

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK KENTSEL EKOSİSTEM  
SERVİSLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE HARİTALANDIRILMASI:  
DATÇA ÖRNEĞİ

**Buket EYİLETEN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2024**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK KENTSEL EKOSİSTEM  
SERVİSLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE HARİTALANDIRILMASI:  
DATÇA ÖRNEĞİ**

**Buket EYİLETEN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2024**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK KENTSEL EKOSİSTEM  
SERVİSLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE HARİTALANDIRILMASI:  
DATÇA ÖRNEĞİ

Buket EYİLETEN  
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2024

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK KENTSEL EKOSİSTEM  
SERVİSLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE HARİTALANDIRILMASI:  
DATÇA ÖRNEĞİ**

**Buket EYİLETEN**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS**

Bu tez ..../...../201..... tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Serdar SELİM (Danışman) [imza]

Doç. Dr. Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK [imza]

Dr. Öğr. Üyesi Mert ÇAKIR [imza]

## ÖZET

# ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK KENTSEL EKOSİSTEM SERVİSLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE HARİTALANDIRILMASI: DATÇA ÖRNEĞİ

**Buket EYİLETEN**

**Yüksek Lisans Tezi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı  
Danışman: Doç Dr. Serdar SELİM**

**Haziran 2024; 82 sayfa**

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AK/AÖ) değişimleri, ekosistem servislerini anlamak ve koruma-kullanma dengesini etkin bir şekilde yönetebilmek için oldukça önemlidir. Bu değişimlere bağlı olarak atmosferdeki karbondioksit miktarı da değişmekte, küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkileri artmakta ve ekolojik sürdürülebilirlik riske girmektedir. Dolayısıyla AK/AÖ değişimlerine bağlı olarak karbon tutum haritalarının üretilmesi, sürdürülebilir kentsel gelişim için büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Akdeniz biyomunu temsil eden ve Türkiye'nin birçok kıyı bölgesinin ekolojik dinamiklerini yansıtan Datça Yarımadasında, 2013-2023 yılları arasındaki AK/AÖ değişimi uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri ile belirlenmiş ve arazi örtüsü değişimindeki artış-azalış trendleri ortaya konulmuştur. Bunun yanında bu değişimlere bağlı olarak karbon depolama alanları ve toplam karbon tutum miktarları InVEST yazılımı ile belirlenmiş ve haritalandırılmıştır. AK/AÖ değişimi için CORINE I. seviye sınıflandırma kullanılmış, karbon depolama için ise toprak üstü, toprak altı, toprak organik maddesi ve ölü organik madde alt kategorileri tercih edilmiştir. Son olarak da 2033 ve 2053 yıllarına ait AK/AÖ değişimi ve karbon tutum projeksiyonları üretilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, kentleşmenin yeşil alanlar üzerindeki olumsuz etkilerini gösterse de, son on yılda orman ve yarı-doğal alanlarda genel olarak az da olsa bir artış eğiliminin olduğu da görülmektedir. Son beş yılda ise yapay yüzeylerdeki artışa bağlı olarak karbon yutakları olarak kabul edilen ormanlarda azalış olduğu görülmektedir. Bölgedeki karbon tutum miktarı ise 2013-2018 yılları arasında artış, 2018-2023 yılları arasında ise azalış göstermiştir. Gelecek projeksiyonlarına göre, AK/AÖ değişimine bağlı olarak karbon tutumunun artış trendinin azalacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışma, bölgenin mevcut durumunun ve gelecekteki ekolojik dinamiklerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına rehberlik edebilecek bir niteliktedir. Datça Yarımadasının hassas ekosistemleri korumak, buradaki ekosistem servislerinin sürdürülebilirliğini sağlamak ve bölgenin sağlıklı gelişimini teşvik edebilmek için mekânsal planlama kararlarında karar vericilerin koruma-kullanma dengesini gözetmesi ve ekolojik temelli stratejiler geliştirmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü, Ekosistem Servisleri, InVEST, Karbon Depolama, Uzaktan Algılama

**JÜRİ:** Doç. Dr. Serdar SELİM

Doç. Dr. Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK

Dr. Öğr. Üyesi Mert ÇAKIR



## **ABSTRACT**

### **ASSESSMENTS AND MAPPING OF URBAN ECOSYSTEM SERVICES BASED ON LAND USE/ LAND COVER CHANGES: THE CASE OF DATÇA**

**Buket EYİLETEN**

**MSc Thesis in Geographical Information Systems and Remote Sensing**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serdar SELİM**

**June 2024; 82 pages**

Comprehending alterations in land use and land cover (LULC) within a specific region is critical for a thorough understanding of ecosystem services and adept management of the balance between conservation and utilization. These changes contribute to fluctuations in atmospheric carbon dioxide levels, exacerbating the adverse impacts of global climate change and jeopardizing ecological sustainability. Consequently, the production of carbon sequestration maps that reflect LULC changes is vital for the advancement of sustainable urban development.

This study focuses on the Datça Peninsula, which represents the Mediterranean biome and reflects the ecological dynamics of many coastal regions in Turkey. The LULC changes between 2013 and 2023 were determined using remote sensing and geographic information systems technologies, revealing the trends in land cover changes. Additionally, based on these changes, carbon storage areas and total carbon sequestration amounts were determined and mapped using InVEST software. CORINE Level I classification was used for the LULC exchange, and subcategories such as above-ground biomass, below-ground biomass, soil organic matter, and dead organic matter were preferred for carbon storage. Finally, projections for LULC changes and carbon sequestration for the years 2033 and 2053 were produced.

The results indicate the negative effects of urbanization on green areas, but also show a slight increase in forest and semi-natural areas over the last decade. Over the last five years, a decrease in forests, which are considered carbon sinks, has been observed due to the expansion of artificial areas. The amount of carbon sequestration in the region increased from 2013 to 2018 and decreased from 2018 to 2023. According to future projections, the increasing trend of carbon sequestration is expected to decline due to LULC changes.

This research serves as a foundational guide for comprehensively understanding the existing conditions and projected ecological dynamics of the region. It highlights the imperative for policymakers engaged in spatial planning on the Datça Peninsula to maintain a balance between conservation and utilization. Furthermore, it stresses the development of strategies based on ecological principles to preserve the delicate ecosystems, sustain the ecosystem services, and foster the healthy growth of the area.

**KEYWORDS:** Carbon Storage, Ecosystem Services, InVEST, Land Use/Land Cover, Remote Sensing

**COMMITTEE:** Assoc. Prof. Dr. Serdar SELİM

Assoc. Prof. Dr. Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK

Assist. Prof. Dr. Mert ÇAKIR



## ÖNSÖZ

Datça'da yaşamış olmam, bölgedeki arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerini yakından gözlemleme fırsatı verdi. Bu sebeple, bölgenin ekolojik ve kültürel değerlerinin yanı sıra, karşı karşıya olduğu değişim tehditlerinin de farkındayım. Özellikle, tarım arazilerinin kentleşmeye dönüşümü, doğal habitatların tahrip edilmesi ve biyoçeşitliliğin azalması gibi olumsuz değişimler bu tehditlerin başında gelmektedir. İklim değişikliği ve karbon tutumu konularında yapılan çalışmalarda, bu tür değişimlerin karbon salınımını artırdığı ve ekosistemlerin karbon tutma kapasitesini azalttığı görülmektedir. Benzer coğrafyalarda yapılan çalışmaları incelediğimde, bu tür olumsuz değişimlerle mücadelenin ilk adımının tespit ve ardından kapsamlı ve çok disiplinli öneriler geliştirilmesi olduğunu anladım. Bu farkındalık, bu çalışmayı yapma motivasyonumu oluşturan temel faktör oldu.

Çalışmanın geniş kapsamı, benzer iklim tipine sahip ve jeomorfolojik, iklimsel ve sosyolojik olarak benzer baskılar altında bulunan bölgelerde yapılacak araştırmalara örnek teşkil etme potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca, analizlerde kullanılan InVEST adlı yenilikçi ve ücretsiz aracın kullanımı, bu çalışmanın bilimsel değerini ve önemini önemli ölçüde artırmaktadır. Bunun yanı sıra, iklim değişikliği ile mücadelede, çevresel sürdürülebilirlik, doğa koruma ve bölgesel kalkınma konularına olan kişisel ilgim ve bu alandaki akademik katkı sağlama arzum da önemli motivasyon kaynaklarım arasında yer almaktadır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, her aşamada destek ve teşviklerini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Serdar SELİM'e özel olarak teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin engin bilgisi, sabrı ve rehberliği sayesinde bu çalışmayı gerçekleştirmek mümkün oldu. Onun akademik disiplini ve vizyonu, araştırma sürecim boyunca bana ilham kaynağı oldu. Ayrıca, bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde değerli destek ve rehberliklerinden dolayı jüri üyeleri Doç. Dr. Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK ve Dr. Öğr. Üyesi Mert ÇAKIR'a teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
AKADEMİK BEYAN .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	5
2.1. Arazi Kullanımı / Arazi Örtüsü .....	5
2.2. Ekosistem Servisleri .....	7
2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	11
2.4. InVEST.....	12
2.5. Gelecek Projeksiyonu.....	14
3. MATERYAL ve METOT .....	16
3.1. Çalışma Alanı .....	16
3.1.1. Doğal yapı özellikleri .....	16
3.1.1.1. Konum.....	16
3.1.1.2. İklim.....	17
3.1.1.3. Bitki örtüsü.....	18
3.1.1.4. Jeoloji ve toprak.....	20
3.1.1.5. Topoğrafya.....	21
3.1.2. Kültürel yapı özellikleri.....	25
3.1.2.1. Demografik yapı .....	25
3.1.2.2. Sosyo – ekonomik yapı.....	26
3.1.2.3. Kültürel özellikler .....	28
3.1.3. Koruma Statüleri.....	28
3.2. Veri Seti.....	29
3.3. Yöntem .....	29
3.3.1. Veri toplama .....	30
3.3.2. Sınıflandırma .....	31
3.3.3. Doğruluk analizleri .....	33

3.3.4. AK/AÖ değişimi ve gelecek projeksiyonu .....	33
3.3.5. Karbon hesaplamaları .....	34
3.3.6. Değerlendirme .....	37
4. BULGULAR .....	38
4.1. AK/AÖ Sınıflandırması ve AK/AÖ Gelecek Projeksiyonu .....	38
4.2. AK/AÖ Değişimi.....	48
4.3. Karbon Tutumu ve Karbon Tutumu Gelecek Projeksiyonu.....	52
5. TARTIşMA .....	67
6. SONUÇLAR .....	72
7. KAYNAKLAR .....	73
ÖZGEÇMİş	

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK KENTSEL EKOSİSTEM SERVİSLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE HARİTALANDIRILMASI: DATÇA ÖRNEĞİ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

05/06/2024

Öğrencinin Adı Soyadı

Buket EYİLETEN

İmzası

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

ha	: Hektar
km	: Kilometre
kt	: Kiloton
m	: Metre
Mg	: Megagram
mm	: Milimetre

### Kisaltmalar

AGC	: Above Ground Carbon
AK/AÖ	: Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü
BGC	: Below Ground Carbon
CA	: Cellular Automata
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
DN	: Digital Number
DOC	: Dead Organic Carbon
FAO	: Food and Agriculture Organization
InVEST	: Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs
IPCC	: The Intergovernmental Panel on Climate Change
LULC	: Land Use and Land Cover
MAES	: Mapping and Assessment of Ecosystem and their Services
ML	: Maximum Likelihood
MOLUSCE	: Modules for Land Use Change Simulations

OLI	: Operational Land Imager
ÖÇKB	: Özel Çevre Koruma Bölgesi
RT	: Random Tree
SOC	: Soil Organic Carbon
SVM	: Support Vector Machine
TOA	: Top of Atmosphere
UA	: Uzaktan Algılama
UNFCCC	: The United Nations Framework Convention on Climate Change



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu .....	17
Şekil 3.2. Çalışma alanı sayısal yükseklik modeli.....	23
Şekil 3.3. Çalışma alanı eğim analizi.....	24
Şekil 3.4. Çalışma alanı bakı analizi.....	25
Şekil 3.5. Yöntem akış şeması .....	30
Şekil 4.1. RT, SVM ve ML algoritmaları kullanılarak yapılan AK/AÖ sınıflandırmalarının karşılaştırmalı analizi .....	38
Şekil 4.2. Çalışma alanı 2013 yılı AK/AÖ haritası.....	40
Şekil 4.3. Çalışma alanı 2018 yılı AK/AÖ haritası.....	41
Şekil 4.4. Çalışma alanı 2023 yılı AK/AÖ haritası.....	42
Şekil 4.5. 2013, 2018 ve 2023 yılları için AK/AÖ sınıflarına ait toplam alan grafikleri.....	43
Şekil 4.6. 2033 yılı gelecek projeksiyonu AK/AÖ .....	46
Şekil 4.7. 2053 yılı gelecek projeksiyonu AK/AÖ .....	47
Şekil 4.8. 2013-2018 yılları AK/AÖ değişimi haritası .....	48
Şekil 4.9. 2018-2023 yılları AK/AÖ değişimi haritası .....	49
Şekil 4.10. 2013-2023 yılları AK/AÖ değişimi haritası .....	50
Şekil 4.11. 2013 yılı karbon depolama haritası.....	52
Şekil 4.12. 2018 yılı karbon depolama haritası.....	53
Şekil 4.13. 2023 yılı karbon depolama haritası.....	55
Şekil 4.14. 2033 yılı gelecek projeksiyonları karbon depolama haritaları .....	56
Şekil 4.15. 2053 yılı gelecek projeksiyonları karbon depolama haritaları .....	57
Şekil 4.16. AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2013 yılı karbon tutumu haritaları .....	59
Şekil 4.17. AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2018 yılı karbon tutumu haritaları .....	60

<b>Şekil 4.18.</b> AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2023 yılı karbon tutumu haritaları .....	61
<b>Şekil 4.19.</b> AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2033 yılı gelecek projeksiyonu karbon tutumu haritaları .....	62
<b>Şekil 4.20.</b> AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2053 yılı gelecek projeksiyonu karbon tutumu haritaları .....	63
<b>Şekil 4.21.</b> AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için geçmiş örneklem yılları ile gelecek projeksiyonlarının tüm sayısal değerleri .....	64
<b>Şekil 4.22.</b> AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için güncel durumdan gelecek projeksiyonu yıllarına kadarki değişim grafikleri .....	65



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1.</b> Karbon depolama hesaplamaları için kullanılan ham veriler (Mg/ha) .....	36
<b>Çizelge 3.2.</b> Toprak üstü ve toprak altı karbon tutucu elemanlar için değer aralıkları (FAO (2012)'deki bilgiler referans alınmıştır) .....	37
<b>Çizelge 4.1.</b> RT, SVM ve ML algoritmalarının kappa istatistikleri .....	39
<b>Çizelge 4.2.</b> AK/AÖ sınıflandırmaları için 2013, 2018 ve 2023 yıllarına ait doğruluk matrisleri .....	45
<b>Çizelge 4.3.</b> Çalışma alanında 2013, 2018 ve 2023 yılları arasında gerçekleşen AK/AÖ değişimlerinin hektar cinsinden detaylı analizi.....	51



## 1. GİRİŞ

İklim değışikliği, bilimsel, politik ve çevresel boyutları kapsayan ve küresel sürdürülebilir kalkınma için çok önemli olan acil ve karmaşık bir sorundur. İnsan faaliyetleri ve sera gazı emisyonları ile tetiklenen hava durumu modellerinde ve sıcaklıklardaki uzun vadeli değışimler küresel ısınmaya yol açar. Bu değışiklikler hava ve su kalitesini tehlikeye atarak insan sağlığını olumsuz etkilemekte, kutup buzulların erimesine, deniz seviyelerinin yükselmesine, hava durumu modellerinde bozulmalara ve biyoçeşitlilik kaybına neden olmaktadır (IPCC 2023). İklim değışikliği konusu, endüstriyel faaliyetler, altyapı geliştirme ve tüketici davranışları gibi sebeplerle popülasyonların kentsel alanlarda yoğunlaşmasının sonucu olan küresel kentleşme eğilimleriyle yakından bağlantılıdır (Cook vd. 2013). Bu sorunlarla mücadelede yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek, enerji verimliliğini artırmak, sürdürülebilir arazi kullanımını arttırmak için eylemler almak ve tüketici davranışlarını iyileştirmek gibi teşvikler kullanılmalı ve bu yolla sera gazı emisyonlarının azaltılması sağlanmalıdır. Var olan ekosistemin dinamiklerine uyum sağlamak için, sağlam altyapı, sürdürülebilir su yönetimi ve afet hazırlığı yoluyla dayanıklılık oluşturmaya odaklanılmalıdır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ve Paris Anlaşması gibi uluslararası iş birliği ve anlaşmalar, küresel iklim değışikliğinin sınırlandırılması ve uyum önlemlerine destek sağlamada kritik rol oynamaktadır. Bu anlaşmalar, küresel ısınmayı sınırlamayı ve uyum önlemlerine destek sağlamayı amaçlamaktadır (ÓhAiseadha vd. 2020). Ekosistemler üzerindeki çok yönlü negatif etkileri düşünülürken, iklim değışikliğiyle mücadele etmek için acilen önlemler alınmalıdır. Şehirlerin iklim değışikliğine olumsuz etkisini kabul edip akıllı stratejilerle hızla müdahale etmek, iklim değışikliğinin zararlarını hafifletmek ve sürdürülebilirlik için gereklidir. İklim değışikliği son yüzyılda çeşitli ekosistemler üzerindeki etkilerinden dolayı önemli bir küresel sorun haline gelmiştir. Bu bağlamda, Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (AK/AÖ) değışikliğini anlamak, iklim değışikliğinin potansiyel olumsuz etkilerini hafifletmek için oldukça önemlidir.

Doğal ekosistemlerin dönüşümünü ve insanların araziyi kullanma biçimini ifade eden AK/AÖ değışimine kentleşme, tarım, madencilik ve ormancılık gibi insan faaliyetleri neden olabilirken iklim değışikliği, sel, deprem, toprak kayması, kasırga ve volkanik faaliyetler gibi doğal faktörler de katkıda bulunabilmektedir (Lambin vd. 2001). İklim değışikliği ile AK/AÖ değışiklikleri arasındaki dinamikler hem ekosistemler hem de insan toplulukları ile karmaşık bir şekilde bağlantılıdır. İklim değışikliği kaynaklı aşırı hava olayları, doğal ekosistemlerin tarım ve kentleşme gibi insan yönetiminde arazi kullanımlarıyla değerlendirilmesine, deniz seviyesinin yükselmesi ise kıyı ekosistemlerinin yok olmasına neden olabilmektedir. Doğal ekosistemlerin diğer arazi kullanımlarına dönüştürülmesi, biyolojik çeşitliliğin kaybına, karbon tutma, hava ve su arıtma gibi ekosistemin sunduğu düzenleyici hizmetlerin sağlanamamasına yol açabilmektedir (Meyer ve Turner 1992). Bu ekosistem hizmetlerinin kaybedilmesi, sosyal ve ekonomik faktörler nedeniyle kırsal yerleşimlerden kentsel yerleşimlere geçişin yaşandığı, yapılaşmış şehir alanlarını, demografik yapıları ve arazi örtüsünü dönüştüren günümüz kentleşmesi bağlamında önemle incelenmesi gereken bir durumdur. Ekosistem servislerinin kaybedilmesi ayrıca hayati ekosistem işlevlerini koruyan ve hem doğal ortamların hem de insan popülasyonlarının sağlığını ve yaşam kalitesini güvence altına alan sürdürülebilir yönetim stratejilerine olan acil ihtiyacı vurgulamaktadır.

Ekonomik büyüme ve sanayileşme ile, 19. ve 20. yüzyıllarda kentleşme hızlı artış göstermiş, şehirlerde eğitim, sağlık ve istihdama erişilebilirliğin artmasıyla ile daha da hızlanmıştır. Bugün, şehirler küresel gayri safi yurtiçi hasılanın yaklaşık %80'ini oluşturmakta ve yüksek kaliteli kamusal ve özel hizmetler sağlamaktadır (McKinsey Global Institute 2011). Bununla birlikte, hızlı kentleşme aynı zamanda karbon emisyonlarının ivmeli artışı ve habitat tahribatı gibi çevresel sorunlara da yol açmıştır. 1950 ile 2018 yılları arasında dört kattan fazla artan ve 2050'de toplam nüfusun %68'ine ulaşacağı tahmin edilen dünyanın kentsel nüfusu göz önüne alındığında (UN DESA 2018) bu şehirlerin doğal kaynaklarını nasıl kullandığı ve mevcut araziyi nasıl tahsis ettiğini incelemek önem kazanmaktadır. Kentsel alanlar, arazi kullanımını, biyoçeşitliliği ve hidrolojik sistemleri değiştirerek, biyolojik-jeolojik-kimyasal döngüleri ve iklimi yerelden küresele etkileyerek birden fazla ölçekte çevresel değişimi yönlendirmektedir. Plansız kentleşme, doğal süreçleri düzenleyen ekosistem servisleri üzerinde kentsel ısı adası etkisine bağlı olarak sıcaklık artışı, bitki örtüsünde azalma ve sel ve toprak kayması gibi doğal afet riskleri, hava ve su kirliliğinin artışı gibi başlıkları da içeren önemli etkilere sahiptir. Plansız kentleşme, ekosistemlerin düzenleyici servisler sağlamadaki başarısını etkileyen biyolojik çeşitlilik kaybına da neden olabilmektedir (Hibbard vd. 2017). Plansız kentleşmenin çevresel değişimler üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, üretilen mekânsal planlar daha da önemli hale gelmektedir. Gri altyapı örneği üzerinden bakılacak olursa, kentleşmeyle ilişkili çevresel riskleri azaltmada etkili olabildiği fakat, planlamalarda hatalar yapmaya duyarlı doğası gereği olumsuz etkilerinin de olabildiği görülebilir. Örneğin, büyük ölçekli gri altyapı projelerinin inşası, doğal yaşam alanlarını bozabilmekte ve ekosistemleri değiştirerek daha fazla biyoçeşitlilik kaybına ve ekolojik bozulmaya yol açabilmektedir. Bu gibi kentsel planlama ile insan yapımı projelerin kesiştiği örneklerden çıkarılabilecek sonuç, ekosistem dengesinin bozulmasını önlemeye çalışırken yarardan çok zarar getirebilecek müdahalelerden kaçınmak için doğru stratejiler ile çalışılması gerekliliği ve iyileştirici hamleler öncesi çok disiplinli çalışmaların yapılması ihtiyacıdır.

Yollar, binalar ve köprüler gibi yapay yapıları içeren gri altyapı, kentsel su, ulaşım ve atık yönetimi için önemli bir sistem olarak hizmet etmektedir. Bununla birlikte, gri altyapının inşası ve kullanımı çeşitli olumsuz etkilerle ilişkilendirilmektedir. Bu olumsuz etkiler, doğal drenaj düzenlerinin bozulması, biyolojik çeşitliliğin azalması ve su kalitesinin değişmesinden kaynaklanan çevresel bozulmayı içermektedir. Ağırlıklı olarak gri altyapıya dayanan kentleşme projeleri, toprak erozyonuna, su kirliliğine ve sulak alanların ve habitatların kaybına yol açabilmektedir (Ncube ve Arthur 2021). Bu olumsuz etkileri azaltmak için gri altyapı, yeşil ve mavi altyapı ile birlikte tasarlanabilmekte ve uygulanabilmektedir. Örneğin, yeşil çatılar ve bioswale (bitki yağmur hendeği) adı verilen ve yağmur suyunu toplayarak yönlendiren yağmur bahçeleri inşa etmek gibi yeşil altyapı uygulamaları, yağmur suyunu emmek ve filtrelemek, akış hacmini azaltmak ve kirlenmelerin yakındaki su yollarına girmesini önlemek için şehirleşme süreçlerine entegre edilebilmektedir. Ek olarak, yapay sulak alanların veya tutma göletlerinin oluşturulması gibi mavi altyapının dahil edilmesi, su kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olabilmekte, yerel yaban hayatı için habitatlar sağlayabilmekte ve kentli için rekreasyon fırsatları sunabilmektedir. Gri, yeşil ve mavi altyapının birleşimi, karbon tutma, hava temizleme ve sıcaklık düzenleme gibi çeşitli ekosistem hizmetleri sağlayan çok işlevli, sürdürülebilir ve bütünlük bir sistem oluşturabilmektedir. Bu hibrit altyapı, şehirlerde asfalt ve beton gibi ısı emici yüzeylerin yoğun kullanım mecburiyetinden kaynaklanan kentsel ısı adası

etkisinin hafifletilmesine de yardımcı olabilmektedir. Sonuç olarak, yeşil ve mavi altyapıyı gri altyapıya dahil etmek, plansız kentleşmenin sel, kirlilik ve ısı adaları gibi olumsuz etkilerini azaltabilirken, aynı zamanda, rekreasyon alanları ve çeşitli habitatlar sağlayarak kent sakinlerinin yaşam kalitesini artırabilmektedir (Depietri ve McPhearson 2017).

Ekosistemler, insanların ihtiyaçlarını karşılayan, geçim kaynaklarını destekleyen ve ekonomik gelişmeyi teşvik eden temel tedarik hizmetleri sunmaktadır. Bu bağlamda ekolojik sistemlerde doğal olarak gerçekleşen sirkülasyondan ortaya çıkan faaliyetler ve kaynaklar, sistemin bir parçası olan insanların yaşam kalitesini büyük ölçüde etkilemektedir. Gıda ve su gibi hizmetlerin sağlanması gibi temel ihtiyaçların karşılanmasına yardımcı olmanın yanında ormanlar ve sulak alanlar gibi ekolojik odaklar karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emilimi sağlayarak iklimin kontrolüne katkıda bulunmak, su kalitesini iyileştirmek ve sel ve taşkınlara karşı koruma sağlamak gibi daha özelleşmiş faydalar getirmektedir (Bartolini ve Vergamini 2023). Ekosistemler ayrıca eğlence ve eğitim, zihinsel ve fiziksel sağlığın iyileştirilmesi gibi kültürel faydalar da sunmaktadır (Hunt vd. 2015). Ancak kentleşme, tarım ve kirlilik nedeniyle bu servislerin bozulması, hava ve su kalitesini tehlikeye atmakta, biyolojik çeşitliliğin azalması ve afet gibi riskleri beraberinde getirmektedir (Assessment Millennium Ecosystem 2005). Bu da sürdürülebilir yönetim ihtiyacını vurgulamaktadır. Küresel iklim değişikliğinin getirdiği zorluklar göz önüne alındığında ekosistem hizmetlerinin korunmasının hayati önem taşıdığı görülmektedir. Sağlıklı ekosistemler iklim dengesini korumakta, erozyonu önlemekte ve toprak verimliliğini desteklemektedir (Lal 2004). Arazi kullanımı, kirlilik kontrolü ve yaşam alanlarının korunmasında sürdürülebilir uygulamalar çok önem arz etmektedir. Ekosistem hizmetine yönelik uygulamaların yasa ve yönetmeliklere entegre edilmesi ekonomik istikrarı sağlama, ekolojik dengeyi koruma, sosyal refahı artırma, kültürel mirası muhafaza etme ve toplum sağlığını iyileştirme açısından gereklidir. Sonuç olarak, ekosistem hizmetlerinin korunması birçok pozitif etkisinin yanında iklime de fayda sağlamakta ve sürdürülebilir kalkınma açısından kritik öneme sahip olmaktadır. Bu hizmetlerin artmasını sağlayacak yöntemleri değerlendirerek doğayı koruyan, biyolojik çeşitliliği artıran ve ekolojik dengeyi koruyan politikalar geliştirilebilmekte, böylece dayanıklı bir küresel çevre desteklenirken sürdürülebilir bir gelecek için adımlar atılabilmektedir (Costanza vd. 1998).

Avrupa Komisyonu tarafından sunulan Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal) çevresel sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanmasını hedefleyip yenilenebilir enerjiyi, sürdürülebilir yeşil altyapıyı ve daha yeşil şehirleri geliştirmeye yönelik stratejiler sunmaktadır (Siddi 2020; Eckert ve Kovalevska 2021). 2030 Avrupa Biyoçeşitlilik Stratejisi (European Biodiversity Strategy) Avrupa Yeşil Mutabakatı'ndan doğan ve Avrupa'nın 2030 yılına kadar iklim iyileştirilmesini, biyolojik çeşitliliğin ve insan refahının artırılmasını sağlamak için ekosistem restorasyonunun kapsamlı ve uzun vadeli planıdır (Maes vd. 2016; Mammola vd. 2020). Avrupa Birliği kadar Türkiye'nin de ekosistemleri baskı altındadır ve daha tutarlı ekosistem durumu raporlamalarına ihtiyacı vardır (Kirikkaleli vd. 2021).

Ekosistemlerin mevcut durumunun değerlendirilmesinde, teknolojik gelişmelere de bağlı olarak çoğunlukla coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) yararlanılmaktadır. CBS dünya üzerindeki coğrafi verilerin haritalandırılması ve analiz edilmesi amacıyla kullanılan bilgisayar destekli bir sistemdir (Yomralıoğlu 2005). 1980'lerden itibaren

gerçekleşmekte olan teknolojik ilerlemeler ve Uzaktan Algılama (UA) sistemlerinin gelişmesiyle birlikte CBS'nin kullanım alanları çeşitlenmiş ve yaygınlaşmıştır. Şehir planlama, tarım ve orman yönetimi, kaynak ve afet yönetimi, ulaşım ve lojistik, sağlık, arkeoloji, turizm ve güvenlik ile iklim bilimleri ve ekoloji gibi pek çok disiplinde etkin olarak kullanılabilmeye ve coğrafi verilerin dijital ortamda saklanması, güncellenmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi gibi işlevleri yerine getirebilmeye başlamıştır (Turoğlu 2016). CBS'nin önemi, verilerin işlenmesi ve depolanmasının yanı sıra, bu verilerin yorumlanması ve karar verme süreçlerine katkı sağlamasından kaynaklanmaktadır. Şehir planlama ve arazi kullanımı değerlendirmelerinde, sürdürülebilir kalkınma ve çevre yönetiminde CBS'nin rolü giderek artmaktadır. CBS, kullanıcılarına, karmaşık coğrafi verileri anlamlı bilgilere dönüştürme ve bu bilgileri stratejik kararlar almak için kullanma imkânı sunarak, modern haritacılığın vazgeçilmez bir aracı haline gelmiştir.

Ekosistemlerin ve servislerinin faydalarından daha iyi performans alabilmek için baskı ve durum eğilimlerini belirlemek, haritalama ve değerlendirme için gereklidir. İlerde Türkiye'deki ekosistemler ve hizmetleri hakkında oluşturulacak veri tabanına kaynak teşkil etmesi bakımından da çalışma önem arz etmekte olup çalışmanın Mapping and Assessment of Ecosystem and their Services (MAES) 2020-2030 yılı hedefleri arasında yer alan ekosistem restorasyon gündemine veri temeli sağlaması hedeflenmiştir. Ekosistem servislerinin kapasitesinin belirlenmesi ve haritalanması, kentsel ekosistemlerin restorasyonunda öncelik verilmesi gereken bozulmuş alanların belirlenmesine olanak sağlayacak ve Avrupa Birliği ekosistem değerlendirmesinin sonuçlarını kullanarak çalışma alanı olan Datça ilçesini iklim değişikliğine karşı daha dirençli hale getirecektir. Ayrıca Datça ilçesinde ekosistem servislerinin hesaplanması ve haritalanması üzerine kapsamlı bir çalışma yapılmamış olması bu çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Bu bağlamda Datça bölgesinde ekosistem servislerinin belirlenmesi ile ilgili yapılmış ilk çalışma olması önemini taşımakta olduğundan Türkiye genelinde hassas bölgelerde ekolojik özellikler kapsam alınarak yapılan akademik çalışmalar literatüründe önemli bir yer alacağı öngörülmektedir.

Bu çalışmada, Datça ilçesinin nüfusunun hızlı artışı ve turizm bölgesi olarak gördüğü yoğun ilgiden kaynaklı plansız olarak gelişen AK/AÖ değişikliklerinde telafisi mümkün olmayan durumların önüne geçebilmek adına, çalışma sonucunda elde edilen tahmin sonuçlarının gelecekteki arazi kullanım tercihlerinde karar vericilere fikir vermesi amaçlanmıştır. Datça'nın ekolojik varlıklarının potansiyelinden daha iyi verim alınabilmesi için bilimsel niteliğe sahip bir değişim tespitinin ortaya konulması, düzenleyici ekosistem servisleri bileşenlerinin kapasiteleri artırılarak küresel iklim değişikliği politika ve stratejilerine ayak uydurmak ve Datça'nın, Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamındaki sürdürülebilir yeşil altyapı ve daha yeşil şehirler hedeflerine ulaşması yönünde Türkiye'deki bu tür çalışmaların eksikliğinin giderilmesine katkıda bulunulması beklenmektedir. Bunun yanında, MAES 2030'da belirtilen ekosistem servislerinin değerlendirilmesi ve haritalandırılması kapsamında bölgenin, Türkiye'nin ekolojik özellikleri bakımından hassas olan bölgeleri için bir örnek teşkil edeceği ve ekosistem servislerinin haritalandırıldığı kaynak bir çalışma olacağı öngörülmektedir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1. Arazi Kullanımı / Arazi Örtüsü

AK/AÖ değişimi, bir arazinin ekolojik özelliklerini, toprağını, bitki örtüsünü ve topoğrafyasını kapsayan doğal ve insan yapımı niteliklerinin dönüştürülmesine veya değiştirilmesine atıfta bulunan bir ifadedir. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü arazinin iki tür özelliği olup, arazi örtüsü; toprak, bitki örtüsü, buzul, su kütleleri ve yeraltı suyu gibi topografik unsurları içerir ve Paleozoik Çağ'dan beri arazinin şekillenen doğal halidir. Arazi kullanımı, ormancılık, tarım, madencilik ve kentleşme gibi arazi üzerindeki insan eylemleriyle ilgiliyken, arazi örtüsü, kentsel alanlar, otlaklar, ormanlar ve sulak alanlar gibi arazinin fiziksel ve biyolojik özellikleriyle ilgilidir (Lambin vd. 2001).

