayımlara dayalı olarak "eğer böyle olursa, ne olur?" türü olasılık temelli analizler sunar (Moss vd., 2010).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC), emisyon senaryolarını iklim değişikliği değerlendirme sürecinin temel bileşenlerinden biri olarak kullanmaktadır. Bu senaryolar, iklim modellerine giriş verisi olarak dâhil edilmekte ve farklı emisyon seviyelerinin iklim sistemi üzerindeki potansiyel etkileri bu modeller aracılığıyla ortaya konmaktadır. IPCC'nin 1990 yılında yayımladığı Birinci Değerlendirme Raporu (First Assessment Report-FAR), emisyon senaryolarının uluslararası iklim politikalarında sistematik biçimde ele alındığı ilk kapsamlı çalışmadır (IPCC, 1990). Bu raporda kullanılan ve Bilimsel Değerlendirme 1990 (Scientific Assessment 1990-SA90) olarak adlandırılan ilk kuşak senaryolar, iklim politikalarının temel çerçevesini şekillendirmiştir.

1992 yılında geliştirilen IPCC'nin ikinci kuşak Emisyon Senaryolarında (IPCC 1992 Emissions Scenarios-IS92) yedi farklı emisyon yolu üzerinden, iklim değişikliğinin potansiyel etkileri değerlendirilmiştir (Leggett vd., 1992). Ancak hem SA90 hem de IS92 senaryoları, sosyoekonomik varsayımlar bakımından sınırlı kalmış ve geleceğin daha karmaşık yapısını yansıtmakta yetersiz görülmüştür. Bu eksiklikleri gidermek amacıyla geliştirilen üçüncü kuşak senaryolar, IPCC'nin 2000 yılında yayımladığı Emisyon Senaryolarına İlişkin Özel Rapor (Special Report on Emissions Scenarios-SRES) ile ortaya konmuştur. SRES senaryoları, dört temel senaryo kümesi (narrative scenario) (A1, A2, B1, B2) altında farklı ekonomik büyüme, teknolojik değişim ve küreselleşme varsayımlarını bir arada değerlendirerek, önceki senaryo setlerine

kıyasla daha kapsamlı, daha detaylı ve ileri düzeyde bir yapı sunmuştur (Nakicenovic ve Swart, 2000).

Dördüncü ve güncel senaryo seti, iklim modeli karşılaştırmalarını kolaylaştırmak amacıyla oluşturulan Temsili Konsantrasyon Yolları (Representative Concentration Pathways-RCPs) ve bunlara eşlik eden Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar (Shared Socioeconomic Pathways-SSPs) çerçevesinden oluşmaktadır. RCP senaryoları, belirli sera gazı konsantrasyon seviyelerine (örneğin 2.6, 4.5, 6.0 ve 8.5 W/m²) ulaşan yolları temsil etmektedir (van Vuuren vd., 2011). SSP senaryoları bu yolların ardındaki toplumsal ve ekonomik kalkınma desenlerini modellemektedir (Riahi vd., 2017). SSP çerçevesi, küresel eşitsizlikler, teknolojik gelişme, çevresel politika tercihleri ve sürdürülebilir kalkınma gibi değişkenleri içeren beş farklı senaryo üzerinden kurgulanmıştır. Bu yaklaşım, emisyon senaryolarının sadece fiziksel değil, aynı zamanda sosyoekonomik bir analiz çerçevesinde ele alınmasını mümkün kılmıştır.

Şekil 1’de IPCC’nin emisyon senaryolarının tarihsel gelişimi özetlenmiştir.

Şekil 1. IPCC emisyon senaryolarının tarihsel gelişimi



Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur

Şekil 1, IPCC’nin senaryo geliştirme yaklaşımının 1990-2021 dönemindeki gelişimini özetlemektedir. İlk olarak 1990’da yayımlanan Birinci Değerlendirme Raporu kapsamında hazırlanan Bilimsel Değerlendirme 1990 (Scientific Assessment 1990-SA90) senaryoları, sera gazı emisyonlarına ilişkin ilk kapsamlı projeksiyonları sunmuştur. Bunu, küresel enerji kullanımı, nüfus

artışı ve ekonomik büyüme varsayımlarını içeren 1992 Emisyon Senaryoları (1992 Emissions Scenarios-IS92) izlemiştir.

2000 yılında yayımlanan Emisyon Senaryolarına İlişkin Özel Rapor (Special Report on Emissions Scenarios-SRES), dört ana sosyoekonomik senaryo ailesi (A1, A2, B1, B2) ile emisyon projeksiyonlarını daha sistematik bir çerçevede yapılandırmıştır. 2011’de geliştirilen Temsili Konsantrasyon Yolları (Representative Concentration Pathways-RCP), senaryoları emisyon yerine belirli bir radyatif zorlama (W/m^2) seviyesine ulaşacak konsantrasyon yolları olarak tanımlayarak önemli bir metodolojik dönüşüm sağlamıştır.

Son olarak 2017-2021 döneminde geliştirilen Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar (Shared Socioeconomic Pathways-SSP) ve ilgili Altıncı Değerlendirme Raporu (Sixth Assessment Report-AR6), toplumsal gelişme yolları, iklim politikası varsayımları ve RCP düzeylerini birleştiren bütüncül bir senaryo mimarisi ortaya koymuştur. Bu evrimsel süreç, senaryo yaklaşımının giderek daha entegre, çok boyutlu ve politika odaklı bir hale geldiğini göstermektedir.

Emisyon Senaryolarının Tarihsel Gelişimi

Birinci Değerlendirme Raporunda Yer Alan Senaryolar (Bilimsel Değerlendirme 1990 (Scientific Assessment 1990-SA90))

1990 yılında yayımlanan Birinci Değerlendirme Raporu (First Assessment Report-FAR), iklim değişikliği bağlamında sera gazı emisyon projeksiyonlarını içeren ilk kapsamlı senaryo setini oluşturmaktadır. Bu senaryolar, başta karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), nitroz oksit (N_2O), kloroflorokarbonlar (CFC'ler), karbon monoksit (CO) ve nitrojen oksitler (NO_x) olmak üzere temel sera gazlarının emisyonlarını kapsamaktadır (IPCC, 1990).

FAR senaryoları, nüfus artışı ve ekonomik büyüme gibi makro-sosyoekonomik değişkenlerin iklim üzerindeki etkisini

değerlendirmek amacıyla çeşitli varsayımlar üzerine inşa edilmiştir. Bu varsayımlara göre, 21. yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde dünya nüfusunun yaklaşık 10,5 milyara ulaşacağı; ekonomik büyümenin ise ilk etapta Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD) ülkelerinde %2–3, Doğu Avrupa ve gelişmekte olan ülkelerde ise %15 düzeyinde gerçekleşeceği öngörülmüştür. Zamanla bu büyüme oranlarının yavaşlayacağı da senaryolarda dikkate alınmıştır (IPCC, 1990).

Raporda yer alan senaryolar dört ana gruba ayrılmıştır: Senaryo A, Senaryo B, Senaryo C ve Senaryo D. Bu senaryolar, farklı enerji arzı yapıları, teknolojik gelişmeler, çevresel politika düzeyleri ve uluslararası iş birlikleri temelinde şekillenmiştir.

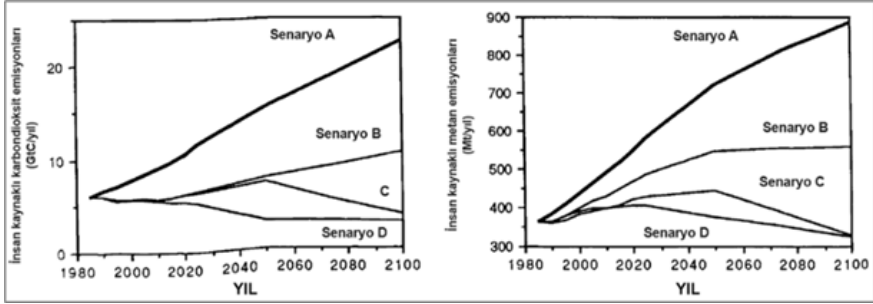
- *Senaryo A*: Sıklıkla "Business-as-Usual" (alışılmış gidişat) senaryosu olarak tanımlanan senaryodur. Yüksek oranda kömüre dayalı bir enerji arzını varsayar. Enerji talep tarafında ise yalnızca sınırlı ölçüde verimlilik artışları öngörülmüştür. Bu senaryoda karbon monoksit emisyonları üzerinde sadece ılımlı denetimler mevcuttur. Senaryoda ormansızlaşma; tropikal ormanlar tükenene kadar sürmekte, metan ve nitroz oksit gibi tarımsal kaynaklı emisyonlar kontrolsüz kalmaktadır. Kloroflorokarbon (Chlorofluorocarbon-CFC) emisyonları Montreal Protokolü'nün kısmi uygulaması sayesinde sınırlı düzeyde azaltılmaktadır. Ayrıca IPCC Çalışma Grubu III' ün farklı ülkelerden elde ettiği ulusal projeksiyonların birleşimi, 2025 yılına kadar karbondioksit ve metan emisyonlarının %10-20 oranında daha yüksek olabileceğini göstermiştir (IPCC, 1990).
- *Senaryo B*: Daha düşük karbon yoğunluklu enerji kaynaklarına geçişi ve özellikle doğal gaz kullanımını teşvik eden bir yaklaşımı temel alır. Bu senaryoda, enerji

verimliliğinde önemli kazanımlar öngörülmekte, karbon monoksit emisyonları sıkı bir şekilde denetlenmekte ve ormansızlaşmanın tersine çevrildiği varsayılmaktadır. Montreal Protokolü, bu senaryoda da nispeten düşük düzeyde katılım ile uygulanmaktadır (IPCC, 1990).

- *Senaryo C:* 21. yüzyılın ortalarında yenilenebilir enerji kaynaklarına ve nükleer enerjiye doğru daha güçlü bir geçişin gerçekleştiği bir geleceği tasvir eder. CFC emisyonları bu senaryoda aşamalı olarak ortadan kaldırılmakta ve tarımsal emisyonlar kontrol altına alınmaktadır. Böylece daha sürdürülebilir bir enerji yapısına geçilmesi öngörülmektedir (IPCC, 1990).
- *Senaryo D:* Özellikle sanayileşmiş ülkelerde sıkı çevresel düzenlemelerin uygulandığı, gelişmekte olan ülkelere ise görece ılımlı emisyon artışlarının görüldüğü bir senaryodur. Bu yapı, atmosferdeki sera gazı seviyesinin dengelenmesini mümkün kılacak bir denge durumuna işaret eder. Senaryoda CO₂ emisyonları, 21. yüzyılın ortalarına kadar 1985 seviyesinin %50'sine kadar düşürülebilir olarak öngörülmüştür (IPCC, 1990).

Bu ilk senaryo seti, küresel iklim politikalarının henüz yeni şekillenmeye başladığı bir dönemde hazırlanmıştır. Bu nedenle oldukça sınırlı varsayımlar ve veri setleri ile oluşturulmuştur. Ancak bu senaryo seti, emisyon senaryoları literatürünün temelini oluşturmuş ve sonraki değerlendirme raporlarında geliştirilecek daha kapsamlı senaryo ailelerine zemin hazırlamıştır. Şekil 2'de Birinci Değerlendirme Raporunda yer alan ve senaryolara göre insan kaynaklı karbondioksit ve metan emisyonlarını gösteren grafikler verilmiştir.

Şekil 2. FAR (1990) senaryolarına göre 1990-2100 arası CO₂ (sol) ve CH₄ (sağ) emisyon projeksiyonları



Kaynak: IPCC, 1990

Sol grafikte, insan kaynaklı karbondioksit emisyonlarının farklı senaryolara göre 2100 yılına kadar nasıl değiştiği gösterilmektedir. En üstte yer alan Senaryo A, iklim politikası uygulanmayan "business-as-usual" durumunu temsil ederken, emisyonların sürekli artarak 2100'de yaklaşık 27 GtC'ye ulaştığını göstermektedir. Senaryo B, enerji verimliliği ve düşük karbon teknolojilerinin etkisiyle daha ılımlı bir artış sergiler. Senaryo C, 2040 sonrası düşüş eğilimine girerek yenilenebilir enerji ve CFC'lerin azaltılmasını yansıtırken, Senaryo D ise sıkı çevre politikalarının etkisiyle emisyonları sürekli azaltarak 2100'e kadar 1985 seviyesinin altına düşürmektedir.

Sağ grafikte, insan kaynaklı metan emisyonlarının senaryolara göre 2100 yılına kadar nasıl değiştiği gösterilmektedir. Senaryo A'da, keskin bir artışla metan emisyonları 2100 yılına doğru yaklaşık 900 Mt/yıl seviyesine çıkarırken, Senaryo B daha ılımlı ama artış eğiliminde bir seyir gösterir. Senaryo C, 2030'lardan sonra bir plato oluşturarak ardından düşüşe geçer. Bu durum tarımsal kaynaklı metan salımlarının kontrol altına alınmasıyla ilişkilidir. Senaryo D ise metan emisyonlarını en düşük düzeyde tutarak 2000'li yıllardan itibaren sabitlenen ve zamanla azalan bir eğilim sergilemektedir.

Bu grafikler, FAR senaryolarının varsayımlarındaki farklılıkların uzun vadeli emisyon profillerine ne ölçüde yansıdığını net biçimde göstermektedir. Özellikle A ve D senaryoları arasındaki uçurum, sera gazı emisyonlarının geleceğinin büyük ölçüde uygulanacak politikalara ve teknolojik dönüşümlere bağlı olduğunu vurgulamaktadır.

FAR kapsamında geliştirilen senaryoların bir diğer önemli özelliği, tamamen emisyon temelli olmalarıdır. Bu senaryolarda, atmosferde oluşacak sera gazı konsantrasyonları veya radyatif zorlama değerleri doğrudan tanımlanmamıştır. Bu durum FAR senaryolarını daha sonraki senaryolardan ayıran temel farklardan biridir (IPCC, 1990). Ayrıca FAR, iklim politikalarının etkisini hesaba katmayan “non-policy baseline” yaklaşımına dayanan bir çerçeve sunmaktadır. 1990’ların başında küresel iklim modellerinin sınırlı olması nedeniyle belirsizlikler oldukça yüksekti. FAR döneminde kullanılan iklim modelleri, düşük konumsal çözünürlükleri ve sınırlı fiziksel süreç temsilleri nedeniyle geleceğe dair projeksiyonların geniş belirsizlik aralıklarıyla sunulmasına yol açmıştır (Cubasch vd., 1992). Bununla birlikte FAR senaryoları, emisyon projeksiyonu geliştirme pratiğine kavramsal bir temel oluşturmuş ve daha sonraki IS92 ile SRES senaryolarının metodolojik çerçevesini şekillendirmiştir.

1992 Emisyon Senaryoları (1992 Emissions Scenarios-IS92)

1990 yılında IPCC'nin ilk emisyon senaryosu olan SA90'ın yayımlanmasının ardından, çeşitli bilimsel, politik ve demografik gelişmeler bu senaryonun kısa sürede güncellenmesini gerekli kılmıştır. Montreal Protokolü'ne ilişkin Londra Değişiklikleri, Dünya Bankası ve Birleşmiş Milletler tarafından yayımlanan revize nüfus projeksiyonları, 2025 yılına kadar olan dönem için IPCC Enerji ve Sanayi Alt Grubu tarafından geliştirilen yeni emisyon senaryoları, Sovyetler Birliği'nin dağılmasıyla birlikte Doğu Avrupa ve Orta Doğu'da yaşanan siyasi ve ekonomik dönüşümler, sera gazı

kaynakları ve yutaklarına ilişkin tahminlerdeki güncellemeler ile tropikal ormansızlaşmaya dair FAO ön verilerinin revize edilmesi gibi çok sayıda faktör, SA90 senaryosunun geçerliliğini sınırlamış ve daha güncel bir senaryo seti gereksinimi doğurmuştur (IPCC, 1992; Leggett vd., 1992).

Bu bağlamda geliştirilen IS92 senaryoları (IS92a–f), IPCC tarafından yayımlanan ilk küresel emisyon senaryoları ailesidir. IS92 senaryoları, farklı sosyoekonomik ve teknolojik varsayımlar altında, sera gazı emisyonlarının uzun dönemli seyrini analiz etmek amacıyla oluşturulmuştur. Toplam altı farklı senaryo (IS92a, IS92b, IS92c, IS92d, IS92e, IS92f) arasında önemli farklar bulunmaktadır. Nüfus artışı, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve karbon yoğunluğu gibi temel değişkenlerdeki varsayımlar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır (Parson vd., 2007).

Özellikle IS92a senaryosu, "orta yol" yaklaşımıyla en yaygın kullanılan ve referans alınan senaryo olmuştur. Bu senaryo, 2100 yılına kadar dünya nüfusunun 11,3 milyara ulaşacağı, ekonomik büyümenin sürdürülebilir olacağı ve enerji sistemlerinde kömüre bağımlılığın önemli ölçüde süreceği bir dünyayı tasvir eder. IS92c ve IS92d gibi senaryolar daha düşük nüfus artışı ve enerji talebi gibi varsayımlarla daha sınırlı emisyon artışlarını öngörürken; IS92e ve IS92f ise yüksek büyüme ve yüksek karbon yoğunluğu senaryolarıdır (Leggett vd., 1992).

IS92 senaryoları, sera gazı projeksiyonlarının uluslararası düzeyde ilk kez sistematik biçimde yapılandırıldığı bir çerçeve sunmuştur. Sonraki dönemlerde geliştirilecek olan SRES ve RCP senaryoları için kavramsal ve metodolojik temel oluşturmuştur. Ancak bu senaryolar, arazi kullanımı değişikliklerini, iklim politikalarının etkilerini veya alternatif iklim rejimlerini içermemesi nedeniyle sınırlı kalmış ve bu yönüyle eleştirilmiştir (Parson vd., 2007).

IS92e ve IS92f senaryoları, yüksek enerji talebi ve düşük verimlilik artışı nedeniyle en yüksek emisyon değerlerine ulaşırken, IS92c senaryosu en düşük emisyon seviyelerini göstermektedir. Karbon yoğunluğundaki azalma oranları da senaryolar arasında önemli farklılıklar taşımaktadır. Bu da teknolojik dönüşüm ve çevre politikalarının etkisini yansıtmaktadır. CFC emisyonlarındaki düşüş ise Montreal Protokolü’nün başarısını ortaya koymaktadır.

IS92 senaryolarının en belirgin eksikliklerinden biri tek bir küresel nüfus projeksiyonu kullanmasıdır. Bu yaklaşım, demografik belirsizliklerin emisyon projeksiyonlarına etkisini yeterince yansıtamamaktadır (Parson vd., 2007). Ayrıca arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki (land use/land cover-LULC) değişikliklerin emisyonlar üzerindeki etkileri sınırlı biçimde modellenmiştir. IS92 senaryoları, iklim politikalarının varlığını veya yokluğunu sistematik bir biçimde ele almamıştır. Bu nedenle “politika dışı senaryo seti” olarak değerlendirilmektedir (Morita ve Lee, 1998). Bununla birlikte IS92 ailesi, iklim değişikliği literatüründe ilk kez küresel enerji sistemleri, ekonomik büyüme, demografi ve emisyon dinamiklerini birlikte değerlendiren kapsamlı bir çerçeve sunmuştur. SRES senaryolarında kullanılacak daha gelişmiş “storyline” yaklaşımı için önemli bir kavramsal model oluşturmuştur.

Tablo 1’de IS92a-f senaryolarının temel varsayımları özetlenmiştir.

Tablo 1. IPCC IS92a–f Senaryolarının Özet Varsayımları

Senaryo	Nüfus	Ekonomik Büyüme	Enerji Yapısı	Politika Varsayımları
IS92a	2100: 11.3 milyar	Orta büyüme	Orta düzey fosil yakıt; güneş maliyeti düşer	Temel hava kirletici kontrolleri; CFC’lerde kısmi azaltım
IS92b	2100: 11.3 milyar	Orta büyüme	IS92a ile benzer	Ek CO ₂ azaltım çabaları; CFC’lerde küresel uyum
IS92c	2100: 6.4 milyar	Düşük büyüme	Daha düşük fosil yakıt; nükleerde maliyet düşüşü	IS92a ile benzer
IS92d	2100: 6.4 milyar	Orta-yüksek büyüme	IS92c benzeri; yenilenebilir maliyetleri daha düşük	Daha sıkı küresel hava kirletici kontrolleri; CFC üretimi erken sona erer
IS92e	2100: 11.3 milyar	Yüksek büyüme	Yüksek fosil yakıt talebi; nükleer aşamalı kapanır	Emisyon kontrolleri enerji maliyetlerini artırır
IS92f	2100: 17.6 milyar	Orta büyüme	Fosil yakıt yoğun; nükleer maliyetleri artar	IS92a ile benzer

Kaynak: Leggett vd., 1992

Emisyon Senaryoları Özel Raporu (The Special Report on Emission Scenarios-SRES)

1990 ve 1992 yıllarında yayımlanan IPCC emisyon senaryoları (SA90 ve IS92), iklim değişikliğinin etkilerinin analizi, iklim modellemesi ve azaltım stratejilerinin değerlendirilmesi gibi çalışmalarda temel referans setleri olarak kullanılmıştır. Ancak 1995 yılında bu senaryolar kapsamlı bir biçimde yeniden değerlendirildiğinde; enerji sistemlerinin karbon yoğunluğu, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki gelir eşitsizliği, kükürtdioksit emisyonlarındaki eğilimler gibi emisyon projeksiyonlarını etkileyen birçok parametrede önemli yapısal değişimler yaşandığı ortaya konmuştur (IPCC, 2000).

Bu değerlendirme sonucunda, IPCC Genel Kurulu 1996 yılında yeni ve daha güncel bir senaryo setinin hazırlanmasına karar vermiştir. Bu karar doğrultusunda geliştirilen yeni senaryolar, 2000 yılında yayımlanan Emisyon Senaryoları Özel Raporu (Special Report on Emissions Scenarios-SRES) adlı özel raporda sunulmuştur. SRES senaryoları, iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarının, özellikle demografik eğilimler, sosyoekonomik kalkınma yolları ve teknolojik dönüşümler gibi faktörlerle nasıl ilişkilendiğini modellemeye yönelik gelişim yollarını (development pathways) içermektedir (IPCC, 2000).

Bu senaryo seti, tek bir gelecek öngörüsü sunmak yerine, farklı sosyoekonomik yapılar, enerji sistemleri ve teknolojik gelişmelerin olası etkilerini değerlendirmeye yönelik çok yönlü bir yaklaşım sunmaktadır. SRES, iklim sistemindeki belirsizliklerin yanında, iklim değişikliğine neden olan insan kaynaklı süreçlerdeki belirsizlikleri de açık bir şekilde kabul etmektedir. Bu senaryolarda tanımlanan herhangi bir tek emisyon yolunun gerçekleşme olasılığı belirli bir olasılık aralığına dayandırılmamıştır. Bunun yerine farklı koşullar altında nasıl sonuçlar üretilebileceği gösterilmiştir (IPCC, 2000).

SRES senaryoları, emisyonları etkileyen temel dinamikleri daha sistematik biçimde modellemek amacıyla, dört ana sosyoekonomik tematik yapıda düzenlenmiştir. Bu ana temalar (storyline); A1, A2, B1 ve B2 olarak adlandırılmıştır. Bu temalar farklı demografik, ekonomik, teknolojik ve çevresel gelişim yollarını temsil etmektedir. Örneğin, A1 teması yüksek ekonomik büyüme ve küreselleşmiş bir dünya vizyonunu temel almaktadır. A2 teması daha heterojen, bölgesel olarak odaklanmış ve yüksek nüfus artışına sahip bir senaryo yapısını tanımlamaktadır. B1 ve B2 ise daha sürdürülebilir kalkınma yaklaşımlarını temel alır. B1 küresel düzeyde teknolojik dönüşüme dayalı bir sürdürülebilirlik modelini,

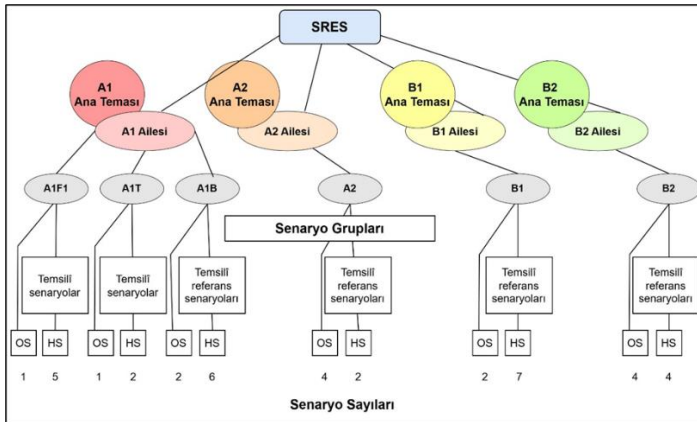
B2 ise daha yerel düzeyde çevresel ve sosyal önceliklere odaklı bir yaklaşımı temsil etmektedir (Nakicenovic ve Swart, 2000).

Bu temalara dayalı olarak geliştirilen 40 farklı senaryo, geniş bir belirsizlik aralığını kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır. Senaryolar, sera gazı emisyonlarının yanı sıra özellikle kükürt dioksit (SO₂) gibi kısa ömürlü kirleticilerin projeksiyonlarını da içermektedir. Bu yönüyle IS92 senaryolarından önemli ölçüde ayrılmaktadır. Bu 40 senaryonun 13'ü enerji teknolojileri konusundaki varsayımsal değişikliklerin emisyonlar üzerindeki etkisini daha ayrıntılı biçimde analiz etmek amacıyla oluşturulmuştur (IPCC, 2000).

SRES senaryoları, özellikle IPCC'nin Üçüncü ve Dördüncü Değerlendirme Raporlarında (Third Assessment Report-TAR ve Assessment Report 4-AR4) iklim modelleme çalışmalarının temel veri seti olarak kullanılmıştır. SRES senaryoları zaman içerisinde politika ve iklim rejimlerinin senaryolara yeterince entegre edilmemesi konusunda eleştirilmiş ve bu eksiklikler RCP ile SSP senaryolarıyla giderilmeye çalışılmıştır.

SRES senaryolarının şematik gösterimi Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3. SRES senaryolarının şematik gösterimi



Kaynak: IPCC, 2000

SRES senaryolarının ana temaları (storyline) olan A1, A2, B1 ve B2 aşağıda özetlenmiştir:

- *A1 ana teması ve senaryo ailesi*, çok hızlı ekonomik büyümenin olduğu, küresel nüfusun yüzyılın ortasında zirveye ulaştığı ve daha sonra düşüşe geçtiği, yeni ve daha etkili teknolojilerin hızla uygulamaya konulduğu gelecekte tahmin edilen dünyayı anlatmaktadır. Temel temalar; bölgeler arasında yakınlaşma, kapasite geliştirme ve artan kültürel ve sosyal etkileşimler ile kişi başına düşen gelirden bölgesel farklılıkların önemli ölçüde azalmasıdır. A1 senaryo ailesi, enerji sistemindeki teknolojik değişimin alternatif yönlerini tanımlayan üç gruba ayrılmaktadır. Bu üç A1 grubu, teknolojik vurgularla birbirinden ayırt edilmektedir; fosil yoğun (A1FI), fosil olmayan enerji kaynakları (A1T) veya tüm kaynaklar arasında denge (A1B) (IPCC, 2000).
- *A2 ana teması ve senaryo ailesi*, oldukça heterojen bir dünyayı anlatmaktadır. Temel tema, kendine güven ve yerel kimliklerin korunmasıdır. Bölgeler arasındaki doğurganlık kalıpları çok yavaş bir şekilde birbirine yaklaşmakta ve bu da küresel nüfusun sürekli artmasına neden olmaktadır. Ekonomik kalkınma öncelikli olarak bölgesel odaklıdır ve kişi başına düşen ekonomik büyüme ve teknolojik değişim diğer olaylara göre daha yavaştır (IPCC, 2000).
- *B1 ana teması ve senaryo ailesi*, hizmet ve bilgi ekonomisine geçişin hızlandığı, malzeme yoğunluğunun azaldığı ve temiz, kaynak açısından verimli teknolojilerin yaygınlaştığı bir dünyayı tanımlar. Bu senaryoda küresel nüfus, A1 ana temasında olduğu gibi yüzyılın ortasında zirveye ulaşır ve daha sonra azalır. Dolayısıyla dünya yakınsak bir sosyoekonomik yapıya sahiptir. B1

senaryosunun temel vurgusu, daha fazla eşitliği de içeren ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe yönelik küresel çözümler üretmektir. Ancak bu yaklaşım ilave iklim politikalarını içermez (IPCC, 2000).

- *B2 ana teması ve senaryo ailesi*, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe yönelik yerel çözümlerin ön planda olduğu bir dünyayı tanımlar. Bu senaryoda küresel nüfus artışı A2'ye göre daha düşük hızda devam eder. Ekonomik kalkınma orta düzeydedir ve teknolojik değişim B1 ve A1 senaryolarına kıyasla daha yavaş fakat daha çeşitlidir. B2 senaryosu çevresel koruma ve sosyal eşitliği önemseyen bir yaklaşım benimser. Ancak odak noktası yerel ve bölgesel düzeylerdeki sürdürülebilirlik uygulamalarıdır (IPCC, 2000).
- Ayrıca senaryoların bir bölümü, belirli demografik ve ekonomik varsayımlarda ortaklaşarak "Uyumlaştırılmış Senaryolar (Harmonized Scenarios-HS)" olarak tanımlanmıştır. Bu senaryolar, nüfus, gayri safi dünya hasılası ve nihai enerji talebi gibi değişkenlerde uyumlu varsayımları paylaşır. Diğer senaryolar ise bu uyumlaştırılmış değerlerin ötesinde kalan belirsizlikleri araştırmak üzere oluşturulmuştur (IPCC, 2000).

SRES senaryoları, iklim politikalarını açıkça modellememesi nedeniyle literatürde sıklıkla “policy-neutral” olarak tanımlanır. Yani bu senaryolarda Kyoto Protokolü gibi iklim rejimlerinin uygulanıp uygulanmadığı dikkate alınmaz (Nakicenovic ve Swart, 2000). Bu durum, emisyon projeksiyonlarının yalnızca sosyoekonomik gelişmelere ve teknolojik değişime dayalı olarak şekillendiği anlamına gelir. SRES'in önemli bir diğer sınırlılığı, konsantrasyon ya da radyatif zorlama hedefleri yerine doğrudan emisyon yollarına dayanmasıdır. Bu nedenle SRES senaryoları, iklim modeli topluluklarının farklı konsantrasyon seviyelerini

karşılaştırmasını zorlaştırmıştır. Bu eksiklikler, AR5 için geliştirilen RCP ve SSP çerçevelerine geçişin en temel gerekçeleri arasında yer almaktadır.

Temsili Konsantrasyon Yolları (Representative Concentration Pathways-RCPs)

Gelecekteki emisyonları ve iklimi etkileyen diğer faktörleri kesin olarak tahmin etmek çok zor hatta imkansızdır. Bu nedenle gelecekteki ekonomik, sosyal, teknolojik ve çevresel koşullar hakkında çeşitli varsayımlar altında senaryolar geliştirilir. Bu yaklaşım ve geliştirilen senaryolar, küresel ve bölgesel ölçekteki iklim ile ilişkili durumların daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar (Nazarenko vd., 2015).

RCP senaryolarının en temel özelliği, önceki nesil senaryolardan farklı olarak emisyon değil, atmosferik sera gazı konsantrasyonları üzerinden tanımlanmalarıdır. RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5; 2100 yılında sırasıyla +2.6, +4.5, +6.0 ve +8.5 W/m² seviyelerinde bir radyatif zorlama yaratacak konsantrasyon yollarına karşılık gelir (van Vuuren vd., 2011). Bu yaklaşım, iklim modellerinin doğrudan konsantrasyon girdisiyle çalışabilmesini sağlayarak model karşılaştırmalarını kolaylaştırmıştır. RCP'ler IPCC tarafından değil; IMAGE, GCAM, AIM ve MESSAGE gibi Entegre Değerlendirme Modelleri (Integrated Assessment Model-IAM) tarafından oluşturulmuştur (van Vuuren vd., 2011). Bu modeller enerji sistemleri, arazi kullanımı, nüfus, ekonomi ve teknolojik değişimi aynı çerçevede birleştirerek tutarlı konsantrasyon yolları üretir.

Tablo 2'de RCP'lerin hangi IAM modelleri tarafından üretildiğini ve bu modelleri geliştiren kurumlar özetlenmiştir.

*Tablo 2. Temsili Konsantrasyon Yolları (RCP) ve
Üretildikleri Entegre Değerlendirme Modelleri (IAM)*

Senaryo	Model	Geliştiren Kurum
RCP2.6	IMAGE	Hollanda Çevresel Değerlendirme Ajansı (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency)
RCP4.5	GCAM	Pasifik Kuzeybatısı Ulusal Laboratuvarı (Pacific Northwest National Laboratory-PNNL)
RCP6.0	AIM	Ulusal Çevre Araştırmaları Enstitüsü, Japonya (National Institute for Environmental Studies-NIES)
RCP8.5	MESSAGE	Uluslararası Uygulamalı Sistemler Analizi Enstitüsü (International Institute for Applied Systems Analysis-IIASA)

Kaynak: van Vuuren vd., 2011; Riahi vd., 2011

Tablo 3'te RCP senaryolarına göre 2046-2065 ve 2081-2100 yılları arasında, küresel ortalama yüzey sıcaklığındaki değişim ve küresel ortalama deniz seviyesi yükselmesi, ortalama ve muhtemel aralık olarak verilmiştir.

*Tablo 3. 1986-2005 referans dönemine göre 21. yüzyılın
ortası ve sonu için küresel ortalama yüzey hava sıcaklığı ve küresel
ortalama deniz seviyesi artışında öngörülen değişiklikler*

		2046-2065		2081-2100	
	Senaryo	Ortalama	Muhtemel aralık	Ortalama	Muhtemel aralık
Küresel ortalama yüzey sıcaklığındaki değişim (°C)	RCP2.6	1.0	0.4 - 1.6	1.0	0.3 - 1.7
	RCP4.5	1.4	0.9 - 2.0	1.8	1.1 - 2.6
	RCP6.0	1.3	0.8 - 1.8	2.2	1.4 - 3.1
	RCP8.5	2.0	1.4 - 2.6	3.7	2.6 - 4.8
	Senaryo	Ortalama	Muhtemel aralık	Ortalama	Muhtemel aralık
Küresel ortalama deniz seviyesi yükselmesi (m)	RCP2.6	0.24	0.17 - 0.32	0.40	0.26 - 0.55
	RCP4.5	0.26	0.19 - 0.33	0.47	0.32 - 0.63
	RCP6.0	0.25	0.18 - 0.32	0.48	0.33 - 0.63
	RCP8.5	0.30	0.22 - 0.38	0.63	0.45 - 0.82

Kaynak: IPCC, 2013

RCP8.5 akademik literatürde sıklıkla “business-as-usual” olarak belirtilse de bu kullanım teknik açıdan hatalıdır. Gerçekte RCP8.5, yüksek nüfus artışı, düşük enerji verimliliği, fosil yakıtlara yüksek bağımlılık, sınırlı teknolojik ilerleme ve yüksek kömür tüketimi gibi uç varsayımlara dayalı ekstrem bir yüksek zorlama senaryosudur (Hausfather ve Peters, 2020). Bu nedenle RCP8.5, politika uygulanmayan gerçekçi bir gidişatı temsil etmez. Tam tersine, fosil yakıt yoğun gelişimin sürmesi halinde ortaya çıkabilecek en uç projeksiyonlardan biridir. Bununla birlikte RCP çerçevesi, arazi kullanımı, ormansızlaşma, aerosoller ve kısa ömürlü iklim kirleticileri gibi çok boyutlu süreçleri içermesi bakımından önceki senaryo kümelerine göre önemli bir ilerlemeyi temsil eder.

RCP2.6 hariç tüm RCP senaryolarında 21. yüzyılın sonu için küresel yüzey sıcaklığı değişiminin 1850 ile 1900'e göre 1,5°C'yi aşması olasıdır. RCP6.0 ve RCP8.5 için 2°C'yi ve RCP4.5 için 2°C'yi aşmaması daha da olasıdır. Isınmanın, RCP2.6 dışındaki tüm RCP senaryolarında 2100 sonrasında devam etmesi öngörülmektedir. Isınmanın, yıldan yıla değişkenlik göstermeye devam edeceği ve bölgesel olarak tek tip olmayacağı yine tahminler arasındadır (IPCC, 2013).

Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar (Shared Socioeconomic Pathways-SSPs)

SSP'ler, iklim değişikliği ile sosyoekonomik gelişmişlik arasındaki potansiyel etkileşimleri incelemeye olanak sağlayan senaryo setleri olarak tanımlanabilir. SSP'ler geleceğin kesin bir tahmini değildir. Bunun yerine farklı sosyoekonomik koşullar altında sera gazı emisyonlarının, iklim değişikliği etkilerinin ve uyum ile azaltım stratejilerinin nasıl şekillenebileceğini değerlendirmek için kullanılan analitik araçlardır (Carbon Brief, 2018).

Küresel çevresel değişim araştırmalarında uzun vadeli senaryolar kritik bir rol oynamaktadır. Bu çerçevede iklim bilimi

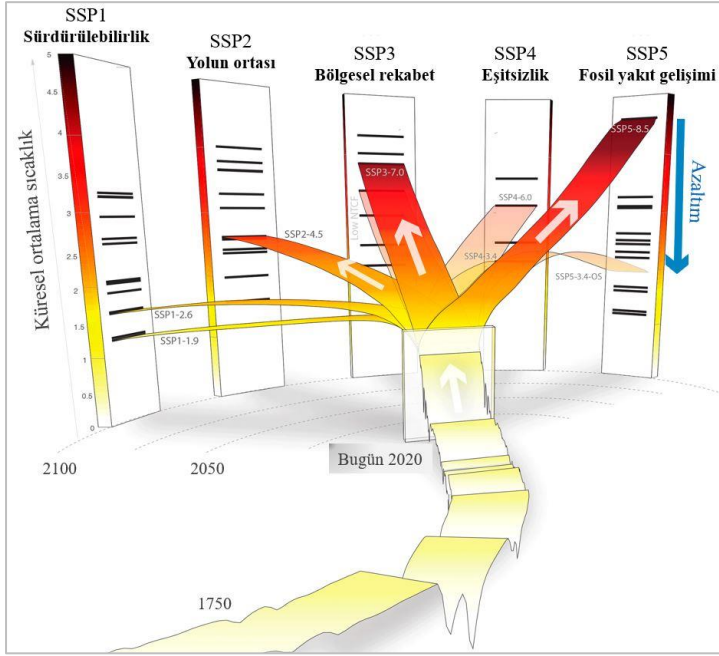
alanındaki araştırmacılar, gelecekteki iklimsel ve toplumsal değişimleri birlikte ele alan yeni senaryolar geliştirerek azaltım, uyum ve etki analizlerinin daha kapsamlı biçimde değerlendirilebilmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla geliştirilen en güncel senaryo seti, alternatif gelecekleri temsil eden SSP’lerdir (O’Neill vd., 2017).

Senaryo analizi, iklim değişikliğinin fiziksel ve sosyoekonomik etkilerini incelerken belirsizlikleri yönetmek için yaygın biçimde kullanılan bir yöntemdir. Bu nedenle küresel senaryolar, iklim etkileri ve olası sonuçları değerlendiren çalışmalarda önemli bir referans erevesi sunmaktadır (Vafeidis vd., 2024).

Ayrıca senaryo yaklaşımı, doğal sistemler ile insan faaliyetleri arasındaki karmaşık ilişkilerin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayan temel bir araştırma aracıdır. Özellikle Entegre Değerlendirme Modelleri (Integrated Assessment Models-IAMs) gibi iklim değişikliğini analiz eden kapsamlı modellerde, uzun vadeli toplumsal ve ekonomik dinamikler SSP’ler tarafından sağlanan sosyoekonomik varsayımlar üzerinden ele alınır (Leimbach vd., 2023).

şekil 4’te, SSP1-SSP5 senaryolarını 2020 sonrası izlediği farklı sosyoekonomik gelişim yollarına bağlı olarak 2100 yılına kadar ortaya çıkabilecek küresel ortalama sıcaklık artışı aralıkları gösterilmektedir. Sürdürülebilirlik odaklı SSP1’den fosil yakıt yoğun SSP5’e uzanan bu yollar, farklı toplumsal ve ekonomik gelişmelerin iklim sistemi üzerindeki olası etkilerini özetlemektedir.

Şekil 4. SSP senaryoları ve beş sosyoekonomik SSP ailesi



Kaynak: Meinshausen vd., 2020; Chen vd., 2021

Şekilde sanayi öncesi sıcaklık seviyeleri ile SSP senaryolarına göre 21. yüzyılda tahmin edilen küresel ortalama sıcaklık seviyeleri gösterilmiştir. Ön bantta tarihsel sıcaklıklar, ortadaki küçük blokta mevcut (2020) sıcaklıklar ile sanayi öncesi seviyelere göre açıklayıcı sıcaklık seviyeleri yer almaktadır. 21. yüzyıl boyunca ilgili senaryoların beş farklı sosyoekonomik aileye göre kollara ayrılması gösterilmektedir. Her SSP için 2100 sütunundaki küçük siyah yatay çubuklar, sera gazı konsantrasyonlarını üretmek için kullanılan MAGICC7.0 varsayılan ayarıyla elde edilen açıklayıcı sıcaklık seviyelerini göstermektedir. 21. yüzyıldaki daha opak bantlar, IPCC'de öncelikli senaryolar olarak kullanılan beş SSP senaryosunu (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 ve SSP5-8.5) temsil etmektedir. Daha şeffaf bantlar ise kalan "Kademe 2" SSP senaryolarını, yani SSP3-7.0-LowNTCF

(AerChemMIP'de kullanılır), SSP4-3.4, SSP4-6.0 ve SSP5-3.4-OS'yi göstermektedir. Şeklin sağ tarafına yer alan mavi gösterge çubuğu, ilgili referans senaryosuna ve azaltım düzeyine bağlı olarak 2100 ve 21. yüzyıl boyunca sıcaklık seviyelerini azaltan, azaltım faaliyetinin etkisini göstermektedir (Meinshausen vd., 2020).

SSP'ler, gelecekteki potansiyel toplumsal ve ekonomik gelişme yollarını beş temel senaryo altında tanımlar. Bu senaryolar, azaltım ve uyum zorluklarının farklı düzeylerde birleştiği küresel gelişme kurgularını temsil eder (Moss vd., 2010; O'Neill vd., 2014).

- *SSP1*: “Sürdürülebilirlik”, düşük azaltım ve uyum zorluklarının bulunduğu, çevresel duyarlılığın yüksek olduğu, temiz enerji dönüşümünün hızlandığı ve eşitsizliklerin azaldığı bir dünyayı ifade eder (van Vuuren vd., 2014).
- *SSP2*: “Orta yol”, tarihsel eğilimlerin büyük ölçüde devam ettiği senaryodur. Orta düzey nüfus artışı, orta ekonomik büyüme ve sınırlı kurumsal dönüşümün görüldüğü bir senaryodur. Bu senaryo, küresel kalkınmanın mevcut hızda sürdüğü referans bir yolu temsil eder (KC ve Lutz, 2017).
- *SSP3*: “Bölgesel rekabet”, düşük uluslararası iş birliği, yüksek nüfus artışı, bölgeselleşme ve kaynak güvenliği temelli politikaların öne çıktığı senaryodur. Hem azaltım hem uyum açısından yüksek zorlukların görüldüğü bir gelecek kurgusudur (O'Neill vd., 2014).
- *SSP4*: “Eşitsizlik”, yüksek sosyoekonomik eşitsizliklerin ve teknolojiye erişim uçurumlarının belirginleştiği; toplumsal kesimlerin büyük bölümü için yüksek uyum zorluklarının bulunduğu bir dünyayı tarif eder. Teknolojik elit kesimlerde azaltım kapasitesi yüksek olsa da geniş nüfus için kırılganlık artar (Calvin vd., 2017).

- *SSP5*: “Fosil yakıt yoğun”, fosil yakıtlara dayalı hızlı ekonomik büyümenin sürdüğü, teknolojik gelişmelerin ekonomik verimlilik üzerine odaklandığı, ancak azaltım açısından yüksek zorlukların bulunduğu bir senaryodur.

Bu beş temel anlatı, entegre değerlendirme modelleri (IAM) yardımıyla nüfus, GSYH, enerji talebi, arazi kullanımı ve sera gazı emisyon yollarına dönüştürülür. IAM modelleri SSP’leri nicelleştirerek iklim modellerinin ihtiyaç duyduğu uzun dönemli emisyon ve zorlama projeksiyonlarını üretir (van Vuuren vd., 2017).

SSP çerçevesi, yalnızca sosyoekonomik gelişme yollarını değil, aynı zamanda bu yollar altında uygulanabilecek iklim politikalarını da değerlendiren üç ayaklı bir mimariye sahiptir:

1. Sosyoekonomik yollar (SSP1-SSP5),
2. Belirli iklim politikası yönelimlerini tanımlayan Paylaşılan Politika Varsayımları (Shared Policy Assumptions-SPA) setleri,
3. Bu kombinasyonların atmosferde yol açtığı RCP düzeylerindeki zorlamalar (O’Neill vd., 2017).