Kentleşme süreçleri, önemli ekolojik etkilere neden olabilmektedir. Örneğin, 1989 ile 2019 yılları arasında Bangladeş'in Rajshahi bölgesinde yapılan bir çalışma, arazi örtüsü ve kullanımındaki değişikliklerin su kaynakları üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Kafy vd. (2021) çalışması ydu görüntüleriyle yapılan mekânsal-zamansal analizler, yerleşim alanları ve altyapıdaki artışların, otuz yıl içinde su kaynaklarında %8 oranında bir azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Araştırma, etkili bir bütünleşik su kaynakları yönetimi planı geliştirmek için yapılan temel bilgi sağlayıcı görüşmelerini de kapsamaktadır. Bu plan, mevcut su kaynaklarını koruma, bitki çeşitliliğini artırma ve sıcak hava dalgalarının etkilerini azaltma stratejilerini içermekte, böylece bölgesel ekolojik ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Bozkurt vd. (2023) tarafından yürütülen ve İstanbul'un 1990 ile 2018 yıllarını kapsayan bir başka çalışmada ise, kentleşmenin ormanlar ve yarı-doğal ekosistemler üzerindeki etkilerini incelenmiş ve arazi kullanımı ile arazi örtüsündeki değişikliklerini analiz etmiştir. Coordination of Information on the Environment (CORINE) arazi örtüsü veri setini kullanarak yapılan analizler, özellikle doğu-batı yönünde yoğunlaşan kentsel genişlemenin tarım arazilerinde %3,02, orman alanlarında ise %6,66 oranında azalmaya yol açtığını; buna karşılık kentsel alanların %9,69 oranında arttığını ortaya koymuştur. Araştırma, bu trendin 2030 yılına kadar süreceğini tahmin etmiştir. Ayrıca araştırmaya göre bu değişimlere neden olan başlıca etmenler arasında yerel yönetim politikaları, nüfus artışı ve ekonomik kalkınma çabaları yer almaktadır. Çalışma, kentsel planlamada sürdürülebilir ve doğa temelli yöntemlerin benimsenmesinin, doğal alanların korunması ve doğal yapıların kentleşmesinin önlenmesi açısından büyük önem taşıdığını vurgulamaktadır.

AK/AÖ değişikliğine bir dizi doğal ve beşerî faktör neden olmaktadır. Doğal faktörler, arazi örtüsünü ve kullanımını değiştirebilecek iklim değişikliği, volkanik faaliyetler, depremler, seller, heyelanlar, kasırgalar gibi doğal afetleri içerir. Bununla birlikte, AK/AÖ değişikliğinin çoğu, genellikle kentleşme, tarım, ormancılık ve altyapı gelişimi ile ilişkilendirilen insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. İklim değişikliği ve AK/AÖ değişikliği hem birbirlerini etkileyebilecekleri hem de ekosistemler ve insan toplulukları üzerinde önemli etkileri olabileceği için birbiriyle yakından ilişkilidir. İklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık ve yağış modellerindeki bozulmalar, bitki örtüsü ve toprak nemi gibi çevresel unsurları değiştirerek AK/AÖ değişimini etkileyebilir. Yine iklim değişikliği kaynaklı olabilecek kuraklık ve orman yangınları gibi afet durumları, ormanların ve diğer doğal ekosistemlerin tarım veya kentleşme gibi diğer arazi kullanımlarına dönüşmesini hızlandırabilir. Bu bağlamda, Näschen vd. (2019) tarafından

Tanzanya'daki bir tropikal havzada yapılan araştırma, arazi kullanımı ve örtüsü değişikliklerinin su kaynakları üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Çalışma, tarımsal genişlemenin su varlığına etkilerini vurgulamakta ve Arazi Değişim Modelleyicisi (The Land Change Modeler) ile Toprak ve Su Değerlendirme Aracını (Soil and Water Assessment Tool) kullanarak 2030'a kadar arazi kullanımını tahmin etmekte ve çeşitli senaryolar altında su dengelerini simüle etmektedir. Sonuçlar, arazi örtüsü değişikliği ile iklim değişikliği etkileri birleştirildiğinde, düşük akıslarda %6-8 azalma ve yüksek akıslarda %84'e varan artışlar göstermektedir. Çalışma hem arazi kullanımı değişikliklerinin hem de iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki önemli etkisini vurgulayarak, bu değişikliklere yönelik sürdürülebilir yönetim uygulamalarının gerekliliğine dikkat çekmektedir.

Bunun yanında, iklim değişikliği kaynaklı deniz seviyesindeki yükselme, sulak alanlar gibi kıyı ekosistemlerinin yok olmasına neden olabilir. AK/AÖ değişikliğinin sonuçları, iklimin düzenlenmesi, karbon tutulması, toprak ve suyun korunması ve biyoçeşitlilik gibi ekosistemlerin sunduğu faydalar ve hizmetler açısından dikkate değer olabilir. AK/AÖ değişikliği, ekosistemlerin yüzey yansımaları, evapotranspirasyon oranlarını ve karbon depolama kapasitesini değiştirerek iklim değişikliği üzerinde yol oynayabilir. Örneğin, ormanların ekim alanlarına dönüştürülmesi buharlaşmanın azalmasına ve yüzey sıcaklıklarının artmasına neden olur. Bu değişimler, orman örtüsünün azalması ve yerine farklı arazi kullanımlarının gelmesi ile enerji dengelerinde ve yerel iklim koşullarında önemli değişiklikler yaratmaktadır. Bu bağlamda, Tasser vd. (2017) tarafından Avusturya'nın Tyrol bölgesindeki Stubai Vadisi'nde yapılan bir araştırma, "İklim Değişikliği mi Yoksa Arazi Kullanımı Değişikliği mi—Dağ peyzajlarını Ne Daha Fazla Etkiliyor?" başlığı altında, arazi kullanımı ve iklim değişikliklerinin Orta Alpin peyzajı üzerindeki etkilerini incelenmiştir. Araştırma, tarihsel desenlerin ve potansiyel gelecek AK değişikliklerinin değerlendirilmesine odaklanmıştır ve artan sıcaklıkların bu dağılımlar üzerindeki etkilerini ele almıştır. Bu etkiler, dağ peyzajındaki dönüşümlerin ana nedeni olarak belirlenmiş ve önümüzdeki 300 yıl içinde daha fazla değişimin beklendiği ortaya konmuştur. Çalışma, sadece tam arazi terk edilmesi veya 5°C'lik önemli bir sıcaklık artışı gibi aşırı senaryoların, özellikle yaprak döken ormanların genişlemesi ve alpin çayırlar ile buzulların azalması gibi etkiler yaratabileceğinden söz etmektedir. Sonuçlar, AÖ değişikliklerinin, Alpin peyzajı üzerinde iklim değişiklikleri kadar önemli etkilere sahip olabileceğini göstermektedir. Bu örnek, arazi kullanımı ve iklim değişikliklerinin birleştiğinde nasıl kompleks etkilere yol açabileceğini ve özellikle dağlık bölgelerde bu etkilerin nasıl daha belirgin olabileceğini vurgulamaktadır.

Özellikle AK/AÖ değişikliklerinden kentsel arazi kullanımının artması olan kentleşme, yüzey enerji dengesini değiştirebilir ve kentsel ısı adası etkisi olarak bilinen yüzey sıcaklıklarının artmasına neden olabilir. Bu, soğutma için artan enerji tüketimine, düşük hava kalitesine ve artan sera gazı emisyonlarına neden olabilir. Ek olarak, kentleşme, bitki örtüsü miktarını ve geçirimli yüzeyleri azaltırken beraberinde karbon tutulmasını azaltarak yerel ve bölgesel iklim değişikliklerine yol açabilir. Sulak alanların dönüştürülmesi, suyu arıtma yeteneklerini azaltabilir ve bu da daha yüksek su kirliliği seviyelerine yol açabilir. Kentleşme, artan araç emisyonları, endüstriyel faaliyetler ve atık bertarafı nedeniyle artan hava ve su kirliliğine yol açabilir. Ayrıca AK/AÖ değiştirilmesi, sel, toprak kayması ve erozyon gibi doğal afetlerin yönetimini de etkileyebilir. Bunun

nedeni, AK/AÖ değişikliğinde, özellikle kentleşmede, toprakları stabilize edebilen ve heyelan riskini azaltabilen bitki örtüsünün azalması ve beton ve asfalt gibi geçirimsiz yüzeylerin suyun toprağa sızmasını önleyerek yüzey akışının ve toprak erozyonunun artmasına neden olmaktadır. Genel olarak, AK/AÖ değişikliğinin etkileri karmaşık ve çok yönlüdür ve ekosistemlerin ve insan topluluklarının sürdürülebilirliği için önemli etkileri olabilir. AK/AÖ değişikliğinin ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini anlamak, ekosistemlerin insan topluluklarına sağladığı faydaları sürdürmek ve artırmak için etkili yönetim stratejileri geliştirmek için gereklidir.

## 2.2. Ekosistem Servisleri

Ekosistem servisleri, insan refahı için hayati öneme sahiptir ve 2006 Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi'ne (Millennium Ecosystem Assessment) göre, ekosistem servisleri insanların ekosistemlerden sağladığı faydalardır. Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi, destekleme, tedarik, düzenleme ve kültürel olmak üzere dört ekosistem servisi kategorisi tanımlamıştır (Assessment Millennium Ecosystem 2005). Ekosistem servisleri, ekosistemlerin içindeki canlı türlerin ortaya çıkardığı ekolojik süreçlerin, insanlara ve diğer tüm canlılara sağladığı faydaların bütünü tanımlamak için de kullanılabilir (Costanza vd. 1998).

Tedarik servisleri gıda, su, hammaddeler ve tıbbi kaynakların ekosistem faaliyetleri tarafından elde edilmesi ve kullanılmasını içermektedir. Kentsel ve kırsal alanlar için tedarik servislerinin farklı ve çok çeşitli getirilerinden bahsedilmesi mümkündür. Bartolini ve Vergamini (2023), kırsal peyzajlardaki ekosistem servis dengesini ve biyolojik çeşitliliğin korunmasıyla sağlanan ekosistem-insan sinerjilerini, tedarik servislerin dengeleyici rolü üstünden vurgulamaktadır. Yeşil alanları ilgilendiren yasalar ve idari uygulamalar, kereste gibi hammaddelerin daha sürdürülebilir temini için kritiktir (Caicoya vd. 2023) ve bu alanların sağladıkları biyolojik çeşitlilik de tıbbi kaynaklar için de hayati öneme sahiptir. Sulaiman vd. (2020), çalışmada Pakistan'ın Gokand Vadisi'nde yapılan nicel etnobotanik araştırma, çeşitli hastalıkların tedavisi için 64 aileye ait 109 tıbbi bitki türünün geleneksel kullanımını belgeleyerek bu tür kullanımların ne kadar çeşitlilik gösterebileceğini ve arkasında kültürel bir bağlamın da olabileceğini vurgulamaktadır. Kültürel ekosistem servisleri, rekreasyon, estetik, maneviyat ve eğitim gibi maddi olmayan faydalar sağlamaktadır. Ekoturizm gibi ekonomik ve kültürel faydalar da yaratmaktadır (Hunt vd. 2015). Estetik değerleri olan alanlar, peyzaj korumasında ve sürdürülebilirliğin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Howley 2011). Destekleyici servisler, besin döngüsü, toprak oluşumu, birincil üretim ve habitat sağlama gibi hizmetleri içermektedir. Besin döngüsü, ekosistem verimliliği için temel bir unsurdur (Barrett vd. 2016) ve toprak organik maddesine temelden bağlıdır. Sıcak iklimlerde toprağın kalitesi, ürün verimliliği için hayati öneme sahiptir (Lal 2004).

Düzenleyici servisler, iklim düzenlemesi, su düzenlemesi, tozlaşma ve hastalık kontrolü gibi önemli konuları içermektedir. Bu servislerin iklim bağlamında en önemli çıktılarında birisi karbon emisyonlarının azaltılması ve karbon tutumunun artırılmasıdır. Emisyonları etkili bir şekilde azaltmak için bağlama özgü, esnek ve sürdürülebilir azaltım önlemleri uygulanmalı ve bunlar ulusal ve uluslararası politikalarla desteklenmelidir; böylece çevresel istikrar sağlanabilir ve insan sağlığı korunur (Bustamante vd. 2014). Harris ve Gibbs (2021), bu çevresel istikrarın sağlanması sürecinde kritik rolü olan

karbon tutumu yoluyla iklim değişikliğinin nasıl hafifleyebileceğini incelemiş, ormanlar ve sulak alanların bu süreçteki önemli rolünü "karbon yutağı" kavramı üzerinden vurgulamıştır. Ormanlar karbon yutakları olarak işlev görmekte ve atmosferden karbondioksiti emmektedir. Sulak alanlar su döngülerini düzenleyerek sel risklerini azaltmakta ve suyu temizlemektedir; fotosentez süreci yoluyla da önemli miktarda karbondioksiti biyokütleyle dönüştürerek iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmektedir. Bu araştırmalar, ormanların biyolojik süreçleri sonucunda ürettikleri karbondioksitin, ortalamada yaklaşık iki katını atmosferden bağladıklarını göstererek, iklim değişikliği ile mücadeledeki kritik rollerini doğrulamıştır. Ormanlar, özellikle küresel iklimin düzenlenmesinde önemlidir (Çakır ve Gül 2022). Daha sıcak ve tropikal bölgelerde, ormanlar büyük miktarda karbon depolamakta ve evapotranspirasyon ve albedo etkisi gibi süreçlerle bölgesel hava modellerini etkilemektedir. Kuraklık riski de bulunan bu bölgelerdeki ormansızlaşma, önemli derecede küresel ısınmaya ve hidrolojik döngülerin bozulmasına yol açabilmektedir (Artaxo vd. 2022).

Hidrolojik döngülerin önemli unsurlarından olan sulak alanlar su döngüsünün düzenlenmesi ve sel riskinin azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Fazla yağışın emilip bekletilmesi ve yavaş yavaş geri salınmasını sağlayarak sellerin önlenmesine yardımcı olmaktadır. Sulak alanlar ayrıca suyu filtreleyerek su kalitesini iyileştirmektedir (World Economic Forum 2021). Farklı ekosistem servisleri, içinde buldukları koşullardan farklı şekilde etkilenebileceğinden, değişen iklim koşulları altında ekosistemlerin hassas dengesinin değerlendirilmesi, sürdürülebilirlik hedefleri açısından önem kazanmaktadır. Berkowitz vd. (2020) ormanlık sulak alanların doyumluk dinamiklerini incelemiş ve yağışın sulak alan hidrolojisini etkileyen temel faktör olduğunu belirtmiştir. Bu araştırma, bölgesel hidrolojik döngülerdeki değişikliklere rağmen, sulak alanların önemli ölçüde dayanıklılık gösterdiğini, genellikle hem biyolojik çeşitlilik hem de insan toplulukları için hayati önem taşıyan su depolama ve filtreleme gibi kritik işlevlerini sürdürdüklerini ortaya koymaktadır. Kentsel alanlardaki yeşil altyapının insan yaşamına katkılarının giderek daha fazla araştırıldığı günümüzde, ekosistem servislerinin insan kaynaklı kentsel kirlilik ile mücadele aracı olarak nasıl kullanılabilirdiği daha iyi anlaşılmalı çalışılmaktadır (Selim ve Demir 2019). Hirabayashi (2021)'nin çalışmasında hem yoğun nüfuslu kentsel alanların hem de daha az nüfuslu banliyö alanlarının önemli rol oynadığı Tokyo'nun kentsel ormanlarının hava kirliliğinin giderilmesindeki önemli katkısı ölçülmüştür. Kirlilikle mücadele etmek ve halk sağlığını geliştirmek için kentsel planlamada stratejik bir unsur olarak yeşil alanlara olan ihtiyacın altı çizilmiştir.

Düzenleyici ekosistem servisleri yoluyla karbon tutumunun artırılması, toprak kalitesini de artırmakta ve genel sürdürülebilirliği destekleyen çok yönlü bir ekolojik denge sağlamaktadır. Hindistan'da Lal (2004) tarafından yapılan bir çalışma, toprak işlemez tarım, bitki artığı malçlama ve baklagil rotasyonları gibi yollarla toprak organik karbonunu artırmanın, tarımsal girdilerin ve biyokütlenin verimliliğini artırdığını, ve toprak bozulmasını tersine çevirdiğini göstermiştir. Ayrıca, bu uygulamalar fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan net emisyonları azaltmakta, karbon tutmayı artırarak iklim değişikliğini hafifletmekte ve su kalitesini iyileştirmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, çevresel ve tarımsal açıdan önemli faydalar sunarak sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmektedir.

Ekosistem servisleri iklim düzenlemesi, su filtreleme ve besin döngüsü dahil olmak üzere ekosistemin özelliklerine bağlı olarak miktarı ve önemi değişen, biyolojik çeşitliliği destekleyen ve kaynak üretimine yardımcı olan geniş bir işlev yelpazesini kapsarlar. Chen vd. (2020) çalışmalarında, Tibet Platosu'ndaki dağlık çayırların ısınma eğilimlerinin karbon ve nitrojen döngülerini önemli ölçüde etkilediğini, bitki biyokütlesini ve toprak solunumunu artırdığını belirtmiştir. Ancak ilginç bir şekilde bu durum, genel toprak karbon ve nitrojen stoklarında değişikliklere dönüşmemiştir; bu da ısınma ile bu hayati ekosistem süreçleri arasında ilk bakışta düşünülen karmaşık bir etkileşim olabileceğini ortaya koymaktadır. Isınma yalnızca bitki büyümesi parametrelerini değiştirmekle kalmayıp aynı zamanda toprak nemini de etkileyerek bu yüksek rakımlı ekosistemler gibi daha özel olarak değerlendirilebilecek doğal alanlarda da ekosistem servislerinin birbirine bağlı değişimlerdeki karmaşıklığı ortaya koymaktadır.

Ekosistemin işlevleri ile insan refahı arasındaki bu sinerji, Porto Riko'da mide-bağırsak hastalıklarının ortaya çıkmasını aşırı hava olayları ve sel koruma servisleri arasındaki etkileşime bağlayan Crespo vd. (2019)'nun çalışmasında özellikle belirgindir. Çalışma, karstik toprakların sunduğu doğal savunmaların sel etkilerini azaltmada nasıl temel hizmetler sağladığını göstermektedir. Ancak kentsel genişlemenin sele eğilimli alanlara taşması durumunda bu servislerin etkinliği tehlikeye girebilmekte ve doğanın bu gibi afetten koruma yeteneğini koruyan bilinçli kentsel gelişim stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırma tarım alanlarını da kapsayacak şekilde genişletildiğinde ürün çeşitlendirme stratejilerinin yalnızca üretimi ve biyolojik çeşitliliği değil aynı zamanda su kalitesi ve toprak bütünlüğü de dahil olmak üzere daha geniş ekosistem işlevlerini nasıl geliştirdiği görülebilecektir. Özellikle tarımsal ormancılığın, kentsel alanlarda ve diğer daha küçük yerleşkelerde birçok fayda sağlayan kapsamlı bir yaklaşım olarak öne çıktığı görülebilir (Beillouin vd. 2021). Bu tür bulgular, ekosistem servis sunumunu optimize etmek amacıyla çeşitli mahsul sistemlerinin tarımsal uygulamalara entegre edilmesi için güçlü bir örnek oluşturmaktadır. Bitkisel altyapı ve sulak alan tabanlı ekosistem servislerinden en küçük müttefiklere geçiş yapan Dangles (2019), çalışmasında böceklerin ekosistemleri desteklemede oynadığı büyük rolü vurgulamıştır. Böceklerin, özellikle tarım ve hayvancılık için sıklıkla zararlılar kategorisine konulmalarının ötesine geçen bu çalışma, omurgasızların sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında kilit oyuncular olarak tanınmasının ve kullanılmasının mümkün olduğuna dair önemli bir kaynaktır. Böcek odaklı araştırma ve geliştirmeyi teşvik ederek, küresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu bir dizi ekosistem servisinin kilidi açılabilir.

Buna paralel olarak kentsel yeşil alanlarda ekosistem içerisindeki tüm canlıların bu karışık bağı, Langemeyer vd. (2021)'in araştırmasına da yansıyor. Araştırmada kentsel tarımın özellikle arı popülasyonlarını destekleme açısından biyolojik çeşitliliği koruma potansiyeli vurgulanmıştır. Kent ekosistemlerinin vazgeçilmez tozlayıcıları olan arılar, *Apidae*, *Megachilidae* gibi büyük familyaların altındaki binlerce tür, özelliklerine göre kentsel koşullara ve bu koşullarda yaşanabilecek değişimlere farklı tepkiler gösterirler. Bulgular, geçirimsiz yüzeyleri azaltan ve çiçek kaynaklarını artıran, böylece kentsel tarım ve biyolojik çeşitlilik için kritik olan tozlaşma servislerini artıran kentsel tasarımların öne çıkmasının önemini destekler niteliktedir.

Kentsel ekosistemler, kentsel ısı adası etkisini hafifleterek (Şimşek vd. 2022), yağmur suyu yönetimini sağlayarak ve hava kalitesini iyileştirerek önemli düzenleyici

hizmetler de sağlamaktadır. Şehirlerdeki yeşil altyapılar ve sulak alanlar fazla yağışı emmekte, sel risklerini azaltmakta ve yerel iklim direncini önemli ölçüde artırmaktadır (Pandey ve Ghosh 2023). Bu servislerin ekonomik açıdan değerlendirilmesi, karar alma süreçlerine bu altyapıların dahil edilmelerinin önemini vurgulamaktadır. Pek çok çalışmanın dahil edildiği bir meta-analiz, düzenleyici servislerin sağladığı önemli ekonomik faydaları gösterirken, bu hizmetlerin politika çerçevelerinde genellikle yeterince değerlendirilmediğini ortaya koymuştur (Balasubramanian 2019). Etkili yönetim ve koruma stratejileri, bu servisleri artırarak hem ekolojik hem de ekonomik faydalar sunacaktır.

Karbon emisyonlarını azaltma çabaları, Negatif Emisyon Teknolojileri (NET'ler) gibi yeni stratejik yöntemlerin kullanımını içermektedir. Bu teknolojiler, azaltma çabalarında etkili olduğu raporlanmış önemli araçlardır, ancak arazi için rekabetin artışı, yüksek miktarda su kullanımı, besin gereksinimleri ve albedo değişiklikleri nedeniyle sorunlara da sebep olabilmektedir (Smith vd. 2016). Bu durum, ekosistem servislerinin korunması ile karbon emisyonlarının dengelenmesi gibi kapsamlı sorunların ele alınmasında stratejik planlamanın ve detaycı çalışmalar yapılmasının önemini vurgulamaktadır.

Şehirler genişledikçe ve sürdürülebilir uygulamalara olan ihtiyaç her zamankinden daha kritik hale geldikçe, kentsel gelişim ile ekosistem hizmetleri arasındaki etkileşim, çağdaş çevre yönetimi için önemli bir kaygı haline gelmektedir (Ardahanlıoğlu vd. 2020). IDES Projesi'nin geniş Tuna Nehri havzasındaki taşkın yatağı yönetimine yönelik yenilikçi yaklaşımı bu etkileşimi özetlemektedir. Stäps vd. (2022) aracılığıyla geliştirilen IDES Kılavuzu, 26 ekosistem hizmetini değerlendirerek nehir taşkın yatağı sistemlerine bütünsel bir bakış sağlamak ve doğaya dayalı çözümleri sürdürülebilir kalkınmanın ön saflarında konumlandırmaktadır. Besin yükünün azaltılmasından sel riskinin azaltılmasına kadar uzanan bu çözümler, su kalitesi ve iklim adaptasyonunun büyük önem taşıdığı bir çağda hayati öneme sahiptir. Üstelik, IDES Aracının geliştirilmesinin işbirlikçi doğası, çevre yönetiminde büyüyen bir eğilimi yansıtıyor: Yerel paydaşların karar alma süreçlerine katılımı; bu, girişimlerin hem pratik olmasını hem de topluluk düzeyinde iyi karşılanmasını sağlamak için çok önemlidir. O'Riordan vd. (2021), kentsel ortamların rolünü genişletmekte ve kentsel toprakların sıklıkla gözden kaçırılan önemini vurgulamaktadır. Kentsel toprakların destekleyici ve düzenleyici servisleri sıklıkla incelenirken, kültürel ve tedarik servislerine yönelik kapasitesi daha az araştırılmaktadır. Bu boşluk, kentsel planlamada disiplinler arası yaklaşımlara duyulan ihtiyaçla uyumlu olarak, rekreasyon alanları ve gıda üretimi de dahil olmak üzere çoklu faydalar için kentsel toprakların anlaşılması ve yönetilmesine yönelik araştırma fırsatlarının genişliğine işaret etmektedir.

Kentsel yaban hayatının ekonomik ve ekolojik değeri, Aguiar vd. (2021)'in Brezilya'nın kentsel ortamlarındaki böcek yiyen yarasalar üzerine yaptığı çalışmayla daha da genişletilmiştir. Yarasalar tarımsal zararlıları avlayarak haşere kontrolüne önemli ölçüde katkıda bulunmakta ve önemli ekonomik faydalar sağlamaktadırlar ve pek takdir görmeyen bir ekosistem hizmetini sergilemektedirler. Çalışma yarasaların bu katkılarını ölçerek kentsel biyoçeşitliliğin değerli bir varlık olduğu algısını güçlendirmektedir. Ancak kapsamlı bir tarama ile doğru hipotezler ortaya konulabilmesi için, kentsel ekosistem etmenlerinin potansiyel negatif etkilerinin de literatürde bulunduğu yerin tartışılması gerekmektedir. Kentsel yeşil alanların etkilerinin halk sağlığı sorunlarına

kadar uzanabilmekte olduğu gösterilmiştir. Ferrante vd. (2020)'nin incelemesi, konutlardaki yeşil alanlar ile çocuklar ve ergenler arasında alerjik solunum yolu hastalıklarının yaygınlığı arasındaki karmaşık ilişkiye ışık tutmaktadır. Her ne kadar çalışmada alınan sonuçlardan net bağlantıların çıkarımını yapmak tam olarak mümkün olmasa da yeşil alanların ekolojik faydalarının yanı sıra sağlık üzerindeki etkilerini de dikkate almanın kentsel planlama stratejileri ve kural koyma mekanizmalarının doğru işletilmesi için gerekli olduğu sonucuna varılabilir. Bu bağlamda, Nowak ve Ogren (2021) tarafından kentsel ağaç polenlerinin alerjenik potansiyelleri üzerine yapılmış bir çalışmada, ekosistem servisleri ile halk sağlığı arasında denge kurma ihtiyacı ele alınmıştır. Alerjenik potansiyelin farklı kentsel arazi kullanım durumlarında değişkenlik gösteriyor olması, alerji risklerini azaltmak için stratejik ağaç türü seçiminin doğru yapılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır. Çalışma, kentsel yeşil alanların sağlık yararlarını optimize etmek için ekolojik değerini yanı sıra yerel alerjenite gibi insan sağlığına gelebilecek negatif etkileri de dikkatlice dikkate alması gereken bir kentsel ormancılık yaklaşımının gerekliliğini göstermektedir.

Bir bütün olarak değerlendirildiğinde bu zengin literatür hem kentsel alanlar özelinde hem de diğer çeşitli ekosistemler bağlamında ekosistem servislerinin çok yönlü bütüncül konularını vurgulayan, kentsel altyapının geliştirilmesi ve insan refahı ile çevresel sürdürülebilirlik ve onu var eden en önemli faktörlerden olan ekosistem servislerinin güçlü varlığı arasındaki karmaşık dengeyi vurgulayan bir yapıyı oluşturmaktadır. Kentsel genişleme ve biyolojik çeşitliliğin korunmasının yarattığı zorluklar ele alınırken, ekosistem servislerinden tam anlamıyla yararlanabilmek için gereken yenilikçi yöntemler ve disiplinler arası çabalar gösterilmiştir. Bu konudaki karmaşık bağlantıları anlamak, doğanın sunduğu hassas dengenin Dünya'daki yaşamı desteklemeye devam etmesini sağlamak için politika oluşturma ve koruma çabaları açısından çok önemlidir.

### 2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri

CBS, coğrafi verilere dayanarak dünya üzerindeki çeşitli verileri haritalandırmak ve analiz etmek için kullanılan bilgisayar destekli bir sistemdir (Yomralıoğlu 2005). Turoğlu (2016), CBS'yi, özel bir yazılım yardımıyla coğrafi verilerin bilgisayar ortamında saklandığı, güncellendiği, analiz edildiği ve yeni verilere erişim sağlandığı, kartografik görüntüleme imkânı sunan bir bilgi sistemi metodolojisi olarak açıklamıştır. 1980'lerden sonra ABD'deki kurumlar ile dünyadaki devlet, şirket ve organizasyonların CBS'yi daha yaygın kullanmaya başladığı görülmektedir. Bunda, 1970'lerin sonlarına doğru Landsat gibi uyduların kullanıma girmesiyle elde edilen verilerin askeri amaçların ötesinde, genel halkın kullanımına da açılmış olması sebep gösterilebilir. 1980'lerde bilgisayar teknolojilerindeki hızlı ilerleme, CBS yazılımlarının çoğalmasına yol açmıştır. 1990'lardan itibaren ise uzaktan algılama teknolojisinin gelişmesi, CBS'nin kullanım alanlarını daha da çeşitlendirmiştir. 2000'lerin başından itibaren teknolojinin hızla ilerlemesiyle birlikte CBS, kendini sürekli yenileyen ve geliştiren bir yapıya bürünmüş, 2010'lardan günümüze kadar pek çok disiplin içerisinde vazgeçilmez bir rol oynamıştır (Turoğlu 2016).

CBS, doğal çevre, zaman ve insan gibi konuları içeren ve tüm bilim dalları ile meslek gruplarının kullanımına açık olan bir teknolojidir. Bugün CBS, geniş bir kullanım alanına sahiptir ve bu özellikleri, çeşitli kurumların ihtiyaçlarına yönelik farklı amaçlarla

kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Eğitim, mühendislik, belediyeçilik, turizmden, afet yönetimi gibi pek çok endüstri ve disiplinin ana kaynak olarak CBS'yi kullanabilmesinde CBS'nin yalnızca bir veri işleme ve depolama yöntemi değil, aynı zamanda verileri yorumlama ve onları çıkarımlar yapma ve politikalar geliştirme kabiliyetine sahip bir sistem olması olduğu söylenebilir (Ian 2010). Şehir planlama ve dönüşüm çalışmaları yapılırken ve politikacıların karar verme mekanizmalarını işletirken arazi planlaması süreçlerinde CBS'den faydalanmanın artış gösterdiği görülmektedir (Dawwas 2014).

Son çalışmalarda CBS teknolojilerinin uygulanması, ekolojik alanların korunması ve ekonomik olarak değerlendirilmesi konusunda önemli bilgiler sağlamıştır. Piedelobo vd. (2019), İtalyan Po Nehri havzasının nehir kıyısındaki bölgelerindeki Yeşil Altyapıyı (GI) değerlendirmek için CBS tabanlı UA tekniklerinden yararlanmıştır. Çalışma, biyolojik çeşitliliğin artırılması, su kalitesinin iyileştirilmesi ve sel veya kuraklık riskinin azaltılması gibi düzenleyici ekosistem servisleri sağlamak amacıyla coğrafi işaretlerin potansiyelini değerlendirmek için Avrupa Çevre Ajansı göstergelerini kullanmıştır. Çalışma, piksel tabanlı bir model geliştirerek, bu önemli hizmetleri sunma yeteneklerine göre koruma veya restorasyon alanlarına öncelik verebilmiştir. Bu yaklaşım, ekosistem işlevlerini korumayı ve geliştirmeyi amaçlayan bilinçli karar almayı kolaylaştırarak, çevre yönetiminde uzaktan algılamanın faydasını vurgulamaktadır.

Benzer şekilde Andabily vd. (2023), kuzeybatı İran'daki Kara Gheshlagh sulak alanına mekansal modelleme araçları uygulayarak ekosistem hizmetlerinin, özellikle de su ürünleri yetiştiriciliğinin ekonomik değerini ortaya koymaktadır. Araştırmacılar çalışmalarında sulak alandaki çeşitli arazi kullanımlarını analiz etmek için Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST®), Expert Choice ve ARC GIS gibi araçlar kullanmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliğine odaklanarak, sulak alanın önemli bir kısmının tarım ve tuzlu alanlar için kullanıldığını, su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinin balık üretimi ve potansiyel gelire göre ekonomik olarak değerlendirildiğini vurgulamışlardır. Bu araştırma, sulak alanın ekosistem hizmetleri aracılığıyla sürdürülebilir kalkınmayı destekleme kapasitesini aydınlatmış ve ekolojik bütünlüğü korurken ekonomik faydalardan yararlanmaya yönelik bir plan sağlamıştır.

Bu tüm çalışmalar CBS ve uzaktan algılama teknolojilerinin ekosistem servis değerlendirmesine entegrasyonunu örnekendirerek bunların çevre koruma ve ekonomik planlamadaki kritik rollerini ortaya koymaktadır. Kural koyucuların ve çevre yöneticilerinin bu tür araçları kullanarak sürdürülebilir arazi kullanımı ve ekosistem servisi optimizasyonuna yönelik stratejileri geliştirirken daha objektif kriterler kullanabilmesinin önü açılabilir.

#### **2.4. InVEST**

CBS ile birlikte kullanılacak "plug-in", "add-on" gibi yardımcı program tipleri olduğu gibi, "standalone" denilen kendi başına çalışabilen ve inceleme, analiz, istatistik gibi CBS'nin alt fonksiyonlarında özelleşmiş yazılımlar da günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır.

İtalya Torino'daki Le Vallere Parkı'nın yağmur suyunun nasıl yönetebileceğini ve değişen iklim senaryoları altında ekolojik işlevlerini nasıl geliştirebileceğini analiz etmek için ücretsiz ve açık kaynaklı i-Tree yazılımının kullanılması buna örnek olarak

gösterilebilir (Busca ve Revelli 2022). Stanford Üniversitesi'nin Natural Capital Project (2005) adlı çalışmasına bağlı InVEST® yazılımı da bu programlardan birisidir. InVEST, doğadan gelen ve insan yaşamını sürdüren ve yerine getiren ürün ve hizmetlerin haritasını çıkarmak ve bunları sayısal değerlendirmeler yapmak amacıyla kullanılabilen ücretsiz ve açık kaynaklı bir program paketidir. Ekosistemler, uygun şekilde yönetildikleri takdirde, gıda üretimi, su arıtma gibi yaşam destek süreçleri ve rekreasyon gibi yaşam kalitesi ile ilgili avantajlar ve gelecekte kullanılmak üzere genetik çeşitlilik gibi çok fazla konuda çok ciddi fırsat ve avantajlar sağlarlar (Natural Capital Project 2010). Bu fırsat ve avantajların sayısal değerlendirmeler ile analiz edilebilmesini sağlamayı amaçlayan InVEST'in, Çin hükümetinin koruma alanı olarak tanımlı bölgelerini genişletmek için başlattığı girişimde kullanıldığı bildirilmiştir (Dolan 2010). Bu özellikle kentsel alanlarda arazi kullanımı değerlendirmesi yaparken altyapı, yeşil alanlar, rekreasyon alanları, mesken ve şehir ihtiyaçlarının doğru değerlendirilmesi ve ekosistem servisleri bağlamında ele alınarak daha stratejik planlar ve değişiklikler yapılması için önemli olmaktadır.

Kentsel gelişim ve ekosistem servisleri alanında InVEST gibi daha özelleşmiş yazılımların kullanılıyor olmasının önemi pek çok çalışma ile gösterilmiştir. Örneğin Sadat vd. (2020) çalışmasında, kontrolsüz kentsel genişlemenin İran'ın Hyrcanian ormanlarındaki karbon depolaması üzerindeki sonuçlarını tahmin etmek için InVEST yazılımı kullanılmıştır. Bulgular, ormansızlaşma ve kentsel yayılma nedeniyle karbon depolama yeteneklerinde dramatik bir azalma olduğunu öne sürmüştür ve bu etkileri hafifletmek için ekosistem hizmetlerini kentsel planlamaya dahil eden politikalara acil ihtiyaç olduğu görülmüştür. Dikkatli kentsel politikaya yönelik bu ihtiyaç, Abruzzo bölgesinin kıyı şeridi boyunca arazi kullanımı değişikliklerinin etkisini değerlendirmek için InVEST modellerini uygulayan Zullo vd. (2022) araştırmasında da yansıtılmaktadır. Çalışma, doğal arazi kullanımlarından yapay arazi kullanımlarına geçişin sadece yüzey akışını %10 artırmakla kalmayıp aynı zamanda karbon tutumunda önemli ekonomik kayıplara neden olduğunu göstermiş ve bölgesel planlama stratejilerinde ekosistem hizmeti hususlarının önemini vurgulamıştır. Bu çalışmalar, sürdürülebilir kalkınma için kentsel peyzajların analiz edilmesi, planlanması ve yönetilmesinde gelişmiş yazılım araçlarının ne kadar kritik olduğunu göstermektedir. Sağlanan bilgiler, hızla kentleşen ortamlarda ekolojik istikrarı teşvik eden ve insan refahını artıran stratejik kararların alınmasına yardımcı olmaktadır.

Karbon dengesinin korunması bağlamında iş yükünün çoğunluğunun her dem yeşil çok yıllık bitkiler ile antropojenik karbon emisyonunun üstünde olmasına karşın, hiçbir kaynağın göz ardı edilmemesi gerekliliği de pek çok çalışma ile gösterilmiştir (González-García vd. 2022). Daha hafif ve seyrek bitki örtüsü olan tuz bataklıkları biyomları bile atmosferik CO<sub>2</sub>'yi etkili bir şekilde hapsedebildiği ve Endülüs tuz bataklıklarının, toprağın ilk metresinde ortalama 317.5 ± 124.9 tCO<sub>2</sub>/ha karbon stoğu ve 1.42 ± 1.50 tCO<sub>2</sub>/ha/yıl karbon hapsedme oranı gösterdiğini ortaya koymaktadır (Díaz-Almela vd. 2019). Farklı ekolojik dokuların toprak karbon stoğunun ölçülmesi, karbon yutağı veya kaynağı olarak işlev gören peyzajların çalışma alanları içerisindeki etkisinin ölçülmesine yardımcı olmuştur. Nel vd. (2022) çalışmasında hem ulusal hem de sahadan toplanan verilerle, Macaristan'daki iki tarım arazisinde toprak karbon stoğunu haritalandırmak için InVEST modelinden faydalanılmıştır. Toprak örneği verilerinin ulusal verilerle entegre edilmesi, peyzaj ölçeğinde karbon depolama potansiyelinin daha

iyi değerlendirilmesini sağlamıştır. Bu çalışmalarda sunulmuş ham veriler detaylı incelendiğinde, sonuç olarak alınan veri modellerinin veri kaynağına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Bu durum, doğru karbon envanterlerine olan ihtiyacın altını çizmektedir.

Ormanlar da dahil olmak üzere karbon döngüsünde etkili olan arazi örtülerinin azalması, ekosistemlerde halihazırda tutulmuş olan toplam karbon stoğunun kaybedilmesi ve gelecekteki emisyonla mücadele performansının negatif etkilenmesi ile sonuçlanacaktır. Tropik ve subtropik orman örtüsüne sahip Hindistan'ın Karnataka bölgesinde InVEST karbon modeli kullanılarak yapılmış karbon dinamiği değerlendirme çalışmasında tarım ve bahçecilik faaliyetlerinin 48 yıllık bir süre zarfında sırasıyla %5 ve %42 artışının yanında orman dokusunun %29 civarı kaybının toplamda karbon stoğunda 30 megatonluk toplam düşüşe sebep olduğu görülmüştür (Ramachandra vd. 2024). Rachid vd. (2024)'in Antalya ile aynı Akdeniz biyom tipi içinde yer alan Fas'ın Nador kentine odaklanan çalışmasında InVEST modelleri kullanılarak kentsel yeşil alan miktarlarındaki değişimlerin karbon tutulması açısından faydalarının tahmin edilmesine odaklanılmıştır. Çeşitli AK/AÖ senaryoları üzerinde yapılan analizler, yeşil çatıların tek başına karbon depolamasını %64,20'ye kadar artırabileceğini, çalışma bölgesindeki ormanlık alanların artırılması durumunda ise %70,30'a varabilen bir artışa yol açabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, banliyö ve kent dış sınırlarına yakın çevrelerdeki yeşil alanların kent içine taşarak eklenmesinin, sürdürülebilir karbon dengesine ulaşmada önemli bir faktör olabileceğini düşündürmektedir.

Bu literatürün taranması sonrasında, sürdürülebilir uzun vadeli çözümlerin çok yönlü bir sorun çözme yaklaşımı gerektirdiği ve stratejik planlama ve politika oluşturma mekanizmalarının karbon dengesi ve iklim değişikliği ile başa çıkmada çok önemli olduğu görülmüştür. Etkili yeşil alan yönetimi ve gelişmiş takip ve değerlendirme yöntemleri, karbon dengesini sağlama çabalarını artırmak için çok önemlidir. Yeşil alanların ve özellikle ormanların emisyonları dengelemekteki ve küresel iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olma konusundaki önemli rolü görülmektedir (Harris ve Gibbs 2021).

Karbon hizmeti ile ilgili iklim araştırmalarında InVEST aracının artan kullanımı, etkili çevre yönetimi için içgörüler sağlamadaki değerini göstermektedir. Çeşitli çalışmalardan elde edilen bulguların birleştirilmesi, doğru karbon envanterlerinin ve çeşitli arazi kullanımı stratejilerinin önemini vurgulamakta, bilgilendirilmiş politikaları ve sürdürülebilir uygulamaları desteklemekte ve karbon tutumunu artırmakta ve ekolojik dengeyi korumaktadır.

## 2.5. Gelecek Projeksiyonu

CBS destekli ekosistem servisleri çalışmalarının en önemli avantajlarından biri de mevcut ekosistem fonksiyonlarının ve sürdürülebilirliğinin ölçülendirilebilmesi ve sayısallaştırılması üzerinden geleceğe yönelik projeksiyonlar çıkarmak ve halihazırda olan durumun değiştirilip geliştirilmesi gereken noktalarına dair objektif çıkarımlarda bulunabilmektir. Bu bağlamda çalışılan alan özelinde yaklaşımlar geliştirmek ve sürdürülebilirliğin en hızlı ve ekonomik şekilde ve en az insan müdahalesi ile geri kazanımını sağlamak daha kolay olmaktadır.

Geleceğe yönelik projeksiyonların önemi, Busca ve Revelli (2022)'nin çalışmasında belirgin bir şekilde görülmektedir. Araştırmada, kentsel yeşil alanların iklim değişikliklerine adaptasyonu ve ekolojik fonksiyonların restorasyonu üzerine odaklanılmış olup, İtalya Turin'deki "Le Vallere" parkında, farklı iklim senaryoları altında yağmur suyu akış miktarı ve kalitesi analiz edilmiştir. 2019 yılı analizine ek olarak ve 2071-2100 yılları arasındaki potansiyel gelecek senaryolarının oluşturulması ile, bu tür yeşil altyapıların değişen iklim ve bitki örtüsü koşullarına nasıl uyum sağlayabileceği gösterilmiştir. Gelecek projeksiyonunun yapılması stratejik planlamada daha objektif olunabilmesinin önünü açmakta ve kural koyucu mekanizmaların daha doğru kararlar alması adına kesin bilgiler sağlama potansiyelini oluşturmaktadır. Benzer şekilde, Lu vd. (2020) çalışması da gelecekteki iklim olaylarının azot yükleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma, ekstrem yağış olaylarının artışının, Mississippi-Atchafalaya Nehir Havzası'nın azot sızıntısında önemli bir artışa neden olduğunu ve bu durumun gelecek yıllarda da devam edeceğini göstermektedir. Bu bağlamda, azot yüklerini azaltmak için gübreleme zamanlamasının değiştirilmesinin potansiyel etkilerini öne sürerken, bu tür iklim değişikliklerinin gelecekteki stratejilere nasıl entegre edilmesi gerektiğine dair önemli bilgiler sunmaktadır. Calder vd. (2019) yaptığı araştırma ise, kıyı sulak alanlarının rehabilitasyon kararlarını yönlendirmek için ekosistem servislerinin değerlerini öngören bir model geliştirmiştir. Araştırma, restorasyon maliyetlerinin, ekosistem servislerinin gelecek 50 yıl içindeki artışının sadece küçük bir yüzdelik kısmını temsil ettiğini bulmuş ve bu tür yatırımların uzun vadede ekosistem servislerinden elde edilecek gelirlerle maliyetlerini karşılayabileceğini öngörmüştür. Bu çalışma, kıyı yönetiminde geleceğe yönelik ekosistem servislerinin potansiyel değerlerini dikkate alarak, daha bilinçli ve etkili yatırım kararları alınmasını teşvik etmektedir. Ekonomik sürdürülebilirliğin planlama stratejilerinin belirlenmesindeki öneminin ıskalanmaması ve çalışma alanlarında uygulanmak üzere belirlenebilecek hamlelerin hangilerinin karşılanabilir olduğunu anlamının önemi bu şekilde araştırmalar ile görülebilir.

Bu örnekler, geleceğe yönelik ekosistem yönetimi, kural ve yasa belirlemede kullanılan bu yeni araçların ve modellerin, daha bilinçli ve etkili kararlar alınmasına olanak sağladığını göstermekte, sürdürülebilir kalkınma ve çevresel direncin artırılmasında kritik rol oynayabileceğini vurgulamaktadır.

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Çalışma Alanı

Araştırma alanı olarak Ege Denizi ve Akdeniz'in kesişim noktasında yer alan Türkiye'nin Muğla ilinin Datça ilçesi seçilmiştir. Datça Yarımadası, geçmişi milattan önce 2000'lere kadar dayanan Knidos kentini de içinde barındıran bir antik yerleşke olma özelliği ile Türkiye'nin önemli tarihi, kültürel ve turizm alanlarından (Doğan 2012).

##### 3.1.1. Doğal yapı özellikleri

###### 3.1.1.1. Konum

Anadolu Yarımadası'nın güneybatı kesiminde bulunan Datça Yarımadası Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde yer almaktadır. Doğu Akdeniz'in girintili kıyıları ve takımadalarıyla karakterize edilen Ege Denizi'nin güneydoğusunda yer alan yarımada, idari olarak Muğla ilinin Datça ilçesi sınırlarını oluşturmaktadır ve doğusunda Muğla'nın Marmaris ilçesi ile sınırlanmaktadır. Datça Yarımadası, Özel Çevre Koruma Bölgesi (ÖÇKB) olarak belirlenmiş olup Muğla'nın güneybatısında, 36° 60' ve 36° 75' kuzey enlemleri ile 27° 40' ve 28° doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Yarımadanın kuzeyinde Gökova Körfezi, güneyinde Hisarönü Körfezi yer almaktadır. Batısında Ege Denizi ve Akdeniz ile çevrili olan yarımada bu iki denizin kesişme noktasında bulunmaktadır ve 459 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Coğrafi olarak, yarımada doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 70 kilometre (km) uzanmakta olup yarımadanın kuzey ve güney uçları arasındaki en geniş bölgesi 17 km'ye kadar çıkabilirken, en dar kesiminin genişliği Balıkaşitan'da 800 metre civarındadır (Kantarıcı 1990). Yarımadanın 235 km uzunluğundaki kıyı şeridinin girintili çıkıntılı bir yapıya sahip oluşu, kıyı şeridinde çeşitli büyüklüklerdeki koylar olarak karakterize olmaktadır. Toplam 52 koya ev sahipliği yapan yarımada kıyı şeridi, bazı kesimlerde dik kayalarla diğer kesimlerde ise kumsallarla çevrilidir (Acıöz 2018). Datça Yarımadası, iki denizin kesişme noktasında yer aldığı için kendine özgü bir iklime, biyolojik çeşitliliğe ve ekolojik özelliklere sahiptir (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Çalışma alanı konumu

### 3.1.1.2. İklim

Akdeniz makro iklim bölgesinde yer alan Datça, Köppen İklim Sınıflandırmasına göre kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim olan (Csa) tipik bir Akdeniz iklimine sahiptir. Bölgede kış mevsimi kısadır, don hemen hemen hiç görülmemektedir ve sıcaklık nadiren 5°C'nin altına düşmektedir. Yağışların neredeyse tamamı kış aylarında toplanmakta ve yazlar sıcak ve kurak geçmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2024). Fidan (2021) tarafından yapılan bir çalışmaya ve 1965'ten 2018'e kadar Datça'daki meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre, Datça'da yıllık ortalama sıcaklık 19,5°C'dir. Bölgede en soğuk ay Ocak olup, ortalama sıcaklık 12,2°C'dir; en sıcak ay ise Ağustos olup ortalama sıcaklık 28,0°C'dir. Bölge, Nisan ayından itibaren yükselen, Ağustos ayında zirve yapan, Eylül ayından itibaren düşen ve Ocak ayında en düşük seviyesine

ulaşan tutarlı mevsimsel modeller sergilemektedir. Bölgeye özgü mevsimsel ve yıllık yağış desenlerini incelendiğinde ortalama yağış miktarının 682 mm olduğu görülmektedir. Bölgede Aralık, Ocak ve Şubat aylarında 100 mm'yi aşan önemli yağış seviyeleri kaydedilmiştir. Buna karşın, Temmuz ayı en az yağış alan ay olup bu ayda sadece 0,2 mm yağış ölçülmüştür. Mevsimsel olarak, Datça kış aylarında en fazla yağışı almakta olup bu yağışlar yıllık yağışın %59'unu oluşturmaktadır. Bu değeri, sonbahardaki yağışlar %22,8 ve ilkbahardaki yağışlar %17,5 olacak şekilde izlemektedir. Yaz mevsiminde düşen yağış miktarının minimal düzeyde (%0,5) olması belirgin bir kurak dönemi işaret etmektedir.

Sağanak yağışlar, genellikle soğuk ortamlarda sıcak havanın dikey hareketiyle oluşan konvektif bulutlardan kaynaklanan sıvı veya katı haldeki yağışlardır. Bu hızlı bulut gelişimi akabinde yağış olarak seyrederek ve bu yağışlar, ani başlangıç ve bitişleri, yağış yoğunluğundaki hızlı değişiklikler ve gökyüzü koşullarındaki çabuk değişimlerle karakterizedir. Akdeniz iklimlerinde, bu özellikler yaygın olduğunda, sağanakların şiddeti ve kısılalığı genellikle toprağın suyu etkili bir şekilde emebilmesinden önce akıp gitmesine neden olmaktadır ve bitki yaşamı için zorluklar oluşturmaktadır. Bu bölgelerdeki bitkiler genellikle 25 mm'den az yağış miktarlarından en iyi şekilde yararlanmaktadır. 25 mm'yi aşan yağışlar, hafif (25-50 mm), orta (50-100 mm) ve ağır (100 mm üzeri) sağanaklar olarak sınıflandırılmaktadır (Woodward 2009). Datça'da yapılan çalışmada, incelenen 53 yıllık dönemde sağanak yağışların en yüksek oranının %80,5 ile 25-50 mm arasındaki yağışlara ait olduğu görülmüştür. Bu yağışlar sırasıyla %17,4 ile 50-100 mm arasındaki yağışlar ve %2,1 ile 100 mm üzerindeki yağışlar tarafından takip edilmektedir. Aynı çalışmaya göre Datça'da 1965-2018 verilerine göre ölçülen yıllık ortalama nispi nem oranı %60,6 olup Aralık ayında ortalama %67 ile yıl içindeki en yüksek değerine ulaşmaktadır (Fidan 2021). Havadaki su buharı miktarı ve çevre sıcaklığına bağlı olarak değişen nispi nem, özellikle yüksek sıcaklıkların hâkim olduğu kurak veya kuraklığa eğilimli dönemlerde havada daha fazla nemin tutulmasını sağlayarak suyun buharlaşma hızını etkili bir şekilde azaltabilmekte ve böylece kuraklık koşullarının şiddetini hafifletebilmektedir. Bu yağış değişkenliği, Akdeniz ikliminin karakteristik kurak yaz dönemlerinin getirdiği iklim zorlukları göz önünde bulundurulduğunda, Datça'da tarımsal planlama ve su kaynakları yönetimi için kritik öneme sahiptir. Yağışların dağılımı ve yoğunluğu, bölgenin ekolojik ve hidrolojik dinamikleri üzerinde önemli etkiler yaratmakta olup doğal ve insan sistemlerini etkilemektedir.

Bunlara ek olarak Datça Yarımadasını da kapsayan Akdeniz havzası, önemli çevresel değişiklikler ile artan sıcaklıklar yaşayan bir iklim değişikliği noktası olarak belirlenmiştir. Bu belirleme, son yıllarda deniz yüzey sıcaklığında sürekli bir ısınma eğilimi gösteren çalışmalar tarafından desteklenmektedir. Akdeniz, bölgesel iklimin düzenlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır ve son yıllarda deniz yüzey sıcaklıklarında istikrarlı bir ısınma eğilimi gözlemlenmektedir (Pastor vd. 2020).

### 3.1.1.3. Bitki örtüsü

Türkiye, Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan florası bölgelerinin kesiştiği noktada yer alarak, benzersiz biyocoğrafik etkilerin bir karışımını sergilemektedir. Çalışma alanının da içinde bulunduğu Datça Yarımadası Türkiye Akdeniz flora bölgesinin batı kesiminde yer almaktadır. Bu alan, çeşitli çam türleri (*Pinus* sp.)

tarafından hâkim kılınan kuru ormanlarla birlikte, kumullar ve maki ve garig (frigana) olarak bilinen kserofitik çalılıklarla karakterize edilmektedir. 415'i Akdeniz florasına özgü olmak üzere, yarımada'nın yaklaşık 860 kayıtlı taksonu mevcuttur ki bu yarımada'ya dair vejetatif yapılar tarafından desteklenen önemli biyolojik çeşitliliği yansıtmaktadır (Tuzlacı 2002).

Ana vejetasyon tipi olan maki, genellikle 1000-1200 metre altındaki yüksekliklerde görülür ve zakkum (*Nerium Oleander*), kermes meşesi (*Quercus coccifera*), katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus*), sakız ağacı (*Pistacia lentiscus*), kocayemiş (*Arbutus unedo*), laden türleri (*Cistus* sp.), sandal (*Arbutus andrachne*), zeytin (*Olea europaea*), tesbih (*Styrax officinalis*), defne (*Laurus nobilis*), funda (*Erica arborea*) ve keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua*) gibi herdem yeşil, sklerofil çalılardan oluşmaktadır (Kantarıcı 1990). Bu türler, Akdeniz'in sert, kurak yazlarına ve ılıman, yağışlı kışlarına uyum sağlamıştır.

Maki formasyonları tahrip olduğunda, genellikle tarım, otlatma ve yangın gibi antropojenik faktörlerin peyzajı değiştirdiği yerlerde, garig vejetasyonu yaygınlaşmaktadır. Garig, ayakyakan (*Poterium spinosum*), tüylü keçiboğan (*Calicotome villosa*), kekik türleri (*Thymus* sp.), ada çayı (*Salvia* sp), lavanta (*Lavandula stoechas*) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis*) gibi daha seyrek ve bodur çalılardan oluşmaktadır (Akkemik 2014). Bu formasyon, zayıf, kayalık topraklarda yaşayabilen ve sınırlı su kaynaklarına derin kökleriyle ulaşan türler ile karakterize olmaktadır.

Maki ve garig formasyonları üzerinde, ağırlıklı olarak kızılçam (*Pinus brutia*) tarafından domine edilen kuru orman üst vejetasyon tabakası izlenmektedir. Kızılçam, yarımada'nın çoğu alanında yaygın olarak bulunmaktadır ve özellikle yarımada'nın güney yamaçlarındaki kurak koşullara mükemmel bir uyum sağlamıştır. Güney yamaçlar daha sıcak ve kurakken, kuzey yamaçlar daha serin ve nemli mikro iklim koşullarına sahiptir. Bu yüzden kuzey yamaçlarında kızılçam ormanları daha seyrek olup bu yamaçlarda uygun habitatlar bulabilen mezarlık servisi (*Cupressus sempervirens*) gibi diğer ağaç türleriyle karışık halde bulunabilmektedir. Bu ormanlık alanların alt tabakasında ise genellikle sandal ve pırnal meşesi (*Quercus ilex*) gibi maki elemanları yaygındır (Kantarıcı 1990). Bu türler kuraklık koşullarına iyi uyum sağlamış olup ormanın mikro iklimini stabilize etmek, toprak erozyonunu önlemek ve yaban hayatı için önemli sığınak ve besin kaynakları sağlamak gibi yarımada'nın farklı ekolojik ihtiyaçlarında kritik roller oynamaktadırlar. Bu çeşitlilik, yarımada'nın doğal bitki örtüsü dinamiklerini ve ekolojik dengesini sürdürmede hayati bir rol oynamaktadır. Datça Yarımadası'nın kuru ormanları, bu nedenle hem biyolojik çeşitlilik hem de ekolojik işlevsellik açısından büyük önem taşımaktadır.

Datça Yarımadası'nın kıyı şeridinde, özellikle Gebekum bölgesinde gözlemlenen kumul vejetasyonu, insan etkinlikleri nedeniyle önemli ölçüde değişime uğramıştır. Gebekum kumulları, fosil kumullar olarak tanımlanmaktadır ve çalışma alanının da sınırları içerisinde olduğu Datça Yarımadası'nın güney kıyısında doğu-batı doğrultusunda uzanmaktadır. Bu alanda kumul bezelyesi (*Medicago marina*), kum zambağı (*Pancratium maritimum*) ve sütleşen (*Euphorbia paralias*) gibi derin kazık köklere sahip tuz toleranslı bitkiler yayılış göstermektedir. Bu bitkiler, besin maddelerinin kıtlığı, kuvvetli rüzgarlar ve yüksek sıcaklık gibi zorlu şartlarla mücadele ederken aynı zamanda denizden gelen ve rüzgârlarla taşınan tuz serpintileriyle ve kuma gömülme gibi

faktörlerle de başa çıkmak zorundadır. İç kısımlara doğru gidildikçe, kum sazi (*Ammophila arenaria*) gibi tuz toleransı düşen ve kumulu sabitleştiren, çoğunluğu otsu bitkilerden oluşan türler hâkim olmaktadır. Daha iç kısımlardaki sabit kumullarda kumulların floristik bileşimi, maki elemanları olan sakız, keçiboynuzu, defne (*Daphne ginidioides*) ve kermes meşesi ile zenginleşmektedir. Gebekum kumulları, *Anchusa aegyptiaca* gibi nadir bitkilere de ev sahipliği yapmaktadır. Gebekum kumullarına dair yapılan bazı çalışmalar, bu kumulların büyük bir bölümünün daha önceden kızılçam toplulukları ile kaplı olduğunu belirtmektedir (Özhatay vd. 2008; Avcı 2017). Bu durum, yarımada'nın doğal bitki örtüsü dinamiklerinin anlaşılması açısından önem taşımaktadır ve bu özgün floristik mirası korumak için bütünlük yönetim stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Yarımada ayrıca birkaç endemik ve relict tür barındırarak ekolojik önemini ve alanın koruma değerini vurgulamaktadır. Bunlar arasında öne çıkanlardan sığla ağacı (*Liquidambar orientalis*) Muğla ilinin diğer ilçelerinde de gözlemlendiği şekilde yüksek yer altı su seviyelerine sahip nemli, alçak vadilerde izlenmektedir (Günel 1994; Selim ve Sönmez 2015). Datça hurması (*Phoenix theophrasti*) ise, Türkiye'de doğal olarak bulunan nadir palmye ailesi üyesindedir (Çon 2017).

İnsan faaliyetleri, Datça Yarımadası'ndaki bitki örtüsü desenleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Ormanlık alanların yerleşim yerlerine yakınlığı, antropojenik etkilere açık hale gelmelerine ve birincil ormanın ikincil çalı formasyonlarına degradasyonuna neden olmuştur. Ormandan makiye ve ardından garige geçiş, Akdeniz florasının dayanıklılığını ve uyum kabiliyetini vurgulamaktadır, ancak aynı zamanda koruma ve sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarının gerekliliğini de öne çıkarmaktadır.

#### 3.1.1.4. Jeoloji ve toprak

Datça Yarımadası, Paleotektonik ve Neotektonik dönemler olacak şekilde iki ana jeomorfolojik gelişim aşamasından geçmiştir. Bu dönemler boyunca yarımadada yoğun tektonik hareketlilik yaşanmış, birçok fay ve katman kıvrımı meydana gelmiştir. Bölge, Paleotektonik dönemde genelde katman kıvrımları ve ters faylarla tanımlanan bir sıkışma rejimine tanıklık etmiştir. Bu süreç yarımadada doğu-batı ve kuzey-güney yönlü sıkışmalara neden olmuştur. Karaköy ve Mesudiye'nin batı bölümü ile Emecik ve Körmen Limanı'nda bu sıkışmalar izlenebilmektedir. Neotektonik dönemde, tektonik rejim genişlemeye dönüşmüş ve Datça Yarımadası'nda Datça ve Gökova Grabenleri gibi yeni jeolojik yapılar ortaya çıkmıştır. Bu yapılar farklı yönlerde ve yüksekliklerde uzanmaktadır. Çalışma alanının da kapsadığı Datça Grabeni yaklaşık 5 km boyunca kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanmaktadır ve çevresi en yüksek 747 metre (m) ile Emecik köyünün Kocadağı olmak üzere, 500 m seviyelerindeki zirvelerle çevrilidir (Dirik vd. 2023).

Bitkilerin tutunabilmesi ve beslenebilmesi için toprak varlığı temel bir şarttır ve bitkiler için gerekli tüm mineralleri sağlaması bakımından önemli bir role sahiptir. Datça Yarımadası'nda yarımada'nın toprakları, çeşitli kaya türleri üzerinde şekillenmektedir. İklim ve topoğrafya gibi doğal faktörlerle birlikte insan etkilerinin de yarımada'nın toprağın yapısında belirleyici olduğu görülmektedir. Tarih boyunca vejetasyonun uğradığı tahribatlar, özellikle eğimli arazilerde toprak erozyonuna neden olmuş ve yer yer

ana kayaların yüzeye çıkmasına yol açmıştır. Çalışma alanında en yaygın görülen toprak tipleri arasında kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları ve kireçsiz kahverengi orman toprakları bulunmaktadır. Ayrıca alanda kolüvyal topraklar, kireçsiz kahverengi topraklar ve kahverengi orman toprakları gibi diğer toprak tipleri de mevcuttur. Yarımada üzerindeki diğer alanlar ise kıyı kumulları ve çiplak kayalarla kaplıdır (Kantarcı 1987).

Kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları, kireçtaşları üzerinde gelişmiş olup yarımada'nın batı bölümünde yaygındır. Bu topraklar, eğimli alanlarda çam türlerini, garigleri ve makileri desteklemektedir. Düz alanlarda bu toprakların derinliği yaklaşık 1 m olup sıklıkla şiddetli erozyona uğrayabilmektedir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları, özellikle ofiyolitler üzerinde gelişmiş olup, bitkilerin yararlanabileceği bazı besin elementlerinden yoksun ancak ağır metaller açısından zengindir. Ağırlıklı olarak Datça Yarımadası'nın doğu ve kuzeydoğu bölgelerinde bulunmaktadır ve garigler ile kuraklığa dayanıklı ağaçları desteklemektedir. Toprağın derinliğinin az olması ve bitki örtüsünün seyrek bulunması sebebiyle bu topraklar da şiddetli erozyonlara maruz kalabilmektedir. Alüvyal topraklar ise, nehirler, koylar, deltalar ve kıyı kesimlerindeki genç alüvyal dolgular üzerinde gelişmektedir. Bu topraklar yüksek organik madde içeriği ile suya doymuş durumdadır ve bu özellikleriyle genellikle tarıma elverişlidir. Ancak sahil bölgelerindeki alüvyal topraklar, sert esen rüzgârların, tuzlanmalarının ve dalgalara maruz kalmalarının etkisiyle kumullar tarafından kaplanmış ve tarımsal değerlerini yitirerek, kullanılamaz hale gelmiştir (Mater 1998).