Bu yapı SSP’leri yalnızca mevcut iklim politikalarıyla değil, aynı zamanda gelecekteki politika seçeneklerinin etkileriyle birlikte değerlendirebilen bütünleşik bir senaryo sistemi haline getirir. SSP-RCP eşleşmeleri sayesinde, farklı sosyoekonomik gelişme yolları altında hangi iklim sonuçlarının ortaya çıkabileceği sistematik biçimde karşılaştırılabilir.

SSP senaryoları MESSAGE, IMAGE, GCAM, REMIND-MAGPIE ve AIM gibi önde gelen Entegre Değerlendirme Modelleri tarafından nicel hale getirilmiştir. Bu modeller enerji talebi, arazi kullanımı, ekonomik büyüme, nüfus, teknoloji ve kaynak verimliliği gibi sosyoekonomik sürücüler tutarlı bir çerçevede bir araya getirir. SSP çerçevesi günümüzde hem iklim etkisi değerlendirmelerinde

hem de bölgesel/ulusal uyum ve azaltım stratejilerinin tasarlanmasında küresel standart haline gelmiştir (Riahi vd., 2017). SSP'lerde “düşük CO₂ dışı iklim zorlayıcıları (low non-CO₂ climate forcings low NTCF)” gibi alt varyantlar ise kısa ömürlü iklim kirleticilerinin (aerosoller ya da siyah karbon gibi) azaltımına ilişkin belirsizlikleri değerlendirmeye yöneliktir.

Tablo 4'te 20 yıllık zaman dilimleri ve beş emisyon senaryosu için küresel yüzey sıcaklığındaki değişiklikler verilmiştir. Bu değişiklikler 1850-1900 döneminin ortalama küresel yüzey sıcaklığına göre sıcaklık farkları °C cinsinden gösterilmiştir (IPCC, 2021).

Tablo 4. SSP Senaryolarına Göre 2021–2100 Döneminde Küresel Yüzey Sıcaklık Artışları (°C)

Senaryo	Yakın dönem, 2021–2040		Ara dönem, 2041– 2060		Uzun dönem, 2081– 2100	
	En iyi tahmin (°C)	Çok muhtemel aralık (°C)	En iyi tahmin (°C)	Çok muhtemel aralık (°C)	En iyi tahmin (°C)	Çok muhtemel aralık (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2-1.7	1.6	1.2-2.0	1.4	1.0-1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2-1.8	1.7	1.3-2.2	1.8	1.3-2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2-1.8	2.0	1.6-2.5	2.7	2.1-3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2-1.8	2.1	1.7-2.6	3.6	2.8-4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3-1.9	2.4	1.9-3.0	4.4	3.3-7.7

Kaynak: IPCC, 2021-summary of policymakers

Tablo 5'te güncel literatür (IPCC AR6, CMIP6) temel alınarak SSP senaryolarının sıcaklık, emisyon ve zorlama seviyeleri açısından hangi RCP'lere yakın olduğu gösterilmiştir.

Tablo 5. SSP senaryoları ve en yakın RCP karşılıkları

SSP Senaryosu	Emisyonlar / Konsantrasyonlar / Sıcaklık Açıklaması	En Yakın RCP Senaryosu
SSP1-1.9	Yüzyıl ortasında net sıfır karbon; 2100'de 1,5°C civarında ısınma	Doğrudan karşılığı yok
SSP1-2.6	2100'de 2°C'nin altında ısınma; düşük emisyon yolu	RCP2.6 (RCP2.6 genellikle biraz daha düşük ısınma üretir)
SSP4-3.4	Orta düzey zorlama; eşitsizlik temelli gelişim; 2°C altında kalma olasılığı düşük	RCP2.6–4.5 arası (RCP3.4 mevcut değildir, bu nedenle doğrudan karşılığı yoktur)
SSP2-4.5	Tarihsel eğilimlerin sürdüğü orta yol senaryosu; 2100'de ~2.7–3.4°C	RCP4.5 (erken dönemlerde RCP6.0'a benzer)
SSP4-6.0	6.0 W/m ² zorlama; eşitsizlik yüksek	RCP6.0
SSP3-7.0	Bölgesel rekabet; yüksek CO ₂ ve aerosol emisyonları; 2100'de yüksek ısınma	RCP6.0–8.5 arası
SSP3-7.0 (lowNTCF)	Kısa ömürlü iklim kirleticilerinin azaltıldığı varyant	RCP6.0–8.5 arası
SSP5-3.4-OS (Overshoot)	2040'a kadar fosil yoğun büyüme; sonrasında büyük negatif emisyonlarla 2.6 seviyelerine dönüş	Doğrudan karşılığı yok (2040'a kadar RCP8.5'e benzer)
SSP5-8.5	Çok yüksek fosil kullanım; CO ₂ emisyonlarının iki katına çıkması; en yüksek ısınma yolu	RCP8.5 (SSP5–8.5 CMIP6'da daha yüksek ısınma verir)

Kaynak: Chen vd., 2021

Tablo 5, SSP senaryolarının RCP çerçevesiyle ilişkisini ışımsal zorlama seviyeleri, emisyon profilleri ve küresel sıcaklık projeksiyonları üzerinden şematik olarak göstermektedir. SSP'lerin RCP'lerle birebir eşleşmediği, ancak belirli zorlama aralıklarında yaklaşık benzerlikler sunduğu unutulmamalıdır. Bu ilişki, senaryo mimarisinin zaman içinde nasıl genişlediğini ve iklim projeksiyonlarının artık yalnızca fiziksel değil, sosyoekonomik varsayımlarla da şekillendiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç

Bu kitap bölümünde ele alınan emisyon senaryolarının tarihsel gelişimi, iklim değişikliği araştırmalarının son otuz yılda geçirdiği metodolojik dönüşümü açıkça ortaya koymaktadır. İlk olarak FAR’da kullanılan SA90 senaryoları, sınırlı veri ve model kapasitesine rağmen iklim biliminin kurumsallaşmasında önemli bir dönüm noktası olmuştur. SA90 sonrası gelen IS92 senaryoları, daha sistematik bir yapıda olsa da hızla değişen küresel ekonomik ve teknolojik koşulları temsil etmekte yetersiz kalmıştır.

2000 yılında yayımlanan SRES ile senaryo mimarisi önemli ölçüde genişlemiş, farklı toplumsal gelişim yolları ilk kez sistematik biçimde kurgulanmıştır. Ancak SRES, iklim politikalarının etkilerini modellemeye dahil etmediğinden sınırlı kalmıştır. Bu durum RCP yaklaşımının geliştirilmesine yol açmıştır. RCP’ler, ışınsal zorlama odağı sayesinde iklim modellerinin daha doğrudan fiziksel projeksiyonlar üretmesini kolaylaştırmış, fakat emisyonların sosyoekonomik nedenlerini açıklamada eksik kalmıştır.

Bu eksiklik, SSP çerçevesiyle giderilmiştir. SSP’ler, geleceğin toplumsal, ekonomik ve teknolojik gelişim yollarını sistematik biçimde tanımlayarak hem RCP’lerle birleşebilen hem de iklim politikalarının uygulanabilirliğini değerlendirebilen kapsamlı bir senaryo mimarisi sunar. Bu yaklaşım sayesinde iklim projeksiyonları yalnızca fiziksel bir çıktı olmaktan çıkarak, sosyoekonomik sistemlerle ilişkisi daha güçlü kurulan bütüncül bir çerçeveye kavuşmuştur.

Senaryoların bu tarihsel evrimi, iklim değişikliğinin çok boyutlu bir sorun olduğunu ve bu nedenle modelleme çerçevelerinin zaman içinde daha karmaşık, daha entegre ve daha gerçekçi hale geldiğini göstermektedir. Önümüzdeki yıllarda yayımlanacak IPCC Yedinci Değerlendirme Raporu (AR7), bu çerçeveyi daha da geliştirme potansiyeline sahiptir. AR7 döneminde özellikle

sosyoekonomik varsayımların güncellenmesi, emisyon projeksiyonlarının daha güncel verilerle uyumlu hale getirilmesi ve uyum ve azaltım ilişkilerinin daha güçlü modellenmesi beklenmektedir.

Sonuç olarak, emisyon senaryolarının evrimi yalnızca bilimsel bir ilerleme değil aynı zamanda iklim değişikliğinin geleceğini anlamaya yönelik küresel çabanın bir parçasıdır. SSP ile birlikte iklim araştırmalarında daha bütüncül, daha esnek ve politika açısından yol gösterici bir döneme girilmiştir. AR7 ile bu yaklaşımın daha da güçlenmesi beklenmektedir.

Kaynakça

Calvin, K., Bond-Lamberty, B., Clarke, L., Edmonds, J., Eom, J., Hartin, C., Kim, S., Kyle, P., Link, R., Moss, R., McJeon, H., Patel, P., Smith, S., Waldhoff, S., & Wise, M. (2017). The SSP4: A world of deepening inequality. *Global Environmental Change*, 42, 284-296. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.010>

Carbon Brief. (2018, April 19). Explainer: How ‘Shared Socioeconomic Pathways’ explore future climate change. <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change/>

Chen, D., M. Rojas, B.H. Samset, K. Cobb, A. Diongue Niang, P. Edwards, S. Emori, S.H. Faria, E. Hawkins, P. Hope, P. Huybrechts, M. Meinshausen, S.K. Mustafa, G.-K. Plattner, and A.-M. Tréguier, 2021: Framing, Context, and Methods. 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* [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, pp. 147-286, doi:10.1017/9781009157896.003.

Cubasch, U., Hasselmann, K., Hegerl, G., Maier-Reimer, E., Mikolajewicz, U., Stössel, A., & Voss, R. (1992). Time-dependent greenhouse warming computations with a coupled ocean–atmosphere model. *Climate Dynamics*, 8(2), 55-69.

Hausfather, Z., & Peters, G. P. (2020). Emissions—the “business as usual” story is misleading. *Nature*, 577, 618-620.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1990). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1992). Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2000). Special Report on Emissions Scenarios (SRES): A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2000). Emissions Scenarios: Summary for Policymakers. A Special Report of Working Group III. Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). Summary for Policymakers. In T. F. Stocker et al. (Eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 1-33). Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Summary for Policymakers. In V. Masson-Delmotte et al. (Eds.), Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 3-32). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>

KC, S., & Lutz, W. (2017). The human core of the SSPs: Population projections by age, sex, and level of education for all countries to 2100. *Global Environmental Change*, 42, 181-192.

Leggett, J., Pepper, W. J., & Swart, R. J. (1992). Emissions scenarios for the IPCC: An update. In *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment* (pp. 69-95).

Leimbach, M., Marcolino, M., & Koch, J. (2023). Structural change scenarios within the SSP framework. *Futures*, 150, 103156.

Meinshausen, M., Nicholls, Z. R. J., Lewis, J., Gidden, M. J., Vogel, E., Freund, M., ... Wang, R. H. J. (2020). The shared socioeconomic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geoscientific Model Development*, 13, 3571-3605. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3571-2020>

Morita, T., & Lee, H. (1998). Integrated assessment of climate change: Model evaluation and policy applications. *Journal of Environmental Management*, 52(3), 289-298.

Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., van Vuuren, D. P., Carter, T. R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G. A., Mitchell, J. F. B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S. J., Stouffer, R. J., Thomson, A. M., Weyant, J. P., & Wilbanks, T. J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747-756. <https://doi.org/10.1038/nature08823>

Nakicenovic, N., & Swart, R. (Eds.). (2000). *Special Report on Emissions Scenarios (SRES)*. Cambridge University Press.

Nazarenko, L., Schmidt, G. A., Miller, R. L., Tausnev, N., Kelley, M., Ruedy, R., ... Zhang, J. (2015). Future climate change under RCP emission scenarios with GISS ModelE2. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 7, 244-267. <https://doi.org/10.1002/2014MS000403>

O'Neill, B. C., Kriegler, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D. S., van Ruijven, B. J., van Vuuren, D. P., Birkmann, J., Kok, K., Levy, M. & Solecki, W. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 169-180. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>

O'Neill, B. C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K. L., Hallegatte, S., Carter, T. R., Mathur, R. & van Vuuren, D. P. (2014). A new

scenario framework for climate change research: The concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change*, 122(3), 387-400.

Parson, E. A., Burkett, V., Fisher-Vanden, K., Keith, D. W., Mearns, L. O., Pitcher, H., ... Webster, M. (2007). Global-change scenarios: Their development and use. US Climate Change Science Program (CCSP), Synthesis and Assessment Product 2.1b.

Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168.

Vafeidis, A. T., Reimann, L., Ellen, G. J., Göransson, G., Koers, G., Van Well, L., Vollstedt, B., Tsakiris, M., & Oen, A. (2024). Harmonizing the development of local socioeconomic scenarios: A participatory downscaling approach applied in four European case studies. *Sustainability*, 16(6), 2578. <https://doi.org/10.3390/su16062578>

van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J. F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J. & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, 109, 5-31. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>

van Vuuren, D. P., Kriegler, E., O'Neill, B. C., Ebi, K. L., Riahi, K., Carter, T. R., Edmonds, J., Hallegatte, S., Kram, T., Mathur, R. & Winkler, H. (2014). A new scenario framework for climate change research: Scenario matrix architecture. *Climatic Change*, 122, 373-386.

BÖLÜM 2

TÜRKİYE’DE SÜRDÜRÜLEBİLİR ŞEHİR YAPILARI VE AFET HAZIRLIK ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME: HOBİ BAHÇELERİ VE KONTEYNERKENTLER

ALİ İMAMOĞLU¹

Giriş

Türkiye 1960larda başlayan sanayileşme hareketiyle birlikte kırdan kente göçün kontrolsüzce arttığı ve bunun sonucunda gecekondulaşmanın büyük şehirleri istila ettiği bir kentleşme modeli yaşamıştır. İstanbul, Kocaeli, Bursa gibi bazı illerde nispeten devam ettiği söylenebilecek bu süreç herhangi bir medeniyet belirtisi olmayan yerleşme kültürünü de yanında getirmiştir. 2000’li yıllara kadar, seçim dönemlerinde yasal statüye kavuşan gecekondular adı verilen işgal alanları, sonrasındaki süreçte devletin kentsel değişim ve dönüşüme ihtiyaç duyduğu alanlar haline gelmiştir (Can, 2020, Can, 2022). 1980’lerden sonra inşaat sektöründeki büyüme siyasi bir araç aynı zamanda Türkiye’de şehirlerin yeniden yapılandırılabilmesi adına da önemli bir fırsat olmuştur (Oktem, 2019). Bu işin yürütülmesi amacıyla Türkiye’de TOKİ kurulmuş,

¹ Doçent Doktor, Sinop Üniversitesi, Türkçe ve Sosyal Bilgiler Eğitimi Bölümü, Orcid: 0000-0001-9197-1029

zaman içerisinde yetkileri sürekli arttırılmak suretiyle gecekondulardan kamusal alanlara kadar birçok yerde en yetkili kurum halini almıştır. Yıllar içerisinde KENTGES gibi sağlıklı yaşanabilir yapılar inşaa etmek amacıyla politika belgeleri geliştirilmiştir. Sonrasında geliştirilen politikalarda da amaç, yaşanabilir konut stoğunu Türkiye genelinde arttırmak olarak öne çıkmıştır.

Mevcut duruma bakıldığında ise Yıldız ve Baz'ın (2021) İstanbul'da yaptığı çalışmada belirttiği gibi birçok yüksek yoğunluklu alanın olduğu, rekreatif ihtiyaçların karşılanamadığı, trafik problemi olan, altyapı ve üstyapı yetersizliklerinin çokça bulunduğu bir resim karşımızda durmaktadır. Buna karşın konut, bir ihtiyaç, bir hak, ekonomik ve sosyo kültürel etkileri olan bir araçtır (Ulusoy, 2020). Konut bir ihtiyaç olsa da sıkışan şehirlerde ekonomik kaygılarla birlikte yapılan yeni konutlarda bazı temel gereksinimler göz ardı edilmektedir. Bunlardan en önemlisi de yaşam alanının sınırlarıdır denilebilir. Ural, (2024) İstanbul Kadıköy'de yaptığı bir araştırma da insanların daha küçük dairelerde mahremiyetlerinin azalacağını ve yaşam kalitesini düşüreceğini belirtirken bazılarının ise daha sürdürülebilir bir yaşam tarzını teşvik ettiğini belirttiklerini ifade etmiştir. Aynı çalışmada evlerin balkon ve salonlarının kentsel dönüşüm projelerinde küçülmeye uğradığı da belirtilmiştir. Fakat bir projenin sürdürülebilir olması ancak onun doğayla içiçe ve barışık şekilde dizayn edilmesi ve insana huzurlu bir ortam sağlamasıyla mümkündür. Türkiye'de yapılan projelerin sürdürülebilirliği ise bu manada problemlili görünmektedir.

Modern mimari ile birlikte evlerin daha kullanışlı ve estetik olduğu iddia edilse de geleneksel mimarinin fonksiyonel mekan kurgusunun çok daha sürdürülebilir olduğu açıktır. Modern mimarinin insanları rahatsız eden yapısı koronavirüs döneminde daha iyi anlaşılmıştır (Saatçi vd., 2024). Turgut Cansever'in yaklaşımı ile mimarinin toplumun inançlarının yansıması olduğunu

düşünürsek, geleneksel mimari ve yerleşmenin moderniteyle birlikte sekülerleştiği görülmektedir. Seküler yaşam alanları küresel sömürü düzeni tarafından eko kent, sürdürülebilir yaşam alanları gibi fiyakalı sözlerle pazarlansa da bu yaşam alanları sorunludur. Geleneksel evler yerine dikey mimarinin tercihi betonarme binalarda insanların psikolojik ve sosyal yönlerinin eksik kalmasına sebep olmakta bu da toplumsal bağların zayıflamasını beraberinde getirmektedir. Doğadan kopan modern insanın post modern zamanlarda doğaya dönüş isteği baskın gelmeye başlamıştır. Bu sebeple kentsel yeşil alanların miktarının artırılması, doğa dostu mimari yapılar gibi çözüm yollarına gidilmiştir. Türkiye’de son dönemde yapılan millet bahçeleri de bu anlamda şehirlerin rekreatif alanlarını arttırmak amacıyla gerçekleştirilmiş önemli projelerdendir. Bunun yanında insanların daha özel alanlarda doğayla birarada olabilmesi, hatta bazen toprakta rekreatif amaçlı tarımsal faaliyetler yürütebilmesi için hobi bahçeleri geliştirilmiştir. Bazı araştırmalara göre; doğru planlama ile geleceğin şehirleri inşaa edilmeli, ekosistem aşamasına ulaşmış kendi kendine yeterli, dayanıklı kentler kurulmalıdır (Aide ve ark., 2013; Pan vd., 2020; Pan vd., 2021; Jiang vd., 2024). Bu anlamda hobi bahçeleri dünyanın birçok yerinde kent peyzajının önemli bir parçası olmuş ve bahçeler önemli ekosistem alanları haline gelmiştir (Schneider and Fauk, 2022; Samus vd., 2022).

Batı kentlerinde geçmişi 18. yüzyıl ingilteresine uzanan hobi bahçeleri, Çekya’da 19. yüzyılda görülür. Avrupa ülkelerinde hobi bahçelerinin ortaya çıkışına bakıldığında genellikle savaşlar ve kıtlık dönemleri sebebiyle insanların kendi yiyecek ihtiyacını karşılayabilmesi amacıyla kurulan alanlardır. Yine komünist rejimin destekleri de önemlidir (Šiftová, 2021). Bir diğer Avrupa ülkesi Almanya’da 2011 yılında şehirlerde ve yakın çevrelerinde 1.4 milyon örgütlü hobi bahçesi bulunmaktadır (Tümertekin-Özgüç, 2011). Ülkemizde ise hobi bahçeleri 20. yüzyıl sonlarında karşımıza

çıkılmaktadır (Aliağaoğlu, ve Alevyakalı, 2017). Şüphesiz bunun önemli sebeplerinden birisi şehirleşmenin geç olması ve bunun yanında Anadolu geleneksel mimarisinin uzun süre korunması olmuştur. Önder ve Polat, (2008) bu durumu yerel yöneticilerin hobi bahçelerini tanımaması ya da bahçeleri başka amaçlar dahilinde kullanması gibi sebeplerle açıklamaktadır. Şehrin yüksek hızlı temposundan kaçmak ve doğayla başbaşa kalabilmek amacıyla yapılan hobi bahçelerinin yüksek katlı binalar ve diğer kenti hatırlatan nesnelerden uzak olması önemli tercih sebeplerindendir (İlbaş ve Yılmaz, 2023; Turgut vd., 2024). Bu durum tarım arazilerinin işgal edilmesi suretiyle hobi bahçelerinin çevreye zarar vermesi sonucunu doğurmuştur. Bu durumdaki hobi bahçelerinin kontrolsüzce artması sonucunda 5403 sayılı ‘Toprak Koruma Ve Arazi Kullanım Kanunu’ nda değişiklikler yapılarak hobi bahçelerinin tarım arazileri dışında kurulması sağlanmıştır (Turgut vd., 2024).

Hobi Bahçeleri hem bireyin geleneksel köy evi özlemini gidermekte hem de psikolojik olarak rahatlamasına sebep olmakta böylece toplumsa rehabilitasyona da yardımcı olmaktadır (Yılmaz Çıldam, 2022). Emeklilik ve sağlık sorunları olan 65 yaş ve üstü bireylerin hobi bahçeleri ile uğraşmaları yaşlı olanlara ilaçsız tedavi etkisi yaptığı görülmektedir (Aktu, 2016). Türkiye genelinde çocuk nüfusunda belirgin bir azalma yaşanması (İmamoğlu, 2020a) ve yaşlı nüfusun payının sürekli artış göstermesi (İmamoğlu, 2020b), yaşlı bireylere yönelik koruyucu, destekleyici ve aktif yaşamı teşvik eden uygulamaların giderek daha fazla önem kazanacağını göstermektedir. Yenigül’e (2016) göre hobi bahçeleri sosyal ve çevresel adaleti sağlamaya yardımcı olmaktadır. Bu tür faydalarının artarak sıralanabileceği hobi bahçeleri, bir zamanlar İngiltere’inde işçi sınıfının geçimini sağlarken bugün geldiğimiz noktada toplumun devamlılığı için önemli birer alan haline gelmiştir. Köyle olan bağın tamamen koptuğu şehirlerde modern şehir insanı diye tabir edilen

insanın toprakla buluşmasının yollarından birisi olan hobi bahçeleri bazı yaşam alanlarında artık önemli bir reklam stratejisi haline gelmiştir.

Bu araştırma afet yönetiminin pratik ve sosyal boyutlarını içine alan çok yönlü bir araştırma problemi üzerine gerçekleştirilmiştir. Araştırma problemi: afet sonrasında geçici barınma ihtiyacını sağlamak amacıyla kurulan konteynerkentlerin fiziksel ve sosyal açıdan etkileri nelerdir ve bu alanlar uzun süreli bir alt yapı elemanı olarak nasıl planlanmalıdır? Araştırma problemi afet sonrasında kurulabilecek yaşam alanlarının işlevselliğini irdelemekte ve konteynerkentlerin planlanması ve devamlılığı ile ilgilenmektedir. Bu anlamda çalışma konteynerkentlerin afet sonrasında faydaları ve aynı zamanda bölgesel çözümlere yardımcı olacak uzun süreli bir altyapı elemanı olarak ele alınması gerektiğini iddia etmektedir.

Hobi Bahçelerinin Bireyselleşmesi ve Hukuki Meseleler

Hobi bahçeleri Türkiye’de önceleri, bir arada bir araziye birden fazla yaşam alanı ve bahçe inşaatı şeklinde gerçekleşirken zaman içerisinde bu alanlar bahçesi daha geniş yerlere, insanlardan daha uzak komşuluğun olmadığı kapalı alanlara dönüşmüştür. Bu dönüşümle birlikte yaşam alanları fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlara cevap verse de sosyal ihtiyacı karşılamaktan uzaklaşmıştır. Bu yeni tip hobi bahçeleri farklı ev tiplerini de beraberinde getirmiş, bungalov gibi alternatiflerden betonarme yapılara kadar çeşitli yaşam alanları inşaa edilmiştir. Elektrik ve su abonelerinin kolayca alınabildiği bu tip yapılar tarım alanlarında kontrolsüzce çoğalmış ve tarım alanları asli işlevinden uzaklaşmıştır. Ayrıca bu durum kendi içerisinde rant alanı doğurmuş ve araziler tarım alanı ya da hobi bahçesi yerine sürekli bir yaşam alanı gibi fiyatlandırılmış ve pazarlanmıştır. Bu alanların önemli bir problemi de su kullanımı meselesidir. Hobi bahçesi olarak planlanan alanlarda asıl amaca

uygun olarak tarımsal amaçlı kullanılacak su da mevcuttur. Fakat daha özel hale gelen yeni tip bahçelerde genellikle bahçe sulaması Őebeke suyundan yapılmaktadır. Bu durum suyun yanlış kullanımıdır ve büyük bir su israfıdır.

Hukuki boyutu tartışmalı hale gelmiş hobi bahçeleri özellikle son dönemde artan bungalov ev ya da tinny house adı verilen taşınabilir evler sebebiyle yıkımlar ile karşı karşıya gelmiştir. Hobi bahçelerinin konaklamalı alanlar haline getirilmesi sonucu bakanlık bünyesinde belediyelere gerekli uyarılar yapılmış ve tarım alanı olarak kullanılması gereken alanların devamlı yaşam alanı olarak kullanılmasının önüne geçilmesi istenmiştir. Bu sebeple belediyeler birçok ilde hobi bahçelerini kaldırmış ya da bu alanlardaki meskenlerin yıkımını gerçekleştirmiştir. 2025 yılı itibariyle hala yıkılmamış fakat hukuki süreçleri devam eden hobi bahçeleri bulunmaktadır. Vatandaşların hobi bahçesi diye satın aldıkları alanlara imar izni olmadan yapı inşaa etmeleri yasak olmasına rağmen süreç hala bir standarda bağlanamamıştır. Bu tür problemlerin önüne geçmek için yasal düzenleme yapılmış 7255 Sayılı yasa değişikliği ile 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu ile yapılan yasal düzenleme 4 Kasım 2020 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Burada para cezası ve hapis cezasına varabilecek maddeler düzenlenmiştir. Belediyeler ise 3194 sayılı İmar Kanunu ve bağlı yönetmelikler çerçevesinde bu tür yapıları durdurabilecek ve yıkabilecek yetkiye sahiptir. Bu yapılar Türk Ceza Kanunu 184. maddesi kapsamında “imar kirliliğine neden olma” suçunu da oluşturmakta, şikayet edildiği takdirde yıkım kararı ıkarttırılabilir. Bütün bu kanunlarda temel amaç tarım alanlarındaki bütünlüğü sağlamak ve tarımsal üretim devamlılığını ortaya koymaktadır.

Türkiyede Hobi Bahçeleri ve Konteynerkentlere  rnekler

Türkiye’de hobi bahçeleri nispeten 2000’li yıllardan sonra gelişme göstermiştir. Aliağaoğlu ve Alevyakalı (2017) bu durumu Türk geleneksel evinin bahçeli olması, yerel yöneticilerin hobi bahçeleri ile geç tanışması gibi sebeplerle açıklamışlardır. Şüphesiz ülkenin önemli bir kesiminin köy ile organik bağının bulunması hobi bahçesine ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Araştırmacıların ortak görüşüne göre hobi bahçeleri genellikle yerel yönetimlerce tesis edilse de Türkiye de bireysel vakıflar üniversiteler bünyesinde örneklerini de görmek mümkündür (Yılmaz, Turgut ve Demircan, 2006; Önder ve Polat, 2008; Kef, 2015; Aliağaoğlu ve Alevyakalı, 2017). Bir dönem bazı üniversitelerin kampüs alanları içerisinde yapılmaya başlanan hobi bahçeleri yayılamadan sonlanmıştır. Tapur (2018) ülkemizde hobi bahçelerinin 20 m² den başladığını ve 300 m² ye kadar çıkabildiğini tespit etmiş ve bu bahçelerin altyapı hizmetlerinin eksiksiz yerine getirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Afet sonrasında ortaya çıkan barınma problemi hızla güvenli ve ekonomik olarak çözülmesi gereken en önemli problemlerin başında gelmektedir. Yetkili kurum ve kuruluşlar bu ihtiyacı karşılamak amacıyla çadır ya da konteynerlardan oluşan yaşam alanlarını hızla inşaa etmektedir. Özellikle Kızılay’ın elinde bulunan çadırlar bu anlamda oldukça işlevseldir. Aynı zamanda Şubat 2023 depremi bize göstermiştir ki mevcut çadır stoğunun üstünde bir ihtiyaç durumu ortaya çıkabilmektedir. Çok sayıda çadır vb. ihtiyaçların üretilmesi ve uzun süre saklanması ise ekonomik olarak sürdürülebilir değildir. Bu durumda gerekli acil ihtiyacın karşılanması daha uzun ömürlü konteynerlar ile daha mümkün görünmektedir. Çelik konstrüksiyon yapılar olması sebebiyle yağmur fırtına gibi dış kuvvetlere karşı dayanıklılığı, al yapılarının yapılması koşuluyla kendi içerisinde mutfak banyo tuvalet gibi ihtiyaçlarının karşılanması, elektrik ihtiyacı gibi ihtiyaçlarının hızla karşılanabilmesi bu yapıları sağlam yaşam alanları olarak uzun süreli kullanmayı mümkün kılmaktadır. Konteynerların kesme ekleme gibi

işlemlerle hızlıca ihtiyaca binaen şekillendirilmesi bu yapıları okul hastane karakol gibi farklı amaçlarla hızla kullanılabilecek yapılara dönüştürmeyi de mümkün kılmaktadır. Son yıllarda çeşitli amaçlarla kullanılan bu tür konteyner alanları yaygınlaşmış genellikle şantiye alanlarında kullanılmaya başlanmıştır (Resim 1). Bu tür yapılar sonrasında yönetim alanlarına dönüştürülebilecek ve yerel halkın faydalanabileceği alanlar olarak kullanılabilecektir.

Resim 1 Kamu kurum ve kuruluşu olabilecek konteynerlara bir örnek (URL 2)



Hobi Bahçeleri ve Afetler

Samsun ili Atakum ilçesinde hobi bahçelerinde bulunan konteynerlar afet ve acil durum 23 Ekim 2011 yılında yaşanan Van depremi sonrasında kullanılan konteynerlardır (Resim 2). Afetzedelerin artık ihtiyacı kalmaması neticesinde boşa çıkan bu konteynerlar zamanın belediye başkanlığınca alınarak Atakum'un merkezi bir noktasına hobi bahçeleri kurulmuştur. Burada 48 adet konteyner yerleştirilmiş ve 35 metrekairelik bahçeleri ile halka hizmet vermiştir. Aynı konteynerlar 6 şubat 2023 de yaşanan deprem sonrasında deprem bölgesine götürülmüştür. Aşağıda konteynerkentten taşınma sürecinde yerel basında çıkan haberlerden alınan görseller verilmiştir (Resim 3, Resim 4). Bu örnekten anlaşılacağı üzere hobi bahçeleri çok yönlü fayda sağlamaktadır.

Resim 2 Atakum Hobi Bahçesi, Samsun.



Resim 3 Şubat 2023 Depremi hemen sonrasında yerel basında çıkan bir haber fotoğrafı.



Kaynak: (<https://www.samsunsonhaber.com/haber/5389106/deprem-bolgesinde-millet-donuyor-atakumdaki-hobi-bahceleri-duruyor>)

Resim 4 Atakum hobi bahçesindeki konteynerlerin deprem bölgesine gönderilmek üzere taşınma anından bir görsel



Kaynak: (<https://www.samsungazetesi.com/atakum-belediyesi-hobi-bahcesi-konteynerleri-deprem-bolgesine-gonderildi>)

Resim 5 Atakum Hobi Bahçelerinin bulunduğu alanın güncel görünümü.



Sonuç

Hobi bahçelerinin tercih edilmesi Türkiye gibi köy ile bağlantılı toplumlarda sorgulanması gereken bir meseledir. Hobi bahçelerinin şehir insanı tarafından kullanılması, insanların şehir pratiklerinden memnun olduklarının bir göstergesi olabilir. Yani şehirli insanın doğaya ilgisi olsa da şehri bırakıp göçebilecek bir ilgiden çok rekreatif amaçlı bir ilgi söz konusudur. Bu da insanların bu tür alanlara büyük yatırım yapmasından ziyade yerel yönetimlerin böyle yatırımlar yapmasının daha anlamlı hale getirmektedir.

Yukarıda verilen örneklerde görüldüğü gibi hobi bahçeleri halkın çeşitli sosyal ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılamasının yanında aynı zamanda önemli afet hazırlık alanlarının başında gelmektedir. Bu anlamda yerel yöneticilerin konteynerlerden oluşan hobi bahçeleri kurmaları yerel halka hizmet etmesinin yanında önemli bir afet hazırlığı olarak da belediyelerin görev ve sorumlulukları arasındadır. Afete hazırlıklı şehirler sloganıyla başlayan ülke çapındaki dönüşüm kıymetli olmakla birlikte bu dönüşümün uzun süreli bir çaba olacağı gerçektir. Yani bu dönüşümün tamamlanabilmesi çok mümkün görünmemektedir. Bu yüzden şehirlerin afet sonrasına yönelik hızlı çözümler üretebilmesi adına konteynerlerden oluşan hobi bahçeleri kurması gerekmektedir. Bu yapıların hızla kaldırılabilir ve kurulabilecek kısa sürede yer değiştirilebilecek şekilde düzenlenmesi acil müdahale gerektiren durumlarda hızlı hareket sağlayacaktır. Bu kentler yapısal güvenlik, sosyal etkileşim, çevresel etkileşim ve üretim gibi farklı açılardan toplumun dönüşümüne ciddi hizmet etmekte, hem afet sonrasında hem de normal zamanlarda sürdürülebilir toplum sağlığı açısından önem arz etmektedir.

Kaynakça

Aide, T. M., Clark, M. L., Grau, H. R., Lopez-Carr, D., Levy, M. A. & Redo, D. (2013). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). *Biotropica*, 45, 262–271.

Aktu, Y. (2016). Levinson'un kuramında ilk yetişkinlik döneminin yaşam yapısı. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 8 (2), 162-177.

Aliağaoğlu, A., & Alevkayalı, A. (2017). Hobby gardens in Balıkesir city: properties and problems, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 35, 195-203.

Can, A. (2020). "A Recipe for Conflict in the Historic Environment of Istanbul." *ACME: An International Journal for Critical Geographies* 19 (1): 131–162.

Can, A. (2022) Housing and urbanization policies of Istanbul, Turkey from central to the local, *Urban Research & Practice*, 15:3, 454-463.

İmamoğlu, M. (2020a). Spor ve sağlık açısından istatistiklerle Türkiye'deki çocuklar. Ö. Karataş (Ed.), *Spor Bilimlerinde Teori ve Araştırmalar II* (s. 345-360). Gece Kitaplığı.

İmamoğlu, M. (2020b). Spor ve sağlık açısından istatistiklerle Türkiye'deki yaşlılar. Ö. Karataş (Ed.), *Spor Bilimlerinde Teori ve Araştırmalar II* (s. 361-376). Gece Kitaplığı.

Jiang, S., Feng, F., Zhang, X., Xu, C., Jia, B., & Laforteza, R. (2024). Ecological transformation is the key to improve ecosystem health for resource-exhausted cities: A case study in China based on future development scenarios. *Science of the Total Environment*. 921(2024)171147.

Kablan, M.O., & İmamoğlu, M. (2023). Oyun ve Motivasyon. E. Durukan (Ed.), Spor Bilimleri: Teori ve Uygulamada Yaşanan Gelişmeler (s. 51-66). Yaz Yayınları.

Kef, F. Ş. (2015). Hobi bahçelerinin planlanması ve tasarımı: Konya Karatay Karaaslan Hobi Bahçesi. (Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın).

Oktem, K. (2019). "Erasing Palimpsest City." In Routledge Handbook on Middle East Cities, edited by H. Yacobi and M. Nasasra. Routledge Handbooks Online. p. 295–318.

Önder, S. & Polat, A.T. (2008). Peyzaj tasarım süreci kapsamında Konya kenti için yeni bir hobi bahçesi oluşturulması. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(46), 18-25.

Önder, S. & Polat, A.T. (2008). Peyzaj tasarım süreci kapsamında Konya kenti için yeni bir hobi bahçesi oluşturulması. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(46), 18-25.

Pan, Z., He, J., Liu, D., & Wang, J., (2020). Predicting the Joint Effects of Future Climate and Land Use Change on Ecosystem Health in the Middle Reaches of the Yangtze River Economic Belt, China. Appl. Geogr. (124), 1-10.

Pan, Z., He, J., Liu, D., Wang, J., & Guo, X., (2021). Ecosystem Health Assessment Based on Ecological Integrity and Ecosystem Services Demand in the Middle Reaches of the Yangtze River Economic Belt, China. Sci. Total Environ. 774(1-12).

Samus, A., Freeman, C., van Heezik, Y., Krumme, K., & J.M. Dickinson, K. (2022). How Do Urban Green Spaces Increase Well-Being? The Role of Perceived Wildness and Nature Connectedness. Journal of Environmental Psychology. (82), 1-10.

Schneider, P., & Fauk, T. (2022). The Role of Allotment Gardens for Connecting Nature and People, HumanNature

Interactions: Exploring Nature's Values Across Landscapes. 261-272.

Šiftová, J. (2021). Food self-provisioning motivations revisited: Czech home gardens and their food production. *Geografie*, 126(2), 149-167.

Turgut, H., Haznedar, K., & Hatay, T. Y. (2024). Hobi Bahçesi Uygunluk Analizinin Ahp Yöntemi ile Belirlenmesi Karadeniz Teknik Üniversitesi Yerleşke'si Örneği. *Akademik Ziraat Dergisi*, 13(2), 339-352.

Tümertekin, E. ve Özgüç, N. (2011). “Ekonomik Coğrafya: Küreselleşme ve Kalkınma”, Çantay Kitabevi, İstanbul.

Ural, A. G. (2024). Metropolda Kentsel Dönüşüm Nedeniyle Küçülen İç Mekânlar: Kadıköy İlçesi'nden Bir Vaka Araştırması. *Kırklareli Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 3(2), 1-14.

URL 1. <https://www.sabah.com.tr/gundem/2023/02/17/kilise-400-kisilik-konteyner-kent-kuruluyor> son erişim (01.11.2025).

URL 2. <https://www.konteynerler.com/> son erişim (01.11.2025).

Yıldız, A., & Baz, İ. (2021). Bütüncül Planlama Anlayışının Kentsel Dönüşüm Üzerindeki Etkisi: Tuzla Örneği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 3(2), 137-150.

Yılmaz Çildam, S. (2022). Kentsel Yeşil Alan Örneklerinden Kezer Kampüsü Hobi Bahçeleri Üzerine Bir Değerlendirme. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(42), 89-110.

Yılmaz, H., Turgut, H. & Demircan, N. (2006). Erzurum kent halkının hobi bahçesi hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, 96-110.

BÖLÜM 3

GELECEK İKLİM SENARYOLARI BAĞLAMINDA GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NİN İKLİMSEL YAPISINDAKİ DEĞİŞİM VE OLASI ETKİLERİ

MUHAMMED MUSTAFA ÖZDEL¹

Giriş

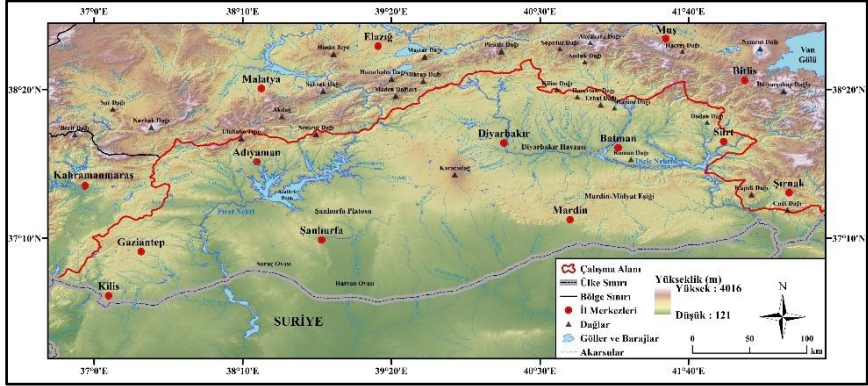
İklim değışikliği günümüzün en önemli çevresel sorunlarından biri olarak görülmekte ve etkileri hidrolojik döngü, ekosistemler ve tarımsal üretim üzerinde giderek daha belirgin hale gelmektedir (Elliott vd., 2014; Muluneh, 2021). Bu etkilerin en önemlilerinden biri, su kaynakları üzerindeki baskıyı artıran ve gıda güvenliğini tehdit eden sıcaklık ve kuraklık olaylarının sıklığı, süresi ve şiddetindeki artışlardır (Nhemachena vd., 2020; Srivastav vd., 2021). Son dönemlerde ortalama küresel yüzey sıcaklığı genel olarak bir önceki yıldan daha sıcak olarak kayıtlara geçmiştir. Örneğin, 2024 yılı 175 yıllık gözlem kayıtlarına göre en sıcak yıl olarak sanayi öncesi dönem (1850-1900) ortalamasının yaklaşık 1.5 °C üzerinde seyrederek bir önceki yıldan daha sıcak geçmiştir (World Meteorological Organization, 2025). Bu sıcaklık eğilimleri, özellikle yarı kurak ve kurak iklim bölgelerini iklim değışikliğinin olumsuz etkilerine karşı daha kırılgan hale getirmektedir (Diffenbaugh & Giorgi, 2012). Benzer biçimde, Akdeniz

¹ Dr., Bağımsız Araştırmacı, Orcid: 0000-0003-0715-4566

Havzasında konumlanan Türkiye, Akdeniz ve karasal iklim özelliklerinin birlikte görüldüğü geçiş bölgesi niteliği taşımakta ve iklim değişikliğine karşı hassas olan ülkeler arasında yer almaktadır (Türkeş, 2020). Nitekim, Güler & Erhat, (2023), 1950-2022 dönemi için Türkiye'nin sıcaklık ortalamasında 1.3 °C ile 1.4 °C'lik bir artışın olduğunu belirtirken, Yurtseven, (2023), 1912-2021 dönemi için sıcak gün ile gece sayılarında ve minimum hava sıcaklıklarında artma, don olaylı gün sayılarında ise azalma eğilimleri olduğunu ifade etmiştir. Yağışlardaki eğilimler ise aylık ve bölgesel olarak farklılaşmaktadır (Yılmaz, 2018). Örneğin, Kardeniz Bölgesi için yağışlarda artış, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için ise azalış eğilimlerinin olduğu tespit edilmiştir (Çelebioğlu & Tayanç, 2024). Bir bölgenin iklim tipini şekillendiren başlıca faktörler, sıcaklık ve yağış rejimlerindeki uzun vadeli değişimlerdir. Bu değişimler, buharlaşma, nem döngüsü ve atmosferik süreçler üzerinde etkili olarak, uzun vadede iklim tiplerinde belirgin ya da daha sınırlı ölçekte değişimlere neden olabilmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, güneyde Suriye sınırı, kuzey ve doğuda Güneydoğu Toros Dağ Kuşağı, batıda ise Kahramanmaraş-Hatay grabeni ile çevrili bir alanda yer almaktadır (Şekil 1). Bölge, sekiz ilin merkezini kapsamaktadır. Kilis, Şanlıurfa ve Mardin illerinin tamamı, Diyarbakır, Siirt, Adıyaman, Gaziantep ve Batman illerinin büyük bir kısmı ile Şırnak iline bağlı Cizre, Güçlükonak, İdil ve Silopi ilçeleri bölge sınırları içerisinde bulunmaktadır (Arınç, 2016). Bölgede genel olarak Akdeniz ikliminin karasal koşullar altında şekillenmiş yarı kurak iklim tipi egemendir. Bölgede yer alan il merkezlerinin uzun yıllar yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış değerleri sırasıyla; Adıyaman'da 17,4 °C ve 714,8 mm, Batman'da 16,0 °C ve 488,8 mm, Diyarbakır'da 15,9 °C ve 491,1 mm, Gaziantep'te 15,3 °C ve 564,1 mm, Kilis'te 17,3 °C ve 498,9 mm, Mardin'de 16,2 °C ve 673,1 mm, Siirt'te 18,6 °C ve 175 mm, Şanlıurfa'da ise 18,6 °C ve 459 mm olarak kaydedilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2025). Bölge genelinde geniş düzlükler ve ovalar yer almakta olup, yükselti unsurları arasında Mardin-Midyat Eşiği ile Karacadağ öne çıkmaktadır.

Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon ve fiziki haritası.



Güneydoğu Anadolu Bölgesi, sıcaklık değerlerindeki artış ve kuraklaşma eğilimleri ile dikkat çekmektedir. Geçmiş çalışmalarda bölgenin ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinde artışların olduğu vurgulanmış (Atılğan vd. 2017; Gümüş vd., 2023; Özdel & Meydan, 2024) ve bu bulgulara paralel olarak kuraklık koşullarında da artan bir eğilimin ortaya çıktığı ifade edilmiştir (Özüpekçe, 2020; Akşan & Bacanlı, 2021; Gümüş vd., 2021; Kartal vd., 2024; Yaşa & Partal, 2024). Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Türkiye çölleşme hassasiyet haritasında da bölgenin büyük bir bölümünün yüksek çölleşme hassasiyetine sahip olduğu görülmektedir (ÇMUSEP, 2019). Dolayısıyla bölgedeki su havzaları ve atmosferik koşullara bağlı sektörler, iklim değişikliğinin oluşturduğu baskılara açık hâle gelmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Türkiye'nin en önemli su havzalarından biri olup, Dicle ve Fırat Nehirlerine ev sahipliği yapmaktadır. Bölge aynı zamanda ülkenin tarım ve hayvancılık alanlarında da önemli bir yere sahiptir. Örneğin, 2020-2024 yılı ortalama üretim istatistiklerine göre pamuk, kırmızı mercimek ve Antep fıstığı üretiminde bölge birinci sırada yer alırken, buğday, arpa ve mısır gibi ürünlerin üretiminde en büyük paya sahip olan İç Anadolu Bölgesi'nden sonra gelmektedir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2025). Bölgenin topografyasının sunduğu geniş düzlükler ve GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) kapsamında yürütülen sulama projeleri, tarımsal üretim kapasitesini ve ürün çeşitliliğini önemli ölçüde artırmıştır.

Bir bölgenin iklim özelliklerini ortaya koymak amacıyla, Aydeniz, de Martonne (ve güncellenmiş versiyonu de Martonne-Gottmann), Emberger, Erinç, Köppen-Geiger, Lang, Pinna, Thornthwaite, Trewartha ve UNEP vb. gibi çeşitli iklim indisleri ve sınıflandırmaları geliştirilmiş; bu yaklaşımlar, farklı coğrafi bölgelerde gerçekleştirilen pek çok çalışmada yaygın biçimde kullanılmıştır (Yılmaz & Çiçek, 2016; Hepbilgin & Koç, 2019; Baylan & Ustaoglu, 2020; Andrade vd., 2021; Yavaşlı & Erilat, 2023; Ghazi vd., 2024; Phumkokrux & Trivej, 2024; Taşoğlu vd., 2024; Güller, 2025). Bu indisler genel olarak sıcaklık ve yağış değerlerini farklı biçimlerde ele alarak bölgelerin nemlilik-kuraklık düzeylerini, iklim sınıflarını ve vejetasyon potansiyellerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bazı indisler ise (örneğin Thornthwaite ve UNEP gibi) yalnızca sıcaklık ile yağış arasındaki ilişkiyi değil, aynı zamanda potansiyel evapotranspirasyon (PET) hesaplamalarını da dikkate alarak buharlaşma ve nem kaybı etkilerini de değerlendirmektedir. Bu nedenle söz konusu indisler, sınırlı iklim verileri ile kuraklık analizleri, ekolojik sınıflandırmalar, hidrolojik planlama ve tarımsal uygunluk değerlendirmeleri gibi çeşitli çalışmalarda önemli bir yöntemsel araç olarak kullanılmaktadır (Jahangir & Danekar, 2022; Ullah vd., 2022; Charalampopoulos & Droulia, 2025; Charalampopoulos vd., 2025).

Bu çalışmanın temel amacı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yakın ve uzak gelecek dönemlerinde iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık ve yağış koşullarında meydana gelecek değişimleri analiz etmek ve bu değişimlerin bölgenin iklim sınıfları üzerindeki olası etkilerini ortaya koymaktır. Bu kapsamda, 1970-2000 referans dönemi ile karşılaştırmalı olarak iki farklı gelecek periyodu (2041-2060 ve 2081-2100) ve iki emisyon senaryosu (SSP2-4.5 ve SSP5-8.5) ele alınmıştır. Yedi farklı küresel dolaşım modeline ait sıcaklık ve yağış verilerinin ortalaması alınarak çoklu model verisi oluşturulmuş ve analizlerde bu veri seti kullanılmıştır. Belirlenen dönemler ve senaryolar kapsamında bölgenin sıcaklık ve yağış değişimleri incelenmiş; de Martonne-Gottman, UNEP ve Erinç iklim indisleri kullanılarak iklim sınıflarının mekânsal dağılımlarındaki değişimler haritalanmış ve yüzdesel olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, tespit edilen iklimsel değişimlerin başta

tarımsal ve sulak alanlar olmak üzere mevcut CORINE arazi örtüsü sınıfları üzerindeki olası etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda, bölgenin gelecekteki iklim yapısına ilişkin öngörüler geliştirilmiş, olası kuraklık riski değerlendirilmiş ve elde edilen bulguların tarım, su kaynakları yönetimi ve ekosistem planlaması gibi alanlarda bilimsel temelli karar süreçlerine katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Veri ve Yöntem

Bu çalışmada, referans dönemi olarak 1970-2000 yıllarını kapsayan yakın geçmiş iklim verileri ile 2041-2060 ve 2081-2100 dönemlerine ait geleceğe yönelik iklim projeksiyonları kullanılmıştır. İklim verileri, WorldClim veri tabanından (<https://www.worldclim.org/>) temin edilmiştir. Bu açık erişimli veri tabanından, ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık ve toplam yağış değişkenlerine ait raster veriler, veri tabanının sunduğu en yüksek çözünürlük olan 30 saniyelik ($\sim 1 \text{ km}^2$) mekânsal çözünürlük ile elde edilmiştir (Fick & Hijmans, 2017). Geleceğe yönelik iklim öngörülerinde, Birleşik Model Karşılaştırma Projesi, 6. Aşama (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6, CMIP6) kapsamında geliştirilen en güncel küresel iklim modeli verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmada, karşılaştırılabilir olması amacıyla orta düzey emisyon eğilimlerini temsil eden SSP2-4.5 (orta-iyimser senaryo) ile yüksek emisyon eğilimlerini yansıtan SSP5-8.5 (kötümser senaryo) senaryoları tercih edilmiştir. SSP (Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar, Shared Socioeconomic Pathways) senaryoları, gelecekteki sosyoekonomik gelişmelerin, enerji kullanımı ve sera gazı salımlarının iklim üzerindeki olası etkilerini tanımlayan küresel projeksiyonlardır. SSP2-4.5 senaryosunda enerji üretimi daha dengeli bir şekilde fosil yakıtlar ile yenilenebilir kaynakların birleşimine dayanırken ve yaklaşık 4.5 W/m^2 düzeyinde bir ışımsal zorlama öngörülürken, SSP5-8.5 senaryosu yoğun fosil yakıt kullanımına bağlı yüksek enerji talebi ile 8.5 W/m^2 seviyesine ulaşan çok daha güçlü bir ışımsal zorlama ortaya koymaktadır (Özdemir, Özkan, & Mert, 2020).

Bu kapsamda çalışmada, MIROC6, MRI-ESM2-0, CMCC-ESM2, INM-CM5-0, BCC-CSM2-MR, IPSL-CM6A-LR ve HadGEM3-GC31-LL olmak üzere yedi farklı küresel dolaşım

modeline ait veriler kullanılmıştır. Bu modellerin ortalamaları alınarak çoklu model (ensemble) yaklaşımı benimsenmiştir. Böylece, tek bir modelin neden olabileceği belirsizliklerin azaltılması ve farklı araştırma kurumları tarafından geliştirilen modellerin ortak eğilimlerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu yaklaşım, geleceğe yönelik iklim senaryolarının daha güvenilir ve dengeli biçimde temsil edilmesine olanak sağlamaktadır. Arazi kullanımı verileri ise CORINE 2018 veri setinden (<https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>) elde edilmiştir. Bu veri seti, çalışma alanındaki mevcut arazi kullanım sınıflarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Bölgede dağılışı gösteren iklim tiplerinin belirlenmesi amacıyla de Martonne-Gottmann ve UNEP kuraklık indisleri ile Erinç yağış etkinlik indisi (Erinç kuraklık indisi) kullanılmıştır. Bu indislerin tercih edilme nedeni, farklı yaklaşımlarla iklim koşullarını değerlendirme açısından birbirini tamamlayıcı nitelikte olmalarıdır. de Martonne-Gottmann kuraklık İndisi, sıcaklık ve yağış arasındaki ilişkiyi dikkate alarak iklimin genel nemlilik/kuraklık düzeyini belirleyen bir göstergedir. UNEP kuraklık indisi Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından geliştirilmiş olup, kurak ve yarı kurak bölgelerinin belirlenmesinde uluslararası kabul gören bir göstergedir. Bu indis, Birleşmiş Milletler (UN) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yürütülen çalışmaların önemli bir parçası olup, küresel ölçekte kritik çevresel konuların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Cherlet vd., 2018). Erinç yağış etkinlik indisi ise Türkiye'nin iklim koşullarını dikkate alarak geliştirilmiş, yerel ölçekte daha iyi sonuçlar sunan bir yöntemdir.

de Martonne-Gottman kuraklık indisi (IDMG), de Martonne tarafından 1926 yılında geliştirilen klasik kuraklık indisinin Gottman tarafından 1942 yılında yapılan bazı düzeltme ve eklemelerle güncellenmiş biçimidir (de Martonne, 1926, 1942). de Martonne'nin orijinal formülü yalnızca yıllık ortalama sıcaklık (T) ve yıllık toplam yağışı (P) dikkate alırken, Gottman tarafından yapılan geliştirmede en kurak aya ilişkin yağış (P_d) ve sıcaklık (T_d) değerleri de hesaba katılmıştır. Böylece indis, yıllık ortalamalarla birlikte ekstrem kurak dönemlerin etkisini de yansıtacak biçimde genişletilmiştir. de Martonne-Gottman formülü denklem (1)'de verilmiştir:

$$I_{DMG} = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{T+10} + \frac{12xPd}{Td+10} \right) \quad (1)$$

UNEP kuraklık indisi, denklem (2)'de gösterildiği üzere, yağışın (P) potansiyel evapotranspirasyona (PET) oranı dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu indis, iklim bölgelerinin nemlilik ve kuraklık düzeylerini tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir. Çalışmada potansiyel evapotranspirasyon değerleri, Thornthwaite yöntemi (Thornthwaite, 1948) kullanılarak hesaplanmıştır (Denklem 3-5). Bu yöntem, yalnızca sıcaklık verilerini kullanarak aylık potansiyel evapotranspirasyon miktarını tahmin eden, ampirik temelli bir yöntemdir ve veri kısıtlı alanlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Denklem (2)'de yer alan $AdjF$ terimi, PET değerini ay içerisindeki ortalama gün uzunluğuna göre düzenleyen bir düzeltme katsayısını ifade etmektedir. Td , her bir ay için hesaplanan ortalama günlük sıcaklık ($^{\circ}C$) değeridir; hesaplamalarda $0^{\circ}C$ 'nin altındaki sıcaklıklar PET'e katkı sağlamadığından, bu değerler sıfır olarak kabul edilmiştir. I parametresi, on iki aylık ortalama sıcaklıklardan (Tm) türetilen ve yıl boyunca biriken toplam ısı miktarını temsil eden yıllık ısı indeksidir. a katsayısı ise bu ısı indeksinden elde edilen, sıcaklık değişimlerinin potansiyel evapotranspirasyon üzerindeki etkisini düzenleyen ampirik bir parametredir (Yavaşlı & Erhat, 2023).

$$UNEP = \frac{P}{PET} \quad (2)$$

$$PET = 16 \times AdjF \times \left(\frac{10 \times Td}{I} \right)^a \quad (3)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{Tm}{5} \right)^{1.514} \quad (4)$$

$$a = (6.75 \times 10^{-7})I^3 - (7.71 \times 10^{-5})I^2 - (1.792 \times 10^{-2})I + 0.49239 \quad (5)$$

Erinç tarafından geliştirilen Erinç Yağış Etkinlik İndisi (I_m) ise (Erinç, 1965), yıllık toplam yağışın (P), yıllık ortalama maksimum sıcaklığa (Tom) oranı esas alınarak hesaplanmaktadır (Denklem 6).

$$I_m = \frac{P}{Tom} \quad (6)$$

Tablo 1. Kullanılan iklim indislerinin eşik değerleri ve iklim özellikleri

İndisler	Eşik Değerleri	İklim Özellikleri
de Martonne-Gottman İklim İndisi	$DMG < 5$	Kurak
	$5 \leq DMG < 10$	Yarı Kurak
	$10 \leq DMG < 20$	Yarı Kurak-Nemli Arası
	$20 \leq DMG < 30$	Yarı Nemli
	$30 \leq DMG < 60$	Nemli
	$DMG \geq 60$	Çok Nemli
UNEP Kuraklık İndisi	$UNEP < 0.05$	Aşırı Kurak
	$0.05 \leq UNEP < 0.2$	Kurak
	$0.2 \leq UNEP < 0.5$	Yarı Kurak
	$0.5 \leq UNEP < 0.65$	Kuru Yarı Nemli
	$0.65 \leq UNEP < 1$	Yarı Nemli
	$UNEP \geq 1$	Nemli
Erinç Yağış Etkinlik İndisi	$Eİ \leq 8$	Şiddetli Kurak
	$8 \leq Eİ < 15$	Kurak
	$15 \leq Eİ < 23$	Yarı Kurak
	$23 \leq Eİ < 40$	Yarı Nemli
	$40 \leq Eİ < 55$	Nemli
	$Eİ \geq 55$	Çok Nemli

Ortalama ve maksimum sıcaklık ile toplam yağışlara ait raster veriler ilk olarak çalışma alanının sınırları göz önüne alınarak maskelenmiş, ortalama sıcaklık ve toplam yağış değerleri, olası risk durumlarının belirlenebilmesi amacıyla belirli aralıklarla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında sınıflandırılmış ve her bir sınıfın bölge içerisindeki yüzdesel dağılımı hesaplanmıştır. Sıcaklık ve yağışların mevsimsel durumunu belirlemek amacıyla, aylık raster veriler ilgili mevsimleri oluşturan aylar (örneğin, Aralık-Ocak-Şubat: kış; Mart-Nisan-Mayıs: ilkbahar; Haziran-Temmuz-Ağustos:

yaz; Eylül-Ekim-Kasım: sonbahar) birleştirilerek mevsimsel rasterlara dönüştürülmüştür. İklim indislerinin hazırlanmasında açık kaynak kodlu R yazılımı (versiyon 4.4.1) kullanılmış, indislerin ilgili formülleri R ortamına taşınarak indis modelleri oluşturulmuştur. Ardından elde edilen sürekli indis modelleri CBS ortamında Tablo 1’de yer alan eşik değerleri dikkate alınarak sınıflandırılmış ve haritalanmıştır. Sınıflandırılan indislerin her emisyon senaryosu ve dönem ile matematiksel olarak karşılaştırılabilmesi amacıyla indis sınıflarının bölge içerisindeki dağılımları yüzde (%) cinsinden hesaplanmıştır. İklim indislerinin sınıflandırılmış halleri, CORINE arazi örtüsü sınıfları ile CBS ortamında karşılaştırılarak, her arazi sınıfında kuraklık koşullarının oranları hesaplanmıştır. Bu hesaplama sırasında detaylı CORINE sınıfları, yapay alanlar, tarımsal alanlar, orman ve yarı doğal alanlar, sulak alanlar ve su yapıları olmak üzere daha genel kategoriler hâlinde birleştirilmiştir.

Bulgular

Sıcaklık ve Yağışa ilişkin Gelecek Senaryoları

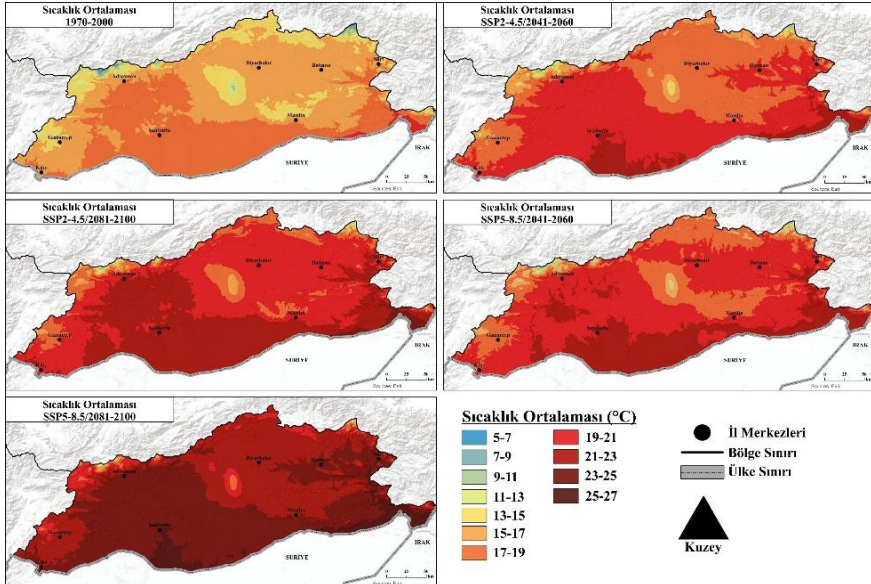
Referans periyot olan 1970-2000 dönemine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde 15-17°C aralığı, bölgede %45 oran ile en fazla alan kaplayan sıcaklık aralığıdır. Yaklaşık %37 ile bölgede en fazla paya sahip olan ikinci sıcaklık aralığı ise 17-19°C’dir (Tablo 2). Sıcaklıklarla ilgili gelecek simülasyonları bölgenin ortalama sıcaklıklarında önemli sıcaklık artışlarını öngörmektedir. Referans dönemde kuzeydeki yüksek alanlar daha serin koşullara sahipken, güney kesimlerde sıcaklıkların nispeten daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir. Gelecek projeksiyonlarında bu serin alanların giderek daralabileceği, sıcaklıkların bölge geneline yayılabileceği ve özellikle güney ve güneydoğu kesimlerde daha baskın hale gelebileceği tahmin edilmektedir. Yüzyılın sonuna doğru tüm bölgede sıcak karakterin hâkim olduğu, kuzeydeki serin alanların büyük ölçüde ortadan kalktığı görülmektedir (Şekil 2). Orta-iyimser senaryonun 2041-2060 ve 2081-2100 dönemlerine göre 19-21°C sıcaklık ortalaması bölgede en fazla alan kaplayacak sıcaklık aralığına karşılık gelmektedir. 17-19°C aralığı 2041-2060 dönemine göre, 21-23°C aralığı ise 2081-2100 döneminde en yüksek ikinci sıcaklık aralığına karşılık gelmektedir. Kötümser senaryonun 2041-

2060 dönemi, bölgenin yarısından fazlasının 19-21°C sıcaklık aralığında, 2081-2100 döneminde ise 23-25°C aralığının bölgenin yarısında etkili olabileceğini göstermektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Sıcaklığın referans periyot ve gelecek senaryolarına göre yüzdesel dağılımı (%)

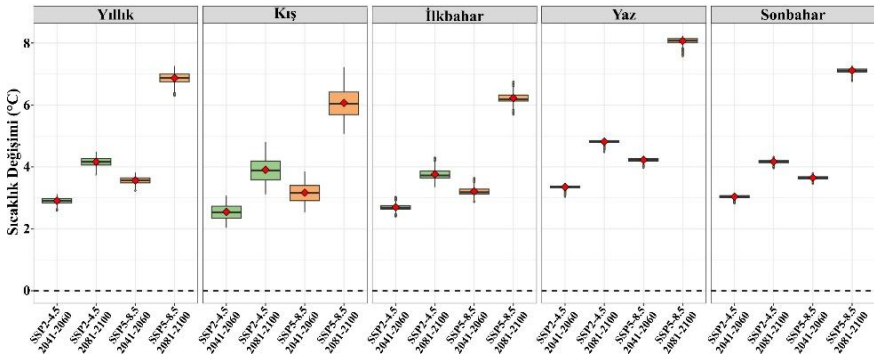
Sıcaklık (°C)	1970-2000 (%)	SSP2-4.5 (%)		SSP5-8.5 (%)	
		2041-2060	2081-2100	2041-2060	2081-2100
5-7	0,04	0	0	0	0
7-9	0,24	0,00	0	0,00	0
9-11	0,55	0,11	0,02	0,06	0
11-13	2,05	0,37	0,20	0,28	0,00
13-15	13,75	1,05	0,47	0,69	0,10
15-17	44,74	5,12	1,81	2,76	0,39
17-19	37,31	35,71	10,62	21,44	1,08
19-21	1,31	48,82	45,60	51,62	5,22
21-23	0	8,80	39,44	23,13	35,92
23-25	0	0	1,83	0	50,47
25-27	0	0	0	0	6,82
Toplam	100	100	100	100	100

Şekil 2. Referans dönem ve gelecek dönemlere göre sıcaklık ortalamalarının mekansal değişimi



Bölge genelindeki ortalama sıcaklık değişim analizi, tüm senaryo, dönem ve mevsimlerde güçlü ve tutarlı bir ısınma durumunu açık biçimde ortaya koymaktadır. Şekil 3'te yer alan tüm kutu grafiklerin medyan (orta çizgi) ve ortalama (kırmızı baklava) değerleri, 0°C referans çizgisinin belirgin bir şekilde üzerinde yer almakta ve bölge genelinde anlamlı bir sıcaklık artışını göstermektedir. Yıllık ortalama sıcaklık artışı, SSP2-4.5 altında 2041-2060 döneminde +3°C, 2081-2100 döneminde ise +4°C civarındadır. Buna karşılık, en kötümser senaryo olan SSP5-8.5 altında ısınma çok daha belirgindir; 2041-2060 döneminde ortalama +3,6°C, 2081-2100 döneminde ise +6,9°C'ye ulaşmaktadır. Mevsimsel olarak incelendiğinde, ısınmanın en şiddetli yaşanacağı dönem yaz mevsimidir. Yaz döneminde sıcaklık artışı SSP2-4.5 senaryosunda +3,3 °C ile 4,8°C, SSP5-8.5 senaryosunda ise +4,2°C ile 8,1°C aralığında değişmektedir. Kış mevsiminde SSP2-4.5 senaryosuna göre +2,5°C ile +3,9°C, SSP5-8.5 senaryosuna göre ise +3,2°C ile +6,1°C arasında artabileceği tahmin edilmektedir. İlkbahar mevsiminin uzak gelecek senaryosunda SSP2-4.5'e göre +3,8°C, SSP5-8.5 senaryosuna göre ise +6,2°C artış olabileceği belirlenmiştir. Sonbahar mevsiminde ise kötümser senaryonun uzak geleceğinde sıcaklık artışı +7°C'yi biraz aşmaktadır (Şekil 3).

Şekil 3. Referans döneme göre sıcaklığın gelecek senaryoları altında yıllık ve mevsimsel değişimi



Yağışların yüzdesel dağılımları incelendiğinde, referans dönemde bölge genelinde yağışların özellikle 450-700 mm aralığında yoğunlaştığı görülmektedir. Gelecek senaryolarında da bu dağılım büyük ölçüde korunmakla birlikte, en yüksek emisyon

senaryosu olan SSP5-8.5'in 2081-2100 dönemi, diğer senaryo ve dönemlerden farklı bir profil sergilemektedir. Bu senaryoda, bölge içerisindeki düşük yağış sınıflarının yüzdesel payında bir artış gözlemlenmektedir (Tablo 3).

Yağışların mekansal dağılımı genel olarak referans dönemde ve gelecek senaryolarda benzer bir yapı göstermektedir. Güneydoğu Torosların güney ve batı kesimleri, Mardin-Midyat Eşiği ve Karacadağ gibi yüksek alanlarda yağış değerleri yüksekken, bölgenin alçak ve ovalık sahalarında düşük yağış değerleri hâkimdir (Şekil 4).

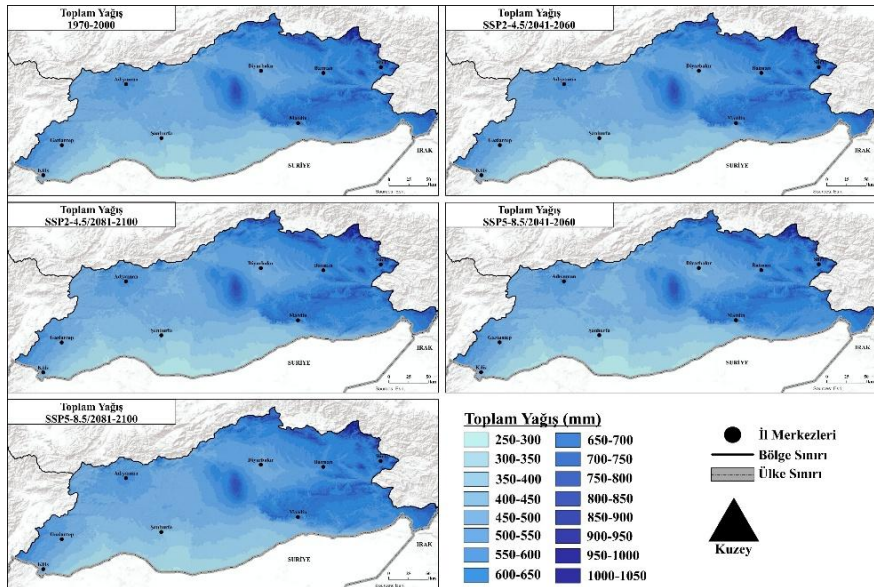
Tablo 3. Yağışın referans periyot ve gelecek senaryolarına göre yüzdesel dağılımı (%)

Yağış (mm)	1970-2000 (%)	SSP2-4.5 (%)		SSP5-8.5 (%)	
		2041-2060	2081-2100	2041-2060	2081-2100
250-300	0,04	0	0	0	3,03
300-350	1,90	2,42	2,36	3,03	7,87
350-400	7,21	7,49	7,52	7,87	8,77
400-450	8,34	8,32	8,42	8,77	13,26
450-500	10,12	10,54	10,80	13,26	18,72
500-550	18,95	18,48	18,77	18,72	13,93
550-600	15,99	15,51	15,26	13,93	13,30
600-650	12,58	11,86	11,71	13,30	11,15
650-700	12,80	12,79	12,66	11,15	5,88
700-750	6,83	7,02	7,01	5,88	2,34
750-800	3,14	3,20	3,14	2,34	0,95
800-850	1,24	1,37	1,37	0,95	0,32
850-900	0,42	0,46	0,45	0,32	0,23
900-950	0,23	0,20	0,20	0,23	0,23
950-1000	0,25	0,30	0,29	0,23	0
1000-1050	0,01	0,05	0,06	0,00	0
Toplam	100	100	100	100	100

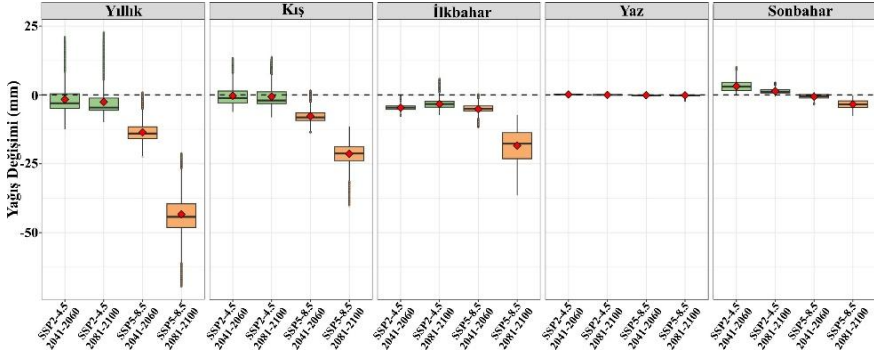
Bölge genelindeki ortalama yağış değişimlerinin referans döneme göre mm cinsinden mutlak analizi, senaryolar ve dönemler arasında farklılıklar göstermektedir. SSP2-4.5 senaryosu altında hem 2041-2060 hem de 2081-2100 dönemleri için yağış değişimleri sınırlı düzeydedir. Bu senaryoda ortalama ve medyan değerlerin genellikle 0 mm çizgisine yakın seyretmesi, yağış projeksiyonlarında belirgin bir artış veya azalış durumunun

olmadığını; yalnızca hafif bir azalmanın öne çıktığını göstermektedir. Yıllık bazda ortalama azalma, SSP2-4.5 senaryolarında -1,6 mm ile -2,5 mm arasındadır. Buna karşılık, SSP5-8.5 altında yağış miktarlarında dönem ilerledikçe daha belirgin bir azalma eğilimi gözlenmektedir. Yıllık toplam yağışlarda ortalama azalma 2041-2060 döneminde yaklaşık -13,6 mm, 2081-2100 döneminde ise -43 mm seviyesine ulaşmaktadır. Bu durum, yüzyılın sonuna doğru yağış rejiminde zayıflama olasılığına işaret etmektedir. Mevsimsel dağılım incelendiğinde, kış ve ilkbahar yağışlarındaki azalma SSP5-8.5 senaryosunun 2081-2100 dönemi sırasıyla yaklaşık -21 mm ve -18 mm civarındadır. Buna karşın, yaz mevsimi her iki senaryoda da 0 mm çizgisine çok yakın seyreterek bölgenin kurak karakterinin büyük ölçüde korunacağını göstermektedir. Sonbahar mevsimi ise değişimin en az olduğu mevsimlerden biridir ve SSP5-8.5 (2081-2100) altında bile ortalama azalma yaklaşık -3 mm düzeyinde kalmaktadır (Şekil 5).

Şekil 4. Referans dönem ve gelecek dönemlere göre toplam yağışların mekansal değişimi



Şekil 5. Referans döneme göre yağışın gelecek senaryoları altında yıllık ve mevsimsel değişimi



İklim İndislerine İlişkin Gelecek Senaryoları

de Martonne-Gottman Kuraklık İndisi

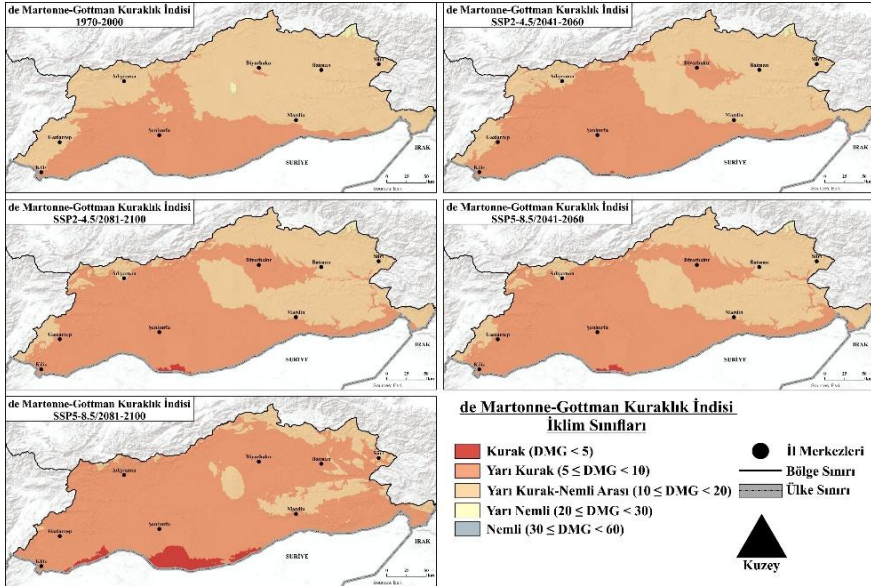
de Martonne-Gottman kuraklık indisine göre 1970-2000 referans döneminde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin büyük bir kısmı yarı kurak-nemli arası (%62,7) ve yarı kurak (%36,6) iklim koşulları altında bulunmaktadır. SSP2-4.5 senaryosunun 2041-2060 döneminde yarı kurak alanların oranı %51'lere yükselirken, yarı kurak-nemli arası alanlar %50'lere düşmüştür. 2081-2100 döneminde yarı kurak alanların oranı %59'a ulaşmış, yarı kurak-nemli arası alanlar ise %40'lara düşmüştür. SSP5-8.5 senaryosunun yakın gelecek senaryosu da orta-iyimser senaryonun uzak gelecek senaryosuna benzer bulgular göstermektedir. Ancak 2081-2100 döneminde kurak sınıflı alanlar %4, yarı kurak alanlar ise yaklaşık %82 seviyelerine kadar yükselmiştir (Tablo 4).

İndis modelleri "Kurak" alanların mekansal olarak Kilis, Gaziantep ve Şanlıurfa illerinin Suriye sınırına bitişik güney hatları boyunca ortaya çıkabileceğini, yarı kurak alanların ise bölge içerisinde yer alan yüksek kesimler haricindeki diğer alanlarda baskın hale gelebileceğini göstermektedir (Şekil 6).

Tablo 4. de Martonne- Gottman kuraklık İndisi için referans ve gelecek dönemlerin alan yüzdeleri (%)

İklim Sınıfları	1970-2000	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100	SSP5-8.5 2041-2060	SSP5-8.5 2081-2100
Kurak	0,0	0,1	0,5	0,3	4,0
Yarı Kurak	36,6	50,9	59,2	59,6	81,6
Yarı Kurak-Nemli Arası	62,7	48,7	40,0	39,9	14,4
Yarı Nemli	0,7	0,4	0,3	0,2	0,0
Nemli	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toplam	100	100	100	100	100

Şekil 6. de Martonne-Gottman kuraklık indisinin referans dönem ile SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarına göre (2041-2060 ve 2081-2100 dönemleri) mekânsal dağılım



UNEP Kuraklık İndisi

Referans döneminde, özellikle Güneydoğu Torosların güney ve doğu kesimleri ile Karacadağ kütlesi, UNEP kuraklık indisine göre nemli iklim özellikleri göstermekte olup, bu sınıf bölge alanının yaklaşık %3'ünü kapsamaktadır. Bölge genelinde en geniş alan kaplayan iklim sınıfları ise yarı nemli (%39,7) ve kuru yarı nemli

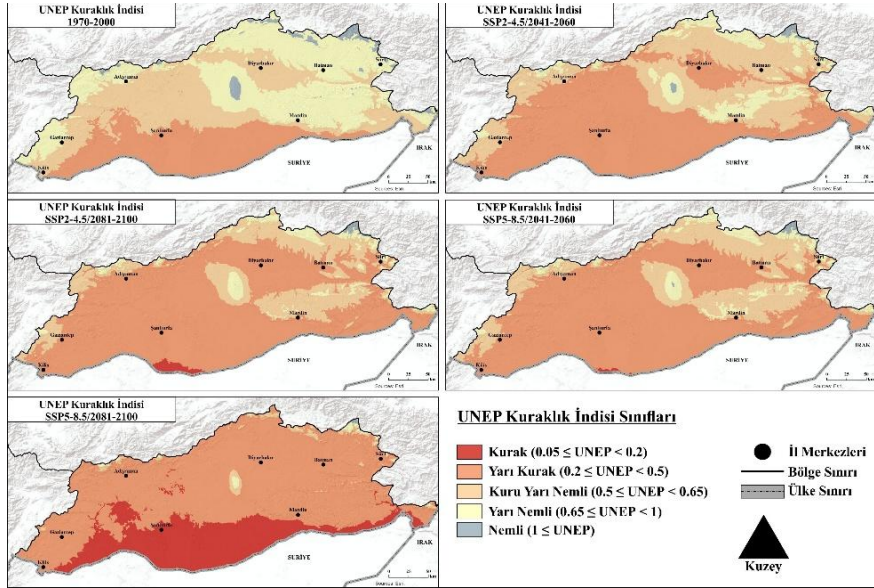
(%33,3) sınıflardır. Bu iki baskın sınıfın, senaryoların öngörülleri doğrultusunda gelecek dönemlerde giderek azalacağı belirlenmiştir. Yarı nemli alanların, SSP2-4.5 senaryosunda 2041-2060 döneminde %11'e, 2081-2100 döneminde ise %5'e kadar düşebileceği tahmin edilmektedir. Aynı iklim sınıfının SSP5-8.5 senaryosuna göre 2041-2060 döneminde %6'ya, 2081-100 döneminde ise %1'in altına gerileyebileceği öngörülmektedir. Benzer biçimde, kuru yarı nemli iklim sınıfının da kötümser senaryoya göre yüzyılın sonunda %2 düzeyine kadar azalabileceği belirlenmiştir. Buna karşılık, referans dönemde bölge alanının yaklaşık %24'ünü kaplayan yarı kurak iklim sınıfının, her iki senaryoda da yüzyılın sonunda %70'i aşan bir yayılışa ulaşabileceği, referans dönemde bölgede görülmeyen kurak iklim sınıflarının ise kötümser senaryoya göre yüzyılın sonunda %25 civarına kadar artabileceği öngörülmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. UNEP kuraklık İndisi için referans ve gelecek dönemlerin alan yüzdeleri (%)

İklim Sınıfları	1970-2000	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100	SSP5-8.5 2041-2060	SSP5-8.5 2081-2100
Kurak	0,0	0,0	1,1	0,3	24,6
Yarı Kurak	24,4	55,5	70,8	67,4	72,3
Kuru Yarı Nemli	33,3	32,7	22,6	25,5	2,3
Yarı Nemli	39,7	11,1	5,1	6,3	0,7
Nemli	2,6	0,7	0,4	0,5	0,1
Toplam	100	100	100	100	100

UNEP kuraklık indisine göre, emisyon artışları ve dönemsel sıcaklık yükselişleriyle birlikte bölgenin giderek kurak koşulların etkisi altına girdiği anlaşılmaktadır. Model sonuçları, referans dönemde yarı kurak koşullara sahip alanların yüzyılın sonunda kurak sınıfa dönüşebileceğini, bu alanların batıda Kilis'ten başlayarak doğuda Şırnak'a kadar uzanan Suriye sınırı boyunca yayılım göstereceğini ve özellikle Şanlıurfa'nın güney kesimlerinde baskın hale gelebileceğini ortaya koymaktadır (Şekil 7).

Şekil 7. UNEP kuraklık indisinin 1970-2000 referans dönemi ile SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarına göre (2041-2060 ve 2081-2100 dönemleri) mekânsal dağılım



Erinç Yağış Etkinlik İndisi

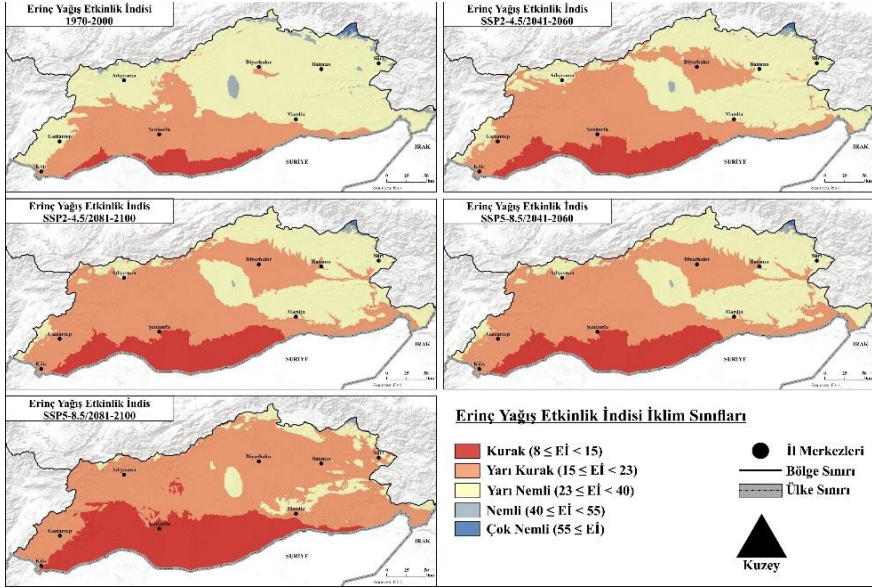
Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin iklim yapısı, Erinç yağış etkinlik indisi sonuçlarına göre belirgin bir mekânsal farklılık göstermekte ve referans dönemde dahi kuraklık etkisi izlenmektedir. Bölgenin kuzey kesimleri görece daha nemli koşullara sahipken, güney ve güneydoğu kısımlarında kuraklık etkisi belirgindir. 1970-2000 dönemine ait referans haritası, çalışma alanının büyük bölümünün yarı nemli (%60,1) ve yarı kurak (%31,3) iklim sınıflarında yer aldığını, kurak alanların ise sınırlı bir dağılıma sahip olduğunu (%5,8) ortaya koymaktadır. Nemli (%2,4) ve çok nemli (%0,4) alanlar yalnızca bölgenin yüksek kesimlerinde gözlenmiştir (Tablo 6, Şekil 8).

Tablo 6. Erinç yağış etkinlik indisi için referans ve gelecek dönemler için alan yüzdeleri (%)

İklim Sınıfları	1970-2000	SSP2-4.5 2041-2060	SSP2-4.5 2081-2100	SSP5-8.5 2041-2060	SSP5-8.5 2081-2100
Kurak	5,8	12,7	15,5	15,1	28,4
Yarı Kurak	31,3	44,3	49,9	50,0	62,0
Yarı Nemli	60,1	42,0	34,0	34,1	9,4
Nemli	2,4	0,8	0,5	0,6	0,2
Çok Nemli	0,4	0,2	0,1	0,2	0,0
Toplam	100	100	100	100	100

Gelecek dönem projeksiyonlarında (SSP2-4.5 ve SSP5-8.5) kurak ve yarı kurak koşulların alan olarak genişlemesi dikkat çekmektedir. SSP2-4.5 senaryosunda 2041-2060 dönemi için kurak alan oranı yaklaşık %13, yarı kurak alan oranı ise yaklaşık %44 olarak hesaplanmıştır. Aynı senaryonun 2081-2100 döneminde bu oranlar sırasıyla %15 ve %50 seviyelerine ulaşmaktadır. Bu artış, bölgenin orta ve güney kesimlerinde kuraklık etkisinin giderek güçleneceğine işaret etmektedir. Daha yüksek emisyon koşullarını temsil eden SSP5-8.5 senaryosunda değişim çok daha belirgindir. 2041-2060 döneminde kurak alan oranı %15, yarı kurak alan oranı %50 iken; 2081-2100 döneminde bu oranlar %28 ve %62'ye yükselmektedir. Buna karşılık yarı nemli alanlar, referans dönemdeki %60'lık orandan SSP5-8.5 senaryosunun 2081-2100 döneminde yalnızca %9'lara gerilemiştir (Tablo 6). Bu durum, bölgenin büyük kısmının yarı nemli sınıftan yarı kurak veya kurak sınıfa geçeceğini göstermektedir. Mekânsal açıdan değerlendirildiğinde, kuraklık koşullarının özellikle Şanlıurfa, Mardin, Gaziantep ve Kilis çevresinde yoğunlaştığı; Diyarbakır, Batman ve Siirt çevresinde ise yarı kurak koşulların baskın hâle geldiği görülmektedir. Bölgenin kuzey kesimlerinde ve iç kesimlerdeki yüksek alanlarında kısmen yarı nemli alanlar varlığını sürdürmekle birlikte, gelecekte bu alanların da daralacağı öngörülmektedir (Şekil 8).

Şekil 8. Erinç yağış etkinlik indisinin 1970-2000 referans dönemi ile SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarına göre (2041-2060 ve 2081-2100 dönemleri) mekânsal dağılım



Kuraklık İndisleri ile Arazi Örtüsü Sınıflarının İlişkilendirilmesi

Yerleşim alanlarının bulunduğu ve insan faaliyetlerinin yoğunlaştığı, yapay alanlar, kuraklaşmaya karşı belirgin bir hassasiyet sergilemektedir. Referans dönemde bu alanlarda “kurak” sınıfın oranı %0 ile %5 arasında değişirken (Tablo 7-9), özellikle UNEP (Tablo 8) ve Erinç (Tablo 9) indislerine göre SSP5-8.5 senaryosunun sonunda (2081-2100) bu alanların yaklaşık üçte birinin (%29,8-%33) “kurak” iklim sınıfına geçiş yapabileceği tahmin edilmektedir. Bu tür alanların yarı kurak sınıf içindeki payının, referans döneminde kullanılan üç farklı kuraklık indisine göre %28 ile %38 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, kötümser senaryoya göre yüzyılın sonunda bu oranın %64 ile %91’e kadar artacağı öngörülmektedir (Tablo 7-9).

Tarımsal alanlar, mevcut durumda ağırlıklı olarak yarı nemli iklim sınıflarında yer almaktadır. Gelecek projeksiyonları ise bu

alanların, gıda güvenliğini riske atabilecek şekilde, kurak ve yarı kurak iklim sınıflarında daha geniş bir yayılım gösterebileceğine işaret etmektedir. Mevcut durumda tarımsal alanların de Martonne-Gottman indisine göre %55,8'i yarı kurak-nemli arasında, UNEP indisine göre %69,5'i yarı nemli (kuru yarı nemli + yarı nemli), Erinç indisine göre ise %54,3'ü yarı nemli iklim sınıfında bulunmaktadır. Yüzyılın sonu için SSP2-4.5 senaryosunda, tarımsal alanların de Martonne-Gottman indisine göre %69,8'inin, UNEP indisine göre %79,4'ünün ve Erinç indisine göre %56,9'unun yarı kurak iklim sınıfına geçiş yapacağı belirlenmiştir. SSP5-8.5 senaryosunda ise bu oranların sırasıyla %87,4, %69,3 ve %61,3 düzeylerine ulaşacağı öngörülmektedir. Mevcut durumda tarımsal alanların %0-8 arasında dağıldığı kurak iklim sınıflarında ise yüzyıl sonu için dikkat çekici bir artış olabileceği belirlenmiştir. Bu oranların, SSP2-4.5 senaryosunda %0-19, SSP5-8.5 senaryosunda ise %5-35 aralığında gerçekleşebileceği tahmin edilmektedir (Tablo 7-9).

Ekolojik denge açısından kritik öneme sahip olan orman ve yarı doğal alanlar, mevcut durumda de Martonne-Gottman indisine göre %77,8 oranında yarı kurak-nemli, UNEP indisine göre %79,9 oranında yarı nemli, Erinç indisine göre ise %72,5 oranında yarı nemli iklim sınıfında yer almaktadır. Yüzyılın sonu için SSP2-4.5 senaryosu değerlendirildiğinde, bu alanların de Martonne-Gottman indisine göre %37,1'inin, UNEP indisine göre %53,6'sının ve Erinç indisine göre %34,6'sının yarı kurak iklim sınıfına geçiş yapacağı öngörülmektedir. SSP5-8.5 senaryosunda ise yarı kurak sınıfa geçişin daha belirgin olacağı ve oranların sırasıyla %69,9, %78,9 ve %62,7 düzeylerine ulaşabileceği tahmin edilmektedir (Tablo 7-9).