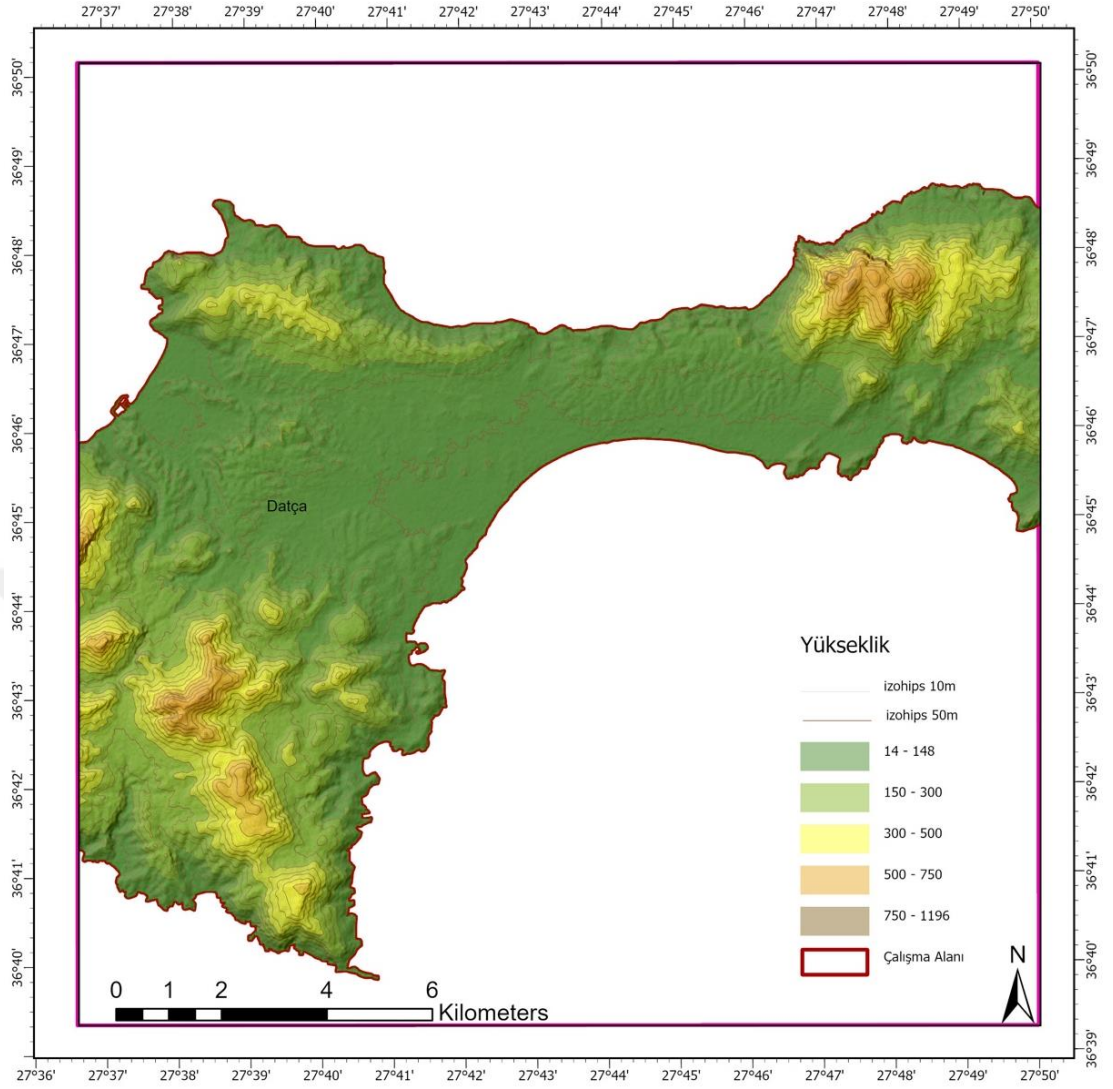
Kahverengi orman topraklarının A horizonu organik madde ile mineral toprağın karışımı sonucu besin maddesi açısından zengindir ve yüksek su tutma kapasitesi sayesinde bitki büyümesi için elverişli koşullar sunmaktadır. Ayrıca bu ormanların B horizonunda kil ve demir birikimi de yaygındır. Kahverengi orman toprakları, hacmen büyük alan kaplayan diğer toprak gruplarına kıyasla daha dar bir alanda yayılış göstermektedir. Kireçsiz kahverengi topraklar, yıllık ortalaması 400-600 mm'yi bulabilen, daha yüksek yağış alan bölgelerde görülmektedir. Dağlık bölgelerden yerçekiminin ve yüzeysel su akışının etkisi ile taşınabilen kum ve köşeli çakıl gibi malzemeler Kolüvyal toprakları oluşturmaktadır. Bu topraklar Datça Yarımadası'nın çeşitli yerlerine dağınık şekilde yayılmıştır. Kolüvyal topraklara, yarımada'nın batısında Mesudiye'nin güneyin düzlüklerinde, merkezinde Kızlan çevresinde, doğusunda Balıkaştan ile Emecik'in güneydoğusu ve güneybatısı arası gibi bölgelerde rastlanabilmektedir (Atalay vd. 1998).

### 3.1.1.5. Topoğrafya

Datça Yarımadası, Güneybatı Anadolu'da Gökova ve Hisarönü körfezleri arasında yer almakta olup engebeli, dağlık arazi yapısı ve derin girintili sahil şeridi ile karakterize edilmektedir. Yarımada, deniz seviyesinden bazı bölgelerde 1000 m'yi aşan yüksekliklere kadar değişen bir yükseklik profil özelliği göstermektedir. Bölgedeki en yüksek zirve, 1162 m ile Buzdağı'dır. Topoğrafya, yarımada'nın doğusundan batısına genel bir yükseklik artışı gösteren çok sayıda tepe ve vadiden oluşmaktadır. Datça Yarımadası, çoğunlukla sarp dağlar ve düşük rakımlı depresyonlar ile şekillendirilmiş olup bölgenin kıyıları oldukça girintili ve çıkıntılıdır. Kuzey kıyıları, Gökova Grabeni'ndeki doğu-batı yönlü faylar tarafından şekillendirildiği için, güney kıyılarına kıyasla daha düzgün bir yapıdadır. Yarımada'nın kıyıları genel olarak dik bir yapı

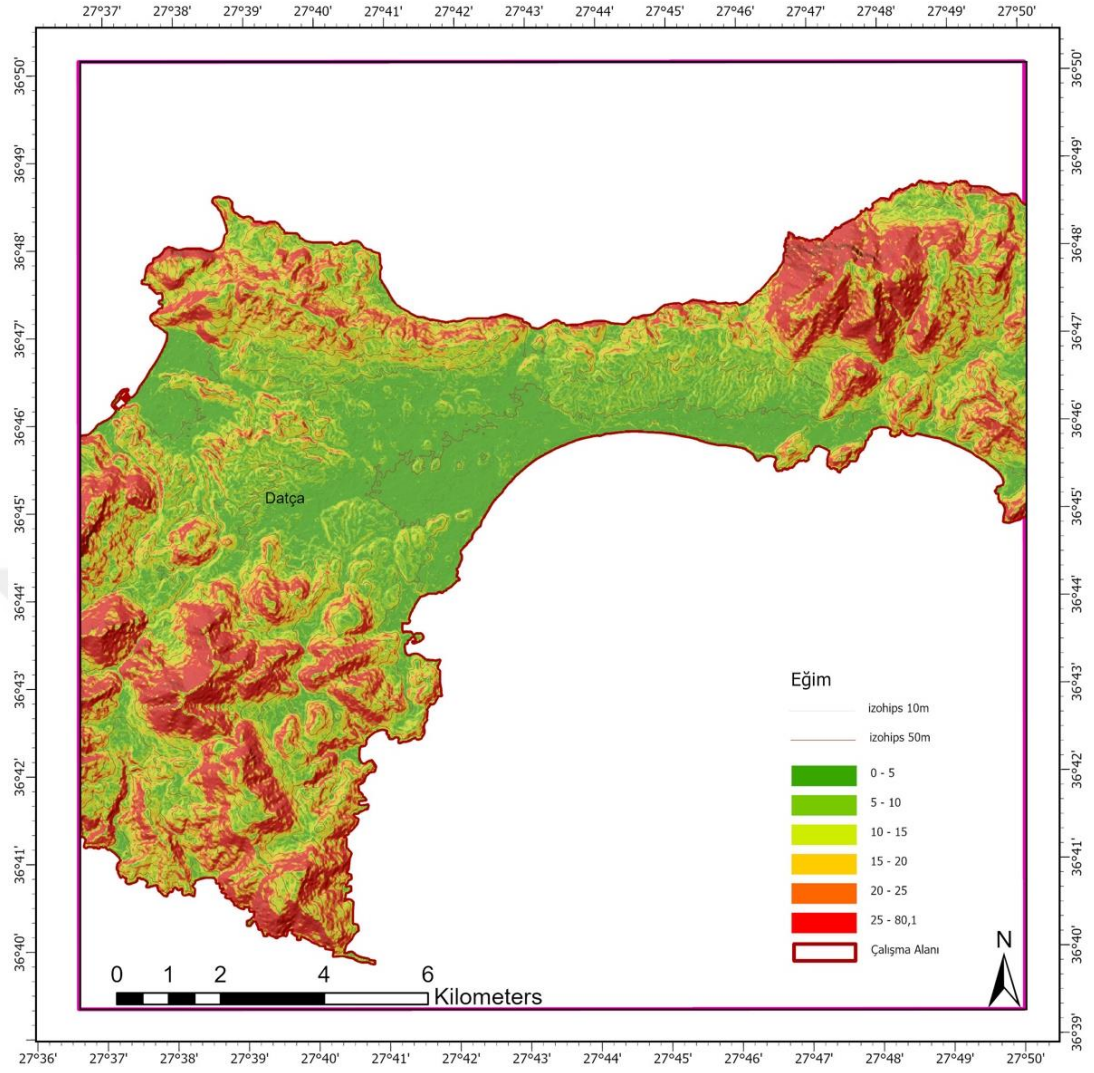
göstermektedir ve bu dik yamaçlar deniz altına kadar devam etmektedir, bu durum kıyıların tektonik etkilerle oluştuğunun açık bir göstergesidir (Dirik vd. 2023).

Datça Yarımadası, Reşadiye olarak bilinen daha alçak bir geçit bölgesi aracılığıyla birbirine bağlanan iki ana dağlık bölümden oluşmaktadır. Yarımada'nın doğu dağlık kısmı, yerleşim için uygun düz alanların olmadığı dik ve engebeli araziye sahip Honaz Dağı (535 m) ve Emecik Dağı'nı (742 m) içermektedir. Çalışma alanının da kapsadığı Emecik Köyü, Emecik Dağı'ndaki dar bir sırt üzerine kurulmuştur ve Reşadiye'nin doğusundaki alçak arazilerde tarımsal faaliyetlerde bulunmaktadır. Yarımada'nın batı bölümü, Işık Tepe (817 m), Buzdağı (1162 m) ve diğer bazı dikkate değer yükseklikleri barındıran Kocadağ Kütlesi'ni içermektedir. Bu kesimde, zorlu ve dik yamaçlara rağmen, köylerin kurulabileceği geniş açıklıklar mevcuttur. Bu bölge, ağırlıklı olarak ormanlık alan olup bir miktar tarımsal faaliyetin yapılmasına olanak tanıyan nispeten daha erişilebilir dar düzlükleri ve kıyı şeritleri içermektedir. Şekil 3.2'de görüldüğü üzere yarımada'nın iki dağlık bölgesi, çalışma alanının sınırları içerisinde olan Reşadiye bölümündeki düşük arazide birleşmektedir. Bu alanın en dar noktası Akyer ile Kabakum arasında 2.4 km, en geniş noktası ise İnce Burun'dan Datça İskelesi'ne kadar 11 km olarak ölçülmektedir. Reşadiye'nin düzlükleri Akyer ile Kabakum arasında 116 m'den, Kargacıbaşı Kütlesi'nde 600 m'ye kadar yükselmektedir. Reşadiye'de arazinin dik ve ormanlık kısımlarının yanı sıra, tarıma elverişli Emecik ve Karaköy ovaları bulunmaktadır (Kantarıcı 1990).



**Şekil 3.2.** Çalışma alanı sayısal yükseklik modeli

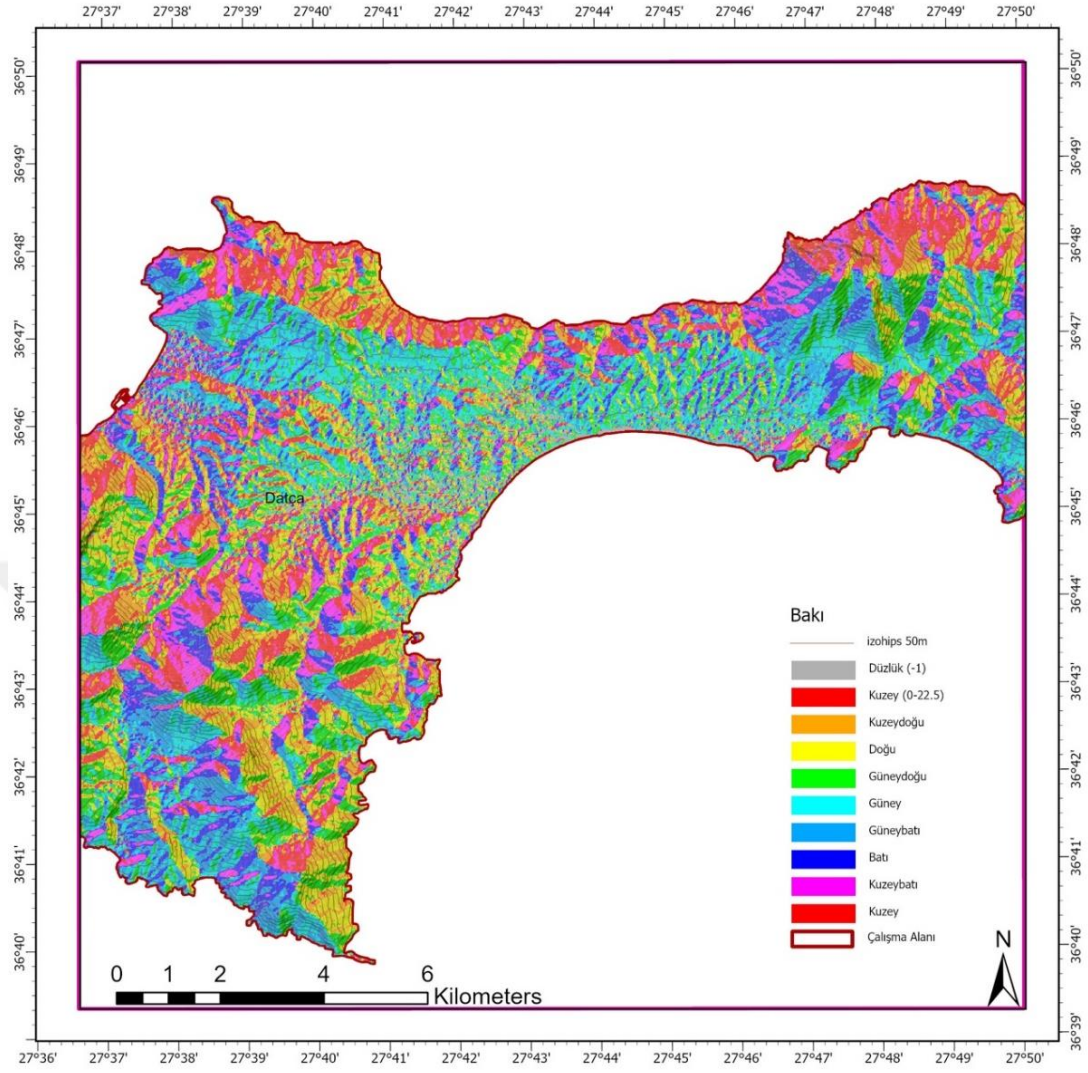
Datça Yarımadası'nın arazisi, özellikle sahil şeridi ve dağlık alanlar olmak üzere, ağırlıklı olarak dik ve engebelidir. En dik yamaçlar, yerleşim ve tarım faaliyetlerini zorlaştırabilecek eğimler gösteren Kocadağ Kütlesi'nin batı kısmında daha belirgindir. Buna karşılık, Datça Boğazı'nın yakınlarındaki merkezi alan, bölgedeki en yoğun insan yerleşimi ve tarımsal faaliyetlere imkân tanıyan daha yumuşak eğimlere sahiptir (Şekil 3.3).



**Şekil 3.3.** Çalışma alanı eğim analizi

Datça Yarımadası boyunca yamaçların bakışı önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Kuzey yamaçlar genellikle güneye bakan yamaçlara kıyasla daha az güneş ışığı almaktadır, bu durum hem bitki örtüsü desenlerini hem de tarımsal olanakları etkilemektedir. Özellikle merkezi bölgelerde ve daha alçak yüksekliklerde bulunan güneye bakan yamaçlar, artan güneş maruziyeti ve nispeten daha yumuşak eğimleri nedeniyle tarım için daha uygun durumdadır; bu durum, sıcak, kuru yazlar ve ılıman kışlarla karakterize Akdeniz ikliminden de faydalanmaktadır.

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi ekolojik olarak, yarımadanın kuzey ve güney yamaçları nem, güneşlenme ve rüzgâr açısından farklılıklar göstermekte, bu da bitki örtüsü çeşitliliğini etkilemektedir. Daha nemli kuzey yamaçlarında yoğun orman ve çalılık alanları bulunurken, güney yamaçlar daha çeşitli türler sunmakta ve özellikle Datça hurması gibi endemik türlerin yayılışına sahne olmaktadır.



Şekil 3.4. Çalışma alanı baki analizi

### 3.1.2. Kültürel yapı özellikleri

Datça Yarımadası, yüzyıllar boyunca tarihsel, kültürel ve sosyoekonomik değişimlerin yoğun yaşandığı bir bölge olarak öne çıkmaktadır.

#### 3.1.2.1. Demografik yapı

20. yüzyılın başından itibaren Datça Yarımadası'nda nüfus ve demografik yapı üzerinde etkili olan çeşitli faktörler gözlemlenmektedir. 1935'ten itibaren genellikle %8 civarında belirtilen nüfus artış oranı, genel bir trendi yansıtmaktayken 1950-55 döneminde nüfusta görülen azalma, kırsal bölgelerden büyük kentlere doğru yaşanan göç ile açıklanabilmektedir. Bu göç, yarımada'nın ekonomik olanaklarının sınırlı olması ve kentsel alanlarda daha fazla iş imkânı bulunması ile ilişkilendirilebilmektedir. 1975'ten

önceki kapalı kırsal ekonomi yapısı, yarımada'nın uzun yıllar boyunca demografik olarak durağanlığını koruyabilmesine sebep olmuştur. Ancak 1980'den sonra tarımsal üretim faaliyetlerin artması, karayolu olanaklarının çoğalması ve turizmin canlanması gibi faktörlerle nüfus artışı hız kazanmıştır. Bu faktörler, yarımada'nın ekonomik yapısını ve nüfus dağılımını önemli ölçüde etkilemiştir. 1985 ve 2000 yılları arasında Datça merkezinin nüfusu, göç ve yazlık ev miktarlarındaki artışın baskısı ile hızla artmıştır. 1985'te 2788 kişi olan nüfus, 2000 yılında 8108 kişiye ulaşmıştır. Datça merkezinin popülasyondaki bu artış, sadece turizmin gelişmesinden değil bunun yanı sıra inşaat sektörünün canlanmasından ve Türkiye'nin doğusundan aldığı işçi göçü ile desteklenmesindedir (Mukul 2004).

Bu gelişmeleri takiben 21. yüzyılın başında yarımada, turizmin etkisiyle hızlı bir gelişme görmüş ve bu, sosyal ve ekonomik dokuyu önemli ölçüde değiştirmiştir. 2000 yılı itibarıyla Datça Yarımadası'nın nüfusu 13914 kişi iken, 2022 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2022) raporunun son verilerine göre 25649 kişiye ulaşmıştır. Son yıllarda bölgede hem yerel ihtiyaçları karşılamaya hem de turistik konaklama olanaklarını artırmaya yönelik gayrimenkul sektöründeki gelişim kayda değer şekilde artmaktadır. Bu da zaman içerisinde demografik yapıda belirgin değişikliklere yol açan başka bir etmen olarak yorumlanabilmektedir. Yapılan konut projeleri, bölgeye daha geniş bir nüfus çeşitliliği getirmekte ve özellikle turizm sezonunda nüfus yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Günümüzde, yıl içerisinde nüfusun seyrettiği 25000 kişilik değerler turizm sezonunda 120000 kişiye kadar çıkabilmektedir. Bu artış bölgeye gelen turistleri kapsadığı kadar Datça'nın mikroklimatik faydalarından yararlanmak isteyen emeklileri ve sezonluk işçileri de içermektedir.

Datça'nın demografik yapısı oldukça çeşitli olup ağırlıklı olarak yerel sakinleri, mevsimlik işçileri ve büyük bir emekli topluluğunu kapsamaktadır. Yarımada'da hem yaşlı emeklilerin hem orta ve üst-orta sınıf bireyler ve ailelerin Datça'ya taşınma eğilimi gözlemlenmektedir. Bu göç trendi, çoğunlukla şehir merkezlerden gerçekleşmekte olup, kentin sunduğu imkanlara yakınlık yerine yaşam kalitesini önceliklendiren kırsal veya yarı kentsel yaşam düzenlerine bir geçişi işaret etmektedir. Ayrıca, COVID-19 pandemisi ile tetiklenen ve artan uzaktan çalışma olanakları, Datça'nın tercih sebebi olmasını artırmaktadır ki bu çalışma kültüründeki değişim, daha genç ve dinamik bir nüfusu Datça'ya çekmektedir.

Datça Yarımadası'nın nüfus ve demografik profilindeki değişiklikler ile bunu etkileyen faktörler, yarımada'nın nüfus yapısının karmaşık ve dinamik bir doğaya sahip olduğunu göstermektedir ve ayrıca bu faktörlerin ekonomik değişimlerle yakından ilişkili olduğunu da ortaya koymaktadır. Bölgenin altyapı ve turizm gelişmeleri, yarımada'nın hem ekonomik hem de sosyal yapısını dönüştürerek evrilmesinde ve demografik profilinin yeniden şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

### 3.1.2.2. Sosyo – ekonomik yapı

Yarımada'nın toplam yüzölçümüne göre tarım alanları sınırlı olmakla birlikte, ekonomi büyük ölçüde bu tarım faaliyetlerine bağlıdır. Datça'nın tarımı, başta badem (*Prunus amygdalus*), zeytin ve incir (*Ficus carica*) olmak üzere narenciye (*Citrus sp.*), üzüm (*Vitis vinifera*) ve keçiboynuzu yetiştiriciliğini kapsamaktadır. Bu ürünler, bölgenin mikroklima özellikleri ve coğrafi konumundan faydalanarak yetiştirilmektedir.

Yarımadada, maki ekosisteminin hâkim türlerinden olan yabancı zeytin ağacı, Bronz Çağı'ndan bu yana kültür bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Zeytin yetiştiriciliği Datça'da orta ve dik yamaçlar üzerinde yoğun olarak yapılmaktadır. Badem üretimi ise, Datça'da düz ve geniş arazilerde yaygınken zeytin ağaçlarının kesilmesi ile yamaçlara doğru genişleme göstermektedir. Datça'nın, badem üretiminde Türkiye'de birinci sırada yer alması bu durumun önemli etkenlerindedir. Üzüm üretimi, iç tüketime yönelik bir üretim hacmine sahip olup özellikle Kızlan ve Emecik ovalarında yoğunlaşmaktadır. Turunçgiller, Datça ovası ve Betçe düzlüklerinde yetiştirilmektedir. Ancak yazın artan ilaçlama ve sulama maliyetleri nedeniyle yetiştiriciliği giderek azalmakta ve yerini badem ağaçları tarımına bırakmaktadır. Yarımadada ayrıca sebzeçilik de önemli bir tarım faaliyeti olup, özellikle yazlık ve güzlük domates (*Solanum lycopersicum*), pazarda önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Emecik, Kızlan ve Karaköy bölgelerinde kış aylarında açık alanlarda yapılan domates yetiştiriciliği ocak ayı bitiminden itibaren ise Mesudiye'deki seralarda devam etmektedir. Mesudiye köyü, mikroklima özelliği sayesinde seracılık için özellikle elverişli bir yerdir. Ek olarak, Datça'nın geneline yansıyan su sıkıntısı, su kıtlığının çekildiği alanlarda kuru ziraat tekniklerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu teknikler, Hızırşah, Karaköy, Emecik ve Kızlan'da tahıl ve baklagil üretimi için kullanılmaktadır (Keskin vd. 2011).

Bunun yanı sıra, özellikle Emecik ve Yazıköy'de küçükbaş hayvancılık, Kızlan köyünde ise sığır besiciliği yapılmaktadır. Ayrıca, yarımadada Emecik ve Sındı köylerinin civarında yapılan arıcılık faaliyetiyle, özellikle yüksek kalitede çam balı üretimi ön plana çıkmaktadır. Arıcılık, yarımadada gittikçe artan bir popülerlik kazanmakta olup büyük ve küçükbaş hayvan sayıları azalırken, arı kovana sayısı büyük bir artış gözlenmektedir. Özellikle 1995'ten 2000 yılına kadar arı kovana sayısı 15.000'den 45.000'e yükselmiştir. Bu hızlı artış, arıcılığın dış pazarda badem tarımından sonra yarımadanın ikinci en önemli tarımsal faaliyeti haline gelmesine sebep olmuştur (Mukul 2004). Yarımada ayrıca, balıkçılık açısından da ekonomik bir faaliyet alanı sunmaktadır (Okuş vd. 2004).

Datça Yarımadası'nın sosyo-ekonomik profili ve arazi kullanımı, geleneksel tarım faaliyetlerinin yanı sıra modern turizm ve gayrimenkul gelişmeleri ile şekillenmekte ve büyük ölçüde turizme dayanmaktadır. Yerel ekonomi, turistik sezon esnasında canlılık göstermekte, ancak sezon dışı dönemlerde belirgin bir durgunluk yaşamaktadır. Bu mevsimsel dalgalanma modeli, iş ve istihdam olanaklarının zaman içinde değişken olmasına neden olmaktadır.

Datça Yarımadası, Anadolu'nun güneybatı ucunda İzmir ile Antalya arasında yer alarak, doğal koyları, kumsalları ve neredeyse yıl boyunca konfor sağlayabilen deniz suyu sıcaklıklarıyla deniz turizmi için ideal bir bölgedir. Ancak, Datça kıyılarının çoğunda yüksek kıyı özelliklerinin gözlenmesi ve dar kıyı ovalarının mevcut olması, bu turizmin geniş plajlar yerine küçük koylarla sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Datça Yarımadası, Bodrum ve Marmaris'in arasında yer almasından ötürü yat turizmi için de önemli bir geçiş noktasıdır. Palamutbükü, Hayıtbükü, Knidos gibi limanları bu yatlar için uygun duraklar sunmaktadır. Yarımada, antik kalıntıları sayesinde kültürel turizm için de ilgi çekici bir bölgedir. Ayrıca, yarımadada korunan sit alanları, kıyıların bozulmadan korunmasına büyük katkıda bulunmaktadır. Yarımadada turizm gelişimi aynı zamanda ulaşım sistemlerini de etkilemekte olup bölgede karayolu ve deniz yolu ulaşımı önem arz etmektedir. Datça'nın Bodrum ve diğer büyük merkezlere karayolu bağlantısının zorluğu,

turizmin kara yolu kadar Bodrum ile Körmen Limanı arasındaki arabalı feribot ile sağlanan deniz yolu ulaşımıyla da gerçekleşmesine yol açmaktadır.

### 3.1.2.3. Kültürel özellikler

Datça'nın arkeolojik ve tarihi zenginliği göz önüne alındığında hem küresel hem de yerel kültürel özelliklerin sahip olması kültür turizmi uygulamalarına da fırsatlar yaratmaktadır. Bölgede ürün olarak alınan sığla yağı, kekik, adaçayı (*Salvia officinalis*), badem, zeytin gibi yerel ürünler de agroturizme de katkı sağlamaktadır (Taşlıgil 2008). Tüm bu doğal ve kültürel zenginliklere rağmen, Datça'ya uzun yıllar ulaşımın kısıtlı olması bölgenin mevcut turizm potansiyelinden yararlanmasına engel olurken, diğer yandan bu engel tarihi ve ekolojik zenginliklerin korunmasına ise katkıda bulunmuştur.

Datça'nın kültürel özellikleri ve demografik yapısı, tarihsel, coğrafi ve sosyoekonomik bağlamı tarafından önemli ölçüde şekillendirilmektedir. Tarihsel olarak, Datça zengin kültürel mirasa sahip bir bölge olup bu durum modern kültürel kimliğini etkilemeye devam etmektedir. Knidos Antik Kenti ile bilinen yarımada, yüzyıllar boyunca çeşitli medeniyetlerden kültürel etkiler görmüş bu da çeşitli ve zengin bir kültürel dokunun oluşmasına katkıda bulunmuştur.

### 3.1.3. Koruma Statüleri

Bölgedeki yoğun ve plansız yapılaşma ve bölgenin uğrayabileceği potansiyel ekolojik etkiler nedeniyle alan zorluklarla karşılaşmıştır. Bu durum bölge için çeşitli koruma tedbirleri alınması ile bölgenin milli park statüsüne yükselmesi çağrılarında da yol açmıştır. Datça ve Bozburun'daki orman alanı, 1999 yılında Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF) tarafından biyoçeşitlilik açısından Avrupa'daki en değerli ve acil koruma gerektiren 100 orman alanından biri olarak belirlenmiştir. Bu bölge, "Avrupa Ormanlarının Sıcak Noktaları"ndan (Hotspots of European Forests) biri olarak kabul edilmektedir. Datça-Bozburun, Reşadiye (Datça) Yarımadası ve Bozburun Yarımadası olmak üzere iki yarımadadan oluşmaktadır ve toplam 737 km<sup>2</sup>'lik deniz alanı ile Türkiye'nin Akdeniz kıyısındaki en büyük ÖÇKB'dir. ÖÇKB statüsüne sahip olması nedeniyle, yarımada, benzersiz ekosistemlerini ve habitatlarını korumayı amaçlayan belirli koruma önlemlerine tabidir (United Nations Development Program 2024).

Türkiye'nin de taraf olduğu Akdeniz Özel Koruma Alanlarına ilişkin protokol gereği Datça-Bozburun bölgesi 1990 yılında Bakanlar Kurulu tarafından ÖÇKB ilan edilmiştir (Güçlüsoy 2015). Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve zengin biyolojik mirasın gelecek nesillere aktarılması için bölge, sahip olduğu endemik flora/fauna, temiz havası ve arkeolojik değerleri nedeniyle koruma altına alınmıştır. Datça-Bozburun 1474 km<sup>2</sup>'lik kapladığı alanla, 4188 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümüne sahip Türkiye'deki 12 ÖÇKB'nin en büyüğüdür (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2024). ÖÇKB ilan edilmesi Datça'nın bölge halkına arazi kullanımı başta olmak üzere bazı kısıtlamalar getirmiştir. Ayrıca bölgede insan faaliyetlerine kapalı olan doğal sit ve arkeolojik sit alanları bulunmaktadır. Bunun dışında tarım ve orman alanları ayrılmış, bunların dışındaki alanlar ise belirli kısıtlamalarla kullanıma açık bırakılmıştır. Bölge özellikle ekolojik açıdan çeşitli arazi kullanımı ve arazi örtüsüne ev sahipliği yapmaktadır. Yıllarca korunmuş olması, ayrıca bu korunmanın yasa ve yönetmeliklerle desteklenmesi bölgedeki yeşil dokunun ekosistem servislerine önemli hizmetler sağladığını göstermektedir.

### 3.2. Veri Seti

Bu çalışma için temel veri setleri, InVEST kütüphanesi aracılığıyla sağlanan ekosistem servisi verilerinden ve Landsat 8 uydusundan elde edilen görüntülerden oluşmaktadır. Landsat 8 uydu görüntülerine, USGS Earth Explorer platformu üzerinden ücretsiz erişilmiştir. Bu görüntüler, geniş alanlarda detaylı arazi analizi için uygun olan 30 m x 30 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir ve çalışmada AK/AÖ değişikliklerini ve ekosistem servislerini izlemek için kullanılmıştır.

CBS analizleri için üç ana yazılım kullanılmıştır. ArcGIS Pro, karmaşık mekânsal analizler, yüksek düzeyde raster veri işleme, mekânsal istatistikler ve profesyonel düzeyde haritalama yetenekleri sağlaması amacıyla tercih edilmiştir. QGIS, kullanıcı dostu arayüzü ve modüler yapısı ile veri manipülasyonu ve görselleştirme işlemlerinde önemli bir rol oynamıştır. Bu platform, çeşitli CBS fonksiyonlarını destekleyen geniş bir eklenti ekosistemi sayesinde araştırma sürecinde esneklik sunmuştur. InVEST yazılımı, çalışmanın çevresel etki değerlendirme bölümünde kritik öneme sahip olan düzenleyici ekosistem servislerinin, özellikle karbon depolama gibi hizmetlerinin, nicel değerlendirmelerini modellemek için kullanılmıştır.

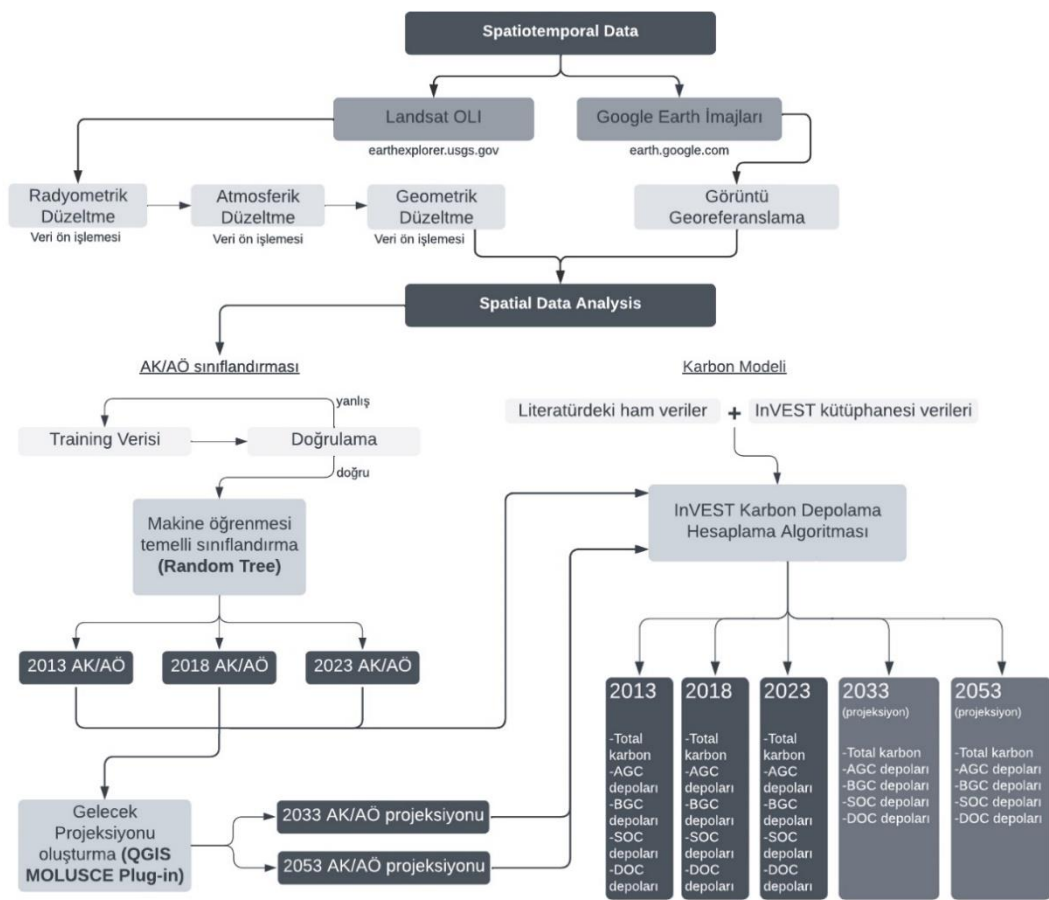
### 3.3. Yöntem

Çalışma, AK/AÖ değişimini belirlemek, bölgenin karbon tutma kapasitesini ölçmek ve bu kapsamda gelecek projeksiyonunu oluşturmak işlem adımlarını takip etmektedir. İlk aşamada, çalışma alanının AK/AÖ durumunu belirlemek, çalışılan yıllar arası farkları ortaya koymak ve gelecekteki potansiyel AK/AÖ değişim haritalarını oluşturmak işlemleri yürütülmüştür. Bu kapsamda Landsat 8 uydu verileri temin edildikten sonra ArcGIS Pro ve QGIS yazılımları kullanılarak verilerin atmosferik düzenlemeleri yapılmıştır. Ardından CORINE I. Düzey esas alınarak belirlenmiş 5 arazi örtüsü sınıfının hangi sınıflandırma algoritması uygulanarak sayısallaştırılacağı belirlenmiş ve sonrasında tüm yıllar için bu algoritma üzerinden yapılmış AÖ sınıfları doğruluk analizi ile kontrol edilmiştir. Çalışılan yıllara ait haritalar üzerinden AK/AÖ arasındaki değişimler sayısal değerler ile gösterilmiştir. Son olarak QGIS programında Cellular Automata (CA) ve Markov Zinciri Modeli kullanılarak 2033 ve 2053 yıllarına ait tahmini gelecek projeksiyonu haritaları oluşturulmuştur. Bu projeksiyon verileri arazi kullanımının potansiyel olarak nasıl değişebileceğine ışık tutmakta ve çalışmanın ikinci aşaması olan karbon tutumu kısmında da kullanılarak gelecekteki olası karbon tutumu değişimine de ışık tutmaktadır.