1970-2000 döneminde sulak alanlar, de Martonne-Gottman indisine göre %89,8 oranında yarı kurak-nemli, UNEP indisine göre %93,9 oranında yarı nemli özellik gösteren iklim sınıflarında, Erinç indisine göre ise %77,6 oranında yarı nemli iklim sınıfında yer almaktadır. 2081-2100 dönemi için SSP2-4.5 senaryosu değerlendirildiğinde, sulak alanların de Martonne-Gottman indisine göre %93,9'unun, UNEP indisine göre %75,5'inin ve Erinç indisine göre %93,9'unun yarı kurak iklim sınıfına geçiş yapabileceği belirlenmiştir. SSP5-8.5 senaryosunda ise yarı kurak sınıfa geçişin

daha belirginleşeceği ve bu oranların sırasıyla %100 ve %93,9 düzeylerine ulaşabileceği tahmin edilmektedir (Tablo 7-9).

Su yapıları, referans dönemde büyük ölçüde yarı nemli iklim sınıflarında yer almaktadır. Gelecek projeksiyonları ise bu alanların, kurak ve yarı kurak iklim sınıflarında daha geniş bir yayılım gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Mevcut durumda su yapılarının de Martonne-Gottman indeksine göre %41,7'si yarı kurak-nemli, UNEP indeksine göre %89,7'si yarı nemli, Erinc indeksine göre ise %64,7'si yarı nemli iklim sınıfında bulunmaktadır. Yüzyılın sonu için SSP2-4.5 senaryosunda, su yapılarının de Martonne-Gottman indeksine göre %85,1'inin, UNEP indeksine göre %91,4'ünün ve Erinc indeksine göre %81,7'sinin yarı kurak iklim sınıfına geçiş yapacağı öngörülmektedir. SSP5-8.5 senaryosunda ise yarı kurak alanlara geçişin daha belirginleşeceği ve bu oranların sırasıyla %98,5, %86,4 ve %88,0 düzeylerine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Mevcut durumda su yapılarının %0-1,7 arasında gözlemlendiği kurak iklim sınıflarında ise yüzyıl sonunda dikkat çekici bir artış beklenmektedir. Bu oranların SSP2-4.5 senaryosunda %0-6,1, SSP5-8.5 senaryosunda ise %1,3-13,5 aralığında gerçekleşebileceği öngörülmektedir.

Tablo 7. CORINE arazi örtüsü sınıflarının de Martonne-Gottman kuraklık indisi sınıflarına göre yüzdesel dağılımı (%)

CORINE Sınıfları	Senaryo/Dönem	Kurak (%)	Yarı Kurak (%)	Yarı Kurak- Nemli Arası (%)	Yarı Nemli (%)	Nemli (%)
Yapay Alanlar	1970-2000	0,0	38,4	61,6	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	0,0	61,8	38,2	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	0,3	72,0	27,7	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,3	72,3	27,4	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	3,8	90,7	5,5	0,0	0,0
Tarımsal Alanlar	1970-2000	0,0	44,2	55,8	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	0,1	60,3	39,6	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	0,6	69,8	29,6	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,5	69,9	29,6	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	5,5	87,4	7,1	0,0	0,0
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	1970-2000	0,0	20,3	77,8	1,9	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	0,0	30,4	68,7	1,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	0,0	37,1	62,2	0,7	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,0	37,0	62,2	0,7	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	0,7	69,9	29,3	0,0	0,0
Sulak Alanlar	1970-2000	0,0	10,2	89,8	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	0,0	61,2	38,8	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	0,0	93,9	6,1	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,0	93,9	6,1	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Su Yapıları	1970-2000	0,0	58,3	41,7	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	0,0	78,4	21,6	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	0,0	85,1	14,9	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,0	85,2	14,8	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	1,3	98,5	0,3	0,0	0,0

Tablo 8. CORINE arazi örtüsü sınıflarının UNEP kuraklık indisi sınıflarına göre yüzdesel dağılımı (%)

CORINE Sınıfları	Senaryo/Dönem	Kurak (%)	Yarı Kurak (%)	Kuru Yarı Nemli (%)	Yarı Nemli (%)	Nemli (%)
Yapay Alanlar	1970-2000	0,0	28,7	36,8	34,2	0,2
	SSP2-4.5/2041-2060	0,0	60,5	36,1	3,4	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	1,4	82,1	15,6	0,9	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,2	79,6	18,9	1,3	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	29,8	70,0	0,2	0,0	0,0
Tarımsal Alanlar	1970-2000	0,0	30,2	37,9	31,6	0,3
	SSP2-4.5/2041-2060	0,0	65,2	29,8	4,9	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	1,5	79,4	17,8	1,2	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,4	76,7	21,1	1,9	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	30,4	69,3	0,3	0,0	0,0
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	1970-2000	0,0	13,0	22,4	57,5	7,1
	SSP2-4.5/2041-2060	0,0	65,2	29,8	4,9	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	0,1	53,6	33,3	13,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,0	48,6	36,1	15,3	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	13,0	78,9	6,1	2,1	0,0
Sulak Alanlar	1970-2000	0,0	6,1	65,3	28,6	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	0,0	61,2	38,8	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	0,0	75,5	24,5	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,0	75,5	24,5	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	6,1	93,9	0,0	0,0	0,0
Su Yapıları	1970-2000	0,0	10,2	75,0	14,7	0,1
	SSP2-4.5/2041-2060	0,0	83,5	16,4	0,1	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	0,0	91,4	8,5	0,1	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	0,0	88,6	11,3	0,1	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	13,5	86,4	0,1	0,0	0,0

Tablo 9. CORINE arazi örtüsü sınıflarının Erinç yağış etkinlik indisi sınıflarına göre yüzdesel dağılımı (%)

CORINE Sınıfları	Senaryo/Dönem	Kurak (%)	Yarı Kurak (%)	Yarı Nemli (%)	Nemli (%)	Çok Nemli (%)
Yapay Alanlar	1970-2000	5,1	35,1	59,6	0,2	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	11,1	59,7	29,2	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	15,4	64,1	20,5	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	15,3	64,4	20,3	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	33,0	64,3	2,6	0,0	0,0
Tarımsal Alanlar	1970-2000	7,8	37,6	54,3	0,3	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	16,4	51,5	32,1	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	19,8	56,9	23,3	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	19,7	57,0	23,3	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	35,2	61,3	3,5	0,0	0,0
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	1970-2000	1,6	19,3	72,5	6,6	1,0
	SSP2-4.5/2041-2060	5,6	28,0	64,1	2,3	0,4
	SSP2-4.5/2081-2100	7,0	34,6	57,1	1,3	0,2
	SSP5-8.5/2041-2060	6,9	34,7	57,1	1,3	0,2
	SSP5-8.5/2081-2100	15,5	62,7	21,4	0,5	0,0
Sulak Alanlar	1970-2000	0,0	22,4	77,6	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	6,1	71,4	22,4	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	6,1	93,9	0,0	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	6,1	93,9	0,0	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	6,1	93,9	0,0	0,0	0,0
Su Yapıları	1970-2000	1,7	33,6	64,7	0,1	0,0
	SSP2-4.5/2041-2060	5,3	78,8	15,9	0,0	0,0
	SSP2-4.5/2081-2100	6,1	81,7	12,3	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2041-2060	6,3	81,5	12,3	0,0	0,0
	SSP5-8.5/2081-2100	11,9	88,0	0,1	0,0	0,0

Tartışma ve Sonuç

Çalışmanın bulguları, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin sıcaklıklarında önemli artışların olabileceğini ve belirgin bir biçimde kurak koşulların yaşanabileceğini göstermektedir. Sıcaklık artışları, yağış azalması ve buna bağlı olarak iklim indislerinde gözlenen sınıf geçişleri, bölgenin iklimsel, ekolojik ve sosyo-ekonomik yapısında ciddi değişimlerin yaşanabileceğine işaret etmektedir. Elde edilen sonuçlar, özellikle yüksek emisyon senaryosu olan SSP5-8.5 altında, bölgenin büyük bir kısmının yarı kurak ve kurak koşulların etkisi altına girebileceğini ortaya koymaktadır. Bu durum, Akdeniz Havzasında yapılan çalışmalarla uyumludur (Cook vd., 2016; Deitch vd., 2017; Beguería vd., 2025).

Bulgular, gelecekte sıcaklık değerlerinde önemli bir artış, yağış miktarlarında ise hafif ancak bölgesel olarak önemli olabilecek azalışların yaşanabileceğini göstermektedir. Bölgenin yıllık ortalama sıcaklıkları referans dönemde 15-17°C aralığında daha yüksek paya sahiptir. Buna karşın, orta-iyimser senaryoya göre yüzyılın sonunda 19-21°C aralığı, kötümser senaryoya göre de 23-25°C aralığının en fazla paya sahip olabileceği tahmin edilmektedir. Ortalama sıcaklıklardaki mevsimsel artış tahminleri de endişe verici düzeydedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre özellikle yaz mevsiminde +8°C, sonbahar mevsiminde ise +7°C'ye varan sıcaklık artışları dikkat çekmektedir. Öte yandan SSP5-8.5 senaryosunda yıllık toplam yağışlarda görülen -40 mm civarındaki azalma ile bölgenin yağış alma açısından en önemli mevsimleri olan kış ve ilkbahar mevsimlerindeki yağış azalmaları, bölgenin hidrolojik dengesini olumsuz yönde etkileyebilir. SSP senaryolarının bölge için öngördüğü bu durumlar, buharlaşma oranlarının artmasına, toprak neminin azalmasına ve potansiyel evapotranspirasyonun yükselmesine neden olarak kuraklık riskinin artmasına neden olabilir.

Çalışmada elde edilen bulgular, literatürde yer alan çalışmalarla da benzerlik göstermektedir. Örneğin; Demircan vd. (2017), üç farklı küresel dolaşım modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarını kullanarak yaptıkları çalışmada, Türkiye'de ortalama sıcaklıklarda 6°C'ye varan artışların görülebileceğini, özellikle yaz

mevsiminde ortalama sıcaklıkların 8°C'ye kadar çıkabileceğini öngörmüş ve yağış rejimindeki düzensizliklere dikkat çekmişlerdir. Naaouf & Torma (2023), Suriye'nin ortalama sıcaklıklarının yüzyılın sonunda, 1989-2008 dönemine kıyasla, RCP4.5 senaryosunda 1,8°C, RCP8.5 senaryosunda ise 6°C artış gösterebileceğini belirtmişlerdir. Ozbuldu & Irvem (2025), Hatay ili için yaptıkları çalışmada kullandıkları SSP8.5 senaryosuna göre sıcaklıkların uzak gelecekte 2,4 °C ila 5,2°C arasında olabileceğini yağışların ise yine kötümser senaryo kapsamında %20 oranında azalabileceğini söylemişlerdir. Logothetis vd. (2025), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin büyük bir kısmını da kapsayan Doğu Akdeniz Bölgesine yönelik sıcaklık projeksiyonlarını inceledikleri çalışmalarında, 1970-2005 referans dönemine kıyasla 2070-2100 döneminde belirgin bir ısınma eğilimi öngörmektedirler. Çalışmalarının bulguları, SSP2-4.5 senaryosunda bölgesel sıcaklık artışlarının 1,5°C ile 4,5°C arasında, SSP5-8.5 senaryosunda ise 3°C ile 8°C arasında değişebileceğini göstermektedir. Ayrıca en yüksek sıcaklık artışlarının Türkiye başta olmak üzere Balkan Yarımadası ve Türkiye'nin karasal bölgelerinde ortaya çıkacağı vurgulanmaktadır. Mevsimsel değerlendirmeler ise ısınmanın özellikle yaz mevsiminde yoğunlaşacağını ortaya koymakta olup, yaz sıcaklıklarındaki artışın SSP2-4.5 senaryosunda yaklaşık 3°C ile 5°C, SSP5-8.5 senaryosunda ise 5°C ile 7°C düzeyine ulaşabileceği tahmin edilmektedir. Şener & Davraz (2025) ise Türkiye'nin güneybatısı için yaptıkları analizler sonucunda referans aldıkları Isparta meteoroloji istasyonunun 1930-2019 dönemi için kaydettiği ortalama sıcaklıkların 12,2 °C'den 2020-2100 öngörüsüne göre SSP5-8.5 senaryosu altında 17,98°C'ye (+5,78°C), SSP2-4.5 senaryosu altında ise 16,26 °C'ye (+4,06°C) yükselebileceğini ifade etmişlerdir. Aynı çalışma yağışlarda ise referans dönem için kaydedilen 562,2 mm yağışın, SSP5-8.5 kapsamında 481,43 (-80.77 mm) mm'ye, SSP2-4.5 kapsamında ise 509,09 mm'ye (-53,11 mm) düşeceğini öngörmüşlerdir.

Genel olarak, sıcaklık projeksiyonlarının doğruluğu ve tutarlılığı, küresel iklim modelleri açısından yağış projeksiyonlarına göre daha yüksektir. Bunun nedeni, sıcaklığın fiziksel olarak daha doğrudan bir değişken olması ve atmosferik modellerin enerji

dengesini daha kararlı şekilde temsil edebilmesidir. Nitekim, yağış sistemleri karmaşık bir dinamik yapıya sahiptir; konvektif süreçler, topografik etkiler, rüzgâr sistemleri ve bölgesel nem döngüsü gibi çok sayıda faktör tarafından belirlenir (Shepherd, 2014). Bu nedenle, küresel dolaşım modelleri yağışın mekânsal ve zamansal dağılımını tahmin etmede sıcaklıklara göre daha yüksek belirsizlik içerir. Bu durum çalışmada da gözlenmiştir: sıcaklık artışı tüm modellerde tutarlı biçimde görülürken, yağış değişimleri dönemler arasında daha değişken bir profil sergilemiştir.

de Martonne-Gottman, UNEP ve Erinç indisleri arasındaki karşılaştırma, üç göstergenin de farklı hesaplama yaklaşımlarına rağmen bölgenin gelecekte benzer iklimsel koşullara maruz kalabileceğini işaret etmektedir. Bölge genelinde de-Martonne-Gottman ve Unep kuraklık indislerine göre kurak sınıfın görülmediği, ancak en uç senaryoda bu iklim sınıfının de-Martonne-Gottman indisine göre %4, UNEP indisine göre ise %25 seviyelerine kadar bir alana karşılık gelebileceği tespit edilmiştir. Erinç yağış etkinlik indisine göre ise referans dönemde %6 civarında bir alana karşılık gelen kurak iklim sınıfının en uç senaryoda yaklaşık %28'lere kadar artabileceği belirlenmiştir. Mekânsal olarak en güçlü değişimlerin genel olarak Şanlıurfa, Mardin, Gaziantep ve Kilis çevresinde görülmesi, bu alanların düşük yükselti, yüksek sıcaklık ve düşük yağış kombinasyonuna sahip olmalarından kaynaklanmaktadır.

İklim indislerinin öngörülerinden elde edilen bulgular, önceki çalışmaların öngörülerıyla uyumludur. Yavaşlı & Erlat (2023), üç farklı küresel dolaşım modelinin SSP senaryoları ve üç iklim indisi (Pinna, Erinç ve UNEP) kullanılarak yaptıkları çalışmalarında, 2041 yılından itibaren Türkiye'de kurak alanların artacağını ve bu artışların özellikle Güneydoğu Anadolu, Orta Anadolu ve Doğu Akdeniz bölgelerinde belirgin olacağını belirtmişlerdir. Türkeş & Yurtseven (2025), Köppen-Geiger iklim tiplerine göre Türkiye'de yakın geçmişten geleceğe iklim koşullarının genel olarak daha kurak ve sıcak bir yapıya kayacağını, soğuk iklimlerin daralacağını ve yarı kurak ile Akdeniz iklimlerinin özellikle yüksek rakımlarda yayılacağını vurgulamaktadırlar. Hepbilgin & Koç (2019), Kazdağı ve yakın çevresi için

oluşturdukları gelecek projeksiyonlarında; yüzyılın sonuna kadar Erinç indisine göre çok nemli alanların %86, de Martonne indisine göre ise nemli alanların %35 oranında daralacağını öngörerek, sahada genel bir kuraklaşma sürecinin yaşanacağını belirtmişlerdir. Isinkaralar vd. (2024), tarafından Batı Karadeniz Havzası için SSP senaryoları kullanılarak gerçekleştirilen projeksiyonlar, Emberger indisine göre bölgedeki çok nemli alanların %58 seviyesinden %1'in altına düşeceğini; de Martonne indisine göre ise günümüzde kurak koşulları içermeyen alanların yüzyılın sonuna gelindiğinde çalışma alanının yaklaşık %42'sini oluşturabileceğini göstermektedir. Güller (2025), Orta Karadeniz Havzası için yaptığı çalışmada SSP senaryoları ile de Martonne, Pinna ve Lang kuraklık indislerini kullanmış; 2040 yılından sonra üç indisin de kuraklaşmayı işaret ettiğini ve SSP5-8.5 senaryosuna göre yüzyılın sonunda havzanın yaklaşık %50'sinin mevcut nemli koşullardan yarı kurak ve kurak koşullara geçebileceğini öngörmüştür. Bu bulgular, Türkiye'nin nemli havzalarında dahi önemli bir kuraklaşma eğilimi ve iklim tipi kayması yaşanacağını ortaya koymaktadır. Gelecek projeksiyonlarının yanı sıra, gözlemsel veriler kullanılarak yapılan güncel analizler de bölgedeki değişimi doğrulamaktadır. Örneğin, Pektaş & Aksu (2025), yüksek çözünürlüklü ERA5-Land verilerini kullanarak 1954-2023 dönemini kapsayan analizlerinde, Türkiye genelinde çok nemli alanların daraldığını vurgulamış; özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kurak karakterli yeni bir iklim alanının ortaya çıktığını belirleyerek bölgedeki kuraklaşma eğilimine dikkat çekmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen kuraklık projeksiyonları, bulgular bölümünde sunulan nicel verilerin ötesinde, arazi örtüsü/kullanım tiplerine göre farklılaşan olası ekolojik ve sosyo-ekonomik zafiyetleri ortaya koymaktadır. CORINE sınıfları temelinde yapılan bu değerlendirme, iklim değişikliği baskısının hangi alanlarda ne türden bir etki yaratacağını ve bu etkinin arazi kullanım karakteristiği ile olan ilişkisini daha net bir şekilde tartışmamıza olanak tanımaktadır. Yapay alanların dağılım gösterdiği iklim sınıflarında gerçekleşebilecek olası değişimler, kentlerde kentsel ısı adası etkisinin güçlenmesine, su temininde ciddi krizlerin ortaya çıkmasına ve genel yaşam kalitesinde düşüşlerin yaşanmasına neden

olabilir. Tarımsal alanlardaki dönüşüm, mevcut tarım desenlerinin ve sulama rejimlerinin gelecekteki sürdürülebilirliğini tehlikeye atabileceği, su talebinin ciddi bir noktaya evrilebileceği ve bölgesel gıda arzı güvenliğinin önemli ölçüde risk altına girebileceği anlamına gelmektedir. Gelecek projeksiyonlarının öngördüğü iklimsel stres altında, mevcut orman vejetasyonunun su stresi altına girebileceğini, bitki örtüsü kompozisyonunun (örneğin, nemli orman tipinden kurakçıl çalılıklara doğru) değişime zorlanabileceğini göstermektedir. Tartışılması gereken bir diğer kritik bulgu ise sulak alanlar ve su yapıları gibi suyla doğrudan ilişkili ekosistemlerin gösterdiği aşırı kırılganlıktır. Bu alanlar, tüm indislerde en radikal değişimi yaşamaktadır.

Kuraklık indisleri ve CORINE arazi örtüsü sınıflarının karşılaştırılması, iklim değişikliğinin mekânsal etkilerinin arazi kullanım tipine özgü farklı tepkiler doğurduğunu ortaya koymaktadır. İklim senaryolarının öngördüğü değişimlerin gerçekleşmesi su kaynakları ve sulak alanların tehdit altında girmesine, antropojenik alanların (tarım ve kentler) doğrudan çölleşme riskiyle, doğal ekosistemlerin ise yapısal bozulma ve yangın tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına neden olabileceğini göstermektedir (Berdugo vd., 2020; Secci vd., 2021; Santos vd., 2024). Bu bulgular, geliştirilecek bölgesel adaptasyon stratejilerinin arazi kullanım tipine göre özelleştirilmesi gerektiğini ve özellikle su yönetimi ile tarımsal planlamada acil ve radikal önlemlerin zorunlu olduğunu vurgulamaktadır.

Artan sıcaklıklar, özellikle kronik hastalığı olan bireyler, yaşlılar ve çocuklar gibi hassas grupları etkileyerek ciddi sağlık sorunlarına ve hatta ölümlere yol açabilir (Salvador vd., 2022; Yılmaz vd., 2025). Atmosferik koşullara bağımlı olan sektörler, iklimdeki değişimlerden doğrudan etkilenme potansiyeline sahiptir. Özellikle bölge ekonomisinin temelini oluşturan tarımsal üretim, iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek faaliyet alanlarından biri olacaktır. Bölge, tarımsal üretim açısından arpa, buğday, kırmızı mercimek, mısır, pamuk, Antep fıstığı ve zeytin gibi ürünlerde önemli bir paya sahiptir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2025). Sıcaklık ve yağışta senaryoların öngördüğü değişimlerin gerçekleşmesi durumunda, bu ürünlerin fenolojik dönemlerinde kaymalar

yaşanabilir, hastalık ve zararlıların etkisi artabilir; bu da verim ve kalite üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir (Leolini vd., 2018; Kitsara vd., 2021). Öte yandan, ürünlerin sıcaklık ve yağış gereksinimlerinin karşılanamaması durumunda, mevcut üretim alanları elverişsiz hale gelebilir ve tarımsal faaliyetler enlemsel olarak daha kuzeye veya yüksek rakımlı alanlara kayabilir. Nitekim Özdel vd. (2024a, 2024b) tarafından yapılan çalışmalarda, gelecek iklim senaryoları altında bölgede hâlihazırda marjinal koşullarda yetiştirilen zeytinin, gelecekte büyük ölçüde zarar görebileceği, hatta en kötümser iklim senaryolarında yetiştiriciliğinin tamamen ortadan kalkabileceği belirtilmektedir.

Gelecek projeksiyonları, alandaki nemli karakterin hızla kaybolduğunu ve kuraklaşmanın şiddetlenebileceğini göstermektedir. Söz konusu süreç tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi açısından bölgede sulama stratejilerinin önemini giderek artırmaktadır. Bu doğrultuda, geleneksel yöntemler olan salma sulama yerine, suyun daha etkin ve verimli kullanılmasını sağlayan akıllı sulama sistemleri ile yüzey üstü veya yüzey altı damla sulama sistemlerinin uygulanması dikkate alınabilir (Nikolaou vd., 2020; Alotaibi vd., 2023). Ayrıca, üretimi yapılan türlerde değişen iklim koşullarına daha dayanıklı ve uyumlu çeşitlerin tercih edilmesi, olumsuz etkilerin azaltılmasına katkı sağlayabilir (Macholdt & Honermeier, 2016; Zabel vd., 2021). Bununla birlikte, toprak neminin korunması ve buharlaşma kayıplarının azaltılması amacıyla malçlama gibi yöntemlerin kullanılması da önemli bir uyum stratejisi olarak değerlendirilebilir (Demo & Asefa Bogale, 2024). Bölgede tarım kadar önemli bir geçim kaynağı olan hayvancılık faaliyetleri de kuraklık eğilimlerinden doğrudan etkilenebilir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ağırlıklı olarak mera hayvancılığı ve açık otlatma sistemleri yaygındır. Ancak artan sıcaklıklar ve azalan yağışlar, meralarda bitkisel verimliliğin düşmesine, otlak alanların kurumasına ve yem maliyetlerinin yükselmesine neden olabilir (Cheng, McCarl, & Fei, 2022). Bu durum, özellikle küçük ölçekli üreticilerin ekonomik sürdürülebilirliğini tehdit etme potansiyeline sahiptir. Tüm bu süreçlerin etkin biçimde uygulanabilmesi için bölgedeki çiftçilerin ve hayvancılıkla uğraşan üreticilerin iklim

değişikliğinin etkileri, suyun verimli kullanımı, sürdürülebilir tarım ve hayvancılık teknikleri konularında bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Eğitim ve farkındalık çalışmaları, hem mevcut üretim sistemlerinin direncini artıracak hem de geleceğe yönelik uyum kapasitesinin güçlenmesine katkı sağlayacaktır.

Bölgedeki iklim değişikliği etkileri, yeraltı su seviyelerinin azalmasına ve azalan yağışlar ile artan buharlaşma nedeniyle hidroelektrik enerji üretiminin olumsuz etkilenmesine neden olabilir (Wasti vd., 2022). Ayrıca, içme suyu temini açısından da önemli bir tehdit ortaya çıkabilir. Gündüz ve gece sıcaklıklarındaki artışlar soğutma ihtiyacını artırarak enerji tüketiminin önemli ölçüde yükselmesine yol açabilir (Randazzo vd., 2020; Deroubaix vd., 2021). Bölge aynı zamanda kültürel miras ve gastronomi turizmi açısından da zengin illere ev sahipliği yapmaktadır; iklim kaynaklı olumsuzluklar, ziyaretçi sayısında azalmaya ve turizm gelirlerinde düşüşe neden olabilir (Gössling & Scott, 2025). Sosyo-ekonomik açıdan yaşanabilecek zorlukların bir sonucu olarak bölge nüfusu, geçim kaynaklarını korumak amacıyla başka bölgelere göç edebilir; bu durum göç alan bölgelerde toplumsal ve kültürel uyum süreçlerinde zorluklara yol açabilir.

Bu çalışma, yedi farklı küresel dolaşım modelinin ortalamasından (çoklu model) elde edilen ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık ve toplam yağış verilerine ve SSP senaryolarına dayandırılmıştır. Küresel dolaşım modelleri, genel olarak atmosfer-okyanus sisteminin genel davranışlarını temsil ederek iklimdeki değişimleri küresel ölçekte ortaya koyan önemli araçlardır. Her ne kadar çalışmada farklı küresel dolaşım modellerinin ortalaması alınarak belirsizliğin en aza indirilmesi amaçlanmış olsa da bu modellerin sınırlı mekânsal çözünürlüğü nedeniyle sonuçlarda bazı belirsizliklerin olabileceği unutulmamalıdır ve bu durum çalışmanın en önemli sınırlılığına karşılık gelmektedir. Bahse konu belirsizlikler, özellikle bölgesel topografya, mikroiklim farklılıkları, şehirleşme ve yerel atmosferik süreçler gibi faktörlerden kaynaklanabilir. Diğer yandan, çalışmalarda kullanılan küresel dolaşım modellerinin atmosfer, okyanus ve kara süreçlerini temsil ederken kullandıkları sayısal yöntemler ve benimsedikleri fiziksel varsayımlardaki farklılıklar; sıcaklık, yağış ve aşırı iklim olaylarına

ilişkin tahminlerin değışiklik göstermesine, dolayısıyla modellerin gelecek projeksiyonlarının birbirinden farklı olmasına neden olmaktadır ve bu durum göz ardı edilmemelidir. Bu bağlamda çalışma, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin sıcaklık, yağış ve iklim sınıflarındaki geleceğe yönelik değışimlerini ortaya koymakla birlikte, bölgenin iklimsel risklerinin tanımlanması ve olası etkilerin değerlendirilmesi açısından temel bir zemin sunmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın sunduğu bu makro ölçekli bulguların rafine edilmesi ve bölgesel etki analizlerinin detaylandırılması için gelecekteki araştırmalarda dinamik ölçek küçültme (dynamic downscaling) yöntemlerinin kullanılması şiddetle tavsiye edilmektedir. RegCM, REMO veya CORDEX projesi çıktıları gibi yüksek çözünürlüklü bölgesel iklim modelleri; bölgesel topoğrafik etkileri, kara-deniz etkileşimini ve nem taşınımı gibi süreçleri fiziksel olarak modelleyerek, özellikle yağışın mekânsal dağılımındaki belirsizlikleri azaltabilir. İlerleyen aşamalarda, bu yüksek çözünürlüklü iklim verilerinin hidrolojik ve ekolojik modellerle entegrasyonu, gelecekteki su stresi, tarımsal üretkenlik ve arazi örtüsü değışimleri gibi kritik süreçlerin daha bütüncül değerlendirilmesine imkân tanıyacaktır.

Kaynakça

Akşan, G. N., & Bacanlı, Ü. G. (2021). Comparison of the meteorological drought indices according to the parameter(s) used in the Southeastern Anatolia Region, Turkey. *Environmental Research and Technology*, 4(3), 230-243. Doi:10.35208/ert.912990

Alotaibi, M., Alhajeri, N. S., Al-Fadhli, F. M., Al Jabri, S., & Gabr, M. (2023). Impact of climate change on crop irrigation requirements in arid regions. *Water Resources Management*, 37(5), 1965-1984. Doi:10.1007/s11269-023-03465-5

Andrade, C., Contente, J., & Santos, J. A. (2021). Climate change projections of aridity conditions in the Iberian Peninsula. *Water*, 13(15), 2035. Doi:10.3390/w13152035

Arınç, K. (2016). *Doğal, beşeri, iktisadi ve siyasi yönleriyle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri*. Erzurum: Biyosfer Araştırmaları Merkezi.

Atılgan, A., Tanrıverdi, Ç., Yücel, A., Öz, H., & Değirmenci, H. (2017). Analysis of long-term temperature data using Mann-Kendall trend test and linear regression methods: The case of the Southeastern Anatolia Region. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LX, 455-462.

Baylan, K. A., & Ustaoglu, B. (2020). Emberger biyoiklim sınıflandırmasına göre Türkiye’de Akdeniz biyoiklim katlarının ve alt tiplerinin dağılışı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(3), 158-174.

Beguería, S., Trullenque-Blanco, V., Vicente-Serrano, S. M., & González-Hidalgo, J. C. (2025). Aridity on the rise: Spatial and temporal shifts in climate aridity in Spain (1961–2020). *International Journal of Climatology*, 45(6), e8775. Doi:10.1002/joc.8775

Berdugo, M., Delgado-Baquerizo, M., Soliveres, S., Hernández-Clemente, R., Zhao, Y., Gaitán, J. J., ... Maestre, F. T. (2020). Global ecosystem thresholds driven by aridity. *Science*, 367(6479), 787-790. Doi:10.1126/science.aay5958

Charalampopoulos, I., & Droulia, F. (2025). Climate evolution of agricultural and natural areas of Southeastern Europe according to Pinna, Johansson and Kerner climate indices. *Climate*, 13(6), 121. Doi:10.3390/cli13060121

Charalampopoulos, I., Vlami, V., Kokkoris, I. P., Droulia, F., Doxiadis, T., Kitsara, G., ... Lazoglou, M. (2025). A high-resolution analysis of the de Martonne and Emberger indices under different climate change scenarios: Implications on the natural and agricultural landscape of Northeastern Greece. *Land*, 14(3), 494. Doi:10.3390/land14030494

Cheng, M., McCarl, B., & Fei, C. (2022). Climate change and livestock production: A literature review. *Atmosphere*, 13(1), 140. Doi:10.3390/atmos13010140

Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., & von Maltitz, G. (2018). *World atlas of desertification* (3. bs). Luxembourg: Publication Office of the European Union

Cook, B. I., Anchukaitis, K. J., Touchan, R., Meko, D. M., & Cook, E. R. (2016). Spatiotemporal drought variability in the Mediterranean over the last 900 years. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(5), 2060-2074. Doi:10.1002/2015JD023929

Çelebioğlu, T., & Tayanç, M. (2024). A study on precipitation trends in Türkiye via linear regression analysis and non-parametric Mann-Kendall test. *Sürdürülebilir Çevre Dergisi*, 4(1), 19-28. Doi:10.62816/cevder.1489546

ÇMUSEP. (2019). *Çölleşmeyle mücadele ulusal stratejisi ve eylem planı 2019-2030*. Ankara: CRN Tanıtım Basım

de Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. *La Météorologie*, 2, 449-458.

de Martonne, E. (1942). Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. *Annales de Géographie*, 51(288), 241-250. Doi:10.3406/geo.1942.12050

Deitch, M., Sapundjieff, M., & Feirer, S. (2017). Characterizing precipitation variability and trends in the world's Mediterranean-climate areas. *Water*, 9(4), 259. Doi:10.3390/w9040259

Demircan, M., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Arabacı, H., & Coşkun, M. (2017). Climate change projections for Turkey: Three models and two scenarios. *Turkish Journal of Water Science and Management*, 1(1), 22-43. Doi:10.31807/tjwsm.297183

Demo, A. H., & Asefa Bogale, G. (2024). Enhancing crop yield and conserving soil moisture through mulching practices in dryland agriculture. *Frontiers in Agronomy*, 6, 1361697. Doi:10.3389/fagro.2024.1361697

Deroubaix, A., Labuhn, I., Camredon, M., Gaubert, B., Monerie, P.-A., Popp, M., ... Siour, G. (2021). Large uncertainties in trends of energy demand for heating and cooling under climate change. *Nature Communications*, 12(1), 5197. Doi:10.1038/s41467-021-25504-8

Diffenbaugh, N. S., & Giorgi, F. (2012). Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble. *Climatic Change*, 114(3-4), 813-822. Doi:10.1007/s10584-012-0570-x

Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., Frieler, K., Konzmann, M., Gerten, D., ... Wisser, D. (2014). Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate

change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3239-3244. Doi:10.1073/pnas.1222474110

Erinç, S. (1965). *Yağış müessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları

Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315. Doi:10.1002/joc.5086

Ghazi, B., Salehi, H., Cheshami, M., Zeydalinejad, N., & Linh, N. T. T. (2024). Projection of climate change impact on main climate variables and assessment of the future of Köppen–Geiger climate classification in Iran. *Acta Geophysica*, 73(2), 2017-2027. Doi:10.1007/s11600-024-01457-6

Gössling, S., & Scott, D. (2025). Climate change and tourism geographies. *Tourism Geographies*, 27(3-4), 642-652. Doi:10.1080/14616688.2024.2332359

Güler, H., & Erhat, E. (2023). Türkiye’de 1950-2022 döneminde ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen değişim ve eğilimler. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(1), 1-17. Doi:10.51800/ecd.1281319

Güller, C. (2025). Predicting aridity patterns in the Middle Black Sea basin: A scenario-based spatial risk assessment. *Theoretical and Applied Climatology*, 156(6), 332. Doi:10.1007/s00704-025-05558-0

Gümüş, V., Avşaroğlu, Y., Şimşek, O., & Doğan Dinsever, L. (2023). Evaluation of meteorological time series trends in Southeastern Anatolia, Turkey. *Geofizika*, 40(1), 51-73. Doi:10.15233/gfz.2023.40.3

Gümüş, V., şımsek, O., Avşaroğlu, Y., & Agun, B. (2021). Spatio-temporal trend analysis of drought in the GAP Region, Turkey. *Natural Hazards*, 109(2), 1759-1776. Doi:10.1007/s11069-021-04897-1

Hepbilgin, B., & Koç, T. (2019). İklim değişikliğinin Kazdağı ve yakın çevresindeki ağaç formasyon alanlarına öngörölen etkileri. *International Journal of Geography and Geography Education*, 39, 311-327. Doi: 10.32003/iggei.491032

Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Sevik, H., & Küçük, Ö. (2024). Spatial modeling the climate change risk of river basins via climate classification: A scenario-based prediction approach for Türkiye. *Natural Hazards*, 120(1), 511-528. Doi:10.1007/s11069-023-06220-6

Jahangir, M. H., & Danehkar, S. (2022). A comparative drought assessment in Gilan, Iran using Pálfai drought index, de Martonne aridity index, and Pinna combinative index. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(1), 90. Doi:10.1007/s12517-021-09107-7

Kartal, V., Yavuz, V. S., Arıman, S., Kaya, K., Alkanjo, S., & Simsek, O. (2024). Climate change trends in the Southeastern Anatolia region of Türkiye: Precipitation and drought. *Journal of Water and Climate Change*, 15(12), 5893-5919. Doi:10.2166/wcc.2024.503

Kitsara, G., van der Schriek, T., Varotsos, K. V., & Giannakopoulos, C. (2021). Future changes in climate indices relevant to agriculture in the Aegean islands (Greece). *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 6(1), 34. Doi:10.1007/s41207-020-00233-4

Leolini, L., Moriondo, M., Fila, G., Costafreda-Aumedes, S., Ferrise, R., & Bindi, M. (2018). Late spring frost impacts on future

grapevine distribution in Europe. *Field Crops Research*, 222, 197-208. Doi:10.1016/j.fcr.2017.11.018

Logothetis, I., Tourpali, K., & Melas, D. (2025). Warming projections of Eastern Mediterranean in CMIP6 simulations according to SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios. *Environmental and Earth Sciences Proceedings*, 34(1), 12. Doi:10.3390/eesp2025034012

Macholdt, J., & Honermeier, B. (2016). Variety choice in crop production for climate change adaptation. *Outlook on Agriculture*, 45(2), 117-123. Doi:10.1177/0030727016650770

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2025). *Resmi İklim İstatistikleri*. (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler%20istatistik.aspx?k=A> Erişim tarihi: 07.11.2025)

Muluneh, M. G. (2021). Impact of climate change on biodiversity and food security: A global perspective—a review article. *Agriculture & Food Security*, 10(1), 36. Doi:10.1186/s40066-021-00318-5

Naaouf, N., & Torma, C. Z. (2023). Climate of Syria based on Cordex simulations: Present and Future. *Earth Systems and Environment*, 7(3), 679-697. Doi:10.1007/s41748-023-00351-3

Nhemachena, C., Nhamo, L., Matchaya, G., Nhemachena, C. R., Muchara, B., Karuaihe, S. T., & Mpandeli, S. (2020). Climate change impacts on water and agriculture sectors in Southern Africa: Threats and opportunities for sustainable development. *Water*, 12(10), 2673. Doi:10.3390/w12102673

Nikolaou, G., Neocleous, D., Christou, A., Kitta, E., & Katsoulas, N. (2020). Implementing sustainable irrigation in water-scarce regions under the impact of climate change. *Agronomy*, 10(8), 1120. Doi:10.3390/agronomy10081120

Ozbuldu, M., & Irvem, A. (2025). Projecting and downscaling future temperature and precipitation based on CMIP6 models using machine learning in Hatay province, Türkiye. *Pure and Applied Geophysics*, 182(4), 1825-1842. Doi:10.1007/s00024-024-03656-0

Özdel, M. M., & Meydan, A. (2024). Diyarbakır Havzası Yöresinde 1964-2023 dönemi sıcaklıklarında gözlenen değişim ve eğilimler. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(2), 29-42. Doi:10.58626/menba.1496870

Özdel, M. M., Ustaoglu, B., & Cürebal, İ. (2024a). İklim değişikliğine bağlı olarak zeytinin (*Olea europaea* L.) Türkiye’de gelecekteki dağılımının modellenmesi ve uyum stratejileri üzerine bir inceleme. *Türk Coğrafya Dergisi*, (86), 105-120. Doi:10.17211/tcd.1524269

Özdel, M. M., Ustaoglu, B., & Cürebal, İ. (2024b). Modeling of the potential distribution areas suitable for olive (*Olea europaea* L.) in Türkiye from a climate change perspective. *Agriculture*, 14(9), 1629. Doi:10.3390/agriculture14091629

Özdemir, S., Özkan, K., & Mert, A. (2020). Ekolojik bakış açısı ile iklim değişimi senaryoları. *Biological Diversity and Conservation*, 13(3), 361-371. Doi:10.46309/biodicon.2020.762985

Özüpekçe, S. (2020). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kuraklık, çölleşme ve tarımsal ürün verimi arasındaki ilişkiler. *Turkish Studies-Social Sciences*, 15(8), 3713-3726. Doi:10.47356/TurkishStudies.43859

Pektaş, M. H., & Aksu, H. (2025). Spatio-temporal change of climate regions in Türkiye. *International Journal of Climatology*, Erken görünüm. Doi:10.1002/joc.70166

Phumkokrux, N., & Trivej, P. (2024). Investigation of temperature, precipitation, evapotranspiration, and new

Thornthwaite climate classification in Thailand. *Atmosphere*, 15(3), 379. Doi:10.3390/atmos15030379

Randazzo, T., De Cian, E., & Mistry, M. N. (2020). Air conditioning and electricity expenditure: The role of climate in temperate countries. *Economic Modelling*, 90, 273-287. Doi:10.1016/j.econmod.2020.05.001

Salvador, C., Vicedo-Cabrera, A. M., Libonati, R., Russo, A., Garcia, B. N., Belem, L. B. C., ... Nieto, R. (2022). Effects of drought on mortality in macro urban areas of Brazil between 2000 and 2019. *GeoHealth*, 6(3). Doi:10.1029/2021GH000534

Santos, R., Russo, A., & Gouveia, C. M. (2024). Co-occurrence of marine and atmospheric heatwaves with drought conditions and fire activity in the Mediterranean region. *Scientific Reports*, 14(1), 19233. Doi:10.1038/s41598-024-69691-y

Secci, D., Tanda, M. G., D'Oria, M., Todaro, V., & Fagandini, C. (2021). Impacts of climate change on groundwater droughts by means of standardized indices and regional climate models. *Journal of Hydrology*, 603, 127154. Doi:10.1016/j.jhydrol.2021.127154

Shepherd, T. G. (2014). Atmospheric circulation as a source of uncertainty in climate change projections. *Nature Geoscience*, 7(10), 703-708. Doi:10.1038/ngeo2253

Srivastav, A. L., Dhyani, R., Ranjan, M., Madhav, S., & Sillanpää, M. (2021). Climate-resilient strategies for sustainable management of water resources and agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(31), 41576-41595. Doi:10.1007/s11356-021-14332-4

Şener, E., & Davraz, A. (2025). Prediction of future drought characteristics over the Southwest Turkey using CMIP6 models. *Pure and Applied Geophysics*, 182(8), 3311-3338. Doi:10.1007/s00024-025-03757-4

Taşoğlu, E., Öztürk, M. Z., & Yazıcı, Ö. (2024). High resolution Köppen-Geiger climate zones of Türkiye. *International Journal of Climatology*, 44(14), 5248-5265. Doi:10.1002/joc.8635

Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94. Doi:10.2307/210739

Türkeş, M. (2020). İklim değişikliğinin fiziksel bilim temeli -II: Dünyada ve Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişiklikleri ve değişkenliği. *Toplum ve Hekim*, 35(1), 3-31.

Türkeş, M., & Yurtseven, N. (2025). Observed and projected geographical and temporal changes in the Köppen-Geiger climate types in Türkiye. *Theoretical and Applied Climatology*, 156(3), 154. Doi:10.1007/s00704-024-05346-2

Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *Bitkisel üretim istatistikleri*. (<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> Erişim Tarihi 20.11.2025)

Ullah, S., You, Q., Sachindra, D. A., Nowosad, M., Ullah, W., Bhatti, A. S., ... Ali, A. (2022). Spatiotemporal changes in global aridity in terms of multiple aridity indices: An assessment based on the CRU data. *Atmospheric Research*, 268, 105998. Doi:10.1016/j.atmosres.2021.105998

Wasti, A., Ray, P., Wi, S., Folch, C., Ubierna, M., & Karki, P. (2022). Climate change and the hydropower sector: A global review. *WIREs Climate Change*, 13(2), e757. Doi:10.1002/wcc.757

World Meteorological Organization. (2025). *State of the Global Climate 2024*, WMO-No. 1368. Geneva, Switzerland.

Yaşa, İ., & Partal, T. (2024). Trend analysis of drought severity in southeast region of Türkiye. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 681-695. Doi:10.21597/jist.1330260

Yavaşlı, D. D., & Erlat, E. (2023). Climate model projections of aridity patterns in Türkiye: A comprehensive analysis using CMIP6 models and three aridity indices. *International Journal of Climatology*, 43(13), 6207-6224. Doi:10.1002/joc.8201

Yılmaz, E. (2018). Türkiye’de aylık yağış eğilimleri, yağış kaymaları ve yağış eğilim rejimleri (1971-2010). *International Journal of Human Sciences*, 15(4), 2066-2091. Doi:10.14687/jhs.v15i4.5479

Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973-3994. Doi:10.14687/jhs.v13i3.3994

Yılmaz, M., Tayanç, M., Toros, H., & Can, G. (2025). Future heat-related mortality in Türkiye: Projections under CMIP6 scenarios towards national climate action targets. *Earth Systems and Environment*, 1-18. Doi:10.1007/s41748-025-00707-x

Yurtseven, N. (2023). Türkiye’nin en uzun meteoroloji/klimatoloji gözlemlerine sahip olan Kandilli Rasathanesi’nin sıcaklık ekstremlerinde gözlenen değişim ve eğilimler (1912-2021). *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(1), 33-49. Doi:10.51800/ecd.1279622

Zabel, F., Müller, C., Elliott, J., Minoli, S., Jägermeyr, J., Schneider, J. M., ... Asseng, S. (2021). Large potential for crop production adaptation depends on available future varieties. *Global Change Biology*, 27(16), 3870-3882. Doi:10.1111/gcb.15649

BÖLÜM 4

KUVATERNER ARAŞTIRMALARINDA DENİZEL KAYITLARIN KARASAL KARŞILIĞI: LÖS DEPOLARI

AZİZ ÖREN¹

Giriş

Dünyanın kurak ve aşırı kurak bölgelerinde rüzgârla taşınan geniş tortul alanlar (kum denizleri) oluşurken, son soğuk dönemde birçok orta enlem ılıman bölgesinde kumlu malzeme (tane boyutu 64 µm ile 2 mm) veya örtü kumu tabakaları birikmiştir. Diğer yerlerde ise, silt parçacıkları (2–64 µm) rüzgârla taşınan tortuların büyük bir kısmını oluşturmaktadır ve bu malzemeye lös ismi verilmektedir (Pye, 1984). Lös yayılımları dünyanın her yerinde bulunur ve bunlar genellikle kalın tabakalar halinde birikir. Coğrafi olarak, lös Kuzey Amerika Büyük Ovaları, güney-orta Avrupa, Ukrayna, orta Asya, Çin ve Arjantin'de yaygındır (Muhs vd., 2014). Kuzey Amerika'daki lös birikintileri Laurentide buzul tabakasının eskiden geniş çaplı olan dış akış birikintileriyle ve büyük örgülü akarsuların taşkın yataklarıyla ilişkilidir (Dendy vd., 2024). Benzer şekilde, Avrupa'da lös birikintileri eski Alp ve İskandinav Buzul

¹ Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Isparta/Türkiye, ORCID: 0000-0002-9256-7164, azizoren@sdu.edu.tr

Tabakaları arasında yaygındır, ancak ek Cumhuriyeti, Slovakya ve Avusturya'daki en kalın ls katmanları, vejetasyonun büyük lde azaldığı bir zamanda geniş örgülü akarsuların faaliyetleriyle ilişkili yerel bir kökene sahiptir (Kukla vd., 1975). Kuzey Amerika'da, ls birikintileri Alaska'da 50 m kalınlığa kadar ulaşmakta ve Mississippi Nehri vadisi boyunca uzanan katmanların kalınlığı 20 m'ye ulaşabilmektedir (Oches vd., 1996). Başka yerlerde, ls birikimleri çöl koşullarıyla, özellikle de Orta Asya'nın eskiden geniş olan lleiyle ilişkilidir. Kuzey-orta Çin'de (Gobi l'nn güneydoğusu) ls birikintileri son derece kalındır, yer yer 300 m'ye kadar çıkar ve alttaki topografyayı tamamen kaplayarak geniş bir ls platosu oluşturur (Liu, 1988).

Bu ls serilerinin analizi, bunların sadece oldukça eski olduklarını (bazıları Pliyosen dönemine kadar uzanmaktadır) değil, aynı zamanda döngüsel iklim değişikliğinin kanıtlarını da içerdiğini göstermiştir. Bu kanıtlar, soğuk dönemleri yansıtan rüzgârla taşınan (eoliyen) tortullaşma aşamaları ile sıcak dönemlerdeki toprak oluşumu aşamalarının ardalandığını göstermektedir (Derbyshire, 2003). Çin Ls Platosu ve Orta Avrupa gibi bölgelerde, ls birikintileri ve ara tabakalı paleosol serileri, uzun vadeli iklim değişikliğinin değerli arşivlerini oluşturur. Ls yatakları ile ilgili en kapsamlı paleoiklimsel çalışmalar Çin Ls Platosunda gerçekleştirilmiştir (Kukla & An, 1989; Mo vd., 2025). Ls, burada ~2.5 Milyon yıl boyunca birikmiş ve daha sıcak ve daha yağışlı koşullar sırasında lösün ayrışması toprak oluşumuna yol açmıştır. Bugün ls tabakaları ve aradaki paleosollerin dönüşümlü dizilimi, kıtalarda bulunabilecek Kuvaterner paleoiklim koşullarının en eksiksiz karasal kayıtlarını oluşurmaktadır. Hem ls hem de örtü kumları gibi rüzgârla taşınan sedimanlar, eski rüzgâr yönlerinin de değerli göstergeleridir. Ayrıca ls, tortulun sadece kendisini gerektiren lüminesans yöntemleri kullanılarak doğrudan tarihlendirilebilmesi açısından da önem taşır.

Bu çalışmada löslerin özellikleri, oluşum süreçleri, stratigrafik ve paleoklimatolojik alanlarda kullanım yöntemleri hakkında bilgi verilerek Kuvaterner paleoortamsal değişimlerinin belirlenmesindeki katkılarının incelenmesi amaçlanmıştır.

Lösün zellikleri ve oluşum süreçleri

Ls, rüzgâr tarafından sürüklenip taşınan ve biriktirilen ve genel olarak % 60–90 oranında silt boyutundaki (64–2  m çapında) parçacıkların hâkim olduğu tortu olarak tanımlanabilir. Bununla birlikte, çoğu ls tortusu tamamen siltten oluşmaz, aynı zamanda ölçülebilir miktarda kum (>64  m) ve kil (<2  m) içerir (Pye, 1984). Karakteristik olarak kremsi kahverengi renkte ve kireçlidir. Ls' toprak veya tortularda ince bir tabaka halinde bulunan ince taneli (aerosolik) tozdan ayırt etmek için, lösün sahada belirgin bir tortul ktle olarak tanınabilir olması gerekir (Smalley vd., 2005). Ls genellikle mevcut araziler üzerinde bir örtü veya tabaka oluşturur ve kalınlığı birkaç santimetreden birkaç yüz metreye kadar değişebilir (şekil 1).

Eoliyen kumları, akarsu sedimanları veya deniz sedimanlarından farklı olarak, lslerdeki birincil (tortusal) yapılar belirsizdir (Li vd., 2024). Bazı ls birikintileri, soluk, yatay tabakalar ve çapraz tabakalar gibi birincil tabaka yapılarına sahiptir. Birçok ls birikintisi, gevsek olmanın aksine, masif bir yapıdadır. Parçacıkların killer veya karbonatlar tarafından bağlanması sonucunda, genellikle malzeme önemli ölçüde mukavemetli hale gelir. Bu da ls birikintilerinin akarsu veya dere kenarları ve yol kesitleri boyunca dikey yüzler oluşturabilmesini sağlar. Aslında, bazı Avrupalı araştırmacılar, karbonatın bu zayıf imentolaşmasını, bir tortunun gerçek ls olarak kabul edilebilmesi için ön koşul olan ve lsleşme adı verilen bir süreç olarak görmektedir (Smalley & Obrecht, 2018). Ancak, çoğu araştırmacı ls için bu kadar kısıtlı bir tanıma sahip değildir ve belirgin bir tortul ktle oluşturan tüm eoliyen siltleri ls olarak kabul eder (Muhs & Bettis, 2003). Ls içinde ikincil (deformasyonel) yapılar birincil yapılardan daha yaygındır ve bunlar kırıklar, oyuklar, rizolitler (demir oksitler veya karbonattan oluşan

kök kalıntıları), karbonat konkresyonları, oksidasyon veya redüksiyon şeritleri ve paleosollerden oluşur (Li vd., 2024). Löss birikintilerinde bazen memeli hayvanlara ait fosiller bulunsa da, en yaygın fosiller kara salyangozlarının kabuklarıdır ve bunlar güçlü paleoklimatik araçlar olarak kullanılabilir (Rousseau & Kukla, 1994).



Şekil 1. Löss depoları (Lancaster, 2020)

Löss hakkında geleneksel bir görüş, silt boyutundaki parçacıkların çoğunlukla kristal kayaların buzullar tarafından öğütülmesiyle oluştuğu, til içinde biriktiği, akarsu süreçleri tarafından yeniden işlendiği ve son olarak rüzgâr tarafından sürüklendiği, taşındığı ve biriktiği şeklindedir (Pye, 1995). Löss oluşumunun bu klasik modeli, löss birikintilerinin öncelikle küresel ölçekte buzul dönemlerinin işaretçileri olduğu görüşüne yol açmıştır.

Bu model, lös kütlelerinin Kuzey Amerika'daki Laurentide buzul tabakasının güney sınırlarına (Ruhe, 1969), Avrupa'daki Fennoskandiyan buzul tabakasının güney sınırlarına (Frechen vd., 2003) ve ayrıca Asya'daki (Dodonov, 1991) ve Güney Amerika'daki (Zárate, 2003) daha küçük buzulların güney sınırlarına coğrafi olarak yakın olmalarıyla desteklenmektedir. 1950'ler ve 1960'larda gerçekleştirilen radyokarbon tarihlendirme sonuçları, Kuzey Amerika'daki en genç lös birikintilerinin yaşlarının Laurentide buzul tabakasının son büyük genişlemesinin yaşlarıyla aynı olduğunu göstermiştir (Ruhe, 1969). Daha yakın zamanda, birçok lüminesans yaşı, en genç lösün Avrupa'da da son buzul dönemine ait olduğunu göstermektedir (Frechen vd., 2003).

Lös oluşumuna ilişkin klasik buzul etkisi kavramına uzun süredir destek verilmesine rağmen, en az 50 yıl öncesine dayanan bu modele yönelik itirazlar bulunmaktadır. Tartışma günümüze kadar devam etmekte olup, buzul lösü ile çöl lösü arasındaki fark üzerine odaklanmaktadır (Wright, 2001; Muhs & Bettis, 2003). Çöl lösü, buzullaşmamış kurak veya yarı kurak bölgelerde oluşan ve bu bölgelerden kaynaklanan rüzgârla taşınan siltleri tanımlamak için genel olarak kullanılan bir terimdir. Çöl lösü ile buzul lösü arasındaki tartışma, silt boyutundaki parçacıkların buzul öğütme dışındaki mekanizmalarla üretilip üretilmeyeceği, özellikle de çöllerde üretilip üretilmeyeceği konusuna odaklanmaktadır. Prensipte olarak, kurak bölgelerde çeşitli mekanizmalar silt boyutunda parçacıklar üretebilir. Bu mekanizmalar arasında donma-çözülme parçalanması, akarsu ve kütle hareketi taşınımıyla parçalanma, kimyasal ayrışma, tuz ayrışması ve eoliyen aşınma sayılabilir (Smalley vd., 2005). Çin, uzun vadeli ve mekânsal olarak geniş bir alana yayılan çöl lösü kayıtlarının en iyi örneği olarak çok bahsedilen bölgedir. Çöl kökenli olduğu yönündeki gözlemler, çöl havzalarının rüzgâr altı kesimlerinde lös kalınlığı ve parçacık boyutunun azalma eğilimi göstermesine dayanmaktadır (Sun, 2002).

Ayrıca, güncel toz fırtınaları da aynı çöl havzalarında ortaya çıkmaktadır. Ancak, Çin'deki lösün nihai kaynağı buzul kaynaklı silt olabilir. Çin'deki en büyük çöl havzalarını çevreleyen dağlarda şu anda buzullar bulunmaktadır ve bu buzullar geçmişte daha geniş bir alana yayılmıştır. Dolayısıyla birincil silt üretiminin büyük bir kısmının dağlarda buzul aşındırması sonucu meydana gelmesi ve bu siltlerin havzaya taşınması mümkündür (Zhu vd., 2022). Sonrasında ise siltler çöl havzalarından rüzgârla taşınmıştır. Bu modele göre, kurak havzalar sadece parçacık depolama rezervuarlarıdır ve bu havzaların silt üretimi ile çok az ilgisi vardır. Ayrıca bu kavram jeokimyasal ve izotopik verilerle de desteklenmektedir (Sun, 2002).

Çin'deki löslerin buzul veya çöl kökenli olduğu konusunda tartışmalar devam etse de, Çin'deki lös birikiminin ana dönemleri buzul dönemlerine karşılık gelirken, toprak oluşumu dönemleri veya lös birikiminin durduğu dönemler buzularası veya interstadyal dönemlere karşılık gelmektedir (Porter, 2001). Nitekim Çin'in lös-paleosol kayıtları, buzul ve buzularası dönemlerin denizel sediman oksijen izotop kayıtlarıyla oldukça iyi bir uyum içerisindedir. Kuzey Amerika'nın Büyük Ovalarında bulunan çöl lösü de son buzul dönemine tarihlenmektedir (Roberts vd., 2003). Bu gözlemler, lös kaynağı olarak buzul sedimanlarının bol olmadığı bölgelerde bile, buzul dönemlerinin eoliyen siltin mevcudiyeti, sürüklenmesi, taşınması ve birikmesi için elverişli zamanlar olabileceğini göstermektedir. Lösün sürüklenmesi ve taşınmasını kolaylaştırmış olabilecek buzul dönemi faktörleri arasında ise vejetasyonun azalması, kuraklığın artması, rüzgâr şiddetinin artması ve hidrolojik döngünün yoğunluğunun azalması sayılabilir. Bu sayede silt daha uzun mesafelerde süspansiyon halinde kalabilir (Mahowald vd., 1999).

Paleoortamsal değişimlerin belirlenmesinde lösün kullanımı

Lös-paleosol serilerinin stratigrafisi bazen göreceli tarihlendirme aracı olarak kullanılabilir. Lös-paleosol kesitleri üzerine yapılan ilk çalışmalarda basit bir göreceli tarihlendirme yaklaşımı benimsenmiş, yüzeyin altındaki ilk iyi gelişmiş toprak son buzularası döneme (Holosen) eşdeğer sayılmış ve daha eski topraklar daha önceki buzularası dönemleri temsil etmiştir (Pécsi, 1995). Dünyanın en büyük lös birikintileri Çin Lös Platosu'nda bulunur. Bu plato, 33–40°K ve 98–115°D koordinatları arasında yaklaşık 440.000 km²'lik bir alanı kaplar. Sedimanter kayıtlar, birbirini izleyen soğuk (buzul) ve sıcak (buzularası) dönemlerde gelişen, birbirine karışmış lös ve paleosol birimlerinden oluşan tabakaları içerir (Şekil 2). Göreceli tarihlendirme yaklaşımına göre, Çin'de geleneksel terminoloji, Holosen toprağından (S0) son lös bölümüne (L1), ardından önceki buzularası toprağına (S1) ve altındaki löse (L2) kadar geriye doğru saymaya dayanır ve bu şekilde kesit boyunca devam eder (Ding vd., 1999). Böylece, Baoji kesitinde (Lös Platosu'nun güneybatı kenarında) 37 toprak ve bunlarla ilişkili lös dönemi tanımlanmıştır. Bunlardan 32'si (S1-S32) en az Holosen toprağı kadar iyi gelişmiştir ve Kuvaterner boyunca buzul ve buzularası koşullar arasındaki değişimleri belgelemektedir (Rutter vd., 1991). Diğerleri ise çok iyi gelişmemiş ve çok belirgin değildir. İyi gelişmiş paleosoller muhtemelen buzularası dönemlerde nispeten uzun pedojenez dönemlerini gösterirken, daha az belirgin toprak birimleri interstadyal dönemlerde çok daha kısa toprak oluşumu dönemlerini yansıtmaktadır.



Şekil 2. Lös-paleosol serisi (açık renkli tabakalar lös; koyu renkli tabakalar paleosollere karşılık gelmektedir) (Necula vd., 2015)

Çin'dekilerle yaşları benzer olan çok sayıda paleosol de Orta Asya'da keşfedilmiştir. Örneğin Tacikistan'da, lös-paleosol kayıtları yaklaşık 1,77 milyon yıl öncesine kadar uzanmaktadır ve iklim döngüleri, Çin'deki lös ve denizel oksijen izotop kayıtlarıyla büyük ölçüde örtüşmektedir (Ding vd., 2002). Güneydoğu Avrupa'nın orta ve alt Tuna havzasında, lös birikintileri Pleyistosen'in ortalarına kadar uzanmaktadır. Yaklaşık 1 milyon yıl öncesinden itibaren (MIS 27) bu dönem, buzul ve buzularası dönemlerde sırasıyla lös birikimi ve pedojenez ile karakterize edilmiştir. Lös birikim oranları, profillerin alt kısımlarına kıyasla daha bozkırlık ve dolayısıyla nispeten daha kurak bir ortama geçişi yansıtan GÖ ~700 bin yılından sonra artış göstermiştir (Fitzsimmons vd., 2012). Güney Amerika'da, lösik sedimantasyonun başlangıcı Geç Miyosen'e (GÖ ~10 milyon yıl önce) kadar uzanmaktadır, ancak Pliyo-Pleyistosen kayıtları çoğunlukla pedojenez süreçleri tarafından değiştirilmiş lösik

sedimanlardan oluşmaktadır (Zárate, 2003). Bölgedeki en uzun sürekli lös-paleosol serisi (La Carreras, kuzeybatı Arjantin) 31 ara paleosol içerir ve lös birikiminin başlangıcı için minimum yaşı 1,15 milyon yıldır (Schellenberger vd., 2003). Buna karşılık, Batı Avrupa ve Kuzey Amerika'da lös serileri genellikle daha gençtir ve tortullar genellikle daha incedir. Dolayısıyla bunlar çok daha sınırlı bir yaş aralığını kapsar. Orta Avrupa'nın rüzgarla taşınan tortulların oluşturduğu kuşağının batı ucunda yer alan güneydoğu İngiltere'de, yerel olarak "tuğla toprağı" olarak adlandırılan lös benzeri tortullar büyük ölçüde son soğuk dönemden (MIS 2) kalmadır, ancak daha eski (çoğunlukla MIS 6 ve 12) löslerin yerel olarak dağınık parçaları da vardır ve bunlar, orijinalinde daha geniş çaplı birikintilerin parçalanmış kalıntılarıdır (Antoine vd., 2003). Kuzey Amerika'da, Büyük Ovalar'ın merkezinde, yaklaşık son 500-400 bin yıllarına tarihlenen, lös, kum birimleri ve en az dört pedojenez döngüsünden oluşan karmaşık seriler tespit edilmiştir (Feng vd., 1994), ancak ABD'deki çoğu lös serisi sadece son buzularası dönemini kapsamaktadır. En yaygın olanı ise yaklaşık 25-14 bin yıl öncesine tarihlenen ve en yüksek toz birikim oranlarının 18 ile 14 bin yılları arasında gerçekleştiğı Peoria Lösüdür (Roberts vd., 2003). Bazı yerlerde lösün kalınlığı 48 metreye ulaşmaktadır, bu da onu Son Buzul Maksimum dönemine ait dünyadaki en kalın lös birikimi yapmaktadır.

Son zamanlarda lös içine gömülü salyangozlar üzerinde yapılan aminostratigrafik çalışmalar birçok farklı lokasyon arasındaki stratigrafik ilişkileri açıklığa kavuşturmuş ve kesitler arasındaki korelasyonların yapılmasını sağlamıştır (Rousseau, 2001). Termoluminesans tarihlendirmenin, son buzul döngüsü sırasında lös birikiminin kronolojisini belirlemede yararlı olduğu kanıtlanmıştır, ancak daha eski çökeltiiler üzerindeki tarihler tartışmalıdır (Bosq vd., 2023). Bununla birlikte daha uzun Kuvaterner kayıtları için temel kronolojiyi paleomanyetik çalışmalar

sağlamıştır (Thistlewood & Jianzhong, 1991). Bazı çalışmalarda, lös ve paleosol birimlerinin kronolojisini elde etmek için kron/altkron sınırları arasında basitçe enterpolasyon yapılmıştır (Rutter vd., 1991). Ancak bu, tam buzul döneminden buzularası koşullara (topraklar geliştikçe lös yavaşça biriktiğinde) değişen lös birikim oranlarını gerçekçi bir şekilde hesaba katmamaktadır. Daha gerçekçi bir yaklaşım, buzul zamanlarında lös birikim oranlarının daha yüksek olduğunu varsaymaktadır. Örneğin, Tungsheng vd. (1993) ve Ding vd. (1994), lösün buzularası toprak oluşum dönemlerine göre 2 kat daha hızlı biriktiğini belirtmiştir. Bu, Çin'deki lös-paleosol kronolojisi ile denizel izotop kaydı arasındaki güçlü ilişkiyi ortaya koyan birinci dereceden bir yaklaşım sağlamaktadır. Lös birimleri çift sayılı denizel izotop aşamalarına (kıtasal buzul birikimi zamanlarına), toprak birimleri ise tek sayılı izotop aşamalarına (buzularası zamanlarına) karşılık gelmektedir. Zayıf topraklar ise interstadyal olaylarla ilişkilidir.

Lös, bazen ağırlıkça % 40'ı aşan yüksek karbonat içeriğine sahiptir ve genellikle ağır mineral ve kil mineral grupları, tortul manyetik varyasyonlar ve mikromorfolojik özellikler gibi kendine özgü tortul özelliklere sahiptir (Kemp vd., 2001). Bunların tümü, lös serilerini karakterize etmek ve ilişkilendirmek için kullanılabilir. Lös birikintilerinin ince taneli ve ufalanabilir yapısı, akarsuların hızla yardığı araziler ortaya çıkarır ve bu da ayrıntılı çalışmalar için çok sayıda yüzey oluşturur. Kesitte, tortullar genellikle tabakalaşmanın görsel kanıtlarını çok az gösterir, ancak dikkatli bir inceleme genellikle tabakalanmayı ortaya çıkarır. Parçacık yapısının (mikromorfoloji) mikroskop ve SEM altında incelenmesi, paleoortamsal rekonstrüksiyon için önemli olan doku farklılıklarının ayırt edilmesini sağlar (Josephs, 2010). Bu analizler, iki tür lös olduğunu göstermiştir. Bunlardan birincisi, buzul dönemlerinde kurak, buzularası dönemlerde nemli koşullar yaşayan Çin gibi bölgelerde tipik olan lös; ikincisi ise Batı Avrupa gibi sürekli yüksek

nem oranına sahip bölgelerde biriken löstür. Ancak, lös serilerindeki en belirgin özellikler paleosollerdir ve bunlar genellikle açıkta kalan profillerde daha koyu tabakalar olarak görülür. Örneğin, tane boyutu farklılıkları, mikromorfolojik özellikler ve manyetik duyarlılık kayıtları ile ortaya çıkan bu gömülü toprak birimlerinin pedojenik geçmişindeki farklılıklar, tek tek lös-paleosol serileri arasındaki korelasyonun temelini oluşturur (Xiong vd., 2001).

Lösün, çoğu Kuvaterner sedimanına göre belirgin bir avantajı, lüminesans yöntemleri kullanılarak doğrudan tarihlendirilebilmesidir (Roberts, 2008). Çevredeki sedimanlarda doğal olarak bulunan radyoaktif elementlerin bozunması nedeniyle, elektronlar kuvars ve feldispat gibi minerallerin içerisinde hapsolur. Bu elektronlar, sediman rüzgârla sürüklenip güneş ışığına maruz kaldığında sıfırlanır. Birikim ve tortu gömülmesinden sonra, büyük ölçüde tortunun içindeki doğal olarak oluşan elementlerden (potasyum (K), rubidyum (Rb), uranyum (U), toryum (Th)) kaynaklanan radyasyon, elektronları uyarır ve bunların mineralin kristal yapıları içerisinde tekrar hapsolmesine neden olur. Laboratuvarında optik veya termal kaynaklar tarafından yapılan sonraki uyarım, hapsolmuş elektronların serbest kalmasıyla lüminesansa neden olur. Lüminesans miktarı, mineralin maruz kaldığı toplam radyasyon dozunun bir karşılığıdır. Doğal yıllık çevresel doz oranı, tortudaki K, Rb, U ve Th yoğunluklarından hesaplanabileceğinden, tortunun en son güneş ışığına maruz kaldığı zamanı belirlemek mümkündür. Lüminesans tarihlendirme, diğer tarihleme yöntemlerinden farklı olarak fosil veya organik materyallere ihtiyaç duymadığı için lös birikintileri için idealdir ve tarihlemeye tercih edilen mineraller (kuvars ve feldispat) löslerde yaygındır. Bunlar eoliyen sediman olduğu için etkin olarak sıfırlanmıştır ve 60-100 bin yıl öncesine kadar tarihleme mümkündür. Hatalar genellikle % 5-10 civarındadır (Roberts vd.,

2003). Ancak tekniğin sınırına yaklaşıldıkça hata payları artmaktadır.

Lös depoları, buzul-buzularası döngülerinin en eksiksiz karasal kayıtlarından birini sağlamaktadır. Lös birikintileri ve aralarında bulunan paleosollerin değişimini yorumlamak için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. En basit düzeyde, benzer toprakların ve lös birikim alanlarının güncel analogları, geçmişte farklı zamanlarda hâkim olan iklim koşullarına bir yaklaşım sağlar. Bu nedenle, Zhongli vd. (1992), en eski kalın lös birimlerinin (L33 ve L32), lös biriktiği zamanki koşullara benzer olduğu düşünülen yerlerin güncel iklimine dayanarak, günümüzden 12 °C daha düşük ortalama yıllık sıcaklıkları ve güncel değerlerin % 25'inden daha az yağış seviyelerini temsil ettiğini belirtmiştir. Maher & Thompson (1995), yağışın bir göstergesi olarak manyetik duyarlılığa odaklanmışlardır. Topraklardaki duyarlılığın, inorganik çökellemeyle ultra ince (<0,02 µm) ferromanyetik (maghemit) tanelerin yerinde oluşumu ve manyetotaktik (demir indirgeyici) bakterilerin varlığı nedeniyle daha yüksek olduğunu savunmaktadırlar. Islanma ve kuruma döngülerinin dönüşümlü olması bu süreci desteklediğinden duyarlılık profilleri paleoyağış değişimleri için bir gösterge olarak kabul edilebilir. Maher & Thompson (1995) lös platosundaki genç topraklarda güncel yağış miktarları ile duyarlılık ölçümleri arasındaki ilişkiyi kurarak, Xifeng'deki uzun duyarlılık kaydını (son 1,1 milyon yılı kapsayan) paleoyağış açısından kalibre etmişlerdir. Bu temelde, son 1,1 milyon yılın % 80'inde Xifeng'deki yağış miktarının bugünkünden daha az olduğu belirlenmiştir.

Lös-paleosol serilerinden elde edilebilecek çok çeşitli paleoortamsal bilgiler vardır. Lös, özellikleri arazi üzerinde değişiklik gösterdiğinden, onu biriktiren paleorüzgâr hakkında önemli ipuçları verebilir. Eski rüzgâr yönleri, rüzgârla taşınan tortuların tane boyutu veya mineralojik değişikliklerine dayanarak belirlenebilir. Lös kalınlığı, parçacık boyutu ve karbonat içeriği

genellikle kaynaktan uzaklaştıkça azalır (Muhs & Bettis, 2003; Chou, 2020). Ls kalınlığındaki azalma, kaynaktan rüzgâr yönünde sediman yükünün azaldığını, ortalama parçacık boyutundaki azalma iri yükünü elenmesini, karbonat içeriğindeki azalma ise birikim sırasındaki süzülmeyi yansıtır. Ls kaynağı kuzey-güney yönlü bir akarsu vadisi ise, akarsuyun doğusunda ls kalınlığı ve ortalama parçacık boyutundaki azalma, en azından rzgrların silt boyutundaki parçacıkları taşıyacak kadar güçlü olduğu dönemlerde, kuzeybatı, batı veya güneybatı yönlü paleorzgarların etkili olduğunu gösterir. Örneğin, ABD'nin Büyük Ovaları'ndaki Peoria Ls'nn tane boyutu analizi, tortuların Mississippi Nehri'ne doğru doğu yönünde giderek daha ince hale geldiğini göstermektedir (Mason, 2001). Tane boyutunun yanı sıra ls kalınlığı da doğuya doğru azalır. Kanıtlar, son buzul döneminde Büyük Ovalar bölgesinde baskın olarak kuzeybatı yönlü ls taşıyan rzgrların estiğini göstermektedir (Muhs & Bettis, 2000). Orta ve Doğu Avrupa'da, ls tane boyutu dağılımlarındaki mekânsal farklılıklar, Erken ve Orta Pleniglasyal dönemlerde (MIS 4 ve 3) batı rüzgarlarının, Geç Pleniglasyal dönemde (MIS 2) ise kuzeybatı rüzgarlarının hakim olduğunu göstermektedir (Bokhorst vd., 2011). Kuzeybatı Avrupa'dan elde edilen proksi kayıtları da, Geç Pleniglasyal dönemde kışın kuzeybatı rüzgârlarının hâkim olduğunu göstermektedir (Renssen vd., 2007). Daha kuzeydeki bölgelerde tahmini doğu rzgrları, İskandinav buzul tabakasından gelen katabatik rzgrları (aşığıya doğru hareket eden) yansıtmaktadır. Modelleme sonuçları, hâkim rzgrların, İzlanda alçak basınç sisteminin doğuya kayması ve son soğuk dönemde kuzeybatı ve orta Avrupa üzerinde artan basınç gradyanı nedeniyle, günümüzde Batı Avrupa üzerinde hâkim olan güneybatı rzgrlarından daha güçlü olduğunu göstermektedir.

Lösler, polen, diyatom, ostrakod, radyolarya veya foraminifera gibi gl veya deniz sedimanlarında yaygın olarak

kullanılan Kuvaterner paleoekolojik göstergelerini içermez. Ayrıca, löslerde memeli fosilleri nadiren korunur. Bununla birlikte, kara salyangozlarının kabuklarının löste korunması oldukça yaygındır ve bunlar Çin, Avrupa ve Kuzey Amerika'da bol miktarda bulunur. Bu salyangozların çoğu veya tamamı günümüzde de var olan türlerdir ve güncel zoocoğrafyaları oldukça iyi bilinmektedir (Wei vd., 2025). Bu nedenle, lös birikiminin gerçekleştiği dönemlerdeki iklimleri, fosil olarak bulundukları bölgede günümüzde yaşamayan sınır dışı taksonların tanımlanmasıyla tahmin etmek mümkündür. Kuzey Amerika'da, Büyük Ovalar'ın merkezindeki son buzul lösünün üst kısmı, birkaç sınır dışı boreal veya Kordilera salyangoz türü içermektedir. Bu kuzey ormanı ve dağ ormanı türlerinin varlığı, bölgenin mevcut ılıman çayırılık alanlarının aksine, orman vejetasyonuna sahip, son buzul ikliminden çok daha soğuk bir iklime sahip olduğuna işaret etmektedir (Rousseau & Kukla, 1994).

Lös'teki sedimantolojik ve paleontolojik veriler buzul dönemleri hakkında bilgi verirken, lös birikintileri içindeki paleosoller interglasyal veya interstadyal dönemler hakkında bilgi verir. Şüphesiz, 1980'lerden bu yana lös kaynaklı paleosollere uygulanan en yaygın yöntem, manyetik duyarlılık ve diğer mineral manyetik özelliklerinin ölçülmesidir (Porter, 2001; Schellenberger vd., 2003). Manyetik duyarlılık, birincil kayaç oluşturan mineral olan manyetit ve ikincil pedojenik mineral olan maghemit gibi manyetik minerallerin bolluğunun ölçümüdür. Hematit gibi diğer mineraller, manyetit ve maghemitten ayırt edilebilen çok düşük ancak ölçülebilir manyetik duyarlılığa sahiptir. Çok sayıda çalışma, Çin lösünün nispeten düşük manyetik duyarlılığa ve aradaki paleosollerin yüksek duyarlılığa sahip olduğunu göstermiştir (Maher & Thompson, 1995). Bu özellik, bu tekniği kesitler arası korelasyon aracı olarak oldukça değerli kılmaktadır ve birçok araştırmacı bu yöntemi denizel oksijen izotop kayıtlarıyla korelasyon için kullanmıştır (Balsam vd., 2005). Diğer araştırmacılar, yıllık ortalama

yağış gibi iklim parametreleriyle güncel topraklardaki manyetik duyarlılığı ilişkilendiren transfer fonksiyonları geliştirmiştir (Maher vd., 1994). Böylece, lösteki paleosollerin manyetik duyarlılığından paleoiklimsel koşullar tahmin edilebilmektedir.

Doğu Asya'da, rüzgârla taşınan tortullar ve ilgili birikintilerin analizinden bazı paleoiklimsel veriler elde edilmiştir. Çin Löss Platosu'nda, buzul-buzularası döngüler, lös-paleosol serilerinden elde edilen parçacık boyutu, jeokimyasal ve toprak mikromorfolojik kanıtlarda görülmektedir; kurak (buzul) dönemler artan toz birikimiyle, yarı kurak dönemler (buzul arası/interstadyaller) ise toprak oluşumu dönemleriyle karakterize edilmektedir (Sartori vd., 2005). Lös-paleosol serisi, Miyosen döneminin sonlarında başlamış olan Asya musonunun da bir proksi kaydını sağlamıştır (Porter, 2001). Sedimanların farklı özellikleri, muson yoğunluğu ve sirkülasyonundaki değişiklikleri belirlemek için kullanılmıştır. Örneğin, mineral manyetik sinyallerinde görülen tane boyutu değişiklikleri, Geç Kuvaterner döneminde Asya muson hücresinin hem gücündeki hem de konumundaki değişiklikleri göstermektedir (Liu & Ding, 1998). Yüksek manyetik duyarlılığa sahip ultra ince tanelerle karakterize edilen tabakalar, düşük şiddetteki rüzgârla taşınan tortullaşma ve pedojenez dönemlerinin tipik özellikleridir, rüzgârla taşınan toz akışının arttığı dönemler ise düşük manyetik duyarlılık ölçümleriyle gösterilir. İkincisi, kış musonunun (Sibirya'dan gelen toz taşınımıyla ilişkili) hâkim olduğu dönemleri temsil ederken, pedojenik gelişimin kanıtları kuzey rüzgârlarının gücündeki azalmayı ve güneyden gelen yaz musonunun yoğunluğundaki artışı yansıtır. Bu nedenle, lös-paleosol serileri aracılığıyla elde edilen manyetik duyarlılık kaydı, yaz musonunun yoğunluğunun bir gösterge indeksi olarak kullanılabilir.

Çin Löss Platosu'ndaki Asya musonunun gücündeki değişiklikler, bazı kimyasal ve izotopik göstergelerin konsantrasyonundaki değişikliklerden de belirlenmiştir. Örneğin,

Çin'in kuzeyindeki Huanxian profilinde, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (stronsiyum) ve Zr/Rb (zirkonyum/rubidyum) oranlarındaki ve ortalama tane boyutundaki değişiklikler, GÖ 40 ila 30 bin yılları arasında Doğu Asya musonunun zayıfladığını, ancak GÖ 30-10 bin yılları arasında muson gücünün arttığını göstermiştir (Yang vd., 2005). Manyetik parametreler Lös Platosu'ndaki toz birikiminin nicel tahminlerini elde etmek için diğer pedostratigrafik özelliklerle birlikte kullanılmıştır (Kohfeld & Harrison, 2003). Bunlardan, Doğu Asya musonunun değişen gücünün belirlenmesini sağlayan paleo-yağış tahminleri elde edilmiştir.

Lös kaynaklı paleosollerini incelemek için, manyetik duyarlılık kadar yaygın olmasa da, başka yöntemler de kullanılmıştır. Illinois'teki Mississippi Nehri vadisinde, toprak morfolojisi, parçacık boyutu verileri ile mineralojik ve jeokimyasal veriler, paleosollerin geçirdikleri gelişme ve kimyasal ayrışma miktarlarının farklı olduğunu göstermektedir (Grimley vd., 2003). Örneğin, Sangamon jeosolü ve Yarmouth paleosolü adı verilen daha eski bir paleosol, Farmdale jeosolü veya güncel toprağa göre daha kırmızı ve kil bakımından daha zengindir. Plajiyoklaz tükenmesi ($\text{Na}_2\text{O}/\text{TiO}_2$; sodyum oksit/titanyum dioksit), apatit tükenmesi ($\text{P}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$; fosfor pentoksit/titanyum dioksit) ve genel olarak silikat mineral tükenmesine ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; silisyum dioksit/alüminyum oksit) ait veriler, Yarmouth paleosolünün Sangamon jeosolünden daha fazla ayrışmaya maruz kaldığını, Sangamon jeosolünün ise Farmdale jeosolü veya güncel topraktan daha fazla ayrışmaya maruz kaldığını göstermektedir. Bu veriler, geçmişteki buzularası dönemlerin günümüzden daha sıcak ve nemli olduğu ve topraklarda kimyasal ayrışmanın daha fazla olduğu şeklinde yorumlanabilir. Alternatif bir yorum ise, geçmişteki buzularası dönemlerin günümüzden daha uzun sürdüğü veya geçmişteki buzularası dönemlerin günümüzden daha sıcak, daha nemli ve daha uzun olduğu şeklindedir.

Sonuç ve Öneriler

Lös-paleosol serileri, Kuvaterner iklim değişikliğinin en önemli karasal kayıtlarından biridir. Lös, baskın olarak silt boyutunda, rüzgârla taşınan tortullardır ve genel olarak kuvars, feldispat, mika, karbonat ve kil minerallerinden oluşur. Bu tortullar genellikle önceden var olan arazileri kaplar ve kalınlıkları santimetrelerden yüzlerce metreye kadar değişebilir. Lös, Dünya yüzeyinin büyük bir bölümünde, Amerika Birleşik Devletleri'nin orta ve kuzeybatısında, Alaska, Arjantin, Avrupa, Orta Asya ve Çin'de bulunur. Atmosferik sirkülasyonun doğrudan bir kaydı olması ve lüminesans yöntemleri kullanılarak doğrudan tarihlendirilebilmesi açısından diğer Kuvaterner sedimanlarına göre belirgin avantajları vardır. Birçok lös kaydı, Kuvaterner'in büyük bir bölümünü veya tamamını kapsar ve bu nedenle denizel tortu kayıtlarının karasal bir benzeri niteliğindedir. Çoğu bölgede, lös buzul dönemlerinde birikmiş ve topraklar buzularası dönemlerde oluşmuştur. Löslerin kalınlık, parçacık boyutu ve karbonat içeriğinin mekânsal eğilimleri kullanılarak paleorüzgârlar ve yönleri belirlenebilmektedir. Löslerde birçok paleoekolojik göstergeler bulunmamakla birlikte, kara salyangoz kabukları yaygındır ve bunlar hem paleoiklimi belirlemede hem de aminostratigrafik çalışmalar sayesinde kesitleri karşılaştırmada güçlü bir araçtır.

Son olarak, lös dizilerindeki paleosoller, paleoiklimleri tahmin etmek için kullanılabilecek birçok özelliğe sahiptir. Örneğin, manyetik duyarlılık ölçümleri paleoyağışların ve paleosıcaklıkların belirlenmesini sağlarken, aynı zamanda denizel oksijen izotop kayıtlarıyla korelasyon imkanı sağlamıştır. Lös-paleosol serilerinden elde edilen parçacık boyutu, jeokimyasal ve toprak mikromorfolojik kanıtlar kullanılarak hem muson yoğunluğu ve sirkülasyonundaki değişiklikler hem de muson gücünde ve konumunda meydana gelen değişiklikler belirlenmiştir.

Lösler bu özellikleriyle Kuvaterner araştırmalarında önemli bir yer teşkil etmektedir. Dolaylı kayıtlar arasında tarihlendirme, korelasyon ve ortamsal koşulların belirlenmesi gibi değerli verileri bir arada barındıran nadir kayıtlardan birini oluşturmaktadır. Bu nedenle bu çalışmaların arttırılmasına ve bunların diğer kayıtlarla birlikte değerlendirilerek geniş çaplı değerlendirmelerin yapılmasına ihtiyaç vardır. Böylece Kuvaterner’de meydana gelen değişimler özellikle küresel boyutta ortaya konulabilecektir.

Kaynakça

- Antoine, P., Catt, J., Lautridou, J. P., & Sommé, J. (2003). The loess and coversands of northern France and southern England. *Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association*, 18(3-4), 309-318.
- Balsam, W., Ellwood, B., & Ji, J. (2005). Direct correlation of the marine oxygen isotope record with the Chinese Loess Plateau iron oxide and magnetic susceptibility records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 221(1-2), 141-152.
- Bokhorst, M. P., Vandenberghe, J., Sümegi, P., Łanczont, M., Gerasimenko, N. P., Matviishina, Z. N., ... & Frechen, M. (2011). Atmospheric circulation patterns in central and eastern Europe during the Weichselian Pleniglacial inferred from loess grain-size records. *Quaternary International*, 234(1-2), 62-74.
- Bosq, M., Kreutzer, S., Bertran, P., Lanos, P., Dufresne, P., & Schmidt, C. (2023). Last Glacial loess in Europe: luminescence database and chronology of deposition. *Earth System Science Data*, 15(10), 4689-4711.
- Chou, C. (2020). *Paleowind Direction and the Regional Pattern of Grain Size and Atterberg Limits of Loess in Adams and Lincoln Counties, WA*.
- Dendy, S. N., Guenther, W. R., Grimley, D. A., & Conroy, J. L. (2024). Quantifying Pleistocene loess provenance in midcontinental North America using a mixing model: Implications for glacial lobe evolution along the southern Laurentide ice sheet. *Geosphere*, 20(6), 1655-1669.

- Derbyshire, E. (2003). Loess, and the dust indicators and records of terrestrial and marine palaeoenvironments (DIRTMAP) database. *Quaternary Science Reviews*, 22(18-19), 1813-1819.
- Ding, Z., Yu, Z., Rutter, N. W., & Liu, T. (1994). Towards an orbital time scale for Chinese loess deposits. *Quaternary Science Reviews*, 13(1), 39-70.
- Ding, Z. L., Ranov, V., Yang, S. L., Finaev, A., Han, J. M., & Wang, G. A. (2002). The loess record in southern Tajikistan and correlation with Chinese loess. *Earth and Planetary Science Letters*, 200(3-4), 387-400.
- Ding, Z. L., Xiong, S. F., Sun, J. M., Yang, S. L., Gu, Z. Y., & Liu, T. S. (1999). Pedostratigraphy and paleomagnetism of a ~ 7.0 Ma eolian loess–red clay sequence at Lingtai, Loess Plateau, north-central China and the implications for paleomonsoon evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 152(1-2), 49-66.
- Dodonov, A. E. (1991). Loess of central Asia. *GeoJournal*, 24(2), 185-194.
- Feng, Z. D., Johnson, W. C., Sprowl, D. R., & Lu, Y. (1994). Loess accumulation and soil formation in central Kansas, United States, during the past 400 000 years. *Earth Surface Processes and Landforms*, 19(1), 55-67.
- Fitzsimmons, K. E., Marković, S. B., & Hambach, U. (2012). Pleistocene environmental dynamics recorded in the loess of the middle and lower Danube basin. *Quaternary Science Reviews*, 41, 104-118.

- Frechen, M., Oches, E. A., & Kohfeld, K. E. (2003). Loess in Europe—mass accumulation rates during the Last Glacial Period. *Quaternary Science Reviews*, 22(18-19), 1835-1857.
- Grimley, D. A., Follmer, L. R., Hughes, R. E., & Solheid, P. A. (2003). Modern, Sangamon and Yarmouth soil development in loess of unglaciated southwestern Illinois. *Quaternary Science Reviews*, 22(2-4), 225-244.
- Josephs, R. L. (2010). Micromorphology of an early Holocene loess-paleosol sequence, central Alaska, USA. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 42(1), 67-75.
- Kemp, R. A., Derbyshire, E., & Meng, X. (2001). A high-resolution micromorphological record of changing landscapes and climates on the western Loess Plateau of China during oxygen isotope stage 5. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 170(1-2), 157-169.
- Kohfeld, K. E., & Harrison, S. P. (2003). Glacial-interglacial changes in dust deposition on the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews*, 22(18-19), 1859-1878.
- Kukla, G., & An, Z. (1989). Loess stratigraphy in central China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72, 203-225.
- Kukla, G. J., Butzer, K. W., & Isaac, G. L. (1975). Loess stratigraphy of central Europe. *After the Australopithecines: stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene*, 99-188.
- Lancaster, N. (2020). On the formation of desert loess. *Quaternary Research*, 96, 105-122.

- Li, Y., Wang, Y., & Aydin, A. (2024). Loess structure: Evolution and a scale-based classification. *Earth-Science Reviews*, 249, 104665.
- Liu, D. (1988). *Loess in China* (Vol. 5). Beijing: China Ocean Press.
- Liu, T., & Ding, Z. (1998). Chinese loess and the paleomonsoon. *Annual review of earth and planetary sciences*, 26(1), 111-145.
- Maher, B. A., & Thompson, R. (1995). Paleorainfall reconstructions from pedogenic magnetic susceptibility variations in the Chinese loess and paleosols. *Quaternary research*, 44(3), 383-391.
- Maher, B. A., Thompson, R., & Zhou, L. P. (1994). Spatial and temporal reconstructions of changes in the Asian palaeomonsoon: a new mineral magnetic approach. *Earth and Planetary Science Letters*, 125(1-4), 461-471.
- Mahowald, N., Kohfeld, K., Hansson, M., Balkanski, Y., Harrison, S. P., Prentice, I. C., ... & Rodhe, H. (1999). Dust sources and deposition during the last glacial maximum and current climate: A comparison of model results with paleodata from ice cores and marine sediments. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 104(D13), 15895-15916.
- Mason, J. A. (2001). Transport direction of Peoria Loess in Nebraska and implications for loess sources on the central Great Plains. *Quaternary Research*, 56(1), 79-86.
- Mo, P., Bai, A., & Li, Y. (2025). Climate-driven microstructural differentiation between loess and paleosol in the Central-Eastern loess Plateau of China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 106726.

- Muhs, D. R., & Bettis E. A. (2000). Geochemical variations in Peoria Loess of western Iowa indicate paleowinds of midcontinental North America during last glaciation. *Quaternary Research*, 53(1), 49-61.
- Muhs, D. R., & Bettis, E. A. (2003). Quaternary loess-paleosol sequences as examples of climate-driven sedimentary extremes. *Geological Society of America Special Paper*, 370, 53–74.
- Muhs, D. R., Cattle, S. R., Crouvi, O., Rousseau, D. D., Sun, J., & Zárata, M. A. (2014). Loess records. In *Mineral dust: a key player in the earth system* (pp. 411-441). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Necula, C., Dimofte, D., & Panaiotu, C. (2015). Rock magnetism of a loess-palaeosol sequence from the western Black Sea shore (Romania). *Geophysical Journal International*, 202(3), 1733-1748.
- Oches, E. A., McCoy, W. D., & Clark, P. U. (1996). Amino acid estimates of latitudinal temperature gradients and geochronology of loess deposition during the last glaciation, Mississippi Valley, United States. *Geological Society of America Bulletin*, 108(7), 892-903.
- Pécsi, M. (1995). The role of principles and methods in loess-paleosol investigations. *GeoJournal*, 36(2), 117-131.
- Porter, S. C. (2001). Chinese loess record of monsoon climate during the last glacial–interglacial cycle. *Earth-Science Reviews*, 54(1-3), 115-128.
- Pye, K. (1984). Loess. *Progress in Physical Geography*, 8(2), 176-217.