İkinci aşama, çalışma alanının karbon verilerine ulaşmayı hedeflemiştir. Datça'daki güncel AK/AÖ durumunun atmosferik karbon tutumu sürecindeki etkisinin hesaplanabilmesi için InVEST programının kullanılmasına karar verilmiştir. Konuyla ilgili ulaşılması gereken ham veriler, hektar (ha) başına tutulan karbon metrik tonajı ve bir önceki çalışma çıktısı sürecinde üretilmiş olunan AK/AÖ sınıflandırma haritalarıdır. Ham veri için pek çok kaynağın taranması sonrası, The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) veri havuzu üstünden temellenen ve çeşitli veri setleri ile doğrulanması yapılmış InVEST kütüphanesinin karbon tutumu verilerinin bu çalışma için yeterli doğrulukta olduğu görülmüş ve analizler için kullanılmasına karar verilmiştir. Programın içindeki "carbon" adlı işlem arayüzü seçilerek karbon tutumu tabloları, gelecek projeksiyonu yıllar dahil her yıla ait AK/AÖ bilgileri tek tek programa

işlenmiştir. InVEST'in çalıştırdığı işlem sonucunda 2013, 2018, 2023, 2033 ve 2053 yılları için toplam karbon tutumu haritasına ek olarak toprak üstü, toprak altı, toprak ve ölü organik maddenin karbon tutum haritaları üretilmiştir. Bu haritalar ArcGIS Pro yazılımı içindeki "Zonal Statistics as Table" aracı kullanılarak toplam ve hektar başına ortalama karbon tutumu değerleri tüm yılların tüm harita çıktıkları için sayısal olarak hesaplanmıştır. Ayrıca alanda hektar başına tutulan ortalama total karbonun yanında toprak altı, toprak üstü, toprak ve ölü organik madde ortalamaları da hesaplanmıştır.

Araştırmanın bu iki temel çıktısına ve bunların alt başlığı olarak bahsedilmiş adımlara Şekil 3.5'teki yöntem akış şemasında yer verilmiştir.



Şekil 3.5. Yöntem akış şeması

### 3.3.1. Veri toplama

Datça ilçesindeki AK/AÖ değişikliklerini beş yıllık dönemler üzerinden analiz etmek amacıyla 2013, 2018 ve 2023 yıllarına ait ve 30x30 m çözünürlüğe sahip Landsat

8 Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) uydu verileri temin edilmiştir. İlgili veri setleri ilgili yılların temmuz aylarına ait bulutsuz koşullar altında seçilmiş olup

-LC08\_L1TP\_180034\_20130730\_20200912\_02\_T1

-LC08\_L1TP\_180034\_20180712\_20200831\_02\_T1

-LC08\_L1TP\_180034\_20230710\_20230718\_02\_T1

isimleriyle belirtilen görüntülerden oluşmaktadır. Söz konusu veriler, açık erişimli USGS Earth Explorer web sitesi aracılığıyla elde edilmiştir. Landsat uydu verilerine ek olarak çalışma analizlerine altlık oluşturması için 12,5 metre uzamsal çözünürlüğe sahip ALOS PALSAR DEM verileri, Alaska Satellite Facility (ASF) Distributed Active Archive Center (DAAC) üzerinden temin edilmiştir. Sonrasında elde edilen uydu verileri, verilerin ön işleme aşaması için önce ArcGIS Pro yazılımına aktarılmıştır. Atmosferik düzeltme işlemlerine başlanmadan önce, radyometrik düzeltme işlemi için Landsat 8 verilerinin ham olarak kaydedildiği Digital Number (DNs) değerleri Top of Atmosphere (TOA) değerlerine dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm, aşağıdaki formül kullanılarak gerçekleştirilmiştir:

$$\text{TOA Yansıtma} = \sin(\text{Güneş Yüksekliği}) \times (\text{DN} \times \text{Çarpan Ölçeklendirme Faktörü} + \text{Eklemeli Ölçeklendirme Faktörü})$$

Bu dönüşümden sonra, QGIS'deki Semi-Automatic Classification Eklentisi (SCP) kullanılarak uydu görüntülerinin atmosferik düzeltilmesi yapılmıştır. SCP, Dark Object Subtraction (DOS) dahil olmak üzere çeşitli atmosferik düzeltme tekniklerini desteklemektedir. Bu çalışmada, ışık saçılmasından en az etkilenmiş olduğu varsayılan en karanlık pikselin kullanılması şeklinde basit bir yaklaşım sunan DOS yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem, tüm görüntüden sis ve atmosferik etkileri etkin bir şekilde gidermektedir. Atmosferik düzeltme işlemlerinin ardından geometrik düzenlemelerinin yapılabilmesi için veriler tekrar ArcGIS Pro yazılımına aktarılmıştır. Çalışmada coğrafi konumlandırmalarda kullanılan koordinat sistemi olarak, Dünya Jeodezik Sistemi 1984 (WGS 84) ve bu sisteme ait Evrensel Transvers Mercator (UTM) bölgesi 35N projeksiyonu, EPSG:32635 kodu ile tercih edilmiştir. Veri toplamanın son aşamasında görüntüler çalışma alanı sınırları doğrultusunda 20 km genişliğinde ve 20 km yüksekliğinde bir kare şeklinde kırılmıştır. Çalışma alanı sınırları, yaklaşık 150 km<sup>2</sup> bir kara parçasını ve Akdeniz ile Ege Denizi'nin bazı bölümlerini kapsayan 250 km<sup>2</sup> bir deniz parçasını içermektedir.

### 3.3.2. Sınıflandırma

Radyometrik, atmosferik ve geometrik düzeltmelerin tamamlanmasının ardından, çalışmanın ilk aşamasında, Datça ilçesindeki AK/AÖ durumunu değerlendirmek üzere, hangi sınıflandırma düzeylerinin ve sınıflarının esas alınacağı belirlenmiştir. Bu sınıflandırma düzeyleri ve sınıfları belirlemek, çalışmanın doğruluğunu artırma ve bölgeye özgü çevresel politikaların uygun şekilde geliştirilmesine katkıda bulunma potansiyeline sahip olmasından dolayı önemlidir. Bu bağlamda, CORINE programının sınıflandırma yapısı kullanılmıştır. Bu programın temel çıktılarından biri, arazi kullanımını Avrupa genelinde sınıflandıran CORINE Arazi Örtüsü envanteridir. Bu

sınıflandırma sistemi, CORINE Arazi Örtüsü (CLC) Düzey 1 ile başlamaktadır ve araziye "Yapay Yüzeyler", "Tarım Alanları", "Orman ve Yarı Doğal Alanlar", "Sulak Alanlar" ve "Su Kütleleri" olmak üzere beş ana kategoriye ayırmaktadır. Düzey 1, ekolojik değişikliklerin izlenmesini ve biyoçeşitliliğin korunmasını destekleyerek sürdürülebilir gelişime katkılarda bulunabilmektedir. Ancak, belirli bölgesel analizler ve çevresel değerlendirmeler açısından, "Çıplak Alanlar" sınıfının, genellikle Düzey 2'de değerlendirilen "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar" kategorisi altında yer almak yerine, Düzey 1'e doğrudan dâhil edilmesi büyük avantajlar sağlayabilmektedir. Bu sınıflandırma değişikliği, özellikle çıplak alanların bölgedeki önemli bir peyzaj özelliği olduğu durumlarda, bu alanların görünürlüğünü artırabilmektedir. Bu sınıflandırma, veri toplama ve işleme işlemlerini basitleştirebilmekte ve farklı bölgelerdeki benzer alanlarda yapılan çalışmalarla karşılaştırılmasını kolaylaştırabilmektedir. Ayrıca hem yerel hem küresel çevresel hedeflere uyumu artırarak arazi bozulmaları, erozyon ve çölleşme gibi sorunlara müdahaleleri iyileştirebilmektedir. Bu nedenle, Datça ilçesi için yapılan çalışmada CORINE Arazi Örtüsü Sınıflandırma Sisteminin birinci düzey kriterleri esas alınmış ve beş ana sınıf belirlenmiştir. Stratejik bir yaklaşımla, "Çıplak Alanlar" sınıfı, çalışma alanının arazi kullanımını tanımlayan kategorilerden biri olarak öne çıkarılmıştır. Diğer dört sınıf ise; "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar", "Yapay Yüzeyler", "Tarım Alanları" ve "Su Kütleleri" şeklinde sıralanmıştır. Bu sınıflandırma, bölgedeki arazi kullanımı ve çevresel dinamiklerin daha net anlaşılmasını ve daha iyi yönetilebilmesini sağlamak amacıyla yapılmıştır.

Sınıflandırma düzeyi ve sınıflarının belirlenmesini takiben yıllara ait AK/AÖ sınıflandırmalarının gerçekleştirilmesi aşamasında öncelikle hangi kontrollü sınıflandırma algoritmasının uygulanacağını seçimi yapılmıştır. Bu seçim kararı, 10 Temmuz 2023 Landsat 8 uydu görüntüsünde üç farklı algoritma kullanılarak sınıflandırma yapılması ile tespit edilmiştir. Bu süreçte öncelikle, 2023 tarihli uydu görüntüsünün sınıflandırılabilmesi için görüntünün bantları kullanılarak bir kompozit bant oluşturulmuştur. Ardından, bu kompozit bant üzerinde, CORINE'de belirlenen beş farklı sınıf için ayrı ayrı ve çok sayıda örnekleme bölgeleri tahsis edilmiştir. ArcGIS Pro yazılımında yer alan sınıflandırma analizi algoritmalarından, Random Tree (RT), Support Vector Machine (SVM) ve Maximum Likelihood (ML) algoritmaları en doğru piksel tabanlı kontrollü sınıflandırmanın tespit edilebilmesi için karşılaştırılmıştır. Önce uydu görüntüsüne oluşturulan örneklem bölgelerinden yararlanılarak her bir algoritma ayrı ayrı uygulanmış ve üç farklı sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Ardından doğruluk analizi için elde edilen görüntülere ArcGIS Pro'nun Accuracy Assesment Tool'u uygulanmış ve Confusion Matrix'leri oluşturulmuştur. Son olarak matrislere bakılarak en yüksek kappa değerini veren algoritma belirlenmiş ve çalışmanın ilerleyen aşamalarına bu kontrollü sınıflandırma algoritması ile devam edilmiştir.

Sınıflandırma algoritmasının belirlenmesini takiben 2013 ve 2018 yıllarının da AK/AÖ sınıflandırmasının yapılabilmesi için 2013 ve 2018 tarihli uydu görüntülerinin de bantları kullanılarak bir kompozit bant oluşturulmuştur. Ardından, bu kompozit bant üzerinde, "Çıplak Alanlar", "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar", "Yapay Yüzeyler", "Tarım Alanları" ve "Su Kütleleri" sınıflarına çok sayıda örnekleme bölgeleri tahsis edilmiştir. Ardından devam etme kararı alınan algoritma ile kontrollü sınıflandırma işlemleri yapılmıştır.

### 3.3.3. Doğruluk analizleri

Sınıflandırma sonuçlarının doğruluğunu teyit etmek kritik bir önem taşımaktadır. Bu nedenle, elde edilen AK/AÖ sınıflandırmalarının doğruluğu, kappa istatistiği kullanılarak yapılan doğruluk analizleri ile değerlendirilmiştir. Bu analiz sürecinde ArcGIS Pro'nun Doğruluk Değerlendirme Aracı (Accuracy Assesment Tool) kullanılmıştır. Bu araç ile başlangıçta, sınıflandırma sonrası doğruluk değerlendirmesi amacıyla rastgele örneklem noktaları oluşturulmuştur. Çalışma alanından rastgele seçilen her yıl için ayrı ayrı ve her sınıf için 100'er adet olmak üzere 500 nokta 2013, 2018 ve 2023 yıllarının temmuz ayına ait yüksek çözünürlüklü ve georeferanslandırılmış Google Earth Pro görüntülerine dayanarak sınıflandırılmıştır. Bunun ardından, bu referans noktaları, aynı konumdaki sınıflandırma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonrasında, elde edilen veriler kullanılarak Confusion Matrix'ler oluşturulmuş ve kappa değerleri hesaplanmıştır. Kappa istatistiğinin yüksek doğruluk vermesi durumunda çalışmanın AK/AÖ değişimleri analizleri ve gelecek projeksiyon analizlerine geçilmiştir.

### 3.3.4. AK/AÖ değişimi ve gelecek projeksiyonu

Datça ilçesindeki AK/AÖ değişikliklerini analiz etmek amacıyla, 2013, 2018 ve 2023 yıllarına ait AK/AÖ veri setleri ArcGIS Pro kullanılarak hazırlanmış ve aynı genişlik, çözünürlük ve koordinat referans sistemlerine sahip olarak QGIS arayüzü aracılığıyla Modules for Land Use Change Simulations (MOLUSCE) eklentisine aktarılmıştır. Analiz sürecinde, AK/AÖ değişikliklerini etkileyebilecek yükseklik, bakı ve eğim gibi çevresel faktörler de bu simülasyon analizi için eklentiye girilen raster katmanlarına dahil edilmiştir. MOLUSCE, iki dönem arasındaki arazi kullanım kategorileri arasındaki geçişleri belirlemek için bir çapraz çizelge matrisi oluşturarak her bir arazi kullanım kategorisinin zaman içindeki evrimini detaylı bir şekilde ortaya koymuştur. Bu analiz sonucunda, MOLUSCE gelecekteki AK/AÖ değişikliklerini tahmin etmek üzere CA ve Markov Zincir Modelini uygulamış ve böylece 2033 ve 2053 yıllarına ait tahmini gelecek projeksiyonları haritaları üretilmiştir.

Sonrasında, 2013-2023 yılları arasında Datça'nın AK/AÖ değişiminin zamansal ve mekânsal etkileri üzerine yapılan analizlerle, sınıfların ne yönde değişim gösterdiği ortaya konulmuş ve sonuçlar haritalandırılmıştır. Bu süreçte, geçmişten günümüze AK/AÖ değişikliklerinin nasıl evrildiği, gelecekte nasıl bir yönde ilerleyeceği ve bu değişimlerin iklim değişikliği ile olan etkileşimleri değerlendirilmiştir. Araştırmanın sonunda, elde edilen bulgular incelenmiş, gelecekteki değişiklikler için öneriler ve tahminler sunulmuştur.

Çalışmanın ikinci çıktısı olarak ekosistem servislerinin değerlendirilmesi ve haritalanmasındaki katkısı literatürde de gösterilmiş olan InVEST yazılımı kullanılmıştır. Bitkilerin karbon depolama kapasitesinin hesaplanmasında bu yazılım ve yazılım ile gelen sınıflandırma-karbon tutumu değerlerinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda düzenleyici ekosistem servisleri bileşenlerinden karbon tutumunun hesaplanması için InVEST gibi güncel ve açık kaynak kodlu yazılımlardan yararlanılmak hem literatüre katkı sağlamış hem de doğrulanabilirliği yüksek verileri efektif şekilde elde etmeye olanak sağlamıştır.

### 3.3.5. Karbon hesaplamaları

Çalışmanın ikinci çıktısı olarak, Datça bölgesi için ekosistem servislerinin değerlendirilmesi ve haritalanması amacıyla InVEST yazılımı kullanılmıştır. Datça bölgesinde AK/AÖ değişikliklerinin karbon tutumu üzerindeki etkisi InVEST modeli kullanarak değerlendirilmiştir. Karbon tutumu haritalarını elde etmek için gerekli olan başlıca veriler yüksek çözünürlüklü AK/AÖ haritaları ve her bir arazi örtüsü sınıfı için yaklaşık karbon stok değerlerini içermektedir. InVEST modelinin kullanılabilmesi için gerekli veri toplama, hazırlama aşamasına çalışmanın ilk çıktısından elde edilen 2013, 2018 ve 2023 yıllarına yüksek çözünürlüklü AK/AÖ haritaları sağlamıştır. Hektar başına yerüstü biyokütlesi, yeraltı biyokütlesi, toprak organik karbonu ve ölü organik madde için karbon stok verileri için literatür incelenmiş ve IPCC yönergeleri ile desteklemiş ve takibinde belirlenmiştir. InVEST ile gelen veri seti içerisinde 102 farklı kategoride verilmiş, her bir kategori için yer üstü, yer altı, toprak ve ölü organik madde karbon depolama değerlerine yer verilmiştir (Natural Capital Project 2005). Bu dahili veri seti içerisinde bulunan ve karbon depolama için kullanılması önerilen istatistikler temelde IPCC (2006), kapsayıcı global çalışmalar ve farklı biyomlarda yapılmış bölgesel çalışmalardan edinilmiştir. Yerel bitki örtüsü ve diğer karbon tutucu ve depolayıcı tüm faktörlerin incelenerek her çalışma alanı için özgün nitelikte sayısal değerlerle ilerlenmesi ideal olsa da birden fazla kaynağın ham sayısal değerlerinin incelenmesi de yüksek doğrulukta tahminlerin üretilebilmesini sağlayacaktır. Literatürde karbon depolama miktarları yer üstü (AGC), yer altı (BGC), toprak (SOC) ve ölü organik materyal (DOC) olmak üzere dört alt sınıfta incelenmektedir (International Panel on Climate Change 2006). Bölgedeki orman alanlarının karbon tutma başarısını doğru tahmin edebilmek için, içinde bulunulan ve literatürde "ecoregion" olarak tanımlanan iklim bölgesinin "Akdeniz ormanları, ağaçlık alanları ve çalılıkları" olarak doğru şekilde belirlenmiş olduğu ve kayıtlı 14 biyom arasında en küçüklerinden biri olduğu tespit edilmiştir (Olson vd. 2001).

Dünyada Datça'daki durumun benzeri orman yoğunluklu ekosistemlerin total karbon depolama değerleri bu çalışmalardaki veriler üzerinden izlendiğinde hektar başına 60 ile 400 ton arasında değişebildikleri görülmüştür. Bazı ekosistemlerde çeşitli faktörlere bağlı olarak  $36 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  seviyesine kadar düşebilmektedir. Bu düşüş ya da artış, ekosistem içerisindeki türlerin çeşitleri, yaşları, sağlık durumları, biyoçeşitlilik miktarı ve diğer uyum faktörleri ile ekosistemin genel dengesi ile kökten ilişkilidir (Stephenson vd. 2014; Köhl vd. 2017). Tüm bu bilgiler ışığında InVEST yazılımı ile servis edilmiş veri seti kütüphanelerinin karbon depolama ham değerlerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

InVEST karbon depolama verilerini aşağıdaki belirtilen şekilde istemektedir:

lucode (sıralı sayı): AK/AÖ raster dosyasının her bir klasifikasyon için sıralı kod.

1. c\_above (diğer adıyla AGC, birim: metrik ton/ha): Yer üstü biyokütle için karbon yoğunluğu.

2. c\_below (diğer adıyla BGC, birim: metrik ton/ha): Yer altı biyokütle için karbon yoğunluğu.

3. c\_soil (diğer adıyla SOC, birim: metrik ton/ha): Toprak için ortalama karbon yoğunluğu.

4. c\_dead (diğer adıyla DOC, birim: metrik ton/ha): Ölü biyokütle için karbon yoğunluğu.

Bu değerler için yaygın kullanımda metrik ton yerine aynı metrik değere sahip megagram (Mg) biriminin kullanıldığı görülmektedir. Goldstein vd. (2012) çalışmasında, çok yoğun kentsel mesken gibi fonksiyonlarda kullanılan bölgelerdeki toprağın karbon depolama değerleri sıfır olarak kabul edilmektedir. Bu alanlar için InVEST'in sağladığı değerler yer üstü için 0 ila 15 Mg/ha, yer altı için 0 ila 10 Mg/ha, toprak için 0 ila 60 Mg/ha ve ölü organik madde karbon depolaması için 0 ila 1 Mg/ha olarak verilmiştir. Datça özelinde bu alanların yoğunluğu dönüm başına yaklaşık 6 ünite yerleşke olarak hesaplanmış ve yerleşim alanları içinde kalan yüksek ağaç popülasyonlarının olduğu bölgeleri de hesaba katarak AGC, BGC, SOC ve DOC değerleri sırasıyla 3 Mg/ha, 2 Mg/ha, 5 Mg/ha ve 0 Mg/ha olarak baz alınmıştır. Datça bölgesinin üst orman bitki örtüsü ağırlıklı olarak ciddi bir genetik çeşitliliği içinde barındıran kızılçam popülasyonlarından oluşur. Çalışma alanının özellikle kuzeydoğu, kuzeybatı ve güneybatı yönlerinde kümelenmiş kızılçam ormanlarına ek olarak alt doku olarak da yer yer makilikler mevcuttur. Kızılçam, 25 metre boylanabilen ve 80-90 yıl kadar yaşayan bir çam türüdür. Datça orman üst ağaç tabakası ile ilgili incelemede ortalama 11 ila 14 metre boylu ve 30 ila 48 yaşındaki ağaçlardan oluşan kızılçam ormanlarının en yoğun bitki örtüsü olduğu gösterilmiştir (Kantarıcı 1990). Bu bağlamda InVEST kütüphanesi içinden "Forest closed conifer 21-40 yrs" ve "Forest closed conifer 41-60 yrs" verilerinin ortalamaları üzerinden gidilmiş ve AGC, BGC, SOC ve DOC için sırasıyla 126 Mg/ha, 85 Mg/ha, 105 Mg/ha ve 40 Mg/ha değerleri üzerinden analiz yapılmıştır. Alanda çıplak alan olarak sınıflandırılmış bölgelerde yapılan detaylı analiz sonucu buralarda garig ve maki örtüsünden seyrek bir bitki yaşamının da yer yer devam ettiği görülmüş ve AGC, BGC, SOC ve DOC için sırasıyla 5 Mg/ha, 5 Mg/ha, 10 Mg/ha ve 0 Mg/ha değerleri alınmıştır. Çoğunlukla, bahçecilik ve bağcılık gibi faaliyetler ile badem ve zeytin gibi ürünler için ve yer yer de dönüşümlü ekim amacıyla kullanılan tarım arazileri özelinde ise InVEST kütüphanesinin "Irrigated annual crop rotation", "Nursery" ve "Berries & Vineyards" veri setleri kullanılmıştır. AGC, BGC, SOC ve DOC değerleri sırasıyla 7 Mg/ha, 5 Mg/ha, 65 Mg/ha ve 1 Mg/ha olarak belirlenmiştir. Tüm bu değerlere Çizelge 3.1'de yer verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Karbon depolama hesaplamaları için kullanılan ham veriler (Mg/ha)

lucode	AK/AÖ Sınıfı	AGC	BGC	SOC	DOC
0	Çıplak Alanlar	5	5	10	0
1	Su Kütleleri	0	0	0	0
2	Yapay Yüzeyler	3	2	5	0
3	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	126	85	105	40
4	Tarım Alanları	7	5	65	1

InVEST karbon modeli, AK/AÖ değişikliklerinin karbon tutumu kapasiteleri üzerindeki potansiyel etkisini analiz edecek şekilde yapılandırılmıştır. Modelin kurulumu sırasında, tüm giriş verileri uyumlu mekânsal çözünürlüklerde raster dosyaları olarak düzenlenmiş, böylece doğru üst üste binme ve analizler sağlanmıştır. Ardından, belirlenen karbon depolama verileri bu verilere eklenerek model çalıştırılmıştır. Model karbon depolama hesaplamasını, her bir AK/AÖ sınıfı için yerüstü, yeraltı, toprak ve ölü organik maddelerdeki karbon yoğunluk değerlerinin çarpılması ve bu değerlerin toplanmasıyla piksel başına toplam karbon stokunun belirlenmesi şeklinde gerçekleştirmiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında, model 2013, 2018, 2023, 2033 ve 2053 yılları arasında olası AK/AÖ değişikliklerini gösteren geçiş matrislerini uygulayarak karbon depolamasındaki değişiklikleri öngörmüş ve böylece çeşitli arazi kullanımı senaryoları altında gelecekteki karbon dinamiklerini tahmin etmiştir.

Farklı biyomlar çalışılarak yapılmış dünya genelinde araştırmalardan alınan veri seti ortalamaları doğrultusunda, Food and Agriculture Organization (FAO) (2012) tarafından derlenmiş toprak üstü ve toprak altı karbon tutucu elemanlar için sayısal değerlerin nitel bağlamlarına Çizelge 3.2’de yer verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Toprak üstü ve toprak altı karbon tutucu elemanlar için değer aralıkları (FAO (2012)'deki bilgiler referans alınmıştır).

TOPRAK ÜSTÜ	TOPRAK ALTI	DEĞER
<15 Mg/ha	<10 Mg/ha	Çok düşük
15-40 Mg/ha	10-30 Mg/ha	Düşük
15-40 Mg/ha	30-50 Mg/ha	Orta
40-140 Mg/ha	50-70 Mg/ha	Yüksek
>140 Mg/ha	>70 Mg/ha	Çok yüksek

Toprak üstü ve toprak altı biyokütle karbon depolama değerlerinin, alınan sonuç değerlerin yüksek bir oranından sorumlu olduğu, bunun çok büyük bir çoğunluğunun da orman alanları katkısıyla olduğu görülmüştür. Datça örneği için orman alanlarının karbon döngüsü bağlamındaki önemi vurgulanmıştır. Tarım arazileri değerlendirmesi özelinde farklılık görülmekte ve baskın karbon tutumu kategorisi bu kez toprağın kendi karbon tutumu değerleri olmaktadır. Bu durum literatürdeki diğer çalışmaların kullandıkları ham veriler ve sonuç çıktılar ile de paralellik göstermektedir. Çeşitli çalışmalar, gelecekteki kentsel genişlemenin bölgesel karbon depolama üzerindeki olası etkilerini değerlendirmek için kentsel genişleme modelleri ile karbon depolama modellerini ilişkilendirmeye yönelik girişimlerde bulunmaktadır (Schaldach ve Alcamo 2007; Sohl vd. 2012).

### 3.3.6. Değerlendirme

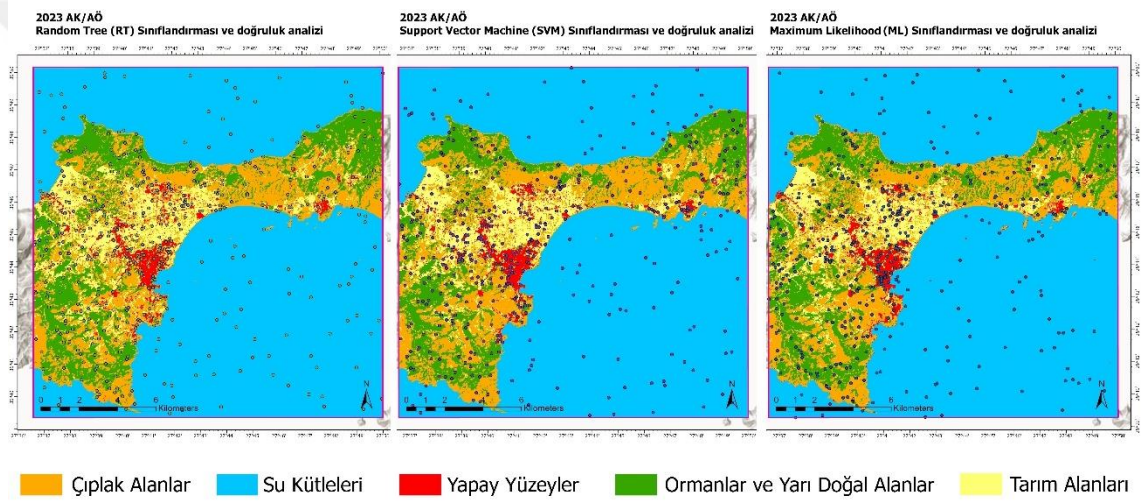
Son aşama olarak elde edilen çıktılar, ArcGIS Pro'nun "Zonal Statistics as Table" aracı kullanılarak işlenmiş ve detaylı haritalar ile tablo verileri üretilmiştir. Bu çıktılar, hektar başına karbon stokları ve zaman içindeki değişiklikler üzerine kapsamlı mekânsal ve nicel analizler sağlamıştır. AK/AÖ değişikliklerinin karbon depolama üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde değerlendirilmiş ve bölgesel arazi politika kararları için değerli bilgiler sunulmaya çalışılmıştır.

## 4. BULGULAR

Çalışmada elde edilen bulgular AK/AÖ sınıflandırması ve AK/AÖ gelecek projeksiyonu, AK/AÖ değişimi ile karbon tutumu ve karbon tutumu gelecek projeksiyonu olmak üzere üç alt başlıkta incelenmiş ve aşağıda sunulmuştur.

### 4.1. AK/AÖ Sınıflandırması ve AK/AÖ Gelecek Projeksiyonu

10 Temmuz 2023 tarihinde alınan Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak çeşitli arazi kullanım tipleri için toplam 1826 örneklem atanmıştır. Örneklem sayıları; su kütleleri için 331, orman ve yarı doğal alanlar için 363, tarım alanları için 374, çıplak alanlar için 601 ve yapay yüzeyler için 157 adettir. Bu örneklem noktalarından yararlanılarak en yüksek doğruluğu veren piksel tabanlı kontrollü sınıflandırmanın yapılması için ArcGIS Pro yazılımı içindeki sınıflandırma analizi algoritmalarından, RT, SVM ve ML karşılaştırma amaçlı kullanılmıştır (Şekil 4.1).



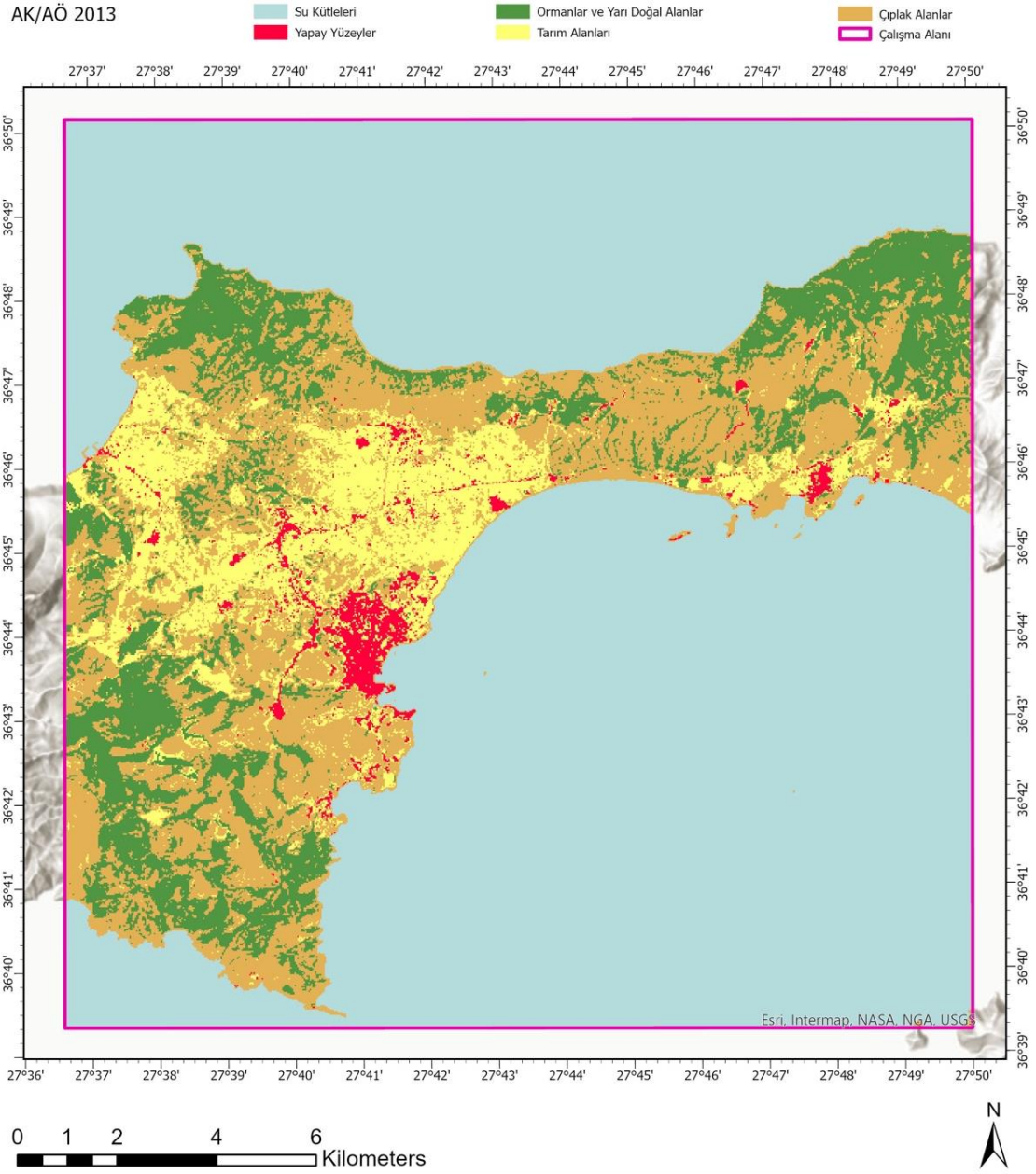
**Şekil 4.1.** RT, SVM ve ML algoritmaları kullanılarak yapılan AK/AÖ sınıflandırmalarının karşılaştırmalı analizi

Bu algoritmaların her birinin performansı, kappa değeri ile ölçülmüştür. Buna göre sonuçlar; RT için 0,87, SVM için 0,8575 ve ML için 0,765 olarak bulunmuştur. Sonuçlara göre en yüksek doğruluk oranının RT sınıflandırma algoritması tarafından sağlandığı görülmüştür. Buna dayanarak, çalışmanın ilerleyen aşamalarında AK/AÖ sınıflandırma analizleri bu algoritma kullanılarak devam ettirilmiştir. Elde edilen sonuçların detayları Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. RT, SVM ve ML algoritmalarının kappa istatistikleri

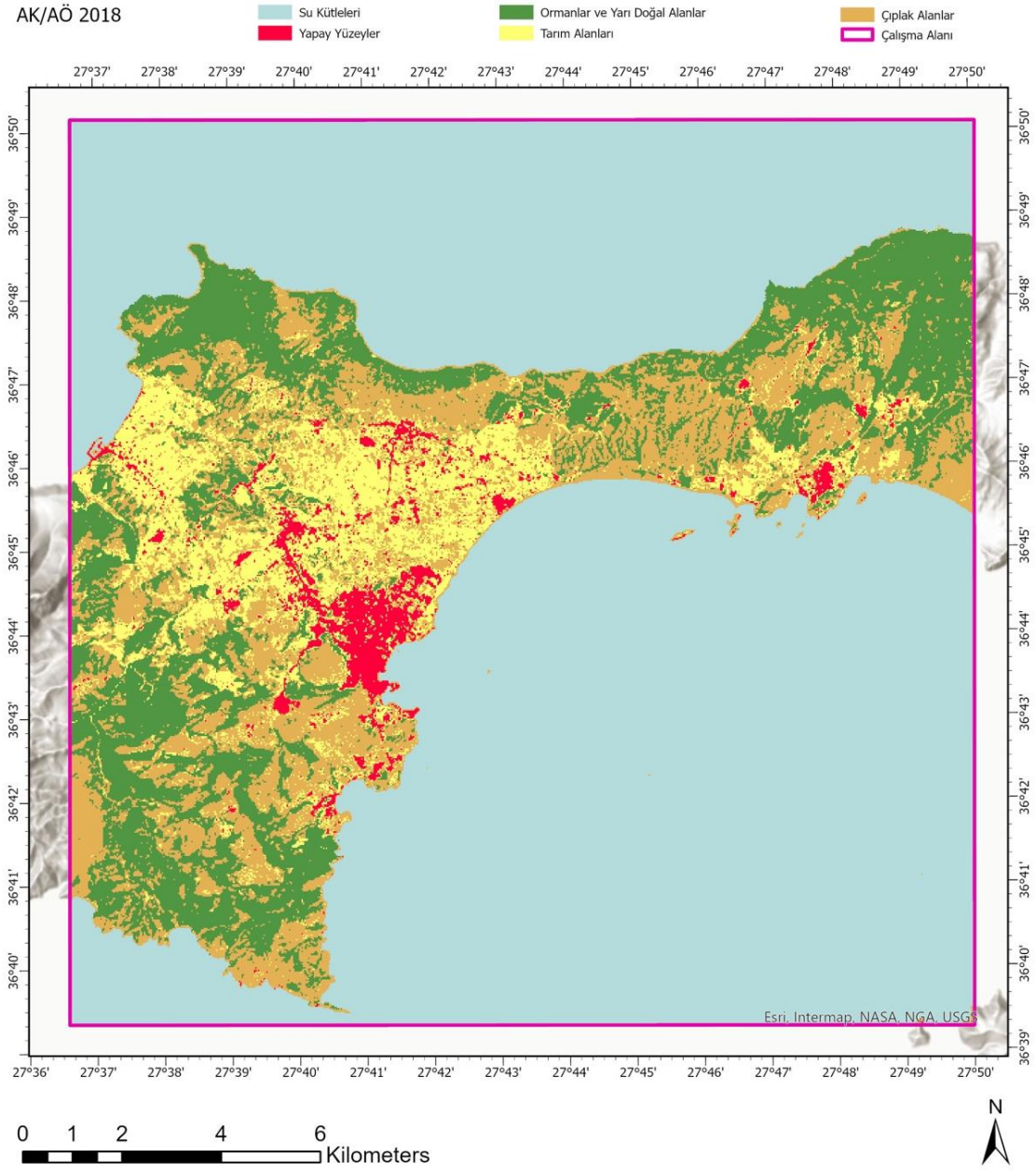
Sınıf Adı	Çıplak Alanlar	Su Kütleleri	Yapay Yüzeyler	Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	Tarım Alanları	Total	U_Accuracy	Kappa	
Random Tree (RT) sınıflandırması (2023)	Çıplak Alanlar	88	1	0	1	10	100	0,88	0
	Su Kütleleri	0	100	0	0	0	100	1	0
	Yapay Yüzeyler	9	0	85	0	6	100	0,85	0
	Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	0	0	0	100	0	100	1	0
	Tarım Alanları	25	0	0	0	75	100	0,75	0
	Total	122	101	85	101	91	500	0	0
	P_Accuracy	0,72	0,99	1,00	0,99	0,82	0,00	0,90	0
	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0,87
Support Vector Machine (SVM) sınıflandırması (2023)	Çıplak Alanlar	81	0	0	9	10	100	0,81	0
	Su Kütleleri	0	100	0	0	0	100	1	0
	Yapay Yüzeyler	8	0	87	0	5	100	0,87	0
	Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	5	0	0	95	0	100	0,95	0
	Tarım Alanları	18	0	1	1	80	100	0,8	0
	Total	112	100	88	105	95	500	0	0
	P_Accuracy	0,72	1,00	0,99	0,90	0,84	0,00	0,89	0
	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0,8575
Maximum Likelihood (ML) sınıflandırması (2023)	Çıplak Alanlar	72	2	0	13	13	100	0,72	0
	Su Kütleleri	0	100	0	0	0	100	1	0
	Yapay Yüzeyler	13	1	74	1	11	100	0,74	0
	Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	14	0	0	86	0	100	0,86	0
	Tarım Alanları	23	0	1	2	74	100	0,74	0
	Total	122	103	75	102	98	500	0	0
	P_Accuracy	0,59	0,97	0,99	0,84	0,76	0,00	0,81	0,00
	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0,765

Sınıflandırma algoritması olarak RT belirlendikten sonra, bu algoritma 2013 ve 2018 yıllarına ait oluşturulan örneklem noktalarına uygulanmış ve bu yıllar için de kontrollü sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Elde edilen AK/AÖ sınıflandırma sonuçları, çalışma alanı için önceden belirlenmiş olan 2013, 2018 ve 2023 yıllarına ilişkin AK/AÖ haritalamaları ile aşağıda sunulmuştur. Bu süreç, belirlenen yıllarda arazi kullanımı ve örtüsünün nasıl değiştiğini görsel ve nicel olarak değerlendirmeyi sağlamaktadır.



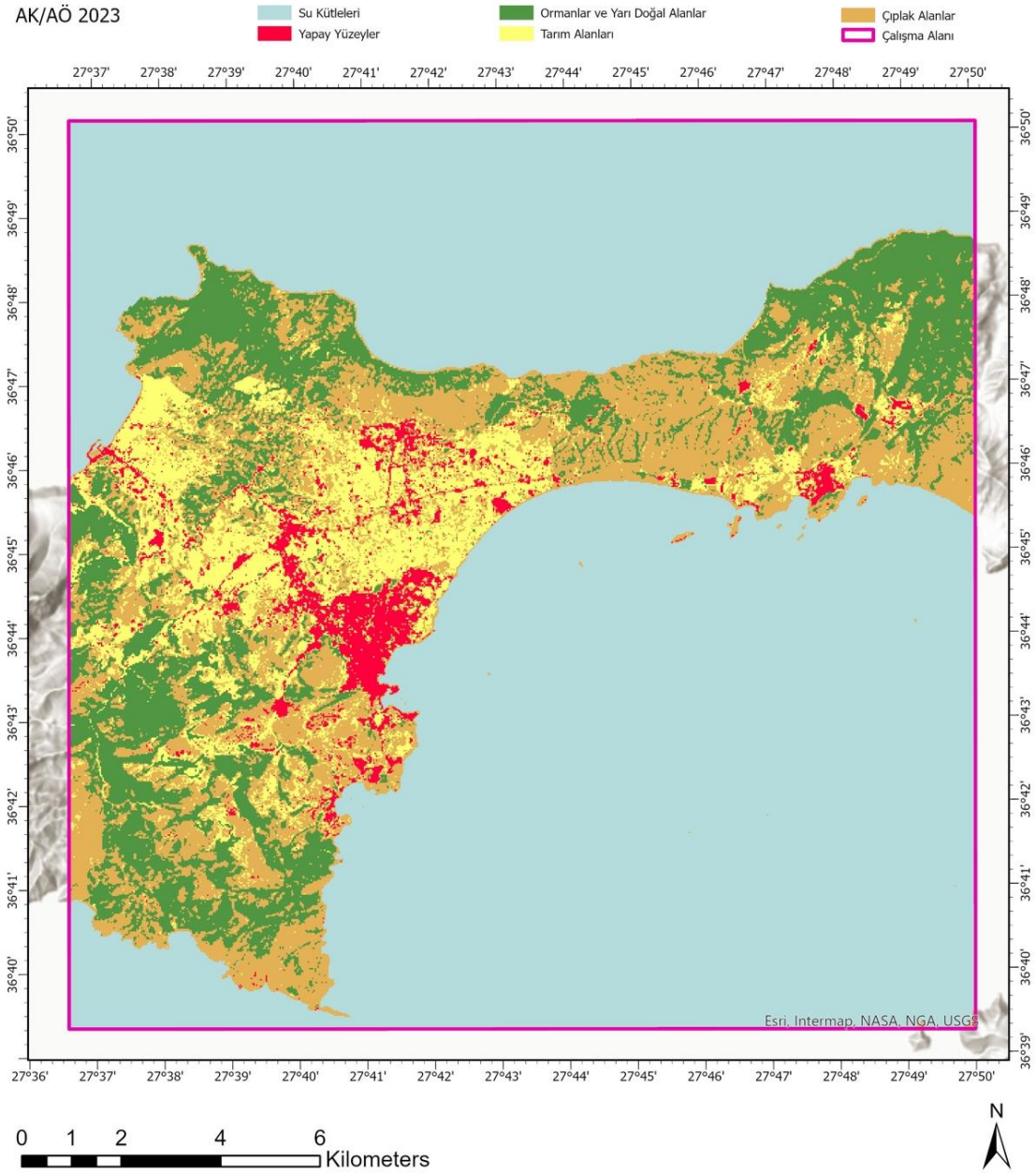
**Şekil 4.2.** Çalışma alanı 2013 yılı AK/AÖ haritası

Şekil 4.2’de görüldüğü üzere 2013 yılına ait Landsat 8 verisi kullanılarak çıkarılmış AK/AÖ haritasında; "Su Kütleleri" 25005 ha, "Çıplak Alanlar" 7259 ha, "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar" 4143 ha, "Tarım Alanları" 3099 ha ve "Yapay Yüzeyley" 534 ha alan kaplamaktadır.



**Şekil 4.3.** Çalışma alanı 2018 yılı AK/AÖ haritası

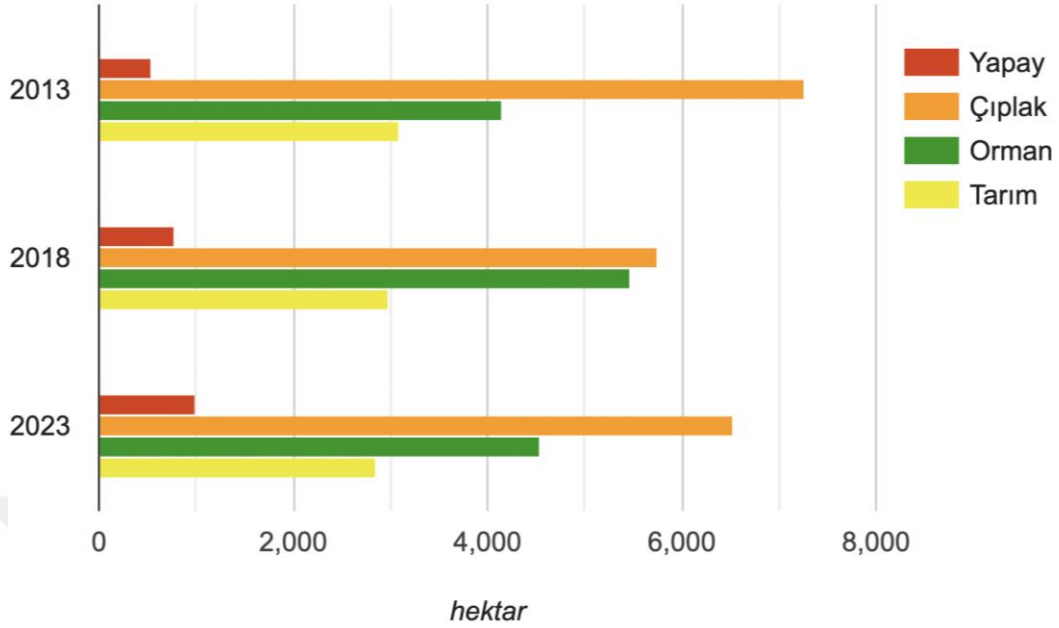
Şekil 4.3'te ise; "Su Kütleleri" 25056 ha, "Çıplak Alanlar" 5752 ha, "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar" 5474 ha, "Tarım Alanları" 2974 ha ve "Yapay Yüzeyleyler" 784 ha, alan kaplamaktadır.



**Şekil 4.4.** Çalışma alanı 2023 yılı AK/AÖ haritası

Şekil 4.4'teki AK/AÖ haritasında; "Su Kütleleri" 24994 ha, "Çıplak Alanlar" 6540 ha, "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar" 4548 ha, "Tarım Alanları" 2849 ha ve "Yapay Yüzeyler" 1005 ha alan kaplamaktadır.

2013, 2018 ve 2023 yıllarına ilişkin AK/AÖ sınıflarının toplam alanlarını detaylı bir şekilde karşılaştıran grafikler Şekil 4.5'te verilmiştir. Bu grafikler, belirtilen yıllar arasında her bir sınıfın alansal değişimlerini ve zaman içerisindeki eğilimlerini görsel ve sayısal olarak analiz etmek amacıyla hazırlanmıştır.



**Şekil 4.5.** 2013, 2018 ve 2023 yılları için AK/AÖ sınıflarına ait toplam alan grafikleri

Arazi kullanımı ve arazi örtüsünün sınıflandırma değerlerinin birbirinden farklı oranlarda olmak üzere yıllar içerisinde değiştiği görülmektedir. Buna göre 2013'ten 2018'e kadar "Çıplak Alanlar" %20,7 azalmış, "Yapay Yüzeyle" %46,7 artmış, "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar" %32 büyümüş ve "Tarım Alanları" %4 küçülmüştür.

2018'den 2023'e kadarki süreçte "Çıplak Alanlar" %14 artmış, "Yapay Yüzeyle" %28 artmış, "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar" %17 azalmış ve "Tarım Alanları" %4 azalmıştır.

10 yıllık 2013-2023 karşılaştırmasında ise "Çıplak Alanlar" %9,8 azalmış, "Yapay Yüzeyle" %88 artmış, "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar" %9,7 artmış ve "Tarım Alanları" %8 azalmıştır.

"Yapay Yüzeyle" Datça özelinde genellikle kentleşmiş bölgenin okunmasını sağlayacak bir sınıflandırma grubunu oluşturmaktadır. Analiz sonucunda kentsel alanların genelde homojen bir şekilde yakın çevresine doğru yayıldığı görülmüştür. Özellikle Datça İskele Mahallesi (merkez) tarafındaki yerleşim, en yoğun güneybatı ve kuzeydoğu yönlerine doğru olmak üzere her yöne doğru genişleme göstermiştir.

Sınıflandırmaya "Ormanlar ve Yarı-Doğal Alanlar" olarak dahil olmuş alanların, orman dokusu haricinde yoğun şekilde maki ve garig gibi bir tür çeşitliliğini içinde barındırmakta olduğunu ihmal etmemek önemlidir. Bu garigler seyrek dokuları ve fiziksel boyutlarının küçük olması sebebiyle veri analizi sürecinde sapmalara yol açabilmektedirler. Yer yer çıplak toprak, yer yer orman dokusunun içerisinde

sınıflandırılmış olmaları, çalışmanın yüksek doğruluk analizi sonuçlarına rağmen, belli oranda mümkündür. İkisi de %10'lara ulaşan toplam "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar" ve "Çıplak Alanlar" değişiminde (2013-2023 arası) bu durumun da payı olması mümkündür.

2018 ve 2023 yılları arasında kalan ve alan sınırları içerisine giren pek çok orman yangını, bu aralıktaki orman dokusunun minimal tahribatını açıklayabilir. Bunun yanında iklimdeki değişiklikler ve özellikle de mevsim normalleri üstündeki kuraklık, bitkilerin su stresine girmesine yol açabileceğinden dolayı verilerde düşüş yönünde çarpıklığa sebep olmuş olabilir. 2013 ve 2023 yılları arasındaki toplam 10 yıllık süre zarfında ormanların kapladığı alanın pozitif bir değişim eğiminde kalmış olması büyümekte olan bu turizm alanı için umut vericidir.

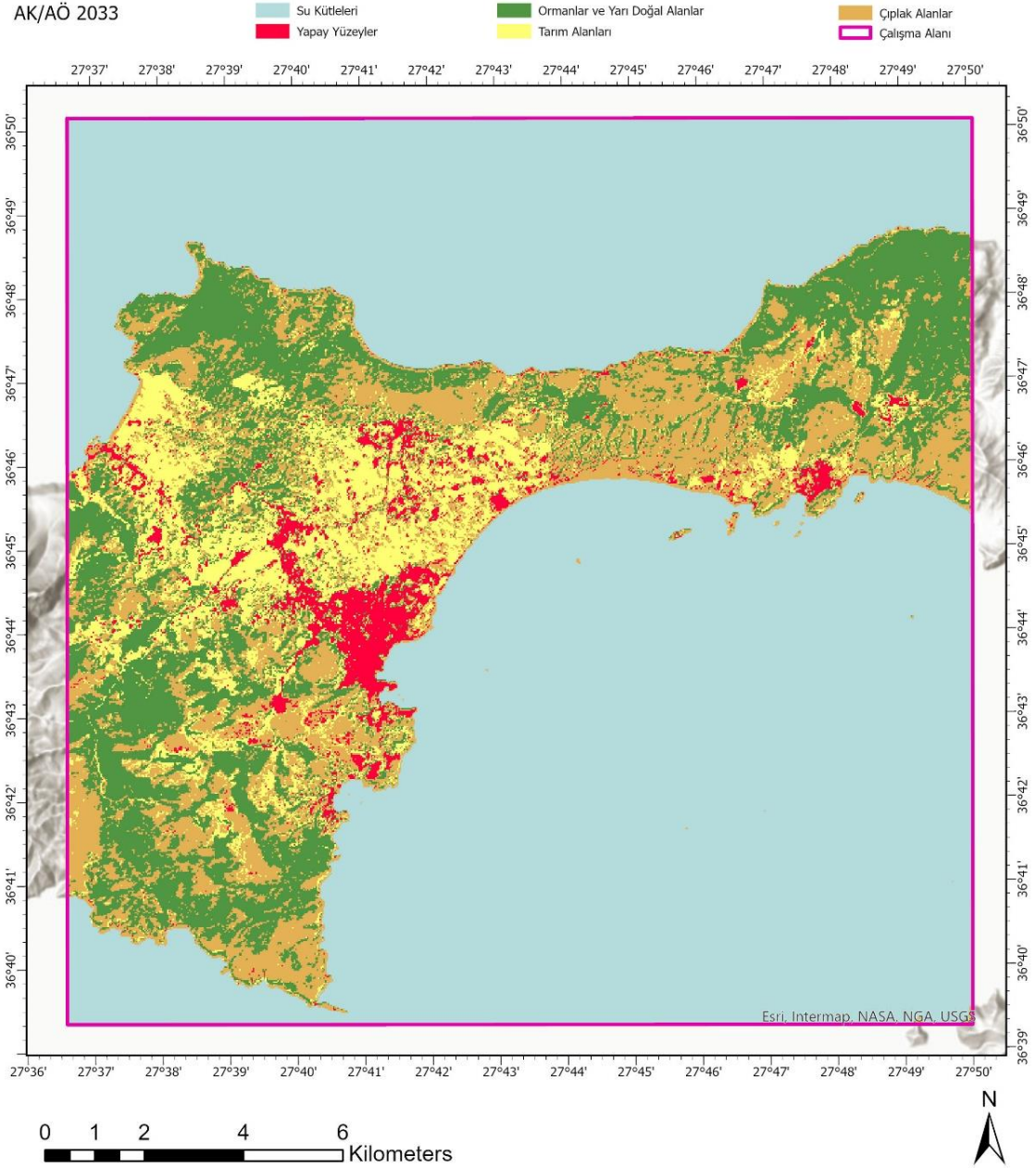
Adrese kayıtlı nüfus kayıt sistemi bilgilerine dayanarak alan sınırları içerisinde kalan mahallelerde ve köylerde (Datça merkez, Reşadiye, Emecik, Kızlan, Karaköy, Hızırşah) 2013, 2018 ve 2023 yılları için sırasıyla 14908, 17479 ve 21844 kişinin barındığı bildirilmiştir (TUIK, 2024). 2013-2018 ve 2018-2023 yılları arasında sırasıyla %17 ve %25 bir nüfus artışı izlenmiştir. Bu nüfusun taşınması için kentsel arazi kullanımının bu yıl aralıklarında sırasıyla yaklaşık %46,7 ve %28,2 artış gösterdiği düşünülürse çok katlı binaların yapımına ağırlık verilmiş olmasının olası olduğu söylenebilir. Bu durum yapı morfolojisini değiştirme tehlikesi taşımaktadır. Bunun yanında mesken olmayan; ticari binalar, hastane, otel, okul ve rekreasyonel faaliyetlerin gerçekleştirildiği yapılardaki artış, istihdam fırsatlarının bir göstergesi olup alan sınırlarına göç alımının önünü açabilecek olması açısından yeni bir risk faktörü olarak değerlendirilebilir.

**Çizelge 4.2.** AK/AÖ sınıflandırmaları için 2013, 2018 ve 2023 yıllarına ait doğruluk matrisleri

Sınıf Adı	Çıplak Alanlar	Su Kütleleri	Yapay Yüzeyle	Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	Tarım Alanları	Total	U_Accuracy	Kappa	2013 AK/AÖ sınıflandırması doğruluk analizi (RT)
Çıplak Alanlar	95	2	0	0	3	100	0,95	0	
Su Kütleleri	0	100	0	0	0	100	1	0	
Yapay Yüzeyle	4	0	94	0	2	100	0,94	0	
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	1	0	0	99	0	100	0,99	0	
Tarım Alanları	12	0	0	0	88	100	0,88	0	
Total	112	102	94	99	93	500	0	0	
P_Accuracy	0,848214	0,980392	1	1	0,946237	0	0,952	0	
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0,94	
Sınıf Adı	Çıplak Alanlar	Su Kütleleri	Yapay Yüzeyle	Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	Tarım Alanları	Total	U_Accuracy	Kappa	
Çıplak Alanlar	94	0	0	0	6	100	0,94	0	
Su Kütleleri	0	100	0	0	0	100	1	0	
Yapay Yüzeyle	8	0	89	0	3	100	0,89	0	
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	0	0	0	100	0	100	1	0	
Tarım Alanları	15	0	0	0	85	100	0,85	0	
Total	117	100	89	100	94	500	0	0	
P_Accuracy	0,803419	1	1	1	0,904255	0	0,936	0	
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0,92	
Sınıf Adı	Çıplak Alanlar	Su Kütleleri	Yapay Yüzeyle	Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	Tarım Alanları	Total	U_Accuracy	Kappa	2023 AK/AÖ sınıflandırması doğruluk analizi (RT)
Çıplak Alanlar	88	1	0	1	10	100	0,88	0	
Su Kütleleri	0	100	0	0	0	100	1	0	
Yapay Yüzeyle	9	0	85	0	6	100	0,85	0	
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	0	0	0	100	0	100	1	0	
Tarım Alanları	25	0	0	0	75	100	0,75	0	
Total	122	101	85	101	91	500	0	0	
P_Accuracy	0,721311	0,990099	1	0,990099	0,824176	0	0,896	0	
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0,87	

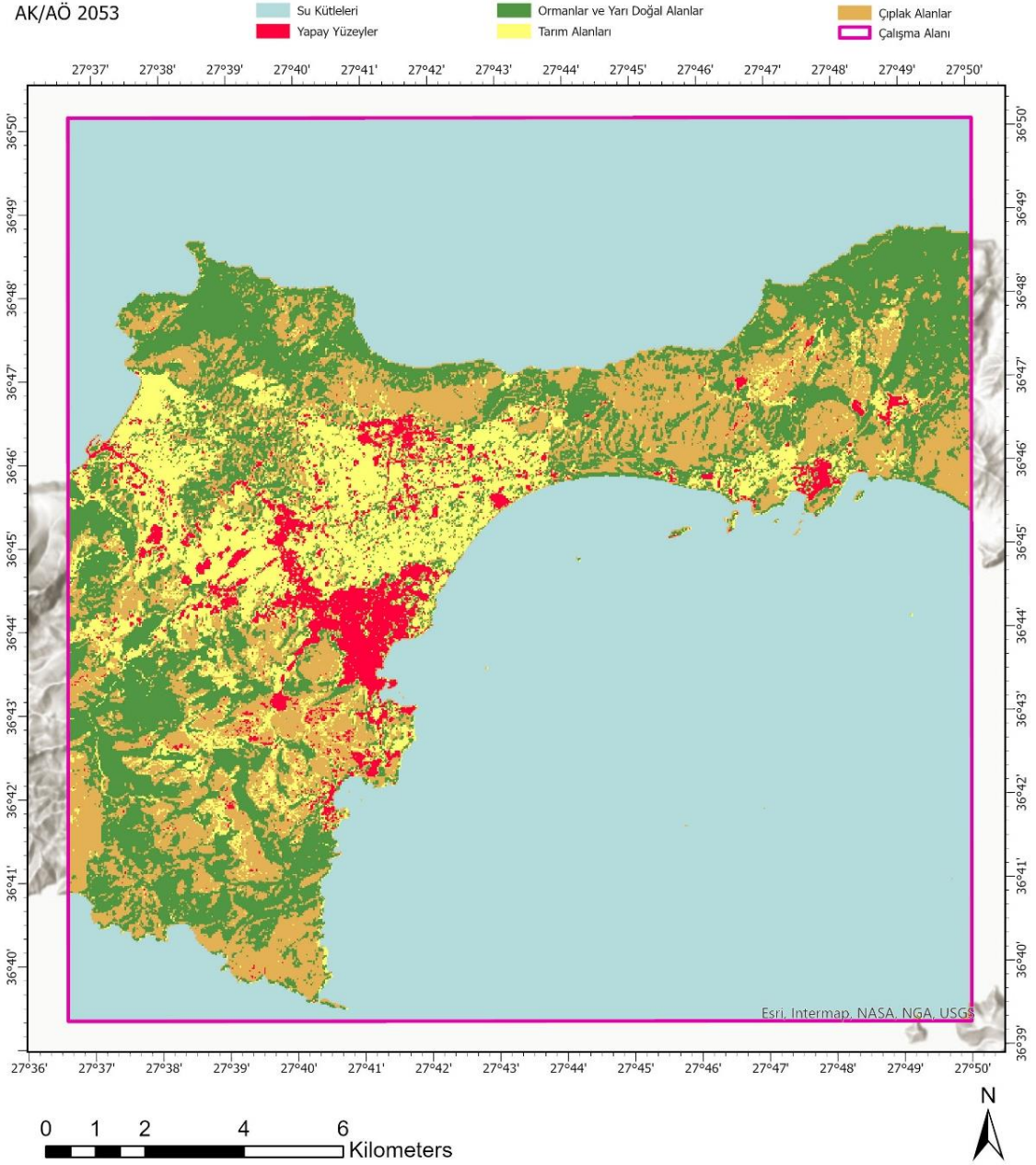
Kappa istatistiği, özellikle sınıflandırmaların kategorik olduğu durumlarda, sınıflandırma ve istatistiksel modellerdeki doğruluğu değerlendirmek için kullanılan bir ölçümdür. Bu istatistik, gözlemlendiğimiz doğruluğu, rastlantısal olarak beklenen ile kıyaslamaktadır. Genel bir kabul olarak, 0.60 üzeri kappa değerleri iyi olarak değerlendirilmektedir. Özellikle, 0.80 ve üzerindeki değerler oldukça olumlu olarak değerlendirilmekte ve bu değerler, sınıflandırma sürecinin yüksek doğrulukla gerçekleştiğini göstermektedir. 0.81 ile 0.99 arasındaki değerler ise neredeyse mükemmel bir uyumu temsil etmektedir (Landis ve Koch 1977). Buna göre çalışmada, Çizelge 4.2'de gösterildiği üzere, beşer yıllık periyotlarla yapılan AK/AÖ sınıflandırmaları 2013 yılı için 0,94, 2018 yılı için 0,92 ve 2023 yılı için 0,87 kappa katsayıları ile gerçekleştirilmiştir. Tüm doğruluk analizlerinin genel kabul gören 0,80 eşik değerini tutarlı bir şekilde aşarak yüksek uyumu ve doğruluğu işaret ettiği görülmüştür. Bu bağlamda çalışmanın ilerleyişinde bu haritaların kaynak oluşturması ile oluşturulacak AK/AÖ tahmini gelecek projeksiyon analizlerine devam edilmiştir.

QGIS yazılımı üzerinde çalışan MOLUSCE Plug-in'i ile bir gelecek projeksiyonu üretilmiştir. 2033 ve 2053 yıllarına ait tahmini gelecek projeksiyonu haritaları, 2013, 2018 ve 2023 verilerinde olduğu gibi 5 farklı sınıfa ayrılmış ve Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de verilmiştir.



**Şekil 4.6.** 2033 yılı gelecek projeksiyonu AK/AÖ

2023-2033-2053 zaman aralıklarında AK/AÖ değişim tahminleri doğrusal bir ivme göstermektedir. 2023-2033 sürecinde kapladıkları alanların artmakta ya da azalmakta olduğu görülen sınıfların, 2033-2053 yılları arasında da genel olarak değişim ivmelerini koruma eğiliminde oldukları görülmektedir.