- Pye, K. (1995). The nature, origin and accumulation of loess. *Quaternary Science Reviews*, 14(7-8), 653-667.
- Renssen, H., Kasse, C., Vandenberghe, J., & Lorenz, S. J. (2007). Weichselian Late Pleniglacial surface winds over northwest and central Europe: a model–data comparison. *Journal of Quaternary Science*, 22(3), 281-293.
- Roberts, H. M. (2008). The development and application of luminescence dating to loess deposits: a perspective on the past, present and future. *Boreas*, 37(4), 483-507.
- Roberts, H. M., Muhs, D. R., Wintle, A. G., Duller, G. A., & Bettis III, E. A. (2003). Unprecedented last-glacial mass accumulation rates determined by luminescence dating of loess from western Nebraska. *Quaternary Research*, 59(3), 411-419.
- Rousseau, D. D. (2001). Loess biostratigraphy: new advances and approaches in mollusk studies. *Earth-Science Reviews*, 54(1-3), 157-171.
- Rousseau, D. D., & Kukla, G. (1994). Late Pleistocene climate record in the Eustis loess section, Nebraska, based on land snail assemblages and magnetic susceptibility. *Quaternary Research*, 42(2), 176-187.
- Ruhe, R. V. (1969). *Quaternary Landscapes in Iowa*. Ames, IA: Iowa State University Press.
- Rutter, N., Zhongli, D., Evans, M. E., & Tungsheng, L. (1991). Baoji-type pedostratigraphic section, Loess Plateau, north-central China. *Quaternary Science Reviews*, 10(1), 1-22.
- Sartori, M., Evans, M. E., Heller, F., Tsatskin, A., & Han, J. M. (2005). The last glacial/interglacial cycle at two sites in the Chinese Loess Plateau: mineral magnetic, grain-size and

- ^{10}Be measurements and estimates of palaeoprecipitation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 222(1-2), 145-160.
- Schellenberger, A., Heller, F., & Veit, H. (2003). Magnetostratigraphy and magnetic susceptibility of the Las Carreras loess–paleosol sequence in Valle de Tafí, Tucumán, NW-Argentina. *Quaternary International*, 106, 159-167.
- Smalley, I. J., Kumar, R., Dhand, K. H., Jefferson, I. F., & Evans, R. D. (2005). The formation of silt material for terrestrial sediments: particularly loess and dust. *Sedimentary Geology*, 179(3-4), 321-328.
- Smalley, I., & Obrecht, I. (2018). The formation of loess ground by the process of loessification: a history of the concept. *Geologos*, 24(2), 163-170.
- Sun, J. (2002). Provenance of loess material and formation of loess deposits on the Chinese Loess Plateau. *Earth and planetary science letters*, 203(3-4), 845-859.
- Thistlewood, L., & Jianzhong, S. (1991). A palaeomagnetic and mineral magnetic study of the loess sequence at Liujiapo, Xian, China. *Journal of Quaternary Science*, 6(1), 13-26.
- Tungsheng, L., Zhongli, D., Zhiwei, Y., & Rutter, N. (1993). Susceptibility time series of the Baoji section and the bearings on paleoclimatic periodicities in the last 2.5 Ma. *Quaternary International*, 17, 33-38.
- Wei, F., Dong, Y., Wu, N., Li, F., & Lu, H. (2025). Assessing the temporal stability of snail-climate relationships since the Last Glacial Maximum: Insights from boosted regression trees and LOESS models. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 662, 112771.

- Wright, J. S. (2001). “Desert” loess versus “glacial” loess: quartz silt formation, source areas and sediment pathways in the formation of loess deposits. *Geomorphology*, 36(3-4), 231-256.
- Xiong, S., Ding, Z., & Liu, T. (2001). Climatic implications of loess deposits from the Beijing region. *Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association*, 16(6), 575-582.
- Yang, J. D., Chen, J., & Zhang, J. X. (2005). Variations in $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ of the Huanxian profile, Loess Plateau of China from 40 ka BP to 10 ka BP and Heinrich events. *Geochemical Journal*, 39(2), 165-171.
- Zárate, M. A. (2003). Loess of southern south America. *Quaternary Science Reviews*, 22(18-19), 1987-2006.
- Zhongli, D., Rutter, N., Jingtai, H., & Tungsheng, L. (1992). A coupled environmental system formed at about 2.5 Ma in East Asia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 94(1-4), 223-242.
- Zhu, X., Gray, J., Gu, Y., & He, T. (2022). Genesis of loess particles on the Chinese Loess Plateau. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 23(7), e2022GC010428.

BÖLÜM 5

ŞANLIURFA İLİNİN JEOPARK POTANSİYELİ

1. AHMET SERDAR AYTAÇ¹

Giriş

jeomiras (Jeolojik miras), Yer'in jeolojik-jeomorfolojik tarihine tanıklık etmiş, eğitim, bilim, manzara ve peyzaj özellikleri açısından benzerlerinden ayrılan, insan tarafından yeniden oluşturması mümkün olmayan, çeşitli nedenlerle yok olma tehlikesi altındaki doğal oluşumlardır. Bu mirasın mekânsal ölçekteki temel bileşenleri olan Jeositler Dünya'nın tamamının veya herhangi bir kısmının jeolojik/jeomorfolojik geçmişinin kanıtı olan fosil ve mineral yatakları, madenler, önemli jeolojik formasyonların tip kesitleri, önemli tektonik yapı unsurları, ya da mağaralar ve diğer karstik oluşumlar, peribacaları, krater, maar gibi volkanik şekiller, kıyılar, kurak ve yarı kurak, glasyal perigalasyal bölgelerde yer alan özel yeryüzü şekilleri ve yapıları, paleo-ortam koşullarının delillerini oluşturan unsurlar, geçmişte gerçekleşmiş doğal afetlerin delili mahiyetindeki kalıntılar ve hatta meteor çarpması ile ilgili şekil ve oluşumları kapsarlar (Wimbledon & diğ., 1995; Dixon, 1996; Wimbledon, 1996; Panizza, 2001; Reynard, 2004; Zouros, 2005, 2007; İnan, 2008; Kazancı, 2010; Brilha, 2016; Aytaç & Bozdağ,

¹ Doç.Dr., Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Orcid: 0000-0001-8638-038X

2017; Demir & Aytaç, 2018; Turoğlu, 2025). Jeositler, korunup gelecek kuşaklara aktarılması gereken jeomiras değerleri olup; yerel, bölgesel, ulusal veya uluslararası öneme sahip alanlardır. Jeositler yerkürenin geçmiş süreçlerini anlamaya olanak tanıyan doğal arşivler niteliğindedir ve günümüzde biyolojik çeşitlilik kadar korunması gereken doğal varlıklar olarak değerlendirilmekte (Reynard & Brilha, 2018) hatta biyolojik çeşitliliğin temelinde jeolojik çeşitliliğin olduğu düşünülmektedir.

Jeokoruma yaklaşımının uluslararası ölçekteki en bütüncül uygulama modeli Jeoparklardır. UNESCO'ya göre bir jeopark; uluslararası öneme sahip jeolojik miras alanlarını barındıran, bu mirası koruma, eğitim ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yöneten, bütüncül ve katılımcı bir yönetim yapısına sahip coğrafi alanlardır (UNESCO, 2015). Tanımdan da anlaşılacağı üzere jeoparkların temel kaynak değerini jeositler oluşturmaktadır. jeoparklar ise kısa mesafeler dâhilinde çok sayıda jeositin ziyaret edilebildiği alanlardır. Jeoparklar uluslararası öneme sahip jeomirasın korunduğu birer doğa koruma alanı ve aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma alanıdır.

jeoparkların en temel kaynak değerini yerin Jeolojik ve jeomorfolojik geçmişinin delili olan lokasyonlar oluştursa da diğer doğal ve kültürel mirasın da jeomiras ile ilişkilendirilerek korunması jeoparkları diğer koruma alanlarından ayırmakta ve mutlidisipliner alanlar haline getirmektedir (Aytaç, 2025). Jeoparkları diğer doğa koruma alanlarından ayıran diğer önemli husus, yöre insanının jeokoruma bilincine sahip olması, alandaki koruma süreçlerinin sahibi, istekli olması ve yörede gerçekleşen turizmden doğrudan yarar elde etmesidir (Aytaç 2025).

Artan insan baskısı, plansız arazi kullanımı ve kontrolsüz turizm faaliyetleri, jeomiras alanlarını tehdit etmekte; bu durum jeokoruma kavramını sürdürülebilir çevre yönetiminin temel unsurlarından biri hâline getirmektedir (Brilha, 2016). Bu nedenle

jeokoruma ve jeoparkların, doğa koruma literatürüne yakın zamanda girmiş olmalarına rağmen, önemi hızla artmaktadır. Jeoparkların öneminin her geçen gün artmasında çok paydaşlı yönetim anlayışının, karar verme süreçlerine yerel halkı katmasının, turizm ve yan sektörler vasıtasıyla yöre halkının ekonomik kalkınmasını, yöre halkı ve ziyaretçilerin eğitimini önceleyen bir koruma statüsü olmasının rolü oldukça büyüktür. Bu özellikleri ile jeopark, doğa koruma amacının yanında yörede yaşayan halkın sürdürülebilir sosyo-ekonomik kültürel kalkınmasını amaçlayan adeta bir alan yönetim sistemidir. Jeoparklar 21. yüzyılın en önemli sürdürülebilir kalkınma enstrümanlarından biridir (Aytaç & Demir 2019; 2023). Nitekim jeoparklar gerçekleştirdikleri faaliyetler ile UNESCO'nun 2030 sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesine önemli katkı sunmaktadır.

UNESCO Küresel Jeopark olma koşullarını aşağıdaki temel ilkeler üzerine kurmuştur (UNESCO, 2023).

1. Uluslararası düzeyde bilimsel öneme sahip jeositlerin varlığı,
2. Etkin jeokoruma ve yönetim stratejileri,
3. Eğitim ve farkındalık faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi,
4. Jeoturizm yoluyla yerel ekonomiye katkı,
5. Yerel halkın sürece aktif katılımı,

Bu kriterler incelendiğinde, herhangi bir alanda uluslararası öneme sahip jeosit bulunması jeopark olmanın ilk ve öncelikli koşuludur. Bunun dışında jeoparklar, jeomirasın pasif olarak korunmasının ötesinde jeoturizm ve eğitim faaliyetleri vasıtasıyla yerel kalkınmayı destekleyen dinamik alanlar olarak öne çıkmaktadır.

Jeoturizm, ekoturizmin bir türüdür. Jeoturizm, jeomirasın korunmasını esas alan ve ziyaretçilere jeolojik süreçleri

yorumlayarak sunan sürdürülebilir bir turizm türü olup, jeopark modelinin temel bileşenlerinden biridir (Dowling & Newsome, 2018). Doğal ve kültürel değerleri jeomiras alanları ile bütünleştiren turizm faaliyetleri, doğa sevenler için eğitim ve bilimsel faaliyetlere dönüşmekte ve bu aktivitelerle Jeoturizm, rekreasyonel ve sosyal bir faaliyete dönüşmektedir (Kuşçu & Atilla, 2005, Koçan & Yıldırım, 2008). Jeoturizm aynı zamanda özel ilgi turizmidir (Gürsay & Güneş, 2014). Jeoturizm, doğrudan jeolojik ve coğrafi ortama odaklanarak, jeoloji ve coğrafya temelli faaliyetleri kapsamaktadır (Diker & diğ., 2016’ya göre Newsome & diğ., 2012).

Jeositler veya bunların bir arada ziyaret edilmesine olanak sunan jeopark alanları, ulusal önemlerinin yanında tüm insanlığın ortak değeri olarak görsel ve bilimsel açıdan öneme sahip alanlardır. Buraları ziyaret eden doğaseverler, eğitimciler ve yeryüzünün geçmişini anlamaya, öğrenmeye ilgi duyan insanlar jeoturizm faaliyetine katılmış olurlar (Aytaç & diğ., 2017).

Jeoturizm faaliyetleri sayesinde jeositler, eğitimsel ve ekonomik değer üreten kaynaklara dönüşmekte; bu durum özellikle kırsal ve gelişmekte olan bölgelerde sürdürülebilir yerel kalkınma açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Farsani & diğ., 2014). Başka bir ifade ile jeoturizm, yerel halkın gelir elde ederek doğa koruma konusunda istekli olmasını teşvik ederken; eğitim yerel halkın üzerinde yaşadığı coğrafyanın değerini öğrenmesine olanak sunar (Aytaç 2025). Söz konusu eğitime bağlı bilinç gelişimi ve turizme bağlı elde edilen ekonomik fayda jeokorumanın sürdürülebilir olmasının en önemli nedenlerindendir. Dolayısıyla jeopark yaklaşımı, doğal mirasın korunması ile sosyo-ekonomik, kültürel gelişim arasında denge kuran entegre bir planlama aracıdır.

Turizm, doğal ve kültürel kaynakların kullanımıyla şekillenen dinamik bir sektördür (Göktaş & diğ., 2025). jeoturizm dünyada yeni yaygınlaşan bir turizm tipi olup, gerçekleştirildiği

alanlarda turizm faaliyetlerinin çeşitlenmesi açısından da ayrıca önemlidir.

Günümüzde giderek önem kazanan jeoturizmin bir alanda gerçekleşebilmesi için o alanda jeomiras açısından öneme sahip yapılar ve şekillerin bulunması gerekir.(Göktaş & diğ., 2025). UNESCO mevzuatı gereği bir alanın küresel jeopark olabilmesi için uluslararası öneme sahip en az bir jeosite sahip olması gerekmektedir (UNESCO, 2023). Bu çalışmada Şanlıurfa İlinin jeomiras açısından öneminin ortaya konulması ve jeopark potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu potansiyelin belirlenmesi için UNESCO'nun uluslararası öneme sahip en az bir jeosite sahip olma kriteri esas alınmıştır. Herhangi bir jeositin uluslararası öneme sahip olma durumunun temel belirteci ise o alana ilişkin uluslararası düzeyde yayınlanmış bilimsel araştırmaların varlığıdır. Bu bağlamda Şanlıurfa İli sınırları içerisinde bulunan Yer'in jeolojik-jeomorfolojik evriminin kanıtı durumundaki alanlar belirlenmiş, akabinde ilgili bunların ulusal ve uluslararası düzeyde araştırmalara konu olup olmadıkları belirlenerek bu sitlerin önem derecesi (yerel, bölgesel, ulusal, uluslararası) saptanmış ve Şanlıurfa İlinin jeomiras açısından durumu ve jeopark olma potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Aşağıda öncelikle Şanlıurfa İlinin genel jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerine değinilecek akabinde Şanlıurfa İlinin jeomiras ve Jeopark potansiyeline yer verilecektir.

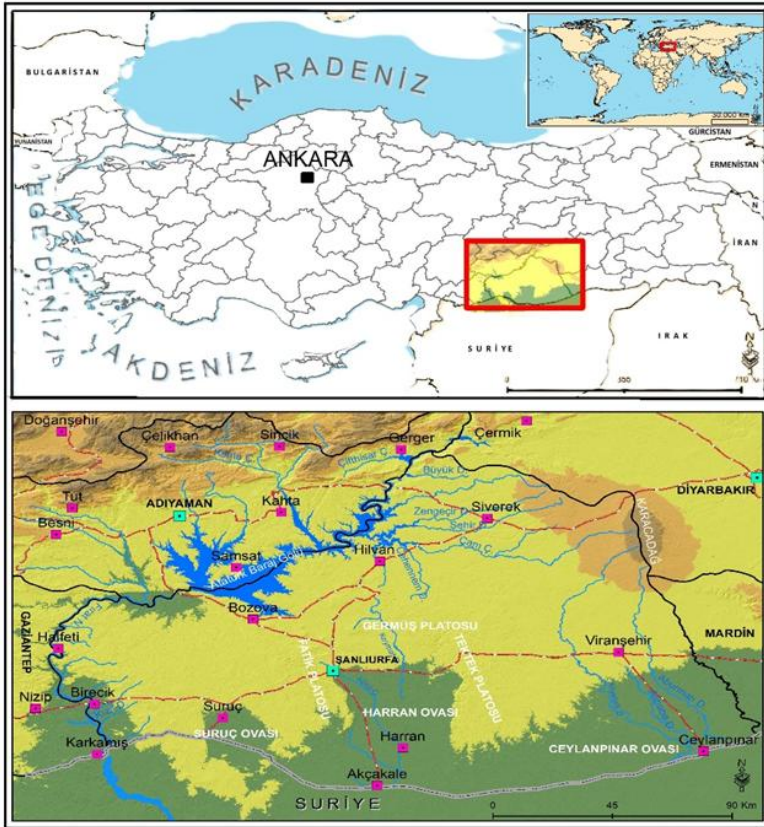
Türkiye Jeomiras ve Jeoçeşitlilik açısından Dünya'nın en zengin ülkelerinden biridir (Aytaç 2025; Aytaç, Kaylı & Göktaş, 2025; Aytaç & Demir, 2023; Aytaç & diğ., 2022; Şengün, Kılıçaslan & Göktaş, 2023, Göktaş & diğ., 2025;). Bu yönüyle yerbilimleri açısından adeta bir açık hava müzesi veya laboratuvarı özellikleri göstermekte ve değişik seviyelerde öneme sahip çok sayıda potansiyel jeosite ev sahipliği yapmaktadır. Türkiye jeosit varlığı ve jeoçeşitlilik açısından oldukça zengin olmasına rağmen, Jeokoruma ve Jeoparklaşma konusunda arzu edilen yerden oldukça

uzaktadır. Bu çalışmanın Türkiye’de jeokoruma ve jeopark kurma çalışmalarına yeni potansiyel alanların belirlenmesi bağlamında katkı sunacağı düşünülmektedir.

Şanlıurfa İlinin Konumu, Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri

Şanlıurfa İli, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin Orta Fırat Bölümü’nde, yer alır. 19242 km² alan kaplayan ilin doğusunda Mardin, kuzeyinde Adıyaman ve Diyarbakır, batısında Gaziantep, güneyinde Suriye yer alır. İl sınırlarını güneyde Suriye Devlet sınırı, batı ve kuzeybatıda ise Fırat nehri belirler (Şekil 1).

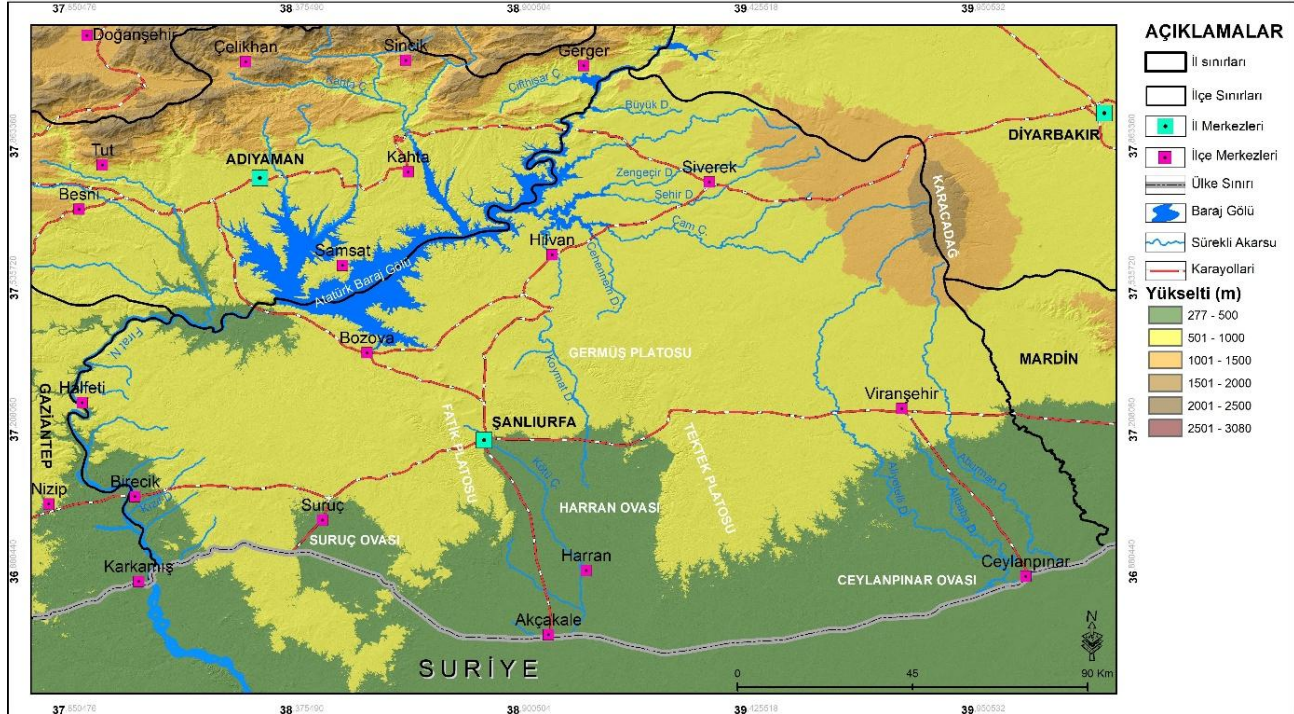
Şekil 1. Şanlıurfa İli Lokasyon Haritası



Jeolojik açıdan genel olarak sade bir görünümüne sahip olan Şanlıurfa İlinde en yaşlı birimleri Mesozoik yaşlı kireçtaşları oluşturur. Mesozoik sonlarından Miyosen ortalarına kadar denizle işgal edilen alanda karbonatlılar, kırıntılı karbonatlılar ve kırıntılılar çökelmiştir. Arap Levhası'nın kuzey kenarında yer alan inceleme alanı, Arap-Anadolu levhalarının çarpışması sonrasında Arap Levhası üzerinde gerçekleşen yer hareketlerinden yoğun bir şekilde etkilenmiştir. Bu yer hareketlerine bağlı olarak yörede Üst Miyosende faylar ve açılma çatlakları boyunca fissür volkanizması şeklinde başlayan volkanizma, batıdan doğuya doğru genişleyerek devam etmiş; Pliyosen ve Kuaternerde Karacadağ yöresinde merkezi püskürmeye dönüşmüştür. Miyosen'de bazalt çıkışları şeklinde kendini gösteren volkanizma Pliyosende bazaltlar ve yer yer piroklastikler ile karakterize olmuştur (Şaroğlu & Emre, 1987; Ercan & diğ., 1990, 1991; Sütçü, 2009). İl genelinde en genç birimleri ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturur (Şekil 2).

Özellikle Geç Eosen-Üst Miyosen arasındaki dönemde Arap Levhası'nın Anadolu'ya doğru gerçekleşen göreceli hareketi sonucunda aşamalı bir şekilde daralan Neo-Tetis denizi, Orta Miyosen'de (Tortonien) Arap –Anadolu levhalarının Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı (BZKK) boyunca çarpışması sonucunda bütünüyle kapanmıştır (Şengör, 1980; Demir & diğ. 2007, 2012). Bu çarpışma sonucunda Arap ve Anadolu Levhalarında yer kabuğunda yükselme ve kısalma, kalınlaşma, yamulma şeklinde deformasyonlar meydana gelmiş (Şengör, 1980; Demir & diğ., 2007) Arap Levhası'nın bu hareketi bölgede kuzey-güney yönlü sıkışma aynı zamanda doğu -batı yönlü gerilmeye neden olmuştur (Tardu & diğ., 1987). Bölgede kuzey güney yönlü sıkışma ve doğu batı yönlü gerilmeye bağlı olarak yer yer kuzey-güney (Karacadağ açılma çatlakları, Halfeti Fayı, Akçakale ve Suruç grabenleri) yer yer doğu-batı yönünde uzanan faylar, (Bozova, Samsat, Kalecik fayları) kör bindirmeler, antiklinal ve senklinaller oluşmuştur (Tardu & diğ., 1987; Çemen &

Şekil 3. Şanlıurfa İli Fiziki Haritası



Neotektonik dönemde gerçekleşen bölgesel yükselme, yörede akarsuların yataklarına gömülmelerine, yer yer dar ve derin vadiler oluşturmalarına neden olmuştur. Nitekim Şanlıurfa ili Fırat Nehri ve kolları tarafından yer yer derince yarılmış bir plato görünümündedir. İlin en yüksek kesimini Karacadağ'ın zirve bölgesi ve Karacadağ'ın en yüksek noktası olan Kollubaba Tepesi (1957 m.) oluşturur. Şanlıurfa'nın en alçak kesimlerini ise Fırat Nehri vadisinin Suriye sınırına yakın kesimleri (320 m.) oluşturur (Şekil 3).

Şanlıurfa İlinin Jeopark Potansiyeli

Genel jeomorfolojik ve tektonik karakterini büyük ölçüde neotektonik dönemde kazanan Şanlıurfa'nın farklı kesimleri yerbilimleri açısından farklı özellikler taşımaktadır. Sahada, yatay yapı, kıvrımlı yapı, faylı yapı, flüvyal topografya, karst topografyası ve volkan jeomorforlojisine ilişkin şekillerin yanı sıra farklı jeolojik zamanlarda oluşmuş litolojik özellikleri birbirinden farklı formasyonlar, mühendislik jeolojisi açısından öneme sahip alanlar yer alır. Şanlıurfa yöresi jeo-arkeolojik açısından öneme sahip çok sayıda site ev sahipliği yapmaktadır.

Bölgenin jeolojik-jeomorfolojik yapısı, yalnızca bilimsel açıdan değil, tarihsel ve kültürel peyzajla bütünleşmiş olup özgün bir karakter sergilemektedir. Bu jeomiras-kültürel miras bütünleşmesi açısından da Şanlıurfa'yı ayrıca önemli hale getirmektedir. Bu kapsamda Aşağıda Şanlıurfa Yöresi'nde uluslararası öneme sahip jeositlere değinilerek ilin jeomiras ve jeopark potansiyeli değerlendirilecektir.

Fırat Vadisi

Neotektonik dönemde Arap - Anadolu levhalarının çarpışması sonrasında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yerel; Arap Levhası'nın kuzey kenarında ise bölgesel yükselme meydana

gelmiştir (Demir, & diğ., 2012). Yükselmenin miktarı Orta Pliyosen'den günümüze yaklaşık 300 metre olarak hesaplanmıştır (Demir, & diğ., 2007). Yörede Neotektonik dönem öncesinde ve başlarında menderesler çizerek akmakta olan akarsular yükselmeye bağlı olarak aşamalı bir şekilde yataklarına gömülmüş, nehirler oldukça dar derin vadiler açmış, hatta yataklarını geriye doğru aşındırarak havzaları birbirine bağlayan boğazlar oluşturmuştur (Erol & diğ., 1987). Günümüz Fırat Vadisi o dönem yer hareketleri ve kaide seviyesi değişikliklerine bağlı olarak güncel şeklini almıştır. Günümüzde Birecik, Atatürk, Karakaya ve Keban Barajlarının gölleri Fırat Nehri'nin, oluşturmuş olduğu dar ve derin vadiler içerisinde kurulmuştur. Şanlıurfa özelinde Halfeti- Atatürk Barajı arası, Takoran Vadisi ve Nisibi Köprüsü çevresi baraj gölleri tesis edilmiş olmasına rağmen Fırat Vadisi'nin en iyi gözlemlendiği yerlerdir (Foto 1-2).

Foto 1. Eski Halfeti ve Fırat Vadisi



Fırat Vadisi son on milyon yıllık dönemde Arap Levhası kuzey kenarında gerçekleşen yer hareketlerine bağlı işleyen flüvyal süreçler ve jeomorfolojik evrimin delili niteliğindedir. Fırat Nehri havzasının jeomorfolojik evrimi ve baraj inşaatları ile ilişkili olarak

çok sayıda ulusal ve uluslararası düzeyde bilimsel araştırma yapılmıştır. Fırat Vadisi yer ve doğa bilimleri eğitimi açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Vadi manzara özellikleri nedeniyle çok sayıda ziyaretçi ağırlamakta vadinin muhtelif kesimleri tekne turları vasıtasıyla ziyaretçilere gezdirilmektedir.

Foto 2. Takoran Vadisi. Arka planda Fırat oldukça dar ve derin bir boğaz oluşturmuş durumda



Fırat Taraçaları

Neotektonik dönemde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde fasılalarla gerçekleşen yükselme ve Pleistosen'de gerçekleşen iklim değişimlerinin neden olduğu taban seviyesi değişimleri Fırat Nehri'nin değişik kesimlerinde farklı seviyelerde taraçalar oluşturmaya neden olmuştur. Bu taraçaları Atatürk Barajı güneyinde, Birecik- Nizip- Karkamış arasında gözlemlemek mümkündür (Foto 3). Söz konusu taraçalar son altı milyon yıllık dönemde bölgede gerçekleşen yer hareketlerinin ve küresel iklim değişimine bağlı taban seviyesi değişikliklerinin delilleridir. Nitekim Demir ve diğerleri (2007, 2012) yaptıkları çalışmalarla bölgede gerçekleşen yükselmenin hızı ve miktarı konusunda önemli çıkarımlarda bulunmuşlardır. Eğitim ve bilim açısından önemi

oldukça büyük olan bu taraçalar jeoturizme ilgi duyacak insanlar için ayrı bir cazibe merkezi olabilecek potansiyele sahiptirler.

Foto 3. Atatürk Barajı Güneyinde Fırat Taraçaları



Karacadağ Volkanizmasına Bağlı Oluşmuş Şekiller ve Karacadağ Volkan Konisi

Güneydoğu Anadolu’da Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illeri arasında geniş yayılım gösteren genellikle bazalt ve piroklastik kayalardan oluşan volkanitler, Karacadağ Volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Orta Miyosen’den itibaren Arap ve Anadolu levhalarının çarpışması sonucu Arap Levhası üzerinde gelişmiş genellikle kuzey-güney ve kuzeybatı- güneydoğu doğrultulu açılma çatlakları boyunca çıkıp çevreye yayılan lavların oluşturmuş olduğu volkanizma üç evrede gerçekleşmiştir (Ercan & diğ., 1990,1991, Şaroğlu & Emre, 1987, Sütçü, 2009; Benek & diğ. 2016). İlk evrede çıkan bazaltik lavlar volkanik bir plato oluştururken; Karacadağ’ın esas kütlesini oluşturan 2. evre lavları ise ilk evrede çıkan plato karakterindeki bazalt akıntıları üzerine yayılmıştır. Üçüncü evre lavları ise daha az yer kaplamakla beraber dağınık birbirleriyle

ilişkisi olmayan püskürmeler meydana getirmişlerdir (Yıldırım & Karadoğan, 2010).

Volkanizma esnasında çıkan yüksek sıcaklıklı akışkan lavlar çok geniş bir alana yayılmıştır (yaklaşık 7200 km²). Efüzif karakterli volkanizma neticesinde oluşan Karacadağ, kalkan tipi volkan morfolojisi sergiler (Arger & diğ., 2000). Volkanizma, kıta - kıta çarpışması neticesinde ortaya çıkan sıkışma tektonik rejimi altında kabuksal incelme ve derin kırık sistemleri boyunca gelişmiştir. Karacadağ çevresi volkanizmaya ilişkin çok çeşitli yer şekillerinin görülebileceği bir alandır. Karacadağ, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin son on milyon yıllık dönemde geçirmiş olduğu jeolojik - jeomorfolojik ve paleocoğrafik evrimin kanıtlarına ev sahipliği yapar. Karacadağ volkanizmasına ilişkin en ilginç şekillerden birini oluşturan Yapraklı Bazalt sütunları, Siverek yakınlarında yer alır (Foto 4). Volkanizma esnasında oluşmuş lav tünelleri ise Diyarbakır'ın Çınar ilçesi sınırları içerisinde yer alır. Karacadağ yöresi farklı dönemlerde meydana gelmiş lav akıntıları altında korunmuş fosil topraklara ev sahipliği yapar (Foto 5). Karacadağ volkanizması ile ilişkili ulusal ve uluslararası düzeyde çok sayıda bilimsel araştırma mevcuttur. Koninin zirve düzlüğünde küçük bir kayak tesisi bulunur.

Foto 4. Karacadağ Volkanitleri Üzerinde Sütun Bazaltlar (Yapraklı Köyü/Siverek)



Foto 5. Karacadağ Paleosolleri. Karacadağ'ın farklı volkanik evreleri arasında oluşmuş ve üzerine gelen lav akıntısı ile pişmiş, fosilleşmiş toprak, paleocoğrafyaya ilişkin önemli bilgiler ihtiva etmektedir.



Akçakale Grabeni (Harran Ovası)

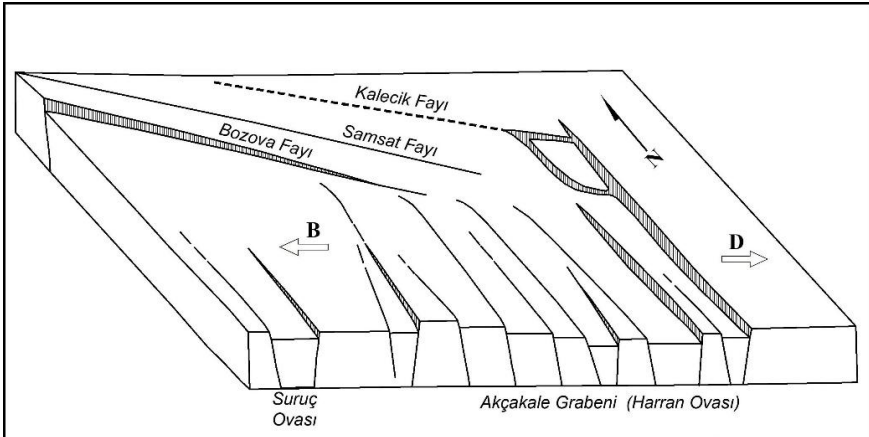
Akçakale Grabeni, neotektonik dönem yer hareketlerinin Güneydoğu Anadolu'daki en önemli şekillerinden biridir. Arap-Anadolu levhalarının Orta Miyosen'de çarpışmaları sonrasında, Arap Levhası üzerinde gelişen kabuk kısalması ve kuzey-güney yönlü sıkışmaya bağlı olarak ortaya çıkan doğu-batı yönlü gerilmeler Suruç, Akçakale, Ceylanpınar grabenlerini oluşturmuştur (Tardu & diğ., 1987; Tarhan & diğ., 2012). Bu grabenlerin tabanları aynı zamanda Suruç, Harran ve Ceylanpınar Ovalarına tekabül eder (Şekil 4).

Akçakale Grabeni, bölgede mevcut tektonik rejimin etkisinde meydana gelmiş çöküntü alanlarının en belirgin olanıdır (Tardu & diğ., 1987). Grabeni doğu ve batıdan sınırlandıran faylar, grabenin kuzey kısmında oldukça belirginken güneye doğru

gidildikçe dikliklerini yitirip silikleşirler. Ova tabanında çok sayıda kuzey güney yönlü fay mevcuttur (Lovelock, 1984; Lisenbe 1986; Tardu & diğ., 1987, Manav & diğ. 1996, Aytaç & diğ. 2016; Seyitoğlu, Esat & Kaypak, 2017). Kuzeyden Bozova fay sistemi (Bozova, Samsat, Kalecik Fayları) ile sınırlanan graben çek-ayır (pull-apart) havza karakterindedir (Tardu & diğ.1987).

Ova tabanında çevredeki yüksek alanlardan taşınan materyallerin biriktirilmesi ile oluşmuş Pliyo-Kuvaterner yaşlı depolar yer alır. Söz konusu depoların kalınlığı ova içerisinde yer yer 200 metreden fazladır. Akçakale Grabeni Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin en belirgin çöküntü alanıdır. Arap Levhası kuzey kenarında tektonizma kontrolünde jeomorfolojik yapının nasıl şekillendiğine oldukça iyi bir örnektir. Grabenin oluşumuna yerli ve yabancı birçok yayında yer verilmiş kenarı ve yakın çevresindeki faylar ile bölgesel tektonik süreçler ilişkilendirilmiştir.

Şekil 4. Akçakale Grabeni Ve Çevresinin Şematik Blok Diyagramı



Kaynak: Tardu ve Diğ. 1987

Atatürk Barajı

İnşaatına 1983 yılında başlanan ve 1992 yılında hizmete açılan baraj, Fırat havzası üzerinde 817 km2 genişliğinde bir göl

oluşturmuştur. 84,5 milyon m³ kaya ve toprak dolgu ile dolgu hacmi bakımından inşa edildiği dönemde dünyadaki barajlar arasında gövde hacmi açısından beşinci sırada yer alır. Uzunluğu 1644 m. ve temelden yüksekliği 169 m. olan baraj gövdesi kil çekirdekli kaya dolgudur. Baraj ülkemiz elektrik üretimine ve güneydoğu Anadolu Bölgesi topraklarının sulanmasına önemli katkılarda bulunmaktadır (DSİ). Seyir terası vasıtası ile uzaktan incelenebilen baraj, Mühendislik jeolojisi açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Atatürk Baraj gölü aslında günümüzden 6 ila 3,2 milyon yıl önce doğal süreçlerle Fırat havzasında oluşmuş olan Paleo-Adıyaman gölünün bulunduğu yerde insan eliyle inşaa edilmiş bir göldür (Foto 6).

Fırat vadisinin jeomorfolojik evrimi, Atatürk Barajı ile ilgili çok sayıda ulusal ve uluslararası düzeyde araştırma mevcuttur. Baraj ve göl doğal ortam üzerinde insanoğlunun gerçekleştirdiği değişikliklere oldukça iyi bir örnektir.

Foto 6. Atatürk Barajı ve Baraj Gölü



Kaynak: DSİ

Höyükler ve Arkeolojik Yerleşmeler

Şanlıurfa yöresi, Bereketli Hilal'in kuzey ucunda yer alması nedeniyle tarih öncesi yerleşimlerin en yoğun olduğu alanlardan

biridir. Yöre özellikle Çanak-Çömleksiz Neolitik Dönem'den itibaren yerleşik yaşama geçiş sürecinin anlaşılmasında kilit bir konuma sahiptir. Yapılan arkeolojik yüzey araştırmaları ve kazılar, Şanlıurfa platosu, Harran Ovası ve Tek Tek Dağları çevresinde çok sayıda höyük ve höyük niteliği taşıyan yerleşmenin bulunduğunu ortaya koymuştur (Çelik, 2017; Güler & Çelik, 2013). İl sınırları içerisinde “höyük” olarak tanımlanan yerleşmelerin sayısının 400–500 arasında olduğu ifade edilmektedir (Çelik, 2017; Önal & diğ., 2020).

Şanlıurfa yöresinde höyükler ve arkeolojik yerleşmelerin dağılımı, bölgenin jeolojik ve jeomorfolojik özellikleriyle doğrudan ilişkili bir yerleşim modelini yansıtmaktadır. Bilimsel çalışmalar, höyüklerin büyük ölçüde alüvyal ovalar (özellikle Harran Ovası), akarsu taraçaları ve karstik plato kenarlarında yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Ova tabanlarında gelişen höyükler, verimli topraklar, suya erişim ve düşük topoğrafik enerji sayesinde uzun süreli ve çok katmanlı iskânın sonucu olarak oluşurken; Şanlıurfa Platosu ve Tek Tek Dağları gibi kireçtaşlarının yaygın olduğu olduğu görece yüksek alanlarda yer alan yerleşmeler, yapı taşı temini, topoğrafik hâkimiyet ve sembolik/ritüel hususlarla ilişkilidir. Bu bağlamda Göbeklitepe ve Karahantepe gibi Neolitik merkezler, kalın kültür dolgusu gelişmeyen ancak anakaya üzerinde şekillenen, höyükleşmenin sınırlı olduğu farklı bir yerleşme tipini temsil etmektedir. Dolayısıyla Şanlıurfa'daki höyüklerin sayısal ve mekânsal dağılımı; litoloji, topoğrafya, hidrografya ve toprak özelliklerinin insan yerleşim tercihleri üzerindeki belirleyici etkisini açık biçimde ortaya koymakta ve bölgenin uzun süreli insan–çevre etkileşiminin jeomorfolojik bir kaydı niteliğini taşımaktadır (Çelik, 2017; Güler & Çelik, 2013; Knitter & diğ., 2019; Önal & diğ., 2020)

Son yıllarda yürütülen çalışmalar, Göbeklitepe'nin tek bir örnek olmadığını benzeri özelliklerde çok sayıda tepe olduğunu ortaya koymuştur. Karahantepe, Harbetsuvan Tepesi ve Sefertepe

gibi yerleşmeler (Taştepeler), Şanlıurfa çevresinde çok merkezli bir Neolitik yerleşimin varlığına işaret etmektedir (Karul, 2020). Karahantepe kazılarında ortaya çıkarılan ana kayaya oyulmuş mekânlar, su taşıma ve depolama sistemleri o dönem insanının doğal ortam jeolojik ve jeomorfolojik yapıyı oldukça iyi tanıdığını ve amaçları doğrultusunda şekillendirdiğini göstermektedir.

Neolitik dönem sonrası süreçte de Şanlıurfa yöresi önemini korumuştur. Harran ve çevresindeki höyükler, Tunç Çağı'ndan İslamî döneme kadar kesintili ya da kesintisiz iskân görmüş, bölgeyi Mezopotamya ile Anadolu arasında bir geçiş ve etkileşim alanı hâline getirmiştir. Bu çok dönemli yerleşim sürekliliği, Şanlıurfa'daki höyüklerin yalnızca tarihöncesi değil, aynı zamanda tarihsel dönemlerin sosyo-ekonomik ve mekânsal örgütlenmesini anlamada da temel veri kaynakları olduğunu ortaya koymaktadır (Algaze & diğ., 1991; Önal & diğ., 2020).

Şanlıurfa yöresinde bulunan höyük ve arkeolojik yerleşmeler yörede binlerce yıldır var olan olumlu jeo-ekolojik koşulların bir sonucudur. Yörede özellikle Harran Ovası'nda var olan çok sayıda höyük jeomorfolojik görünümün insan eli ile değişmesine neden olmuştur (Foto 7). Söz konusu jeoarkeolojik alanlar yörede son on iki bin yıllık dönemde gerek insan yaşamı gerekse jeolojik/jeomorfolojik ve paleocoğrafik evrimin delilleri durumundadır. Bu yönü ile düşünüldüğünde Şanlıurfa Yöresi'nde bulunan arkeolojik alanlar, yer ve doğa bilimleri açısından da uluslararası öneme sahip jeoarkeolojik sitlerdir. Bu alanlar ile ilgili değişik ülkelerden çok sayıda bilim insanının yürütmekte olduğu kazı çalışmaları ve bilimsel araştırmalar mevcuttur.

Foto 7. Sultantepe Höyüğü. Jeomorfolojik görünümün insan eliyle değişimine bir örnek



Sonuç

Bu çalışmada, Şanlıurfa İlinin jeolojik, jeomorfolojik ve jeoarkeolojik özellikleri bütüncül bir yaklaşımla değerlendirerek, ilin jeomiras değeri ve jeopark potansiyeli ortaya konulmuştur. Araştırma kapsamında UNESCO Küresel Jeopark kriterleri kapsamında temel ön koşul olan uluslararası öneme sahip jeosit varlığı göz önünde bulundurularak Şanlıurfa İlinin uluslararası öneme sahip jeositleri belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular ışığında Fırat vadisi, Fırat taraçaları, Karacadağ volkanizmasına bağlı oluşmuş şekiller ve Karacadağ volkan konisi, Akçakale Grabeni, Atatürk Barajı ve il genelindeki jeoarkeolojik sitlerin (Taştepeler ve diğer arkeolojik alanlar) uluslararası öneme sahip jeositler olduğu tespit edilmiştir. Söz

konusu sitlerden Fırat vadisi, Fırat taraçaları, Karacadağ volkanizmasına bağlı oluşmuş şekiller ve Karacadağ volkan konisi, Akçakale Grabeni'nin Arap Levhası'nın kuzey kenarının son on milyon yıllık evriminin delillerini teşkil ettikleri, Atatürk Barajı'nın da mühendislik jeolojisi, Antropojenik jeomorfoloji açısından öneme sahip bir yapı olması münasebetiyle uluslararası öneme sahip olduğu saptanmıştır.

şanlıurfa İli aynı zamanda çok sayıda höyük ve arkeolojik alana ev sahipliği yapmaktadır. Özellikle son yıllarda yapılan araştırmalar höyük ve arkeolojik alanların yayılışı, dağılışı üzerinde doğal ortam koşullarının özellikle jeolojik ve jeomorfolojik faktörlerin rolünün oldukça büyük olduğunu göstermektedir. Söz konusu arkeolojik alanlar, doğal ortam insan etkileşimi, paleocoğrafik koşullar, yörenin yakın dönem jeolojik-jeomorfolojik evriminin delili mahiyetinde jeoarkeolojik sitlerdir.