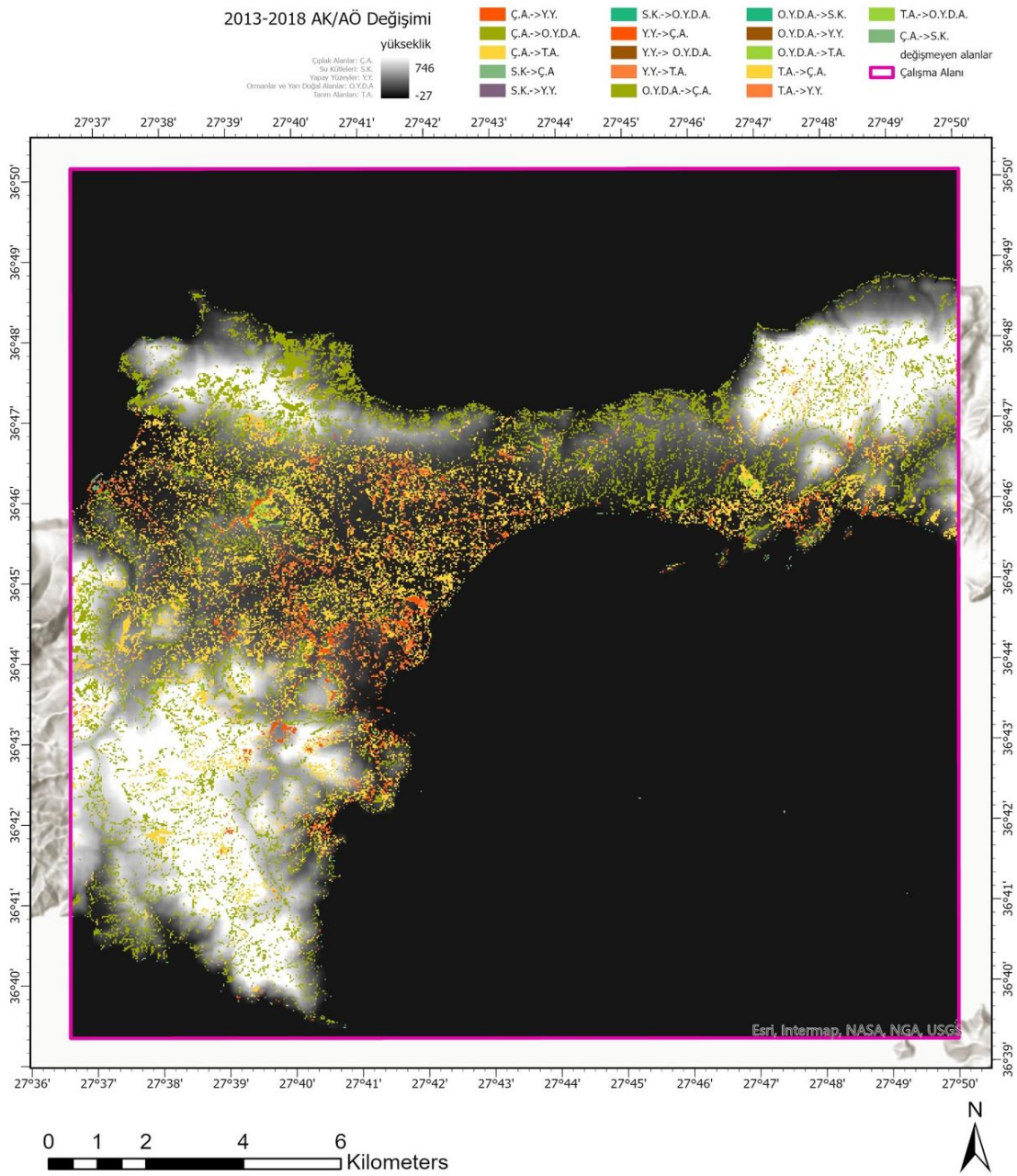


**Şekil 4.7.** 2053 yılı gelecek projeksiyonu AK/AÖ

AK/AÖ değişimleri bağlamında 2053'e kadarki süreçte Hızırşah bölgesindeki yerleşim alanlarının artacağı, Kızılan ve Emecik köy merkezleri arasında ve D400 karayolu üstünde kalan alandaki düzlüklerdeki çıplak alanların doğal süreçler ile damarlar halinde orman alanlarına dönüşeceği, Gereme Koyu'nun kuzeyinde kalan dağlık orman örtüsü artarken, Karaköy etrafındaki çıplak arazilerin azalacağı öngörülmektedir.

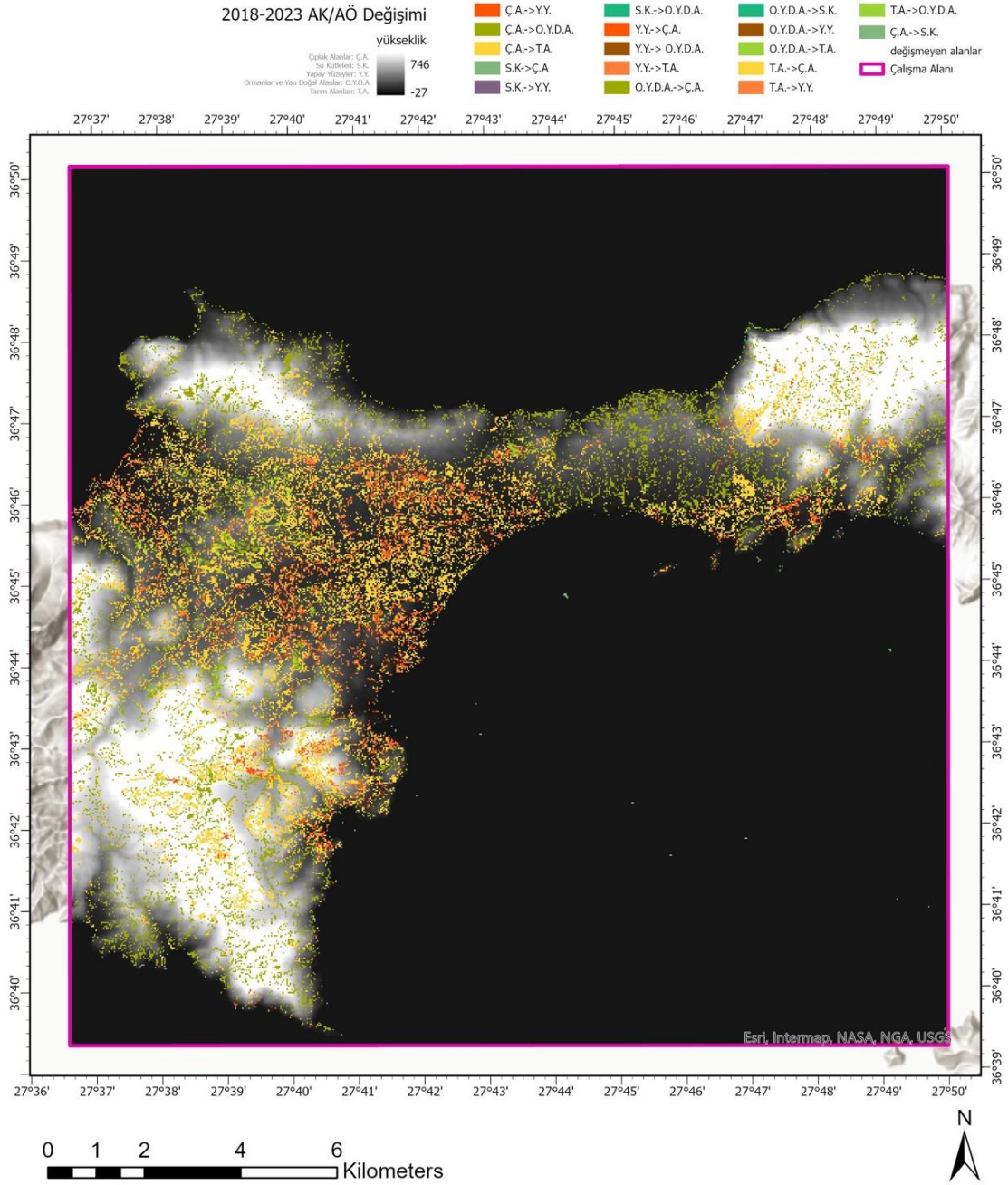
## 4.2. AK/AÖ Değişimi

Veri seti olarak kullanılmış yıllarda, AK/AÖ sınıfları arasındaki birbirlerine geçişin analizi yapılmıştır. Yıllar arası AK/AÖ değişikliklerinin yanında özellikle hangi sınıfın hangi diğer sınıfa dönüştüğünü tespit etmek, antropojenik etkinin takip edilmesinde ve ekosistemin doğal değişimi ile insan kaynaklı değişimlerini ayırtırmaya çalışmak açısından önem taşımaktadır. Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10 içerisinde kullanılmış olan lejant, arazi kullanım türleri arasındaki geçişleri anlatan kısaltmaları temsil etmektedir. Bu kısaltmalar: 'Ç.A.' Çıplak Alanlar, 'S.K.' Su Kütleleri, 'Y.Y.' Yapay Yüzeyler, 'O.Y.D.A.' Orman ve Yarı Doğal Alanlar, 'T.A.' Tarım Alanları olarak belirtilmiştir.



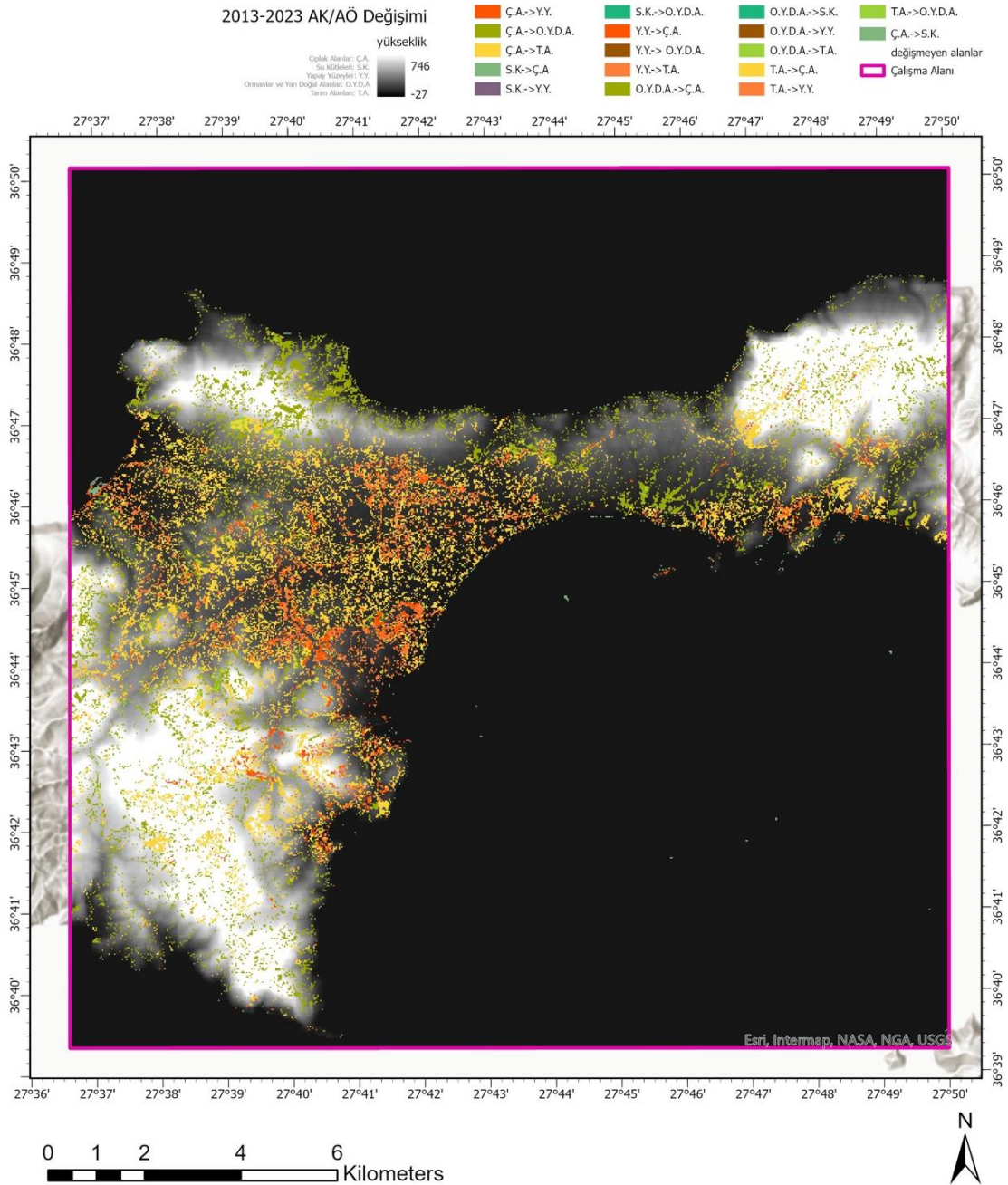
Şekil 4.8. 2013-2018 yılları AK/AÖ değişimi haritası

Şekil 4.8'e göre 2013-2018 yılları arasında "Tarım Alanları" ve "Çıplak Alanlar" sınıflarının dönüşüm dengesinin neredeyse eşit olduğu görülmektedir, ancak yaklaşık 30 ha'lık bir "Çıplak Alanlar"ın "Tarım Alanları"na dönüştüğü gözlenmiştir.



Şekil 4.9. 2018-2023 yılları AK/AÖ değişimi haritası

Şekil 4.9'a göre 2018-2023 yılları arasındaysa yaklaşık 25 ha'lık bir alan yine "Çıplak Alanlar"dan "Tarım Alanları"na geçişte olmuştur. Sezonal tarımın nadasa bırakma gibi faaliyetlerle insan kaynaklı dönüşümleri ve halihazırda tarım faaliyetleri için kullanılan arsalarla yakın yerlerde satın alınmış yerlerde genişleme amaçlı başlatılan tarım bu durumu açıklayabilir.



Şekil 4.10. 2013-2023 yılları AK/AÖ değişimi haritası

Çizelge 4.3'te sınıflar arası kullanım geçişleri sayısal olarak sunulmuştur. Su kütlelerine dönüştüğü ya da su kütlelerinin dönüştüğü tespit edilmiş çok az miktarda alan, ciddi su taşkınları ve sahanlıkların yutulması gibi doğa olayları gerçekleşmediği için hata kabul edilip yok sayılmıştır. Bunun haricinde kalan dört AK/AÖ sınıfının içinden seçilebilecek on iki farklı ikiliden yalnızca bir tanesi; "Yapay Yüzeyler" in "Ormanlar ve Yarı-Doğal Alanlar" a dönüşmediği görüldüğü için eklenmemiştir.

**Çizelge 4.3.** Çalışma alanında 2013, 2018 ve 2023 yılları arasında gerçekleşen AK/AÖ değişimlerinin hektar cinsinden detaylı analizi

AK/AÖ Değişimi	Alan Değişimi (Ha) (2013-2018)	Alan Değişimi (Ha) (2018-2023)	Alan Değişimi (Ha) (2013-2023)
Tarım Alanı -> Çıplak Alanlar	651,42	753,48	685,55
Tarım Alanı -> Orman/Yarı Doğal Alanlar	40,04	34,05	26,14
Tarım Alanı->Yapay Alanlar	206,12	228,54	343,22
Çıplak Alanlar-> Tarım Alanı	681,10	779,97	757,73
Çıplak Alanlar-> Orman/Yarı Doğal Alanlar	1354,08	126,46	640,46
Çıplak Alanlar->Yapay Alanlar	109,31	133,28	173,54
Orman/Yarı Doğal Alanlar -> Tarım Alanı	61,13	66,68	50,25
Orman/Yarı Doğal Alanlar -> Çıplak Alanlar	200,09	839,77	301,34
Orman/Yarı Doğal Alanlar -> Yapay Alanlar	3,45	4,35	4,50
Yapay Alanlar-> Tarım Alanı	45,77	76,20	25,28
Yapay Alanlar->Çıplak Alanlar	43,68	80,03	50,28

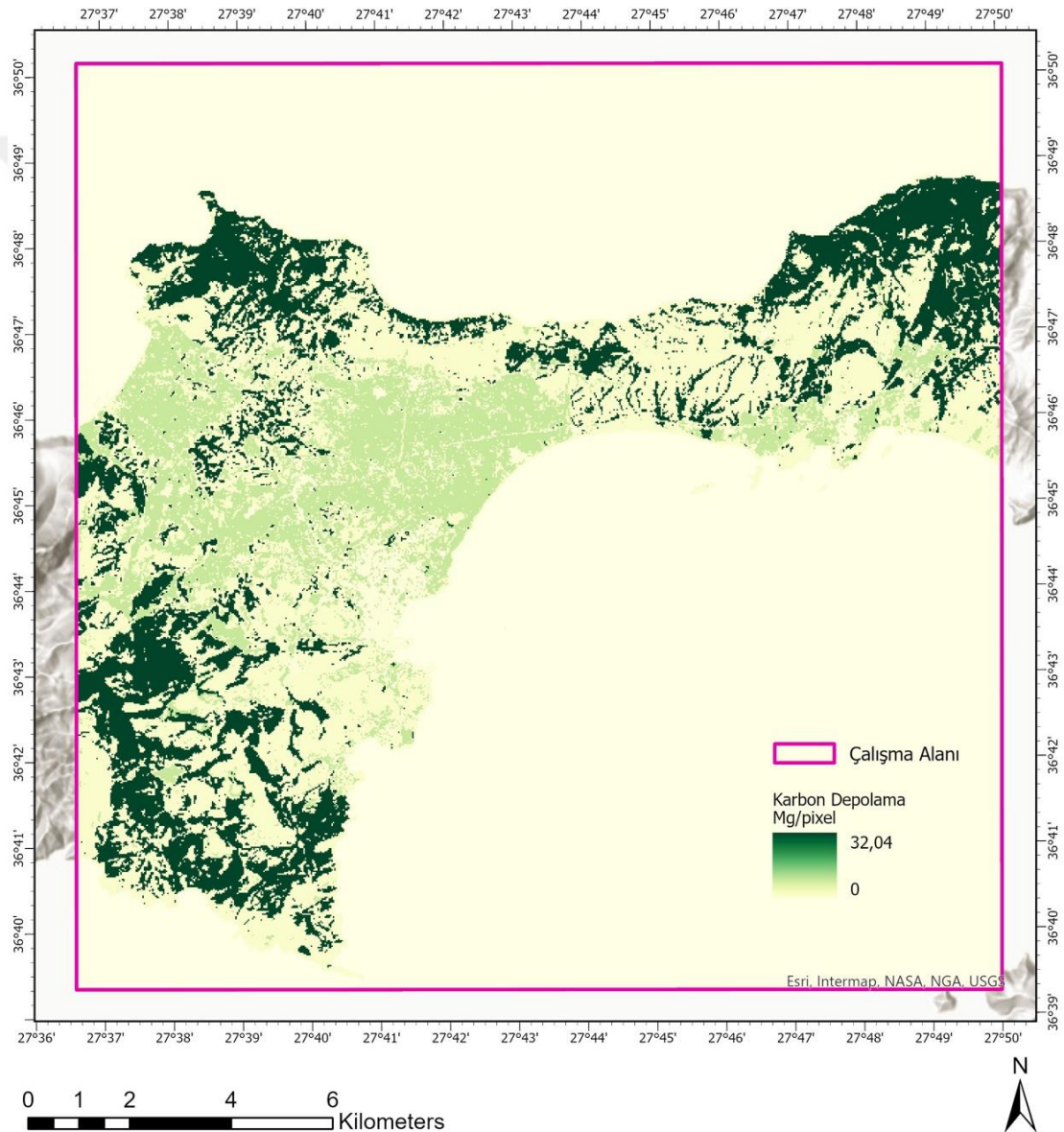
Buna göre, birbirine dönüşen kullanımların denge analizi yapıp bu değişimlerin sebeplerine dair hipotezler alan özelindeki diğer durumlar göz önüne alınarak kurulabilmiştir. En büyük fark "Tarım Alanları" ve "Yapay Alanlar"ın birbirine dönüşüm dengesi arasında gözlemlenmiştir. Kent dokusu yakın çevresindeki tarım arazilerinin içine eklenerek buradaki arazi kullanımını bölmekte ve azaltmaktadır. Bu iki sınıfın 2013-2023 yıllarını kapsayan değişimlerinde, 320 ha'lık alanın toplamda bu şekilde dönüşümü gözlemlenmiştir. Bu büyük AK/AÖ değişikliğini "Yapay Alanlar"- "Çıplak Alanlar" sınıfları ikilisi takip etmektedir. Buna göre 2013-2018 yılları arasında yaklaşık 70 ve 2018-2023 yılları arasında yaklaşık 50 ha olmak üzere "Yapay Alanlar"ın artışı yönünde bir değişim söz konusudur.

"Çıplak Alanlar" ve "Ormanlar ve Yarı-Doğal Alanlar" arasında çok ciddi miktarda alanın birbirine dönüşümü gözlenmiştir. 2013-2023 yılları arasında 640 ha alan "Çıplak Alanlar" iken "Ormanlar ve Yarı-Doğal Alanlar" a dönüşmüş, yaklaşık 300 ha alan ise "Ormanlar ve Yarı-Doğal Alanlar" iken "Çıplak Alanlar" a dönüşmüştür. "Ormanlar ve Yarı-Doğal Alanlar"ı özelinde; 2013-2018 yılları arasında alanda yapılmış yoğun ağaçlandırma çalışmaları ile bu yıllar arasındaki artış, 2018 yılı ile günümüz arasında alan sınırlarına da dahil olan raporlanmış pek çok orman yangını da bu yıllar arasındaki azalışın arkasındaki sebepler hakkında fikir verebilir. Bunun yanında daha

önceden de bahsedilmiş olan maki ve garig popülasyonlarındaki yoğunluk değişimleri, zaten halihazırda birbirleri arasında yumuşak geçiş gösteren bu iki sınıf arasındaki keskin çizgileri daha da bulanıklaştırmaktadır.

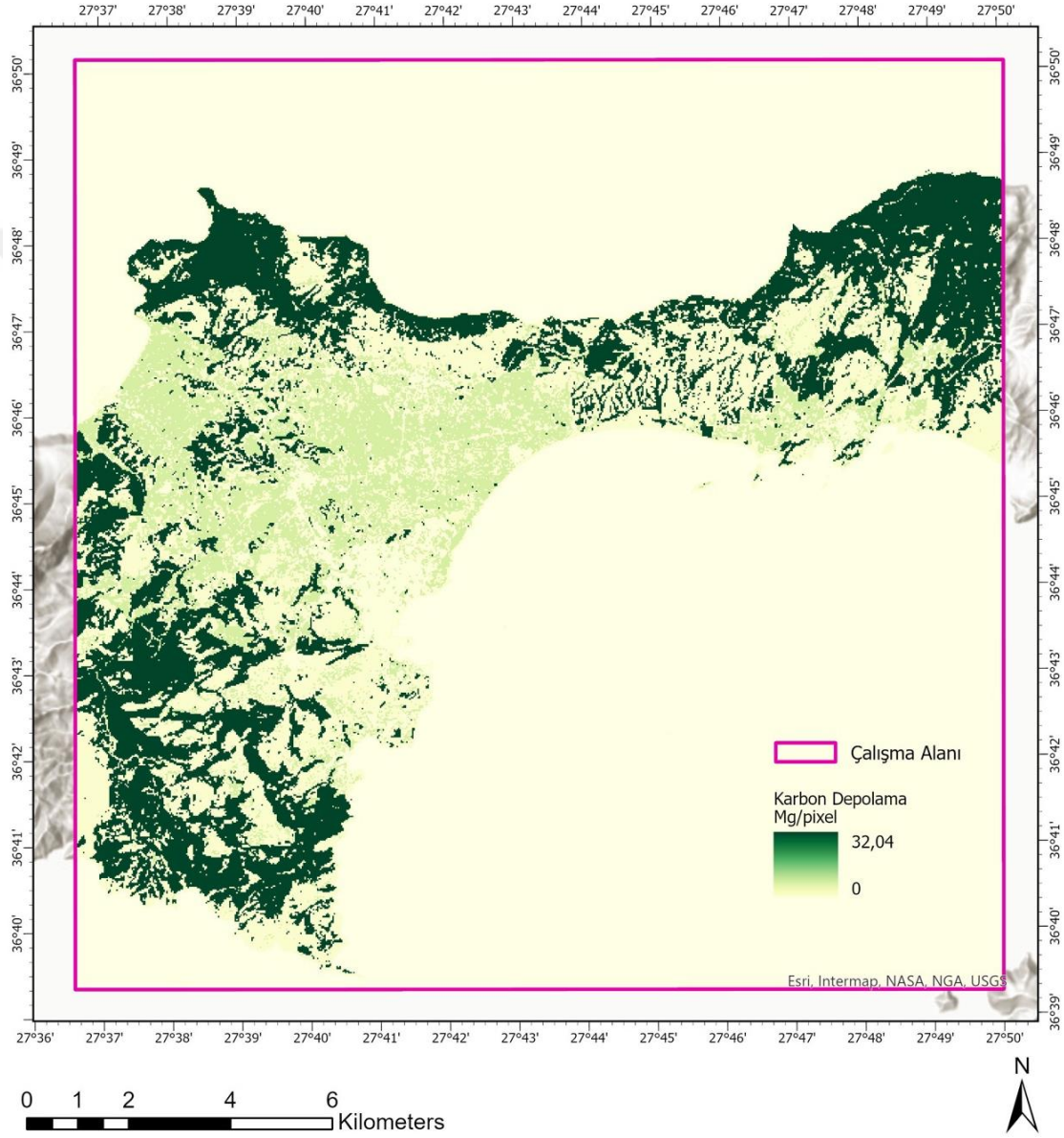
### 4.3. Karbon Tutumu ve Karbon Tutumu Gelecek Projeksiyonu

Metot kısmında bahsedilen ham veriler, her yıl için oluşturulmuş AK/AÖ haritalarıyla birlikte InVEST yazılımının "carbon model" algoritması ile işlenmiş ve Şekil 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 ve 4.15'te verilen karbon depolama verilerine ulaşılmıştır.



Şekil 4.11. 2013 yılı karbon depolama haritası

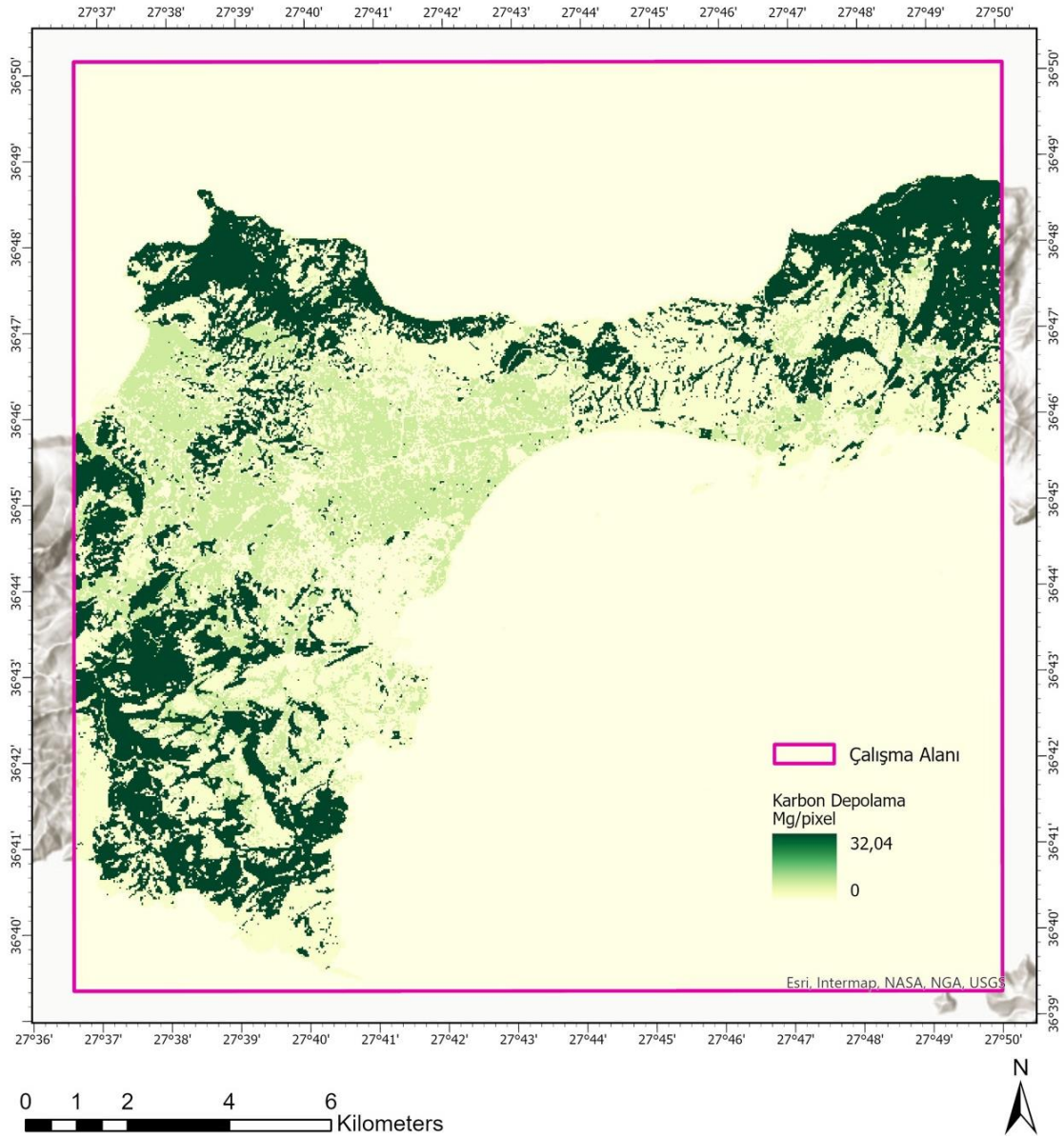
2013 yılı için çalışma alanı genelinde tutulmuş total karbon miktarı 1869 kt/ha olarak hesaplanmıştır. Bu yıla ait karbon depolama sahalarının genellikle çalışma alanının kuzeyi ile güney batısında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bölgeler, kısmen yüksek rakımda ve yerleşimlerin az ve ulaşımın zor olduğu bölgelerdir. Arazi topoğrafyasının doğal olarak kısmen koruduğu ormanlar, karbon depolama sahalarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır.



Şekil 4.12. 2018 yılı karbon depolama haritası

2018 yılı için çalışma alanı genelinde tutulmuş total karbon miktarı 2288 kt/ha olarak hesaplanmıştır. Bu, 2013 yılına göre yaklaşık 419 kt/ha veya %22,4'lük bir artışı temsil etmektedir. Bu artış, arazi yönetimi ve çevresel koruma çabalarında önemli değişiklikler olduğunu göstermektedir.

2018 karbon depolama alanları, 2013 yılında yüksek karbon depolamasıyla belirtilen kuzey ve güneybatı bölgelerinde genişlemiş ve yoğunlaşmıştır. 2013 ile 2018 yılları arasında, önemli ağaçlandırma projeleri gerçekleştirilmiş veya mevcut orman alanlarının yönetimi iyileştirilmiş olabilir. Ayrıca, ormansızlaşmanın azaltılması ve sürdürülebilir arazi kullanım uygulamalarının teşvik edilmesi hedefleyen politikalar da devreye girmiş olabilir, bu da karbon depolamasını daha da artırmış olabilir. Bu artış, daha önce bozulmuş alanlarda doğal yeniden büyüme süreçleriyle de ilişkili olabilir. Ayrıca bu dönemde biyokütlenin hızlı artışını teşvik eden iklim koşulları da rol oynamış olabilir. 2013'e benzer şekilde, bu alanlar nispeten yüksek rakım ve düşük insan yerleşim yoğunluğuna sahiptir, bu da bu bölgeleri kentsel gelişim baskılarına daha az açık hale getirmektedir. Bölgeye zorlu erişim, bu alanların geniş çaplı tarımsal ve kentsel gelişimden korunmasına yardımcı olmuş olabilir.

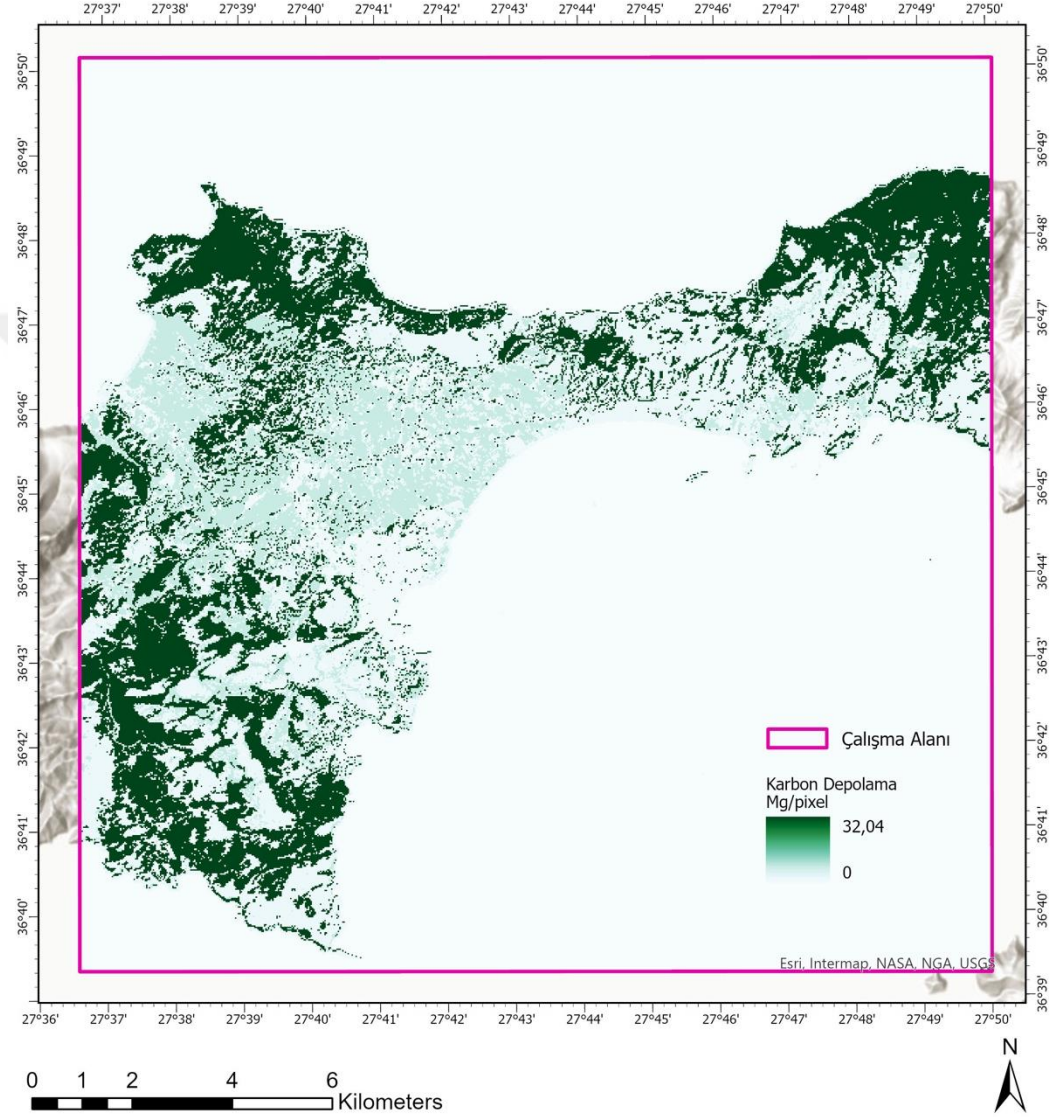


**Şekil 4.13.** 2023 yılı karbon depolama haritası

2023 yılı için çalışma alanı genelinde tutulmuş total karbon miktarı 2065 kt/ha olarak hesaplanmıştır. Bu, 2018 yılı seviyelerinden yaklaşık 224 kt/ha veya %9,8'lik bir azalışı temsil etmektedir ve daha önce gözlemlenen olumlu eğilimlerde bir değişikliği işaret etmektedir.