şanlıurfa İli içerisinde belirlenen uluslararası öneme sahip potansiyel sitler ile ilgili ulusal ve uluslararası literatürde çok sayıda çalışmanın bulunması, bu jeositlerin uluslararası önemlerinin en açık göstergesidir. Bu çalışmanın kaynakçası bile söz konusu alanların bu kapsamda önemini ortaya koyan bibliyografik özet mahiyetindedir. Bu alanlar bilimsel önemlerinin yanında, aynı zamanda yerbilimleri eğitimi ve jeoturizm açısından da önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu alanların bir kısmı tarih, kùltür, manzara ve peyzaj özellikleri nedeniyle turizm faaliyetlerine konu olmaktadır. Jeoturizm bu alanlarda turizm çeşitliliğinin artmasına imkân sağlayacaktır.

Çalışmanın sonuçları, şanlıurfa İlinin UNESCO Küresel Jeopark kriterleri kapsamında temel ön koşul olan uluslararası öneme sahip jeosit varlığı bakımından oldukça yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Belirlenen uluslararası öneme sahip jeositlerin dağılımı, şanlıurfa İli içerisinde bir jeopark kurulabileceği gibi, şanlıurfa'ya komşu illerinin belli bölümlerini kapsayan

alanlarda farkı temalara sahip çok sayıda jeopark kurulabileceğini göstermektedir.

Bu kapsamda; Şanlıurfa İli ve çevresinde potansiyel Jeopark alanları ve bunların yerbilimleri açısından temaları şunlardır;

- **Şanlıurfa** Bozova, Karaköprü, Haliliye, Eyyubiye, Harran ilçeleri (Tema: Tektonik, jeoarkeolojik, Mühendislik jeolojisi)
- **Şanlıurfa - Gaziantep** (Halfeti, Birecik, Araban, Yavuzeli, Nizip) Fırat vadisini kapsayan alan ve çevresi; (Tema: Tektonik, flüvyal, jeoarkeolojik)
- **Şanlıurfa- Adıyaman** (Bozova, Besni, Adıyaman merkez) (Tema: Mühendislik jeolojisi, Tektonik, Flüvyal) veya (Kâhta, Gerger, Siverek) (ilçelerini kapsayan alanda 2 ayrı potansiyel alan (Tema: Tektonik, Flüvyal ,Volkanik, Karstik, Jeoarkeolojik)
- **Şanlıurfa-Diyarbakır-Mardin** (Siverek, Çınar, Derik ilçeleri) (Tema: Volkanik, Karstik, Stratigrafik)

Bu araştırma Şanlıurfa İlinin jeopark kurulumuna ilişkin uluslararası öneme sahip jeosit ön koşulunu sağladığını göstermiştir. Ancak jeoparklaşma sürecinin; jeosit envanterinin tamamlanması, etkin bir jeokoruma ve alan yönetim stratejisinin oluşturulması, eğitim ve farkındalık faaliyetlerinin geliştirilmesi ve yerel paydaşların sürece aktif katılımının sağlanması gibi birçok koşulun yerine getirilmesi gereken çok başlıklı bir süreç olduğu göz ardı edilmemelidir.

Kaynakça

Algaze, G., Breuninger, R., Knudstad, J., Provenzano, N., & Ristvet, L. (1991). The Tigris–Euphrates archaeological reconnaissance project: A preliminary report. *Journal of Near Eastern Studies*, 50(1), 1–35.

Arger, J., Mitchell, J. G., Westaway, R., & Yurtmen, S. (2000). Neogene–Quaternary volcanism in the Karacadağ area of southeastern Turkey. *Geological Magazine*, 137(5), 479–494.

Aytaç, A. S., Kaylı, Ö., & Göktaş, Y. (2025). Yapraklı Bazalt Sütunları'nın (Siverek) jeomiras açısından incelenmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 15, 55–72. <https://doi.org/10.46453/jader.1729228>

Aytaç, A. S. (2025). Türkiye’de jeokoruma ve jeoparklaşma süreci üzerine bir değerlendirme. *Jeomorfoloji Derneği Bülteni*, 9, 42–49. <https://jd.org.tr/index.php/2025/05/03/jeomorfoloji-dernegi-bulteni-no9/>

Aytaç, A. S., & Demir, T. (2023). Volcanic monument of Western Anatolia: Kula-Salihli UNESCO Global Geopark. *Geoheritage Conservation Research*, 6(1), 139–160. <https://doi.org/10.30486/gcr.2023.1982314.1128>

Aytaç, A. S., Demir, T., Maddy, D., & Bridgland, D. R. (2022). The Kula-Salihli UNESCO Geopark: Spectacular records of Quaternary volcanism, fluvial and landscape evolution and Quaternary environmental change. *Proceedings of the Geologists' Association*, 134(4), 416–431. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2022.06.008>

Aytaç, A. S., & Demir, T. (2019). Kula UNESCO Global Jeoparkı’nda yerbilimleri ve jeomiras açısından uluslararası öneme sahip üç yeni jeosit önerisi. *Mediterranean Journal of Humanities*, 12(2), 125–140.

Aytaç, A. S., & Bozdağ, E. (2017). *Nemrut Dağı ve çevresinin potansiyel jeomiras alanları*. İstanbul: Kriter Yayınevi.

Aytaç, A. S., Bozdağ, E., Şahap, A., Yetmen, H., & Özcanlı, M. (2017). Jeoturizm açısından potansiyel bir alan: Nemrut Dağı Milli Parkı (Adıyaman/Türkiye). 3. *Uluslararası Türk Dünyası Turizm Sempozyumu Bildirileri* (20–22 Nisan 2017, Bişkek, Kırgızistan).

Aytaç, A. S., Yetmen, H., Benek, S., Elmastaş, N., Şahinalp, M. S., Özcanlı, M., & Şahap, A. (2016). Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'nün fiziki coğrafyası. *The Journal of Academic Social Science*, 37, 1–20.

Benek, S., Elmastaş, N., Şahinalp, M. S., Aytaç, A. S., Yetmen, H., Özcanlı, M., & Şahap, A. (2016). *Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'nün coğrafi etüdü*. İstanbul: Kriter Yayınevi.

Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: A review. *Geoheritage*, 8(2), 119–134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>

Çemen, İ., Perinçek, D., Edirger, Ş. V., & Akça, L. (1990). Güneydoğu Anadolu'daki Bozova doğrultu atımlı fayı: Üzerindeki ilk hareket ters faylanma olan faylara bir örnek. *Türkiye 8. Petrol Kongresi Bildirileri*, Ankara.

Çelik, B. (2017). Şanlıurfa ili arkeolojik yüzey araştırması. *Türk Arkeoloji ve Etnografya Dergisi*, 17, 1–24.

Demir, T., & Aytaç, A. S. (2018). Kula UNESCO Global Jeoparkı: Türkiye'nin UNESCO tescilli ilk ve tek global jeoparkı. *TÜCAUM*, 30, 3–6.

Demir, T., Seyrek, A., Westaway, R., Guillou, H., Scaillet, S., Beck, A., & Bridgland, D. R. (2012). Late Cenozoic regional uplift and localised crustal deformation within the northern Arabian Platform in southeast Turkey: Investigation of the Euphrates terraces staircase

using multidisciplinary techniques. *Geomorphology*, 165–166, 53–71. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.01.005>

Demir, T., Westaway, R., Bridgland, D. R., & Seyrek, A. (2007). Terrace staircases of the River Euphrates in southeast Turkey, northern Syria and western Iraq: Evidence for regional surface uplift. *Quaternary Science Reviews*, 26, 2844–2863. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.07.019>

Diker, O., Taşkın, D., & Çetinkaya, A. (2016). Jeoturizm kapsamında Safranbolu’da coğrafi kaynakların değerlendirilmesi ve Safranbolu jeoturizm potansiyelinin belirlenmesi. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 1–20.

Dixon, G. (1996). *Geoconservation: An international review and strategy for Tasmania*. Tasmania Parks & Wildlife Service Occasional Paper.

Dowling, R. K., & Newsome, D. (2018). *Handbook of geotourism*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Ercan, T., Şaroğlu, F., Turhan, N., Matsuda, J. J., Ui, T., Fujitani, T., Notsu, K., Bağışakçı, S., & Aktimur, S. (1991). Karacadağ volkanitlerinin jeolojisi ve petrolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 6, 118–133.

Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J. J., Notsu, K., & Ui, T. (1990). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen–Kuvaterner volkanitlerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu. *MTA Genel Müdürlüğü Dergisi*, 110, 143–164.

Erol, O., Akkan, E., Elibüyük, M., & Doğu, A. F. (1987). *Aşağı Fırat Bölgesi’nde bugünkü ve Kuvaterner’deki doğal çevre koşulları: Aşağı Fırat Projesi (1978–1979) çalışmaları* (Aşağı Fırat Projesi Çalışmaları, Seri I, No. 3). Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

Farsani, N. T., Coelho, C., Costa, C., & Amrikazemi, A. (2014). Geotourism and geoparks as novel strategies for socio-economic development in rural areas. *International Journal of Tourism Research*, 16(1), 79–91.

Göktaş, Y., Aytaç, A. S., Şengün, M. T., & Kocaoğlu, M. (2025). Assessment of geosite and geotourism potential of Baskil District (Elazığ) using Preliminary Geosite Assessment Model (GAM). *Geoheritage*, 17(4), 169. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01217-y>

Güler, G., & Çelik, B. (2013). New Pre-Pottery Neolithic sites and cult centres in the Urfa region, south-eastern Turkey. *Documenta Praehistorica*, 40, 33–58. <https://doi.org/10.4312/dp.40.3>

Gürsay, M. S., & Güneş, S. G. (2014). Jeoturizm ve sürdürülebilirlik: Kızılcahamam–Çamlıdere Jeoparkı örneği. *Ankara Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 1–20.

İnan, N. (2008). Jeolojik miras ve doğa tarihi müzeleri. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 493, 80–84.

Karul, N. (2020). Buried buildings at Pre-Pottery Neolithic Karahantepe. *Anatolica*, 46, 1–20.

Kazancı, N. (2010). *Jeolojik koruma: Kavram ve terimler*. Jemirko & TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.

Knitter, D., Braun, R., Clare, L., Nykamp, M., & Schütt, B. (2019). Göbekli Tepe: A brief description of the environmental development in the surroundings of the UNESCO World Heritage Site. *Land*, 8(4), 72. <https://doi.org/10.3390/land8040072>

Koçan, N., & Yıldırım, T. (2008). Nevşehir Acıgöl Kalderası Kaleci Tepe ve Acıgöl maarlarının jeoturizm kapsamında değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45(2), 1–15.

Kuşçu (Gençalioğlu), G., & Atilla, C. (2005). Bir jeolojik miras unsuru olarak Cora Maarı (Erciyes Volkanik Kompleksi). *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu Bildiri Kitabı* içinde.

Lisenbee, A. L. (1986). *Structural studies of selected areas in Southeast Anatolia* (TPAO Raporu No. 2229).

Lovelock, P. E. R. (1984). A review of the tectonics of the Northern Middle East region. *Geological Magazine*, 121(6), 577–587.

Manav, E., Ay, Y., Gürel, H., Polat, C., Yurtseven, D., & Sarp, S. (1996). *Şanlıurfa–Viranşehir dolayının jeolojisi*. Ankara: Jeoloji Etütleri Dairesi.

Newsome, D., Dowling, R., & Leung, Y.-F. (2012). The nature and management of geotourism: A case study of two established geotourism destinations. *Tourism Management Perspectives*, 2(3), 19–27.

Önal, M., vd. (2020). Harran Ovası arkeolojik yüzey araştırmaları. *Türk Arkeoloji Dergisi*, 24, 45–68.

Panizza, M. (2001). Geomorphosites: Concepts, methods and examples of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46, 4–6.

Reynard, E. (2004). Geosites. In A. Goudie (Ed.), *Encyclopedia of geomorphology*. London: Routledge.

Reynard, E., & Brilha, J. (2018). *Geoheritage: Assessment, protection, and management*. Oxford: Elsevier.

Seyitoğlu, G., Esat, K., & Kaypak, B. (2017). The neotectonics of southeast Turkey, northern Syria, and Iraq: The internal structure of the Southeast Anatolian Wedge and its relationship with recent earthquakes. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 26, 105–126. <https://doi.org/10.3906/yer-1605-21>

Sütçü, Y. F. (2009). *Türkiye jeoloji haritaları Diyarbakır N42 paftası açıklaması*. Ankara: Jeoloji Etütleri Dairesi.

Şahbaz, N., & Seyitoğlu, G. (2018). The neotectonics of NE Gaziantep: The Bozova and Halfeti strike-slip faults and their relationships with blind thrusts, Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 156, 17–40. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.401216>

Şaroğlu, F., & Emre, Ö. (1987). Karacadağ volkanitlerinin genel özellikleri ve Güneydoğu Anadolu Otoktonundaki yeri. *Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildiriler Kitabı*, 384–391.

Şengör, A. M. C. (1980). *Türkiye'nin neotektoniğinin esasları*. Ankara: Jeoloji Mühendisleri Odası.

Şengün, M. T., Kılıçarslan, M., & Göktaş, Y. (2023). Karacadağ/Baruttepe (Diyarbakır) çevresinin jeomiras ve jeoturizm özellikleri. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 10, 133–148.

Tarhan, N., Havzaoğlu, T., & Beyazpirinç, M. (2012). *Karkamış–Akçakale–Ceylanpınar (Şanlıurfa) dolayının jeolojisi* (MTA Derleme Raporu No. 11498). Ankara.

Tardu, T., Başkurt, T., Güven, A., Us, E., Dinçer, A., Tuna, M. E., & Tezcan, Ü. S. (1987). Akçakale grabeninin yapısal stratigrafik özellikleri ve petrol potansiyeli. *Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildiriler Kitabı*, 36–41.

uroğlu, H. (2025). A discussion about the “geopark” terminology use based on Turkish researchers’ conceptual perceptions of their publications. *Geoheritage*, 17(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01078-5>

UNESCO. (2015). *UNESCO Global Geoparks operational guidelines*. Paris: UNESCO.

UNESCO. (2023). *UNESCO Global Geoparks: Criteria and application process*. Paris: UNESCO.

Wimbledon, W. A. P. (1996). National site election, a stop on the road to a European geosite list. *Geologica Balcanica*, 26, 15–27.

Wimbledon, W. A. P., Benton, M. A., & Berins, R. E. (1995). The development of a methodology for the selection of British geological sites for conservation. Part I. *Modern Geology*, 20, 159–202.

Yıldırım, A., & Karadoğan, S. (2010). Derik (Mardin) güneyinde korunması gereken jeolojik-jeomorfolojik bir miras: Kuşçu Krateri. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 119–133.

Zouros, N. C. (2005). Assessment, protection and promotion of geomorphological and geological sites in the Aegean area, Greece. *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, 3, 227–234.

Zouros, N. C. (2007). Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece: Case study of the Lesbos Island coastal geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62, 169–180. <https://doi.org/10.5194/gh-62-169-2007>

BÖLÜM 6

ALTINOVA–İZNİK ARASINDA ESKİ ROMA YOLU GÜZERGÂHININ TESPİTİ

1. SALİHA EBRU ÇAKIRGÖZ¹

2. KADİR TATLIDİL²

3. SELİN APATARKAN³

4. MERİÇ KURT⁴

5. RABİA KARAKAŞ⁵

6. ATILLA KARATAŞ⁶

Giriş

Ulaşım; insanların, malların ve bilginin bir yerden başka bir yere mekânsal hareketliliğini ifade eden bir kavram olup

¹ Arş. Gör. Dr. Saliha Ebru ÇAKIRGÖZ, Marmara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Orcid: 0000-0003-3132-3980

² Kadir TATLIDİL, Marmara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Orcid: 0009-0008-6928-8248

³ Selin Apatarkan, Marmara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Orcid: 0009-0001-6585-2752

⁴ Meriç KURT, Marmara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Orcid: 0009-0005-1829-3731

⁵ Rabia KARAKAŞ, Marmara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Orcid: 0009-0005-8767-962X

⁶ Atilla KARATAŞ, Marmara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Orcid: 0000-0001-9159-6804

(T merteekin &  zg  , 2018; Rodrigue, 2020) ekonomik gelişme, kültürel etkileşim, askerî sefer güzergâhları ve ticaret yolları gibi unsurlara etki ederek tarih boyunca medeniyetlerin gelişimine katkı sağlamıştır. Hurst (1972), yolu “toplumsal ve ekonomik öneme sahip, düzenli seyahat edilen güzergâh” şeklinde tanımlamıştır. Ulaşım ağlarının temel bileşenlerinden biri olan yollar, fiziksel hareketliliği sağlamanın ötesinde, toplumların sosyo-ekonomik yapısını, kültürel etkileşimlerini ve siyasal organizasyonlarını doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer almaktadır. Yollar tarih boyunca ticari, askerî ve idar  amaçları ger ekle tirmedeki belirleyici rolleri sebebiyle önemlerini artırarak korumu lardır (Jean-Paul, Comtois, & Slack, 2016). Özellikle kara yolları tarihsel periyotta kısıtlı deniz ulaşımı ve henüz kullanılamayan havayolu ulaşımı sebebiyle en stratejik ulaştırma ve lojistik hatları olarak öne  kmı lardır.

Tarihteki ilk yollar hayvanların oluşturduğu patikalardır. Tarih boyunca yol insan için bir nevi temel ihtiyaç olmuştur. Bu ihtiya ın doğrudan veya dolaylı yoldan tesirleri dikkate alındığında insanın yola, yolun da insana göre  ekillendi ini söylenilebilir (Kamilo lu, 2024). Özellikle tekerleğin icadı ile ba layan ulaşım faaliyetleri, yolların gelişimine büyük katkı sağlamış ve bu durum, medeniyetlerin geniş alanlara yayılmasını mümkün kılmıştır. Ulaşım ve yollar insanlık tarihinin en önemli unsurlarından biri olarak, sadece fiziksel bir bağlantı a ı değil aynı zamanda ekonomik kalkınma, kültürel etkileşim ve siyasi bütünleşme açısından da kritik bir rol oynar. İlk  a lardan itibaren Asya’dan Avrupa’ya uzanan İpek Yolu, Kral Yolu, Baharat Yolu,  ay Yolu ve K rk Yolu gibi önemli ticaret yolları geli mi , bu yollar ekonomik faaliyetlerin yanı sıra kültürel ve bilimsel etkileşimin de temel ta larından biri olmuştur (Doğanay,  zdemir, &  ahin, 2014). Bununla birlikte, yolların askerî ve idari yönetim açısından taşıdığı stratejik önem, Antik Roma’dan Osmanlı’ya kadar birçok devlet tarafından benimsenmiş

ve bu doğrultuda gelişmiş ulaşım sistemleri inşa edilmiştir. Özellikle Roma yolları, mühendislik teknikleri ve dayanıklı yapılarıyla ön plana çıkmış (Chevallier, 1997; Kılıç, 2024), imparatorluğun geniş topraklarını birbirine bağlayarak siyasi ve askerî gücünü pekiştirmiştir. Bu kapsamda Anadolu'daki Roma hakimiyeti, bölgenin yerleşim düzeninde köklü değişimlere yol açarak önemli bir dönüşüm süreci başlatmıştır. Roma, Akdeniz dünyasını kendini merkeze yerleştirecek şekilde yeniden yapılandırırken orta Anadolu'yu kıyı bölgeleriyle etkili bir şekilde bağlamayı başarmıştır. Böylece Küçük Asya'nın büyük bir kısmını kapsayan bütünleşmiş bir yol ve yerleşim ağı oluşturulmuştur (Güney, 2013). Bu yolların iyi korunan bir kısmı günümüzde de bazı ulaşım hatlarının nüvesini meydana getirmektedirler.

Romalılar için yolların inşası ve bakımı, kamu hizmetleri içinde büyük bir öneme sahiptir. Hızlı ve verimli ulaşımı sağlamak amacıyla mevcut güzergâhları değerlendirirken karşılaştıkları doğal engelleri köprü ve tüneller inşa ederek aşmışlardır. Roma yollarının yapım süreci temel olarak; zeminin temizlenmesi, yol hattının kazılması ve açılan hendeğin kum ve harç ile doldurulmasının ardından, büyükten küçüğe doğru sıralanan taşlarla desteklenerek üst yüzeyin düzenli bir taş döşemesiyle kaplanması aşamalarını içermektedir (Kılıç, 2024). Yol yapımında esas olan temiz ve pürüzsüz zemin üzerine stabil bir katman inşa etmek ve ardından yolun drenajını sağlayacak farklı boyutta materyal ile destekleyerek üstüne tekrar sabit ve dayanıklı kaplama yapmaktır. Roma İmparatorluğu bu temel kurguyu başarıyla uygulamıştır.

D. French (1980; 1988), Roma yollarını üç gruba ayırmıştır. İlk grup, belirli ölçüler çerçevesinde tasarlanan ve sağlam taş döşemelerle inşa edilen ana taşıt yollarıdır. Karşılıklı araç geçişine olanak tanıyacak şekilde planlanan bu yollar, genellikle 3,25 metreden daha geniştir. İkinci grup, yine taş döşeli olup ortalama 3,25 metreden dar olan ve daha çok yayaların kullanımına uygun

yürüyüş yollarıdır. Üçüncü grup ise düzenli bir taş döşemeye sahip olmayan, genellikle doğal arazi koşullarına bağlı olarak kullanılan patika yollardır. İlk iki yol türü arasındaki temel fark genişlik iken, patika yollar taş döşeme içermemeleriyle zemin yapısı açısından farklılık gösterir (French, 1980; 1992 ; Kılıç, 2024 ; Kaya, 2023). Yolun işlerlik, kapasite ve stratejik öneminin yanı sıra, bağlantı kurduğu birimlerin büyüklüğü de hangi sınıf yolun inşa edileceğinin kararlaştırılmasında etkili olmuştur.

Ulaşım ağı devlet ve imparatorlukların şehirlerini birbirine bağlaması ile otoritenin gücünü artıran en önemli unsurlardan biridir. Yolları ile ünlü olan Roma İmparatorluğu'nun ilk büyük yolu 259 km uzunluğunda Roma ile Brindisi arasındaki Via Appia'dır (Tümertekin, 2012). Öte yandan Anadolu'nun bir çok bölgesinde de Roma yollarının varlığı müşahade edilmekte olup farklı türlerine rastlanmaktadır. Roma yolları ticari sirkülasyona binaen Anadolu'da doğu-batı yönünde gelişmiş olsa da coğrafi koşullara bağlı olarak bu durum bölgesel farklılıklar gösterebilmektedir. Trakya-Bitinya arasındaki bölgenin en önemli merkezleri olan İstanbul ve İzmit'i bağlayan yolun topografik yapıya bağlı olarak kuzey kuzeybatı-güney güneydoğu yönünde geliştiği görülür. İzmit ve Yalova, tarih boyunca stratejik konumlarıyla öne çıkan önemli yerleşim bölgeleri arasında yer almaktadır. İzmit (Nicomédie), Bitinya Krallığı'nın başkenti olarak kurulmuş ve Roma döneminde büyük bir liman kenti olarak gelişmiştir. Astacus adlı eski bir yerleşimin üzerine inşa edilen şehir, Roma ve Bizans dönemlerinde askerî ve ticari açıdan kritik bir rol üstlenmiş, İstanbul ile İzmit arasında uzanan ana kervan yolunun sağladığı bağlantıyla önemli bir geçiş noktası haline gelmiştir. Bizans döneminde kent hem idari hem de dini merkez olarak gelişmiş, Hristiyanlığın ilk genel konsilinin toplanma noktası (Sinanoğlu, 2001) ve İmparator Konstantin'in ölüm yeri olmasıyla tarihsel önem kazanmıştır. Osmanlı döneminde ise idari merkez olmasının yanında tersaneleri ve ticari faaliyetleri ile ekonomik

açından canlılığını sürdürmüştür (Texier, 2002 / 1862–1869). Marmara Denizi ile İznik Gölü arasında yer alması sebebiyle tarih boyunca önemli bir geçiş noktası olan Yalova da Roma döneminde İznik ve iç bölgelere ulaşımı sağlayan yollar üzerinde konumlanmasıyla askerî ve ticari hareketliliğin merkezlerinden biri olmuştur. İmparator Drepanon, Bizans döneminde Helenopolis olarak bilinmekte olup özellikle İmparatoriçe Helena tarafından inşa ettirilen yapılar ve kaplıcalar ile sağlık merkezi kimliği kazanmıştır. Bu durum Roma İmparatorluğu’nun yol ile birlikte şehri ihya ettiğinin bir göstergesidir (Ceylan, 2000; Kazel, 2014).

Roma döneminde İzmit, gelişmiş bir yol ağına sahip olup bu yollar kenti Anadolu’nun iç kesimlerine ve kıyı kentlerine bağlamaktaydı. Roma İmparatorluğu’nun idari ve askerî yapılanmasını güçlendirmek amacıyla inşa edilen bu yollar, İzmit’i stratejik bir lojistik merkezi haline getirmiştir. İstanbul’dan başlayan ve İzmit üzerinden Anadolu’nun iç kesimlerine uzanan yollar, askerî birliklerin ve ticaret kervanlarının hızlı ve güvenli hareket etmesine olanak tanımıştır. Şehirde ayrıca kamu yapıları, forum alanları, su kemerleri ve askerî tesisler gibi birçok yapı inşa edilmiştir. Yalova (Helenopolis) ise Roma döneminde kaplıcaları ve coğrafi konumu ile öne çıkan bir yerleşme olmuştur. Roma yolları açısından büyük bir öneme sahip olan Helenopolis, Marmara kıyılarından İznik’e ve iç kesimlere ulaşımı sağlayan güzergâhlar üzerinde yer alarak askerî ve ticari geçişlerde kritik bir rol oynamıştır. Buna ek olarak kentte inşa edilen hamamlar, anıtlar ve askerî yapılar, Roma mimarisinin bölgedeki önemli örnekleri arasında yer almaktadır. İzmit ve Yalova’yı içine alan Roma yol ağı, hem askerî hem de ekonomik fonksiyonlarıyla dönemin ulaşım altyapısının temel unsurlarından biri olmuştur. Bölgede gerçekleştirilen arkeolojik araştırmalar, bu güzergâhların kalıntılarını gün yüzüne çıkarmakta ve Roma İmparatorluğu’nun Anadolu’daki egemenliğini pekiştiren yolların izlerini ortaya koymaktadır.

Roma ve Bizans hakimiyeti ardından, bölgeye hakim olan milletler de bu yolların işlerliğini devam ettirmiştir. Özellikle Osmanlı döneminde tersane gibi yapılarla ticari faaliyetlerin gelişimine katkı sağlanırken cami ve hamamlarla da yolların sosyal yapısı geliştirilmiştir. Nitekim, 1511 yılında inşa edilen Hersekzade Ahmet Paşa Camii'nin (Eyice, 1998) şehre uzak olan deniz feneri yakınında inşa edilmesi yolun yoğun bir şekilde kullanıldığını gösterir. Günümüzde de bir taraftan Hersek Limanı ile deniz yolu işlek bir şekilde kullanılırken diğer yandan da özellikle 2016 yılında hizmete açılan Osmangazi Köprüsü (K.G.M., 2025) ile kara yolu ulaşımı aktif bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir (Texier, 2002 / 1862–1869). Bu çalışmada, Roma İmparatorluğu'nda idari, askerî ve ticari açıdan önem arz eden İstanbul'u İznik'e bağlayan yolun Altınova-İznik arasında takip ettiği hat tespit edilmiştir. Tarihsel kayıt ve belgeler ile coğrafi analizler yardımıyla yolun fonksiyonları, hangi güzergâhı izlediği, bölgesel anlamda nasıl bir rol üstlendiği açıklanmıştır.

Çalışma Sahası

Çalışma sahası; Marmara Denizi'nin doğu kesiminde, kuzeydoğuda Kocaeli Platosu, güneyde İzmit Körfezi, Samanlı Dağları ve İznik Gölü arasında yer almaktadır. Marmara Bölgesi'nin Çatalca – Kocaeli Bölümü ve Güney Marmara Bölümü'ndeki bazı il ve ilçe sınırlarını kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı; 40°55'-40°18' kuzey enlemleri ile 29°15'- 30°08' doğu boylamları arasında, 3 il ve 14 ilçe sınırları içerisinde bulunmaktadır. Kocaeli Platosu'nun güneyinde ve İzmit Körfezi kıyı şeridinde, Kocaeli iline bağlı Darıca, Dilovası, Körfez, Derince, İzmit, Başiskele, Gölcük ve Karamürsel ilçeleri; Yalova iline bağlı Altınova, Çiflikköy ve Yalova şehir merkezi; Bursa iline bağlı Gemlik, Orhangazi ve İznik ilçeleri çalışma sahasına dahildir. Bu sınırlar dahilinde çalışma sahası 4.570 km²'lik bir alanı kaplamaktadır.

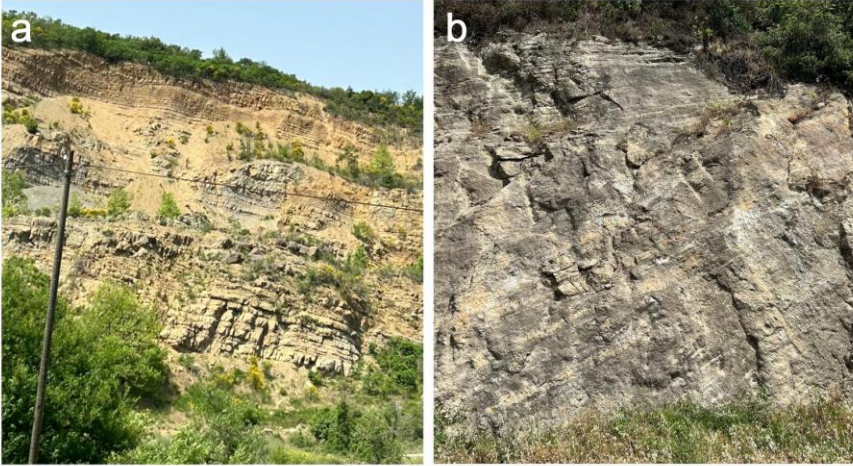
Şekil 1 Çalışma sahasının lokasyonu ve güncel topografik yapısı



Çalışma sahası, genel uzanımı doğu-batı yönlü bir transform fay karakterindeki Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle, oluşumu ve gelişimi üzerinde tektonik hareketler etkin rol oynamıştır (Yazıcı, 2020). Sağ yanal atımlı ve 90 km uzunluğunda oluşan Mekece-İznik-Gemlik fay zonu, yaklaşık son 5 milyon yıl içinde çalışma sahası dışında kalan Geyve-Pamukova; çalışma sahası içerisinde ise İznik Havzası ve Gemlik Körfezi olmak üzere üç farklı saha meydana gelmiştir (Atalay, 2017). Bu bağlamda, Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda yer alan İznik Gölü ve havzasını, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) orta kolu üzerindeki bir çöküntü alanı olarak nitelendirmek mümkündür. Benzer şekilde, İznik Gölü de İznik Gölü havzasının batı ucunda yer alan tektonik kökenli bir depresyona yerleşmiş durumdadır.

Bölgenin jeolojik birimlerine genel olarak bakıldığında; İznik Gölü'nün doğu ve kuzeydoğusunda yer alan Karakaya ve Tekne Tepe gibi yükseltinin arttığı sahalarda başlıca jeolojik formasyonları Paleozoik temelli metamorfik ve intrüzif kayalar oluşturmaktadır. Ayrıca İznik Gölü'nün kuzeyinde metamorfik Paleozoyik istif ile Erken Paleozoyik-Geç Kretase İznik Metamorfiti, İznik ile Orhangazi ovalarını oluşturan post ofiyolitik Miyosen ve daha genç çökellerin yer aldığı görülmektedir (Meriç, ve diğerleri, 2009). Güneyinde ise Triyas lav çökel topluluğu ile Jurasik-Geç Kretase çökel istifi bulunmaktadır (Budakoğlu, 2000) (Fotoğraf 1). Çalışma sahasının kuzeyinde, Yalakdere'nin Marmara Denizi kıyısında taşıdığı alüvyonları biriktirmesiyle Hersek Deltası'nı oluşturmaktadır (Uzun, 2015). Kuvaterner birimlerin toplandığı bu saha, İznik Gölü ve Marmara Denizi'ne dökülen akarsuların vadi tabanları dışında alüvyon birikiminin en geniş alana yayıldığı sahalardan birine karşılık gelmektedir.

Fotoğraf 1 a- Tabakalı kumtaşı-kiltaşı-marn ardalananmasının gözlemlendiği flişler ile b- volkano sedimanterlere ait mostraların genel görünümü



Çalışma alanında yükselti değerleri doğu-batı doğrultusunda değişiklik göstermektedir. İzmit Körfezi'nin güneyinde, İzmit şehrinin kuzeyinde yer alan Samanlı Dağları, bölgede yükseltinin en fazla olduğu alanları temsil etmektedir. Sahada genel olarak Marmara Denizi kıyıları ve Hersek Lagünü ise yükseltinin düşük olduğu sahalara karşılık gelmektedir. Bu nedenle çalışma sahasının jeomorfolojik açıdan farklı bir topoğrafyaya sahip olduğunu söylemek mümkündür. Tektonik aktiviteler, erozyonel süreçler ve yerel su seviyesindeki (deniz seviyesi) değişimler morfoloji üzerinde etkili olmaktadır. Ana morfolojik üniteyi teşkil eden Samanlı Dağları'nın orta ve batı kesiminde Yalova civarında alçak sırtlar, tam bir havza karakteri ortaya koyan Yalakdere Depresyonu (Bilgin, 1967) güneyinde yüksek sırtlar doğuya doğru ise yüksek plato sahaları yer alırken daha doğuda ise dağlık alanlar hâkimdir. Samanlı Dağları zirvesini ise 1602 m yükseltiye sahip Kartepe oluşturmaktadır. Flüvyal etmen ve süreçlerin etkisiyle farklı aşınımına bağlı olarak drenaj ağı ve vadi gelişimi değişkenlik göstermektedir (Tarı, 2007; Gönençgil & Halis, 2021; Uzun, 2025). Dolayısıyla sahada ulaşım faaliyetleri açısından güzergâh tayini ve rölyefle uyumlu rota seçimi büyük önem arz etmektedir.

Marmara Bölgesi'nin güneyi, Karadeniz ile Akdeniz iklimi arasında geçiş özelliği gösteren bir iklime sahiptir (Erinç, 1969). Bu bağlamda çalışma sahası da sıcaklık özelliği bakımından Marmara geçiş ikliminde, yağış özelliği olarak da Akdeniz yağış rejiminde yer almaktadır (Türkeş & Acar, 2011). Bölgede yer alan birçok meteoroloji istasyonunun verileri kışların ılık ve yağışlı, yazların ise sıcak ve kurak geçtiğini göstermektedir. Nitekim Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) verilerine göre bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 15°C civarındayken kış döneminde bu değer 7°C civarına düşüp yaz döneminde 25°C civarına yükselmektedir. Senede ortalama 120 günün yağışlı geçtiği bölgede yıllık toplam yağış miktarı 700 mm kadardır (MGM, 2025). Ancak topografik koşullar,

iklim parametreleri üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Örneğin, dağların kuzeye bakan yamaçlarına 1000 mm'nin üzerinde yağış düşerken, depresyonlarda ve dağların güney kesimlerinde yağış miktarı 600 mm'nin altına düşebilmektedir. Ayrıca, bölgenin deniz seviyesindeki kesimlerinde yıllık ortalama sıcaklık 13-15°C iken, 2000 m yüksekliklerde 4-5°C'ye kadar düşmektedir (Aalijahan, 2023). Bu durum, sahanın beşerî faaliyetler açısından elverişli iklim koşullarına sahip olduğunu göstermektedir.

Hydrografik özellikleri açısından saha; akarsuları, gölleri ve körfezi ile dikkat çekmektedir. Bölgede yer alan başlıca akarsular; Yalakdere, Kazıklıdere, Değirmendere, Karasu Deresi, Derbent Deresi ve Karadere'dir. Ayrıca oluşum kökenine göre farklılık gösteren Hersek Lagünü, İznik Gölü ve Kirazlıdere Baraj Gölü de diğer limnolojik unsurlardır. Sahanın kuzeyinde yer alan İznik Körfezi çevresinde, yüzey süreçlerinin etkisiyle göl, akarsu ve deniz kıyısında taraçalar gelişim göstermektedir (Bargu, 1997; Özşahin, 2009). Drenaj sisteminin kuruluşunda kuzeyde Samanlı Dağları'ndaki faylanma ve yükselmeler etkili olmuştur. Dağlık kütlelerin doğu ve batı kesimlerine kıyasla sahanın orta kesimlerinde erozif faaliyetler daha fazla etkiye sahiptir. Ayrıca sahada, diğer morfolojik unsurlar üzerinde eğime paralel olarak akış gösteren akarsular topografyayı aşındırarak şekillendirmektedir (Gönençgil & Halis, 2021; Uzun, 2025). Dolayısıyla saha genel karakteri bakımından flüvyal süreçlere entegre bir jeomorfolojik şekillenmeyle rölyef açısından günümüzdeki görünümünü kazanmıştır.

Çalışma sahasının iç kesimlerinde kolüvyal depolar, kahverengi orman toprakları, yer yer terra rosa ve kireçsiz kahverengi topraklar görülürken; kıyı kesimlerinde alüvyal topraklar yaygındır. Ayrıca çalışma sahası Avrupa-Sibiry ve Akdeniz fitocoğrafik bölgelerini kapsamakta olup floristik açıdan çeşitlilik arz etmektedir. Kuzeyde yer alan Samanlı Dağları kütlelerinde, yamaç

etkisine bağılı olarak hem nemcil ve hem de kurakçıl orman toplulukları yer almaktadır. Kuzey yamaçlarda Öksin flora elemanlarından doğu kayını (*Fagus orientalis*); güney yamaçlarının batı kesiminde karaçam (*Pinus nigra*) ve meşe (*Quercus spp.*) toplulukları; doğu kesimde ise kızılçam (*Pinus brutia*) ve karaçam kuru ormanların yayılış gösterir. İznik Gölü çevresinde ise orman, maki (Maquis) ve psödo makinin (*Pseudomaquis*) hâkim olduğu görülmektedir (Meşeli, 2010; Güngördü, 2012; Avcı, 2012; Günal, 2013). Bununla birlikte, çalışma sahasında zirai faaliyetler ve yapılaşma kaynaklı antropojenik degradasyon izleri görülmektedir.

Beşerî özellikleri açısından değerlendirildiğinde her şeyden önce konumu dolayısıyla tarihi süreçteki önemi ile dikkat çeken saha; Roma döneminde siyasi ve dini, Doğu Roma döneminde İstanbul'a yakınlığı sebebiyle askerî ve stratejik, Selçuklu döneminde önemli liman sahalarının bulunması sebebiyle ticari öneme sahip iken Osmanlı döneminde bu fonksiyonlarına ek olarak tarımsal ve kültürel önemiyle de öne çıkmaktadır. Günümüzde ise Kocaeli ili sanayi ve ulaşım alanında; Bursa ili turizm, sanayi ve dini fonksiyonlarıyla; Yalova ili ise turizm faaliyetleri ile gelişme göstermektedir. Bölgede yerleşimin mekânsal gelişimine bakıldığında kıyı ve ovalık alanlarda toplandığı görülmektedir. Çalışma sahasına 14 ilçe merkezi dahil olup 2024 TÜİK nüfus verileri incelendiğinde toplam nüfusun 1.858.151 olduğu bilinmektedir. Toplam nüfusun ilçelerin bağılı olduğu il merkezlerine göre dağılımı sırasıyla Kocaeli; 2.130.006, Yalova; 307.882, Bursa; 3.238.618 şeklindedir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024). Bu durum, sahanın geçmişte de günümüzde de yoğun nüfuslanmaya maruz kaldığının göstergesidir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın temel amacı Roma döneminde İstanbul ve İznik arasındaki ulaşım ağının olası güzergahlarını belirlemektir. Bu

amaç doğrultusunda ArcGIS 10.8.2 yazılımı kullanılarak ulaşımı etkileyen temel coğrafi faktörlere ilişkin veri katmanları oluşturulmuş ve bu katmanlar Weighted Overlay (Ağırlıklı Çakıştırma) yöntemiyle analiz edilmiştir. Analizde dikkate alınan başlıca dört kriter akarsuya yakınlık, litolojik yapı, eğim ve yükselti parametreleridir. Tablo 1’de çalışmada kullanılan başlıca parametreler ve ağırlıklı çakıştırmadaki etkileri yüzdesel olarak gösterilmiştir. Bu parametrelerin her biri mekânsal veri katmanları şeklinde hazırlanmış ve öncelikle “ArcToolbox> Conversion ArcToolbox> To Raster> Polygon to Raster” adımları izlenerek veri raster formata dönüştürülmüş, ardından “ArcToolbox> Spatial Analyst Tools> Surface> Reclassify” işlemleri ile yeniden sınıflandırılmıştır.

Eğimin analiz edilebilmesi amacıyla 12,5 metre çözünürlüklü sayısal yükselti modeli (ASF, 2020) aracılığıyla “ArcToolbox> Spatial Analyst Tools> ArcToolbox> Slope” adımları üzerinden eğim verisi oluşturulmuştur. Eğim hem modern hem de antik yolların güzergahlarının oluşturulmasında ve yolların inşasında en önemli doğal faktörlerin başında gelmektedir. Eğim değerlerinin arazi yapısı içerisindeki farklılığı arazi kullanımı bakımından önem arz etmektedir. Eğim değerlerine bağlı olarak arazi içerisinde ulaşım uygun alanlar belirlenebilmektedir. Eğimin artış göstermesi kazma, doldurma, tesviyeleme faaliyetleri ve farklı ulaşım yapılarının oluşturulması kapsamında yol yapım maliyetini artırdığından ekonomik bağlamda olumsuz yönde tesir etmektedir (Szabó, Dávid, & Loczy, 2010; Parcero-Oubiña, Fonte, & Costa-García M., 2017; Şen, 2018; Kempf, 2019). Dik yamaçlar kazı ve dolgu işlemlerinin yanı sıra mühendislik becerisi de gerektirdiği için ulaşım açısından fazla tercih edilmemektedir. Günümüzde, eğimin yüksek olduğu sahalarda ulaşım konforu düşük olup taşıtlar için toprak kayması, kaya düşmesi ve heyelan gibi güvenlik sorunları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yol yapım süreçlerinde yamacın topuğu

oyularak yapılan yol yarmaları yamaç stabilitesini bozarak heyelana sebep olmaktadır. Bunun dışında dik yamaçların erozyona karşı daha hassas olması da yolun dayanıklılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden tarih boyunca yol güzergahlarının öncelikli olarak depresyon veya vadi tabanlarından geçirildiği görülmektedir (Akbulak, 2006). Aynı şekilde, Roma İmparatorluğu'nda mühendisler olarak tanınan ve Roma Birliği içerisinde yer alan görevliler, eğim değerlerinin düşük olduğu sahalarda yol yapımı için uygun olduğunu belirleyerek Antik Roma yollarını oluşturmuşlardır. Bu durumun başlıca sebeplerinden biri tekerlekli bineklerin eğimin yüksek olduğu dik sahalarda hareket etmekte zorluk çekmesidir (Parcero-Oubiña, Fonte, & Costa-García M., 2017). Bütün bunların sonucunda eğim; ulaşım üzerinde etkili olan en önemli coğrafi parametre olarak görülmüş ve yol güzergahı üzerindeki etkisi literatürdeki örneklerle de uyumlu olacak şekilde %35 olarak belirlenmiştir (French, 1980; Gioia, Lungo, Sannazzarro, & Lazzari, 2019; Parcero-Oubiña, Fonte, & Costa-García M., 2017; Weissová, 2019). Çalışma sahasının olası rotaları en detaylı şekilde gösterebilmesi için eğim özellikleri yedi sınıfa ayrılmıştır. Eğim arttıkça ulaşım üzerindeki uygunluk azalmaktadır. Bu nedenle düşük eğim değerlerine sahip alanlara daha yüksek uygunluk değerleri atanmıştır. Tablo 1'de çalışma alanındaki eğim sınıfları ve bu sınıflara atanan ağırlıklı uygunluk değerleri gösterilmiştir.

Bir diğer parametre olan yükselti; iklim, topografya, yerleşme koşullarını belirleyen ve etkileyen önemli doğal faktörlerden biridir. Yol güzergâhlarına uygunluk analizlerinde yükselti etmeni özgün bir yapıya sahiptir. Yükselti değerlerinin değişiklik göstermesi yolların güzergâhının belirlenmesi açısından etkin bir kriter olarak görülmektedir. Ayrıca yükselti koşullarına paralel olarak eğim faktörü de yolların yapım, bakım, onarım ve maaliyet faktörlerini etkilemektedir (Doğanay, 1998; Parcero-

Oubiña, Fonte, & Costa-García M., 2017; Şen, 2018; Mayunga, 2018; Atmaca, 2022). Yollar genellikle erozyonal süreçler neticesinde oluşan vadiler ile yüksek dağlık sahalar arasında geçişe uygun olan alanlardan geçirilmektedir. Roma yollarının genellikle yükselti koşullarının elverişli olduğu ve geçişe uygun şartlar sağlayan stabil hatlarda yer aldığı görülmektedir (Parcero-Oubiña, Fonte, & Costa-García M., 2017; Kempf, 2019). Öte yandan, yer şekilleri iklim koşulları üzerinde de çok önemli bir rol oynamaktadır (Aigang, Tianming, Shichang, & Deqian, 2009). Yeryüzünün Güneş'ten yansıyan ışınlarla ısınması ve atmosferin yoğunluğundaki değişimler nedeniyle sıcaklık koşulları yükseltiye bağlı (lapse rate) olarak sürekli bir değişim içerisinde (Aksay, Ketenoğlu, & Kurt, 2005; Öztürk, 2002). Engelibeli bölgelerde, topoğrafyanın etkisi ile sıcaklık değişiminin incelenmesi güçleşmekte ve bölgesel koşulların hâkim olduğu sıcaklık değerlerinde kısa aralıklarda daha hızlı değişimler gözlenmektedir (Erol, 2014). Bu nedenle atmosferdeki lapse rate yere ve zamana göre farklılık gösterse de bu oran dünya standartlarında 100 m'de 0.65°C olarak kabul edilmektedir (Türkeş, 2017). Türkiye engelibeli bir ülkedir, bu nedenle sıcaklık değerleri üzerinde yükselti faktörü oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Aydın & Karabulut, 2021). Yükselti arttıkça sıcaklık düşmekte, iklimik koşullar sertleşmektedir. Buna bağlı olarak özellikle insanların üzerinde doğal çevrenin daha etkili olduğu antik dönemde yükseltinin deniz seviyesine yakın olduğu sahalar ulaşım açısından daha elverişlidir. Bu doğrultuda, yükselti değerleri uygunluk analizinde yedi sınıfa ayrılmıştır. Düşük yükseltilere yüksek uygunluk değerleri, yükseltisi fazla olan alanlara ise düşük değerler verilerek mekânsal farklılıklar analize yansıtılmıştır. Tablo 1'de çalışma alanındaki yükselti basamakları ve bu basamak sınıflarına atanan ağırlıklı uygunluk değerleri gösterilmiştir.

Üçüncü analitik ver grubu olan akarsuya yakınlık analizi için ilk olarak sayısal yükselti modeli üzerinden hidroloji analizi

yapılmış ardından elde edilen akarsu ağı üzerinden buffer işlemi uygulanmıştır. Bunun için “ArcToolbox> Analysis ArcToolbox> Proximity> Buffer” işlem basamakları takip edilmiş ve altı sınıf oluşturulmuştur. Söz konusu analizin kullanılmasındaki amaç, akarsuların yalnızca mevcut durumda kullandığı yatakta değil aynı zamanda taşkın yatağı olarak anılan yakın çevresinde hâkim ve risk barındıran bir etkiye sahiptir. Çalışma sahasındaki dağlık alanların aşılması zordur, rakımın düşük seyrettiği vadiler ise dik yamaçlara sahiptir. Ayrıca, nispeten uyumlu bir topografya ortaya koyan Vadi tabanlarında akarsuların yer aldığı görülmektedir (Weissová, 2019). Bu nedenle sahadaki akarsulara 125 ve 250 metre mesafede yer alan kesimler taşkın yatağı içinde yer aldığından düşük uygunluk değeri verilmiş; buna karşın 500 m ve 1 km mesafedeki alanlar hem suya erişilebilirlik hem de taşkın riski açısından dengeli bir konum sunduğundan daha yüksek değerler ile gösterilmiştir. Sahada genellikle su kaynaklarına uzak kalan 3 ve 10 km mesafedeki bölümlere de yine düşük değerler verilmiştir. Vadi yamaçları arasında geçişi sağlayan köprülerin bulundukları bölümler bu tasnifin dışında tutulmuştur. Tablo 1’de çalışma alanındaki akarsuya yakınlık mesafeleri ile bu mesafe sınıflarına atanan ağırlıklı uygunluk değerleri gösterilmiştir.

Optimum yol güzergâhının belirlenmesi amacı ile yapılan analizlerde kullanılan son parametre ise litolojik özellikler olup ilgili veri, MTA’dan (2002) elde edilen litolojik birimler ile sınıflandırılmıştır. Sahadaki alüvyon, alüvyon yelpazesi, eski alüvyon, yamaç molozu ve birikinti konisi gibi unsurlar alüvyon ve yüzeysel birikintiler; kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, olistostrom ve volkano-sedimanterler sedimanter kayaçlar; andezit, piroklastikler, bazalt, aglomera, granit gibi litolojik birimler magmatik kayaçlar; ofiyolit, serpantin, metagranitoyit ve mermer gibi unsurlar metamorfik kayaçlar başlığında sınıflandırılmıştır. Bu litolojik sınıflardan alüvyon ve yüzeysel birikintiler kolay işlendiği ve su

kaynağına yakın olduğu için, sedimanter kayaçlar ise yol yapımında dayanıklı ve işlenebilir kayaçları temin ettiği için yüksek değerler verilmiştir. Ancak magmatik ve metamorfik kayaçlar, sert yapısı nedeniyle hem kazılması hem de işlenmesi zor olduğundan ulaşım açısından elverişli nitelikler taşımamaktadır. Nitekim Via Herculia örneğinde de görüldüğü üzere; Roma yolları çoğunlukla alüvyon veya sedimanter zeminlerde yoğunlaşmakta, magmatik ve metamorfik kayaçların baskın olduğu alanlar ise daha az tercih edilmektedir (Gioia, Lungo, Sannazzarro, & Lazzari, 2019). Tablo 1’de litolojik sınıflar ve bu sınıflara atanan ağırlıklı uygunluk değerleri gösterilmiştir.

Sonuç olarak İstanbul–İznik arasında Samanlı Dağları’nı aşan olası yol güzergâhını bulmak amacıyla yapılan bu çalışmada toplamda dört farklı parametre baz alınarak farklı katsayılar atanarak analiz edilmiştir. Buna göre her bir parametrenin içeriği, değer aralığı, alanı ve toplam alan içerisindeki yüzdelik değeri ile çakıştırma ve ağırlık değerleri Tablo 1’deki şekliyle ortaya konmuştur.

Tablo 1 Ulaşımaya uygunluk analizi kapsamında kullanılan parametreler, elde edilen yüzeysel veriler ve analizlere konu katsayı değerleri

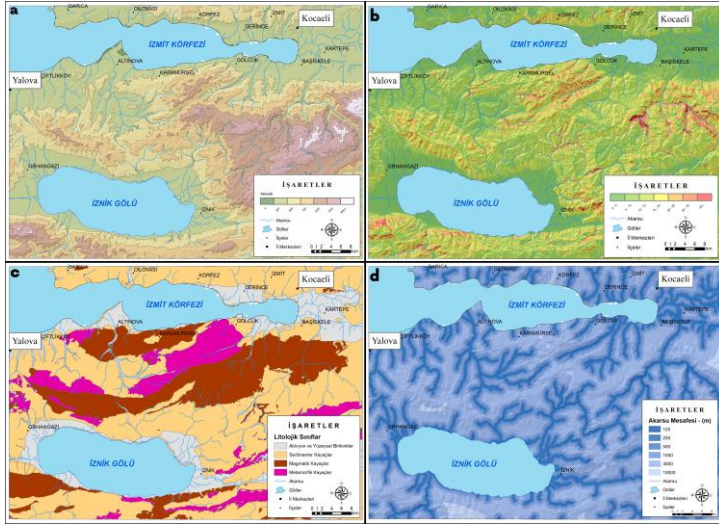
Parametre	Sınıflar	Alan (km ²)	Yüzde (%)	Çakıştırma Değerleri	Ağırlık Değerleri
Yükselti	0-250 m	1 km ²	0,03%	5	20%
	250-500 m	1358 km ²	41,43%	4	
	500-750 m	807 km ²	24,62%	3	
	750-1.000 m	553 km ²	16,87%	2	
	1.000-1.250 m	379 km ²	11,56%	1	
	1.250-1.500 m	156 km ²	4,76%	1	
	1.500 m +	24 km ²	0,73%	1	
Eğim	0-5°	1043 km ²	31,90%	5	35%
	5-10°	653 km ²	20%	4	
	10-15°	606 km ²	18,5%	3	
	15-20°	446 km ²	13,6%	2	
	20-25°	278 km ²	8,5%	1	

	25-30°	145 km ²	4,4%	1	
	30°+	102 km ²	3,1%	1	
Akarsuya Yakınlık (Buffer)	125 m	373 km ²	10,05%	1	25%
	250 m	344 km ²	9,24%	2	
	500 m	570 km ²	15,35%	5	
	1.000 m	895 km ²	24,09%	4	
	3.000 m	1332 km ²	35,89%	3	
	10.000m	200 km ²	5,36%	1	
Litolojik Birimler	Alüvyon ve Yüzeysel Birikintiler	499 km ²	16,82%	5	20%
	Sedimanter Kayaçlar	1053 km ²	35,48%	4	
	Magmatik Kayaçlar	606 km ²	20,40%	2	
	Metamorfik Kayaçlar	809 km ²	27,28%	1	
Toplam (%)					100%

Bulgular

Çalışma sahasında oluşturulan yola uygunluk analizi kapsamında yükselti, eğim, akarsu ağına yakınlık ve litolojik unsurlar olmak üzere 4 adet ana kriter kullanılmıştır (Şekil 2). Bu kriterler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) analizlerinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olarak kabul edilen ağırlıklı bindirme (weighted overlay) diğer adıyla çakıştırma yöntemine tâbi tutulmuştur. Bu analiz kapsamında, 4 adet ana girdi verisine belirli değerler atanarak çalışma sahasında yol için en uygun güzergahının tespiti yapılmıştır (Şekil 3).

Şekil 2 Çalışma sahasının yükselti (a), eğim (b), litolojik sınıf (c) ve akarsuya mesafe (d) haritaları



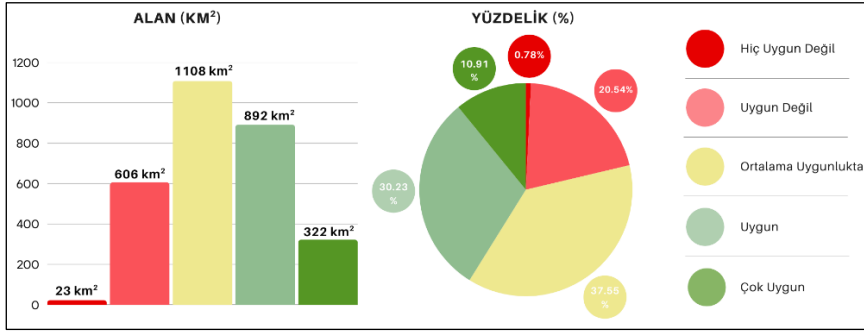
Çalışma sahası, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde yer almaktadır. Bunun bir sonucu olarak bölgede tektonik karakterli bir çöküntü havzası olan İznik Havzası ve gölü oluşmuştur. Bu sahalarda yükseltiyle birlikte eğim de düşük olup %0 ile %15 arasında değişmektedir (Şekil 2b). Çalışma sahasının %70,4'üne karşılık gelen bu sahalara, ulaşım açısından en uygun alanları oluşturur. Bölgedeki başlıca yükselti kaynağı III. Jeolojik Zaman'da meydana gelen Alpin Orojenezi'ne bağlı olarak yükselen Samanlı Dağları'dır (Şekil 2a). Çalışma sahası, Samanlı Dağları'nın orta bölümünü teşkil etmekte ve bölgede yükselti 1000 metreye kadar çıkmaktadır (Gönençgil & Halis, 2021). Buna bağlı olarak yükseltinin arttığı bu noktalarda eğim de yükselmekte, çalışma sahasındaki en yüksek değerlere çıkmaktadır. Bölgenin morfolojik nitelikleri drenaj sisteminin kuruluşunda önemli bir rol oynamıştır. Samanlı Dağları ve onunla ilişkili yüksek tepeler bölgedeki birçok akarsuyun kaynağını teşkil eder. Bölgede zaman içerisinde drenaj sistemi gelişmiş ve akarsular tarafından derin çentik vadiler oluşturulmuştur. Ancak bu sahalara hem yüksek taşkın riski hem de yükseltinin artmasının bir sonucu olarak sert geçen kış koşulları nedeniyle yaya-hayvan arabasıyla yürütülecek olan ulaşım

faaliyetlerine uygun değildir. Çalışma sahasındaki akarsuların bir kısmı Marmara Denizi'ne bir kısmıysa İznik Gölü'ne dökülmektedir. İnsanoğlu ilk kez yerleşik hayata geçtiğinden bugüne dek su kaynaklarına yakın olmayı arzulamıştır. Ulaşım hatları inşa edilirken de bu bakış açısı hakimdir. Akarsuya 500 metre mesafedeki alanlar hem su kaynağına yakın olup hem de eğimin büyük ölçüde düşük olduğu sahalara karşılık gelmektedir. Bu bölgeler çalışma sahasının %15,35'ini teşkil eder (Şekil 2d). Akarsuya daha yakın ve uzak olan sahalara ise ulaşım açısından görece dezavantajlıdır. Mesafenin azaldığı sahalarda taşkın riski yükselmekte olup kalıcı bir yol inşa etmek zorlaşmaktayken mesafenin arttığı sahalarda su kaynağına erişim azalmakta ve yükseltiyle eğim artmaktadır. Çalışma sahasında ulaşımı sağlaması açısından sağlıklı bir şekilde işlenebilecek başlıca litolojik sınıflar ise alüvyon ve yüzeysel birikintiler ile sedimanter kayaçlardır. Alüvyon ve yüzeysel birikintilerin büyük bir bölümü Hersek Deltası, İznik Gölü kıyıları ve akarsu vadi tabanlarında yer almaktadır (Şekil 2c). Bu sınıf çalışma sahasının yaklaşık %16,82'lik bölümüne karşılık gelir. Sedimanter kayaçlar ise çalışma sahasının %35,48 gibi büyük bir bölümünü teşkil etmekte olup çalışma sahasına dengeli bir şekilde dağılmıştır. İşlenmesi zor olduğu için ulaşımına uygun bir nitelik taşımayan başlıca litolojik sınıflar ise magmatik ve metamorfik kayaçlardır. Çalışma sahasındaki magmatik kayaçların büyük bir kısmı Erken Miyosen'de karasal ve volkanit kökenli Neojen çökelleri oluşturmaktadır (Okay, Zattin, Özcan, & Sunal, 2020). Bölgedeki metamorfik kayaçlar ise "İznik Metamorfitleri" olarak adlandırılmakta olup Sapanca-İznik arasındaki kuşağı kaplar (Göncüoğlu, ve diğerleri, 1987). Litolojik açıdan ulaşımına elverişli olmayan bu sahalara aynı zamanda yükselti ve eğim koşulları bakımından da dezavantajlı durumdadır.

Üretilen analiz sonucunda sahadaki mekânsal uygunluk durumu 5 sınıfa ayrılarak farklı renklerle kategorize edilmiştir. Bu sınıflar; Hiç uygun değil, uygun değil, ortalama uygunlukta, uygun

ve çok uygun şeklindedir. Elde edilen harita üzerinden alanın mekânsal uygunluk dağılımı detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur. Yüzölçümüne göre mekânsal alan büyüklüğü açısından; hiç uygun değil 23 km², uygun değil alanlar 606 km², ortalama uygunlukta alanlar 1108 km², uygun alanlar 892 km² ve çok uygun alanlar ise 322 km² olarak belirlenmiştir. En fazla yüzölçümüne sahip uygunluk sınıfı 1108 km² alan ile ortalama uygunluk sınıfıdır (Şekil 3).

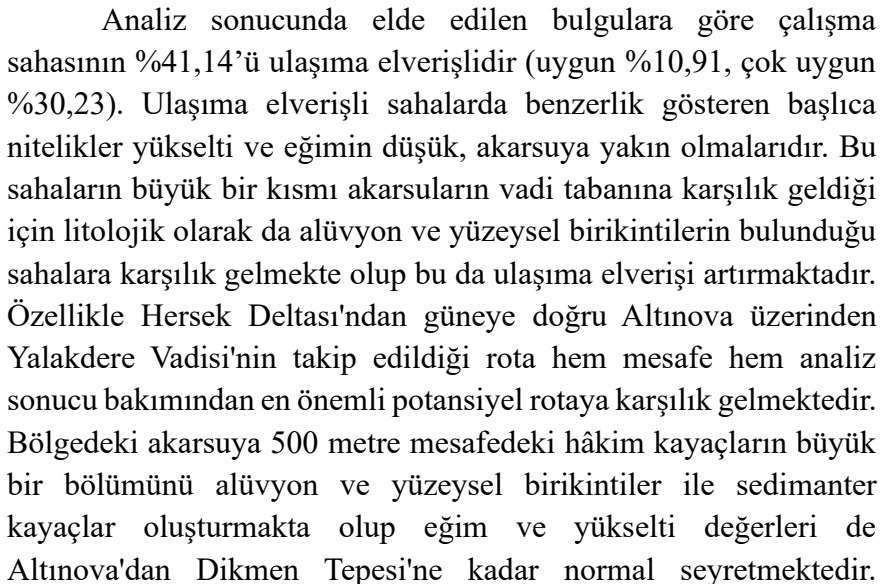
Şekil 3 Yola uygunluk analizi sonuçlarının alansal dağılım grafiği



Çalışma sahasının toplam yüzölçümünün mekânsal uygunluk sınıflarına göre yüzdesel dağılımı irdelendiğinde; hiç uygun olmayan alanlar %0,78, uygun olmayan alanlar %20,54, ortalama uygunlukta alanlar %37,55, uygun alanlar %30,23 ve çok uygun alanlar ise %10,91 olarak belirlenmiştir. En az yüzdeliğe sahip mekânsal uygunluk sınıfı hiç uygun olmayan alanlar (%0,78) iken en fazla yüzdeliğe sahip mekânsal uygunluk sınıfı ortalama uygunlukta alanlar (%37,55) olarak ortaya çıkmaktadır.

Sahanın %41,14'ünü teşkil eden çok uygun ve uygun alanlar; İzmit Körfezi ve civarında, İzmit Gölü çevresinde, Altınova ve yerleşim sahasından geçen Yalakdere yatağı ve çevresinde gözlemlenmektedir (Şekil 4). Bu sahaların eğimin ve yükselti değerlerinin düşük, akarsu drenaj ağlarına yakın ve flüvyal süreçlerin etkin olduğu kesimlerdir. Özellikle İzmit Körfezi güneyinde yer alan Altınova ve çevresini içeren kıyı ovaları ile İzmit

Şekil 4 Çalışma sahasının ulaşım uygunluk analizi haritası

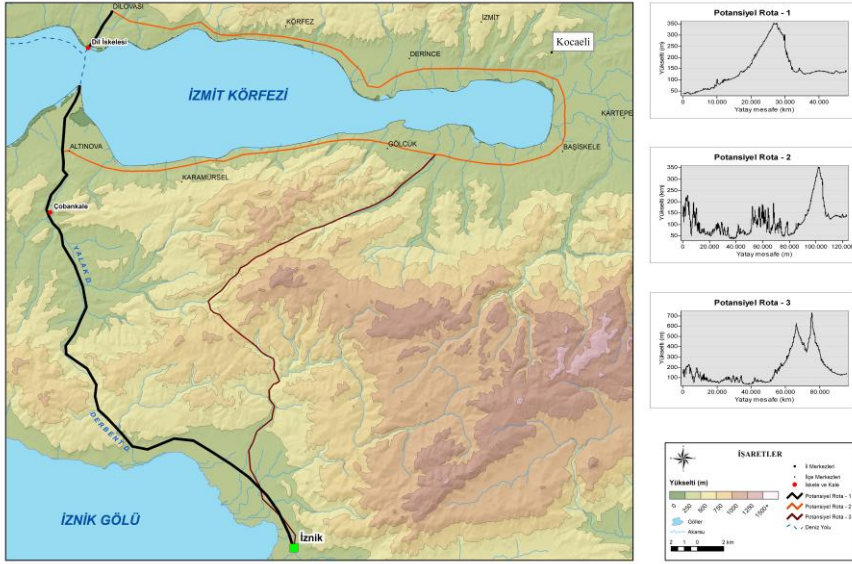


Dikmen Tepesi civarında yükselti 500 metreye çıksa da bu noktada takip edilecek olan Derbent Deresi Vadisi ile İznik Gölü kıyılarına ve kent merkezine ulaşılabilir. Bölgedeki yükseltinin esas kaynağı olan Samanlı Dağları ve onunla ilişkili yamaçlar boyunca hem yükseltinin hem eğimin artması ulaşım elverişini azaltmaktadır. Orta uygunlukta olarak nitelendirilen sahaların büyük bir kısmı bu sahalar karşılık gelmekte olup çalışma sahasının %37,55'ini oluşturmaktadır. En kuvvetli potansiyel rota olarak bahsedilen rotada da orta uygunlukta sahalarla karşılaşmaktadır. Altınova'nın güneyindeki alanda magmatik kayaların varlığı, daha güneyde ise magmatik kayaların varlığına ek olarak yükseltinin Dumanlı ve Çopur Tepe civarında 1250 metreye kadar yükselmesi bu durum üzerinde etkili olmuştur. Bölgedeki ulaşım uygun nitelik taşımayan alanlar ise çalışma sahasının %21,32'sine karşılık gelmektedir (uygun değil %20.54, hiç uygun değil %0,78). Özellikle İznik Gölü'ne KD-GB doğrultuda uzanan bu rota hem Samanlı Dağları'nın yükseltisinin arttığı orta bölümüne karşılık gelmekte hem de büyük ölçüde magmatik ve metamorfik kayalardan oluşmaktadır. Bu durum hem litolojik unsurların yola uygun işlenmesini zorlaştırmakta hem de kış koşullarının sertleşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle üçüncü potansiyel rotanın kullanılıyor olma ihtimali bir hayli düşüktür.

Yapılan analiz ve oluşturulan harita, grafik, profiller, elde edilen arazi/saha verileri doğrultusunda Tarihi Roma Yolu güzergâhının tespiti yapılmıştır. Buna göre tarihi güzergâhın sahanın orta kesiminde İznik Körfezi'nin güneyinde; Altınova'da yer alan Dilburnu Deniz Feneri ve Hersek Deltası'nda başladığı belirlenmiştir. Bu sahadan itibaren güneye doğru Yalakdere akarsu yatağı boyunca ilerlediği belirlenen yol, tarihi açıdan stratejik bir öneme sahip olan Çobankale'den geçerek İznik Gölü'nün kuzey kıyısından dolaşmak suretiyle İznik yerleşimine ulaşmaktadır (Şekil

5). Bu nedenle, tarihi roma yolunun (İznik-İstanbul) asıl rotasının bu güzergâh boyunca konumlandığını söylemek muhtemeldir.

Şekil 5 Tarihsel süreçte İstanbul-İznik hattında ulaşımın sağlandığı potansiyel rotalar



Oluşturulan ulaşım hatları ve profiller kapsamında çalışma sahasında 3 ayrı yol güzergâhı belirlenmiştir. Potansiyel rota olarak belirlenen birinci hat Dilovası'ndan deniz ulaşımı aracılığıyla geçilerek Altınova üzerinden karayolu ile İznik şehir merkezine ulaşmaktadır. Altınova'nın kuzey kıyısında yer alan deniz fenerinin varlığı kara ve deniz ulaşımını birbirine bağlayacak konumda olup stratejik açıdan önem taşımaktadır. Oluşturulan potansiyel güzergâh topografik olarak diğer rotalara kıyasla daha az engebeli bir yapıya sahiptir. Ayrıca güzergâh boyunca yükselti değerleri 0-350 m arasında seyretmekte olup 350 m'yi aşmamaktadır. Altınova'dan itibaren yol güzergahı akarsu hattını takip ederek yükselti miktarının düşük seyrettiği alanlardan geçirilmiştir. Belirlenen bu güzergâh Altınova'dan itibaren düz ve düze yakın bir topografyaya sahip

olmakla beraber güzergâh üzerinde yer alan Yalakdere Depresyonu ulaşım elverişli bir topografik yapı ortaya koymaktadır. Ayrıca rota üzerinde yer alan Fener, kale, köprü ve dikili taşların varlığı da rota tayini, yol güvenliği, haberleşme ve savunma açısından önemli bir işleve sahiptir (Fotoğraf 2 ve 3).

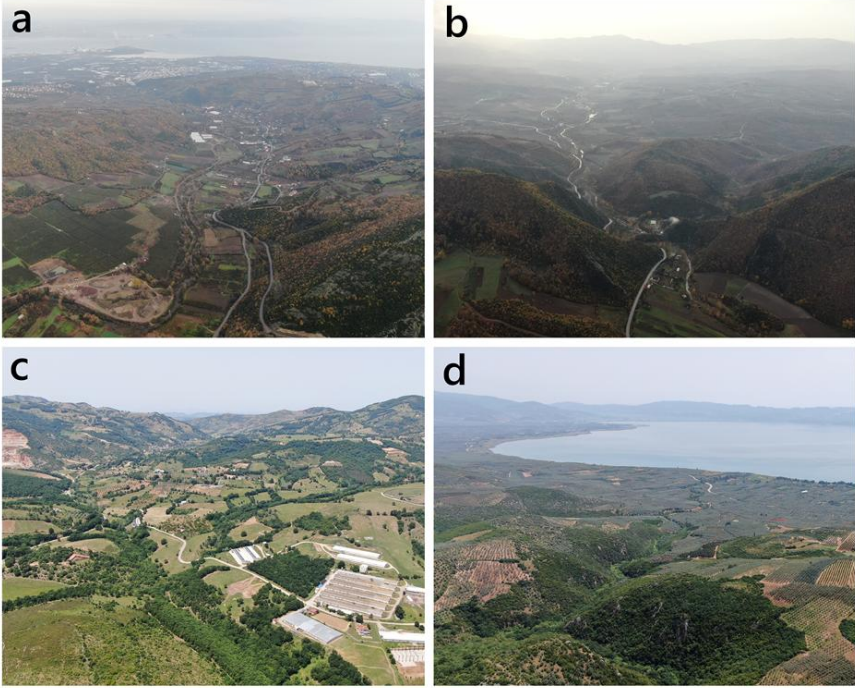
Fotoğraf 2 Araştırma sahasındaki potansiyel yol güzergâhında yer alan tarihi yapılar; a- Dilburnu Deniz Feneri, b- Valide Sultan Köprüsü, c- Dikilitaş (Obelisk), d- İznik Ayasofya Camii.



Potansiyel rota olarak belirlenen ikinci güzergâh, Marmara Denizi'nin kuzey kıyıları ve İzmit Körfezi takip eder. Ardından körfezin güney kıyıları takip edilerek Altınova'ya ulaşır. Daha sonra ise birinci rotada olduğu gibi Yalakdere Havzası'nı takip eder. Bu yol güzergahında yükselti değerleri çoğunlukla 200-250 m'nin altında olmakla beraber maksimum yükselti değeri 350 m civarındadır. Bu güzergâh, özellikle Marmara Denizi üzerinde lodos başta olmak

üzere fırtına koşulları hâkim olduğunda, deniz ulaşımı üzerindeki olumsuz hava koşulları nedeniyle tercih edilmiş olabilir.

Fotoğraf 3 Potansiyel yol güzergâhının yerleştiği Yalakdere Depresyonu içerisindeki Çobankale'den; a- kuzeye ve b- güneye bakış (irtifa: 200m). Samanlı Dağları'nın güney yamacında c- kuzeye ve d- güneye bakış (irtifa: 100m)



Bir diğer olası rota olarak belirlenen üçüncü güzergâh ise, İstanbul'dan başlayarak Marmara Denizi'nin kuzey kıyıları ve İzmit Körfezi'ni takip etmektedir. Güzergâh daha sonra Büyükhan ve Mercimek Tepe arasındaki Kazıklı Dere ve Avcı Deresi vadisi üzerinden güneye dönerek Boz Tepe'nin kuzeyinden İznik Ovası'na ve ardından İznik'e ulaşmaktadır. Bu rotada yükselti özellikle İzmit Körfezi'nin geçilip Gölcük'e ulaşılmasıyla artmaya başlamaktadır. Bu bölge, Samanlı Dağları'nın kuzey yamaçlarına denk gelir ve deniz seviyesinden 700 metreye kadar çıkmaktadır. Bu durum hem

iklim koşulları hem de eğim parametresi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Ayrıca bu rota üzerinde fener-kale gibi herhangi bir tarihi kalıntıya rastlanılmamış olması da ulaşımda kullanılmadığı yargısını güçlendirmektedir.

Sonuç

Altınova – İznik arasındaki yolun tespit edilmesini amaçlayan bu çalışmada öncelikle Romalılar'ın yol yapımında dikkat ettiği unsurları ele alınmış ve buna göre inşa sürecinde etkili olan parametreler sırasıyla analiz edilmiştir. Buna göre yol yapımında yolun stabilitesini sağlamak, yolu drene etmek, yol kıvrımlılığını asgari düzeyde tutmak ve maaliyeti sınırlamak Roma yollarında uyulması gereken başlıca kurallardır. Böyle bir yolu inşa etmek ise ancak fiziki coğrafya koşullarının uygun olduğu ortamlarda mümkündür. Bu sebeple değerlendirilmesi gereken ilk husus eğimdir. Malum olduğu üzere eğimin az olduğu yerlerde duraylılığı sağlamak daha kolay iken eğimin fazla olduğu alanlarda sürünmeden heyelana yüzey hareketliliği daha fazladır. Bu durum da yapımı zaten maliyetli olan yolların hızla deforme olmasına neden olarak bakım ve onarım masraflarını artırır. Bu sebeple 100 değerlik bir ağırlıklı bindirme analizi kapsamında eğimin önemi %35 olarak belirlenmiştir. Sahada eğimin az olduğu alanlar en uygun alan olarak değerlendirilirken eğimin arttığı nispete olumsuzluk da artar ve nihayetinde eğim %20'yi geçtiğinde en dezavantajlı konuma gelir. Buna göre sahanın eğimi yedi sınıfa ayrılmış ve analize tâbi tutulmuştur. Bir diğer belirleyici olan yükselti parametresinde de saha yükselti durumuna göre yedi sınıfa ayrılmıştır. Buna göre yükselti ne kadar az ise yola o kadar uygun olan, ne kadar fazla ise uygun olmayan durumdadır. Bilindiği gibi yükseltinin artması bir taraftan eğimin artması ile paralellik göstermekte diğer taraftan da iklimin değişmesi anlamına gelmektedir. Daha sert iklim koşullarının yaşandığı bu bölgelerde donma-çözülme gibi fiziksel ayrışma süreçleri çok daha hızlı yaşanır. Bu durum da yoldaki

deformasyonu artırarak hem yol güvenliğini tehlikeye atar hem de bakım periyodunu ve masraflarını artırır. Bu sebeple genel değerlendirme içinde %20'lik dilime sahip yükselti kriterinde yükseltinin en düşük olduğu yerler en olumlu olarak puanlanırken yükselti arttıkça değer düşmekte ve sonuçta 1000 m ve üstü 1 değer olarak kabul edilmektedir. Akarsuya yakınlık kriteri yolun su ile olan temasının değerlendirilmesi ve deformasyonun önlenmesine yönelik bir parametredir. Diğer kriterlerden farklı olarak düzenli bir artış göstermez. Örneğin akarsuya 500 m uzaklık optimum düzey olarak değerlendirilirken 125 m uzaklık ise en olumsuz koşul olarak değerlendirilir. Bunun sebebi akarsuya yakın bölgelerin taşkın riski ile karşı karşıya olmasından dolayıdır. Bu parametrenin genel değerlendirmedeki payı ise %25 olarak belirlenmiştir. Litolojik yapı kriteri ise yol hattı boyunca zeminin litolojik karakteri ışığında şekillenir. Buna göre %20'lik önem payına sahip litolojik karakter için birikinti depoları en uygun alanları işaret ederken metamorfik kayalar en uygun olmayan yerlerdir. Bunun sebebi özellikle tarihi süreçte kazı işlerinin oldukça zorlayıcı olması ve alüvyonların çok daha kolay kazılarak yol için ekonomik bir tercih olmasıdır. Magmatik ve metamorfik kayalar ise gevşek yapıli unsurlar ve şiddetli deformasyona uğrayan türler bir yana bırakılırsa alüvyon ve sedimanter kayalara nazaran dayanımı çok daha yüksek olan kayalardır. Tüm bu unsurların bir arada değerlendirilmesi ve CBS ortamında analiz edilmesi ile Altınova – İznik arasındaki tarihi Roma yolunun güzergahı tespit edilmeye çalışılmış ve bu doğrultuda birtakım çıkarımlar yapılmıştır. Buna göre antik dönemde yol olarak kullanılabilecek üç farklı yol güzergahı tespit edilmiş olup bu yollar hem fiziki hem de beşerî açıdan avantaj ve dezavantajları ile birlikte değerlendirilmiştir. Öte yandan söz konusu güzergahlar boyunca tarihi yapı ve işaretlerin varlığı araştırılarak nihai sonuç güçlendirilmiştir.

Olası üç yol içinde potansiyel rota 2 ve potansiyel rota 3 olarak adlandırılan yollar ayrı ayrı değerlendirildiğinde farklı avantajlara sahip oldukları görülmektedir. Bunlardan 2.yol Dilovası'ndan deniz yolu ile güneye geçmek yerine doğuya yönelerek körfezi dolaşır. Bu yol tamamen kara yolunu kullanması nedeniyle vasıta değişimi gerektirmediğinden en makul yol olarak gözüktüğü de km bakımından yolu uzatması hem zaman kaybına hem de maddi kayba neden olmaktadır. Zira saklama koşullarının çok daha ilkel olduğu dönem şartlarında malın bekleme süresinin uzatılması ticari kayba neden olur. Potansiyel rota 3 olarak adlandırılan güzergahta yine körfezi dolaşmak sureti ile Gölcük'e ulaşan yol buradan itibaren 700 metreye varan yükseltiyi aşarak İznik Ovası'na ulaşır. Söz konusu güzergahta hem körfezin dolaşılması ve yolun uzaması hem de diğer rotalara göre daha sarp olması yolu kullanışsız kılar. Potansiyel rota 1 olarak adlandırılan muhtemel yol güzergahı ise kuzeyde İstanbul'dan başlayarak Dilovası'na kadar uzanır ve burada Dil İskeleyi'nden güneye geçerek İzmit Körfezi'ni pasivize eder. Deniz ulaşımının kısa mesafe olmasının yanı sıra körfez koşullarına bağlı olarak suyun nispeten durgun olması bu yolu çekici kılmaktadır. Altınova ve devamında ise Yalakdere vadisini takip ederek hemen hemen düz ve az dalgalı bir yüzey boyunca İznik'e ulaşır. Yükselti ortalamasının oldukça düşük olması ile dikkat çeken bu rotada göze çarpan bir diğer unsur da Çobankale gibi tarihi bir kalenin bu bölgede inşa edilmiş olmasıdır. Sonuç olarak yol seçiminde dikkat edilen unsurların tamamı bu hat üzerinde elverişli olup tarihi kalıntılar da bu savı desteklemektedir. Bahsi geçen diğer yollar ise güçlü ve zayıf yönleri bulunmasına rağmen nispeten kullanışsız durumdadır.

Kaynakça

- Aalijahan, M. (2023). *Marmara Geçiş İklimi Sahasında Yağışların İstatiksel ve Sinoptik Analizi - Doktora Tezi*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Aigang, L., Tianming, W., Shichang, K., & Deqian, P. (2009). On the relationship between latitude and altitude temperature effects. *International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, 55-57.
- Akbulak, C. (2006). *İznik Depresyonu'nun Beşeri ve İktisadi Coğrafya Açısından İncelenmesi - Doktora Tezi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Aksay, C. S., Ketenoğlu, O., & Kurt, L. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Selcuk University Journal of Science Faculty*(25), 29-41.
- ASF. (2020). *ALOS PALSAR—Digital Elevation Model (12.5 m Spatial Resolution)* <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction> .
- Atalay, İ. (2017). *Türkiye Jeomorfolojisi*. İzmir: Meta Basım.
- Atmaca, B. (2022). CBS yardımıyla Giresun ili Bulancak ilçesinin arazi örtüsü ve topoğrafik özelliklerinin tarımsal yönden değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), s. 763–781. doi:<https://doi.org/10.31466/kfbd.1142225>

- Avcı, M. (2012, Mayıs 25). ÇEŞİTLİLİK VE ENDEMİZM AÇISINDAN TÜRKİYE’NİN BİTKİ ÖRTÜSÜ. *Journal of Geography*(13).
- Aydın, K., & Karabulut, M. (2021). Türkiye'de Sıcaklıklar ile Yükselti ve Enlem İlişkisi. *Sosyal Bilimler Dergisi*(53), 501-519.
- Bargu, S. (1997). İzmit Körfezindeki pleistosen taraçaları ve tektonik özellikler. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*(10), s. 1-33.
- Bilgin, T. (1967). *Samanlı Dağları Coğrafi Etüd*. İstanbul: Baha Matbaası.
- Ceylan, M. A. (2000). Ulaşım Coğrafyası Açısından Eskişehir-Topçular Deniz Ulaşımı. B. Öztürk, M. Kadioğlu, & H. Öztürk içinde, *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (s. 189-197). İstanbul.
- Chevallier, R. (1997). *Les Voies Romaines*. Paris: Picard.
- Doğanay, H. (1998). *Türkiye Ekonomik Coğrafyası* (3. Baskı b.). Konya: Çizgi Kitabevi Yayınları.
- Doğanay, H., Özdemir, Ü., & Şahin, İ. F. (2014). *Genel Beşeri ve Ekonomik Coğrafya* (6.Baskı b.). Ankara, Türkiye: Pegem Akademi .
- Erinç, S. (1965). S. Erinç içinde, *Climatology and its Methods*. İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Erinç, S. (1969). *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayını.
- Erol, O. (2014). *Genel Klimatoloji*. İstanbul: Çantay Kitabevi.

- Eyice, S. (1998). Hersekkzade Ahmed Paşa Camii ve Türbesi . *TDV İslâm Ansiklopedisi* , 17, s. 238-239. <https://islamansiklopedisi.org.tr/hersekkzade-ahmed-pasa-camii-ve-turbesi> adresinden alındı
- French, D. H. (1980). The Roman Road System of Asia Minor. H. Temporini, & W. Haase (Dü) içinde, *Aufstieg und Niedergang der römischen Welt (ANRW) II* (Cilt II. 7.2, s. 698 - 729). Berlin – New York: Walter de Gruyter.
- French, D. H. (1992). Galatya Bölgesi Roma Yolları ve Miltaşları. *Anadolu Medeniyetleri Müzesi Yıllığı*, s. 6-31.
- Gioia, D., Lungo, S. d., Sannazzarro, A., & Lazzari, M. (2019). Geological and geomorphological controls on the path of an intermountain Roman road: The case of the Via Herculia (Southern Italy). *Geosciences*, 9(9), 1-30.
- Göncüoğlu, M., Erendil, M., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu , İ., & Ürgün, B. (1987). Introduction to the Geology of Armutlu Peninsula. *IGCP Project*, 5, 12-18.
- Gönençgil, B., & Halis, O. (2021). Samanlı Dağları'nın jeomorfolojik gelişimine ve uzun dönemli erozyon süreçlerine morfometrik yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*(78), s. 109-126. doi:<https://doi.org/10.17211/tcd.1008678>
- Günel, N. (2013, Ocak). Türkiye'de İklimin Doğal Bitki Örtüsü Üzerindeki Etkileri. *Acta Turcica Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi*, 5(1), s. 1-22.
- Güney, E. (2013). Roma Çağında Anadolu (İÖ 30-İS 395). E. Güney içinde, *Trakya'nın, Anadolu'nun Tarihi Coğrafya Bölgeleri ve Antik Kentleri* (s. 46). Ankara: Edge Akademi.

- Güngördü, M. (2012, Mart 7). Güney Marmara Bölümü (Doğu Kesimi) Bitki Örtüsünün Coğrafi Şartları. *Journal of Geography*, s. 1-77.
- Hurst, M. E. (1972). *A Geography of Economic Behavior*. Belmont: Duxbury Press.
- Jean-Paul, Comtois, C., & Slack, B. (2016). *The Geography of Transport Systems* (4. b.). London: Routledge.
- K.G.M. (2025). *kgm.gov.tr*. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü: <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/ProjelerDetay.aspx?q=20> adresinden alındı
- Kamiloğlu, O. (2024, Ağustos). *Kocaeli, Sakarya, Yalova, Bursa ve Bilecik İlleri Osmanlı Dönemi Yol Ağı ve Yapıları, Doktora Tezi*. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sanat Tarihi Anabilim Dalı.
- Kaya, T. (2023, Aralık). Bizans Anadolu'sunda Kara Rotalarına Genel Bir Bakış (MS 4-7. yy). *Lycus Dergisi*(8), s. 47-71. doi:10.54577/lycus.1297736
- Kazel, E. (2014). *Yalova Şehir Coğrafyası Yüksek Lisans Tezi*, 23. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı.
- Kempf, M. (2019). Paradigm and pragmatism: GIS-based spatial analyses of Roman infrastructure networks and land-use concepts in the Upper Rhine Valley. *Geoarchaeology: An International Journal*, 34(3), s. 1-12. doi: <https://doi.org/10.1002/gea.21752>
- Kılıç, Y. (2024). Küçükasya'daki Roma Dönemi Köprüleri: Tipolojik Bir Araştırma. 57-58-87. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal

Bilimler Enstitüsü Arkeoloji Anabilim Dalı Klasik Arkeoloji
Bilim Dalı Doktora Tezi.

Koca, H., & Doğanay, H. (1998). Ulaşımın yerleşmeye etkilerine iki tipik örnek: Fevzipaşa ve Nurdağı kasabaları. *Türk Coğrafya Dergisi*(33), 1-24.

Kurumu, T. İ. (2024). *İl ve ilçelere göre il/ilçe merkezi, belde/köy nüfusu ve yıllık nüfus artış hızı, 2024*. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuc-lari-2024-53783> adresinden alındı

Mayunga, S. (2018). Suitability analysis of satellite towns using Saaty model and geographical information system (GIS). *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 6(1), s. 1-14. doi:<https://doi.org/10.4236/jdaip.2018.61001>

Meşeli, A. (2010). İznik Gölü Havzasında Çevre Sorunları. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*(14), s. 134-148.

MGM. (2025). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü*. Meteoroloji Genel Müdürlüğü: www.mgm.gov.tr adresinden alındı

Okay, A. İ., Zattin, M., Özcan, E., & Sunal, G. (2020). Uplift of Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(5), 696-713.

Özşahin, E. (2009). MARMARA DENİZİ HAVZASI DELTALARI. İstanbul: YÜKSEK LİSANS TEZİ.

Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 47-65.

Parcero-Oubiña, C., Fonte, J., & Costa-García M., J. (2017). A GIS-Based Analysis of the Rationale Behind Roman Roads: The

- Case of the So-Called Via XVII (NW Iberian Peninsula). *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 17(3), s. 163–189. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.1005562>
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The Geography of Transport Systems* ((5. baskı) b.). Londra, Birleşik Krallık: Routledge.
- Sinanoğlu, M. (2001). *İznik Konsili. TDV İslâm Ansiklopedisi*, 23, s. 549–552. *İZNİK KONSİLİ - TDV İslâm Ansiklopedisi*. Türkiye Diyanet Vakfı.
- Szabó, J., Dávid, L., & Loczy, D. (2010). *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms*. Springer Science & Business Media.
- Şen, M. (2018). Karayolu güzergâh tespitinde çok ölçütlü karar analizlerinin kullanılabilirliğinin araştırılması. Selçuk Üniversitesi.
- Tarı, U. (2007, Mart 8). *İzmit Körfezi ve Çevresinin Morfotektoniği Doktora Tezi*, 190-195. İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü.
- Texier, C. (2002 / 1862–1869). *Küçük Asya Coğrafyası, Tarihi ve Arkeolojisi* (Cilt I). (A. Suat, Çev.) Ankara: Enformasyon ve Dökümantasyon Hizmetleri Vakfı.
- Tümertekin, E., & Özgüç, N. (2018). *Ekonomik Coğrafya Küreselleşme ve Kalkınma*. İstanbul: Çantay Kitapevi.
- TÜRKEŞ, M. (2012). *Observed and Projected Climate Change, Drought and Desertification in Turkey*. Ankara: Ankara University Journal of Environmental Sciences.
- Türkeş, M. (2017). *Genel Klimatoloji*. İstanbul: Kriter Yayınları.
- Türkeş, M., & Acar, Z. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzeybatı Anadolu) Klimatolojisi ile Yağış ve Akım

Dizelerinde Gözlenen Değişimler ve Eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(1), 1579-1600.

Türkeş, M., & Altan, G. (2013). İklimsel Değişimlerin ve Orman Yangınlarının Muğla Yöresi'ndeki Doğal Çevre, Doğa Koruma Alanları ve Biyotaya Etkilerinin bir Ekolojik Biyocoğrafya Çözümlemesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 22(2), s. 57-75.

Türkeş, M., Yozgatligil, C., Batmaz, İ., İyigün, C., Koç, E. K., Fahmi, F. M., & Aslan, S. (2016). Has the climate been changing in Turkey? Regional climate change signals based on a comparative statistical analysis of two consecutive time periods, 1950-1980 and 1981-2010. *Climate Research*, - .

Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). *İl ve ilçelere göre il/ilçe merkezi, belde/köy nüfusu ve yıllık nüfus artış hızı, 2024*. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuc-lari-2024-53783> adresinden alındı

Uğur, A., & Aliğaoğlu, A. (2024). *Şehir Coğrafyası* (9. Baskı b.). Ankara: Nobel Yayıncılık.

Uzun, M. (2025). Frekans Oranı ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri İle Samanlı Dağları. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi - Journal of Natural Hazards and Environment*, 11(2), s. 538-556. doi:10.21324/dacd.1663672

Uzun, M., & Garipağaoğlu, N. (2019). İznik Gölü Havzası'nda Doğal Ortam Koşullarının Havza Yönetimi ve Planlamasına Etkisi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 24(42), 1-24.

Weissová, B. (2019). *Regional economy, settlement patterns and the road system in Bithynia (4th century BC – 6th century AD):*

Spatial and quantitative analysis - Doktora Tezi. Freie
Universität Berlin Institutional Repository.