Bu azalma, daha önce karbonca zengin olan alanlara müdahale eden artan plansız kentleşme faaliyetleri gibi arazi kullanımındaki değişiklikleri yansıtmaktadır. Ayrıca, orman yangınları veya zararlı istilaları gibi doğal bozulmalar, bu azalmanın bir sonucunu yansıtıyor olabilir. Çevre düzenlemelerinin uygulanmasındaki azalmalar veya kentsel gelişim için sağlanan sübvansiyonlar bu azalmaya katkıda bulunan faktörler olabilir.

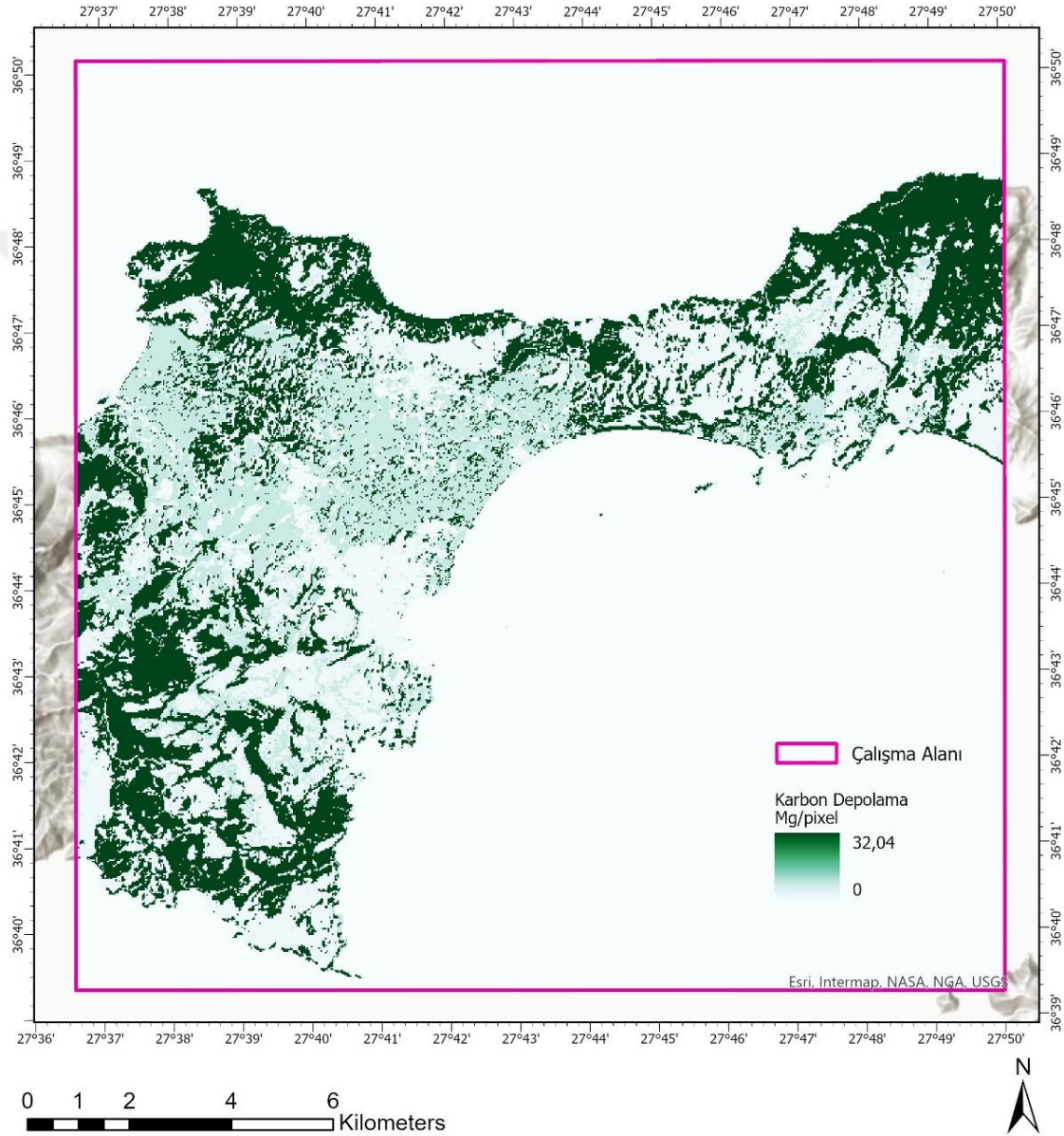
Bunlara ek olarak, İklim değişikliği gibi daha geniş küresel eğilimler, bitki büyüme özelliklerinde değişikliklere yol açabilmekte ve bu da karbon depolama kapasitelerini etkileyebilmektedir. Kuraklık, sıcaklık artışları veya değişen yağış desenleri, belirli bitki türlerinin etkin bir şekilde karbon depolama yeteneğini azaltabilmektedir.



**Şekil 4.14.** 2033 yılı gelecek projeksiyonu karbon depolama haritası

2033 yılı için çalışma alanı genelinde tutulacağı öngörülen total karbon miktarı 2319 kt/ha olarak hesaplanmıştır. Bu projeksiyon, 2023'e kıyasla karbon depolamasında pozitif bir eğilim önermektedir. Beklenen artış, gelecekteki arazi yönetimi uygulamalarının, ağaçlandırma çabalarının ve koruma politikalarının karbon tutumunu artırmada etkili oluyor olabileceğini ima etmektedir. Bu, aynı zamanda proaktif çevre

yönetimi aracılığıyla iklim değişikliği etkilerine uyum sağlama ve bunları hafifletme çabalarının bir yansıması da olabilir. Sosyo-ekonomik koşulların çevresel hedeflerle uyumlu olabileceği varsayımı bu projeksiyon sonuçlarında ima edilmektedir. Bu, ekonomik büyümenin mutlaka çevresel bozulmaya yol açmadığı bir gelişim ile koruma arasında bir dengenin olabileceği anlamına da gelebilir. Artış, ayrıca, iyileştirilmiş orman yönetimi ve bu tür tehditlere karşı daha sağlam olan daha sağlıklı ekosistemler sayesinde, alanın orman yangınları veya zararlı salgınları gibi doğal bozulmalara karşı daha dirençli hale geldiğini de önermektedir.



Şekil 4.15. 2053 yılı gelecek projeksiyonu karbon depolama haritası

2053 yılı için çalışma alanı genelinde tutulacağı öngörülen total karbon miktarı 2393 kt/ha olarak hesaplanmıştır. 2033 projeksiyonlarından bu yana görülen artış, bölgenin karbon depolama kapasitesinde devam eden pozitif eğilimleri göstermektedir.

2033 ve 2053 projeksiyonları, çalışma alanında umut verici bir karbon depolama artışı öngörmektedir. Bu da iyileştirilmiş arazi yönetimi ve çevre politikalarının kümülatif etkisini yansıtır olabilir. 2023 yılında yaklaşık 2065 kt/ha olarak hesaplanan karbon depolama miktarının, 2053 yılında daha da artarak 2393 kt/ha'ya ulaşması beklenmektedir. Bu durum, uzun vadeli çevresel sürdürülebilirliğe ulaşma yolunda önemli bir adımı temsil etmektedir. Bu projeksiyonlar, sadece artırılmış karbon tutma kapasitesini değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerini sürdürmek ve geliştirmek için politika odaklı bir uyumu da göstermektedir. Ancak, bu olumlu tabloyu sürdürebilmek için çevresel yönetim ve iklim değişikliğine uyum sağlama konularında sürekli bir çaba gösterilmesi gerekmektedir.

Öte yandan 2033 projeksiyonundan 2053 projeksiyonuna toplam karbon tutum artış ivmesinin azalması dikkate değer bir bulgudur. Bu durumu daha iyi anlayabilmek için 2013-2023 yılları arasındaki AK/AÖ değişikliklerini incelediğimizde, 2023 ile 2033 arasındaki karbon tutma projeksiyonundaki büyümenin yüksek olmasının sebepleri ve 2033 ile 2053 arasındaki dönemde neden bu artışın nispeten düşük olduğu daha iyi anlaşılabilir.

2013-2018 yılları arasında "Orman ve Yarı-Doğal Alanlar" %32 artmışken, 2018-2023 yılları arasında %17 azalmıştır. 2023 ile 2033 arasındaki projeksiyonlar, 2013-2018 yılları arasındaki yoğun ağaçlandırma ve koruma çalışmalarının etkilerini yansıtarak karbon depolama bakımından daha yüksek bir artış göstermektedir. 2018-2023 yılları arasında orman yangınları ve iklim değişikliğine bağlı kuraklık gibi faktörler nedeniyle orman alanlarında azalma gözlemlenmiştir. Bu da 2033-2053 arasındaki artışın 2023-2033 arasındaki artışa kıyasla nispeten düşük olmasının nedeni olabilir, çünkü uzun vadede bu tür doğal ve iklimsel bozulmaların devam edebileceği öngörülmektedir.

Yapay yüzeyler, 2013-2023 arasında %88 artış göstermiştir. Bu, kentsel genişlemenin hızlandığını ve doğal alanların azalmasına neden olduğunu göstermektedir. Bu eğilim, 2033-2053 arasında da devam edebilir, bu da ormanlık alanların artışını sınırlayarak karbon tutma projeksiyonlarını olumsuz etkiliyor olabilir.

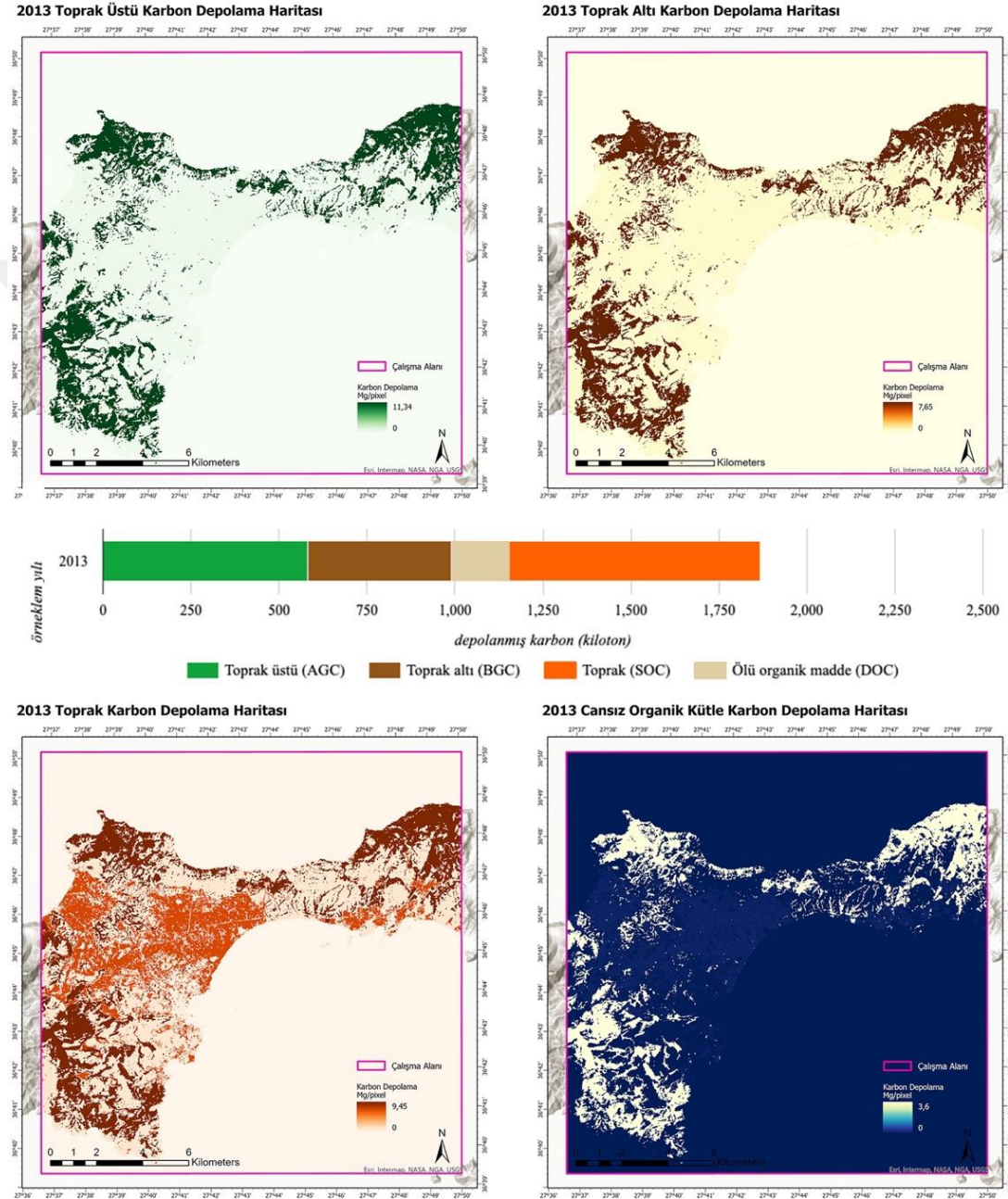
Tarım alanları 2013-2023 arasında %8 azalmıştır. Tarım alanlarının azalması, orman alanlarının genişlemesi için potansiyel bir fırsat yaratmış olabilir. Ancak bu alanların orman olarak korunması ve yönetilmesi zaman alacaktır, bu da 2033-2053 arasındaki artışın daha yavaş olmasına yol açıyor olabilir.

2013-2023 arasında nüfus artışı 5 er yıllık periyotlarla 2018 yılında %17 ve 2023 yılında %25 olarak gerçekleşmiş ve kentsel arazi kullanımının artmasına neden olmuştur. 2033-2053 arasında da nüfus artışının devam edeceği ve kentsel alanların genişlemeye devam edeceği öngörülmektedir. Bu durum, orman alanlarının genişlemesini sınırlayarak karbon tutma kapasitesini azaltıyor olabilir.

2013-2023 yılları arasındaki yüksek karbon depolama artışı, ağaçlandırma ve koruma çalışmalarının ilk dönemlerdeki hızlı etkilerini yansıtır olabilir. Ancak, belirli

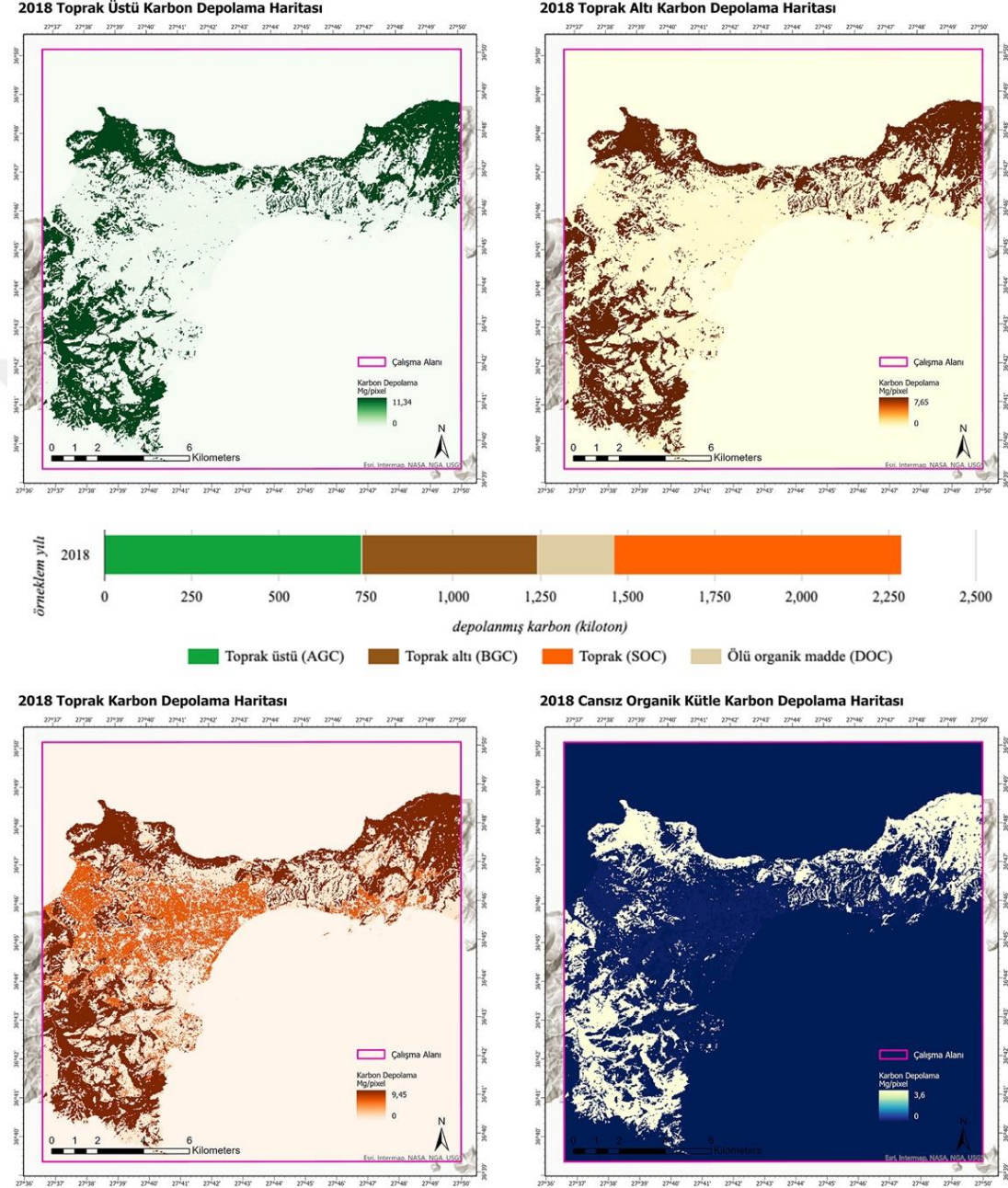
bir noktadan sonra doğal eşiklere ve ağaçlandırma potansiyeli sınıra ulaşıyor olabilir, bu da büyümenin yavaşlamasına neden oluyor olabilir.

Şekil 4.16, 4.17, 4.18, 4.19 ve 4.20’de, her bir karbon tutumu alt kategorisi için Landsat 8 uydu görüntülerinin 30 m x 30 m her bir pixel’inin kaç megagramlık (Mg) karbon tutumu yapıldığı iç lejantlarda verilmiştir. Yine her bir alt kategori için toplamda kaç metrik kilotonluk (kt) mevcut karbon tutulduğu da bar grafiğinde sunulmuştur.



Şekil 4.16. AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2013 yılı karbon tutumu haritaları

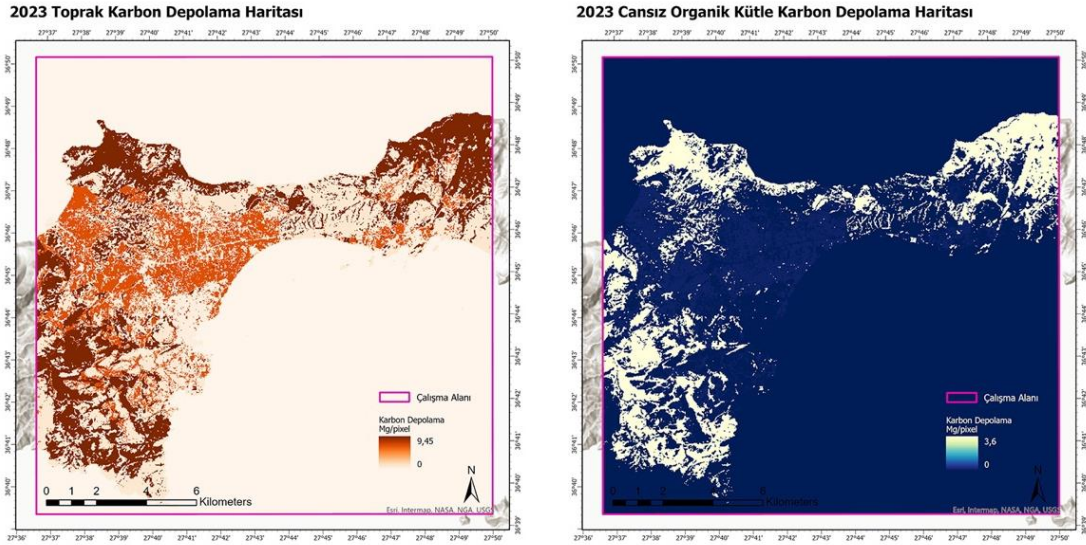
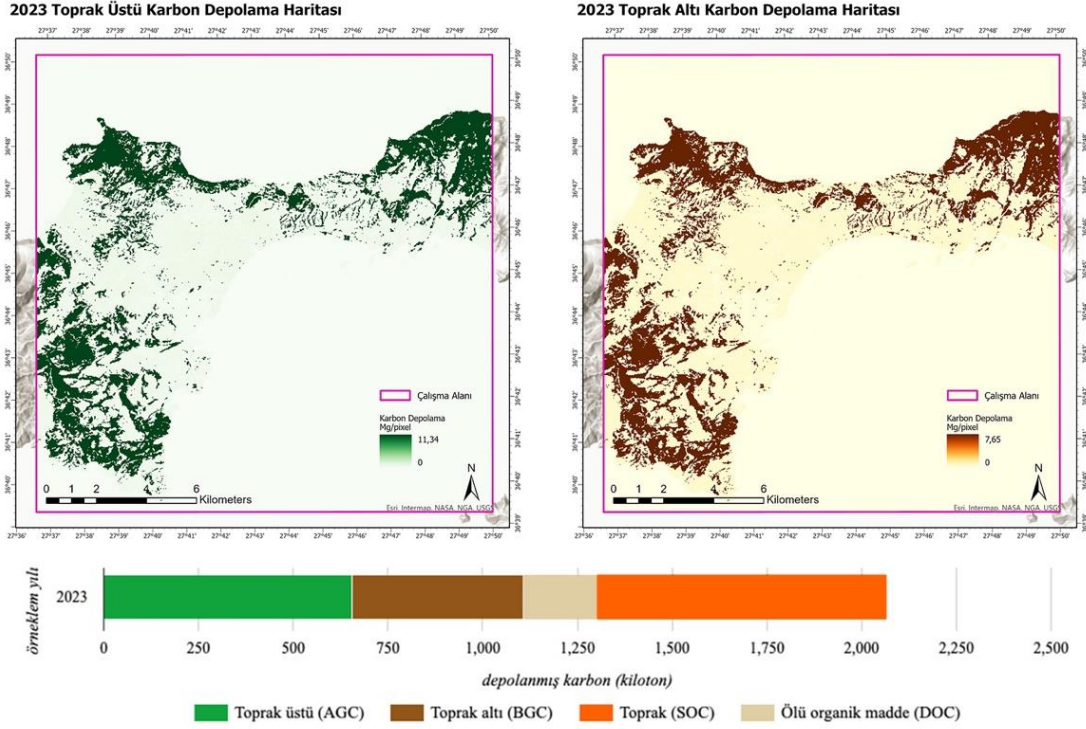
2013 yılı için metrik kiloton cinsinden alt kategoriler için tutulmuş karbon değerleri AGC: 583, BGC: 406, DOC: 170 ve SOC: 711 kt/ha şeklindedir.



Şekil 4.17. AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2018 yılı karbon tutumu haritaları

2018 yılı için metrik kiloton cinsinden alt kategoriler için tutulmuş karbon değerleri AGC: 736, BGC: 507, DOC: 220 ve SOC: 824 kt/ha şeklindedir.

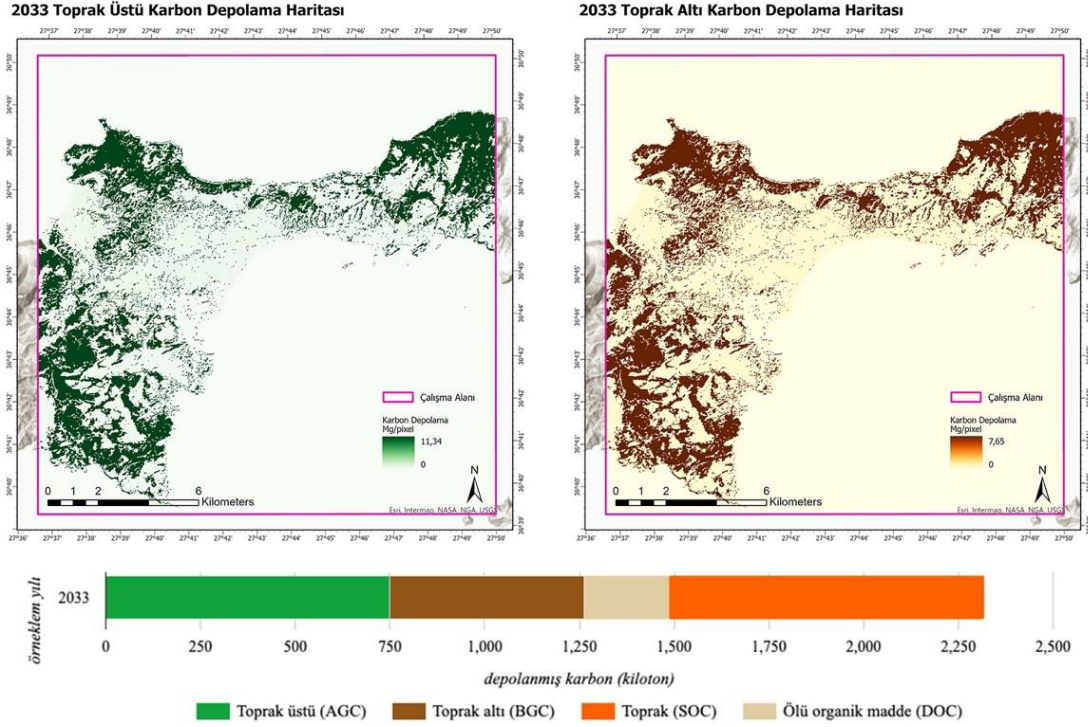
2013 yılına göre 2018 yılı karbon depoları bu alt kategoriler için; AGC %26,2, BGC %24,9, DOC %29,4 ve SOC %15,9 kt/ha artış göstermiştir.



**Şekil 4.18.** AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2023 yılı karbon tutumu haritaları

2023 yılı için metrik kiloton cinsinden alt kategoriler için tutulmuş karbon değerleri AGC: 655, BGC: 452, DOC: 194 ve SOC: 764 kt/ha şeklindedir.

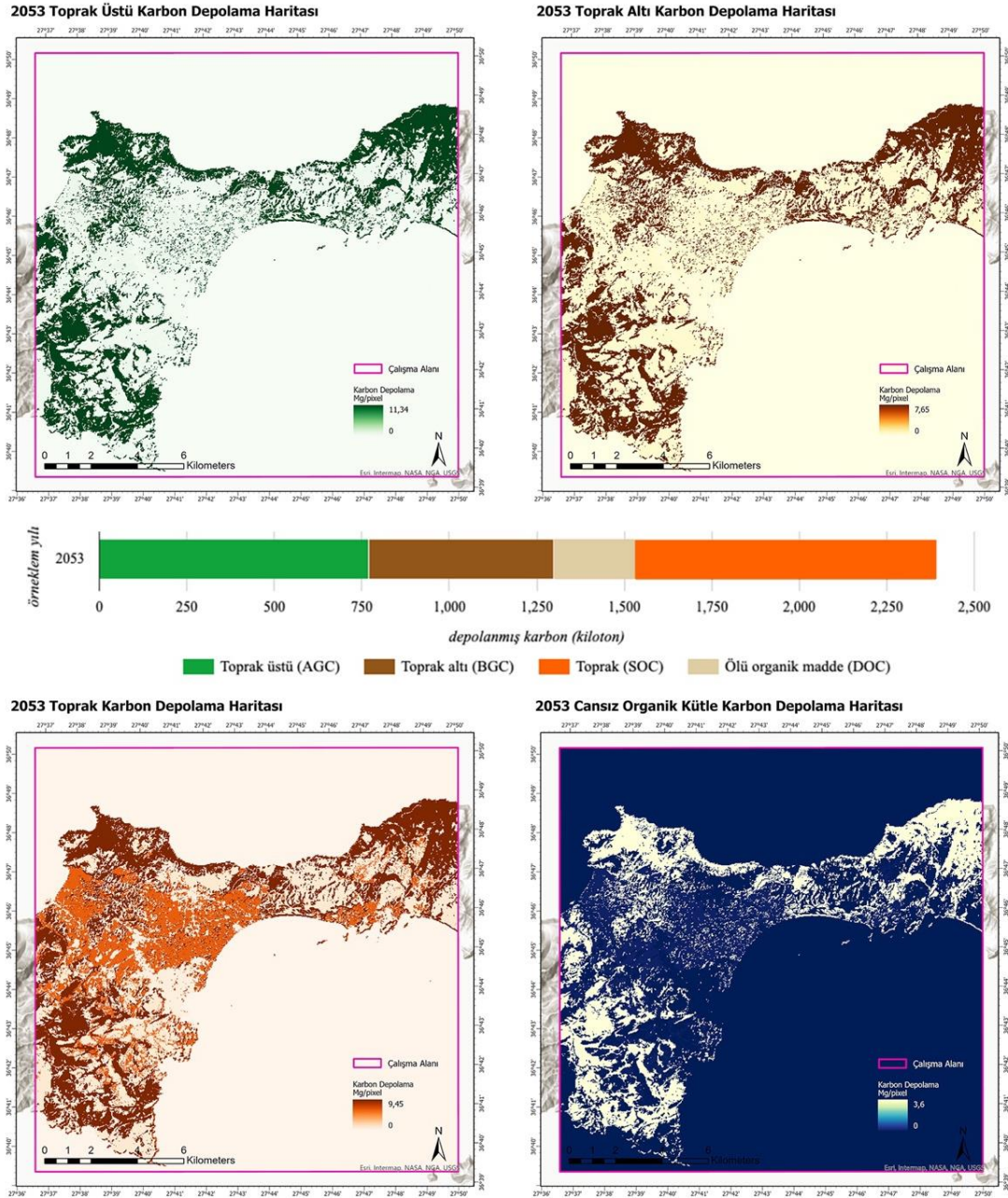
2018 yılına göre 2023 yılı karbon depoları bu alt kategoriler için; AGC %11,0, BGC %10,8, DOC %11,8 ve SOC %7,3 kt/ha azalma göstermiştir.



Şekil 4.19. AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2023 yılı gelecek projeksiyonu karbon tutumu haritaları

2033 yılı için metrik kiloton cinsinden alt kategoriler için tutulmuş karbon değerleri AGC: 748, BGC: 514, DOC: 225 ve SOC: 832 kt/ha şeklindedir.

2023 yılına göre 2033 yılı karbon depolarının bu alt kategoriler için; AGC %14,2, BGC %13,7, DOC %16,0 ve SOC %8,9 artış göstereceği tahmin edilmektedir.

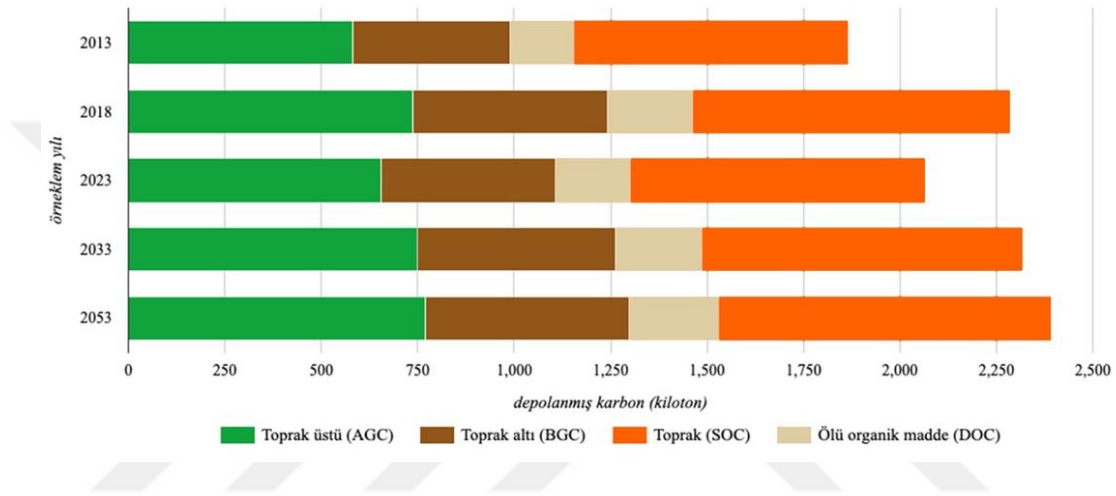


**Şekil 4.20.** AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için 2033 yılı gelecek projeksiyonu karbon tutumu haritaları

2053 yılı için metrik kiloton cinsinden alt kategoriler için tutulmuş karbon değerleri AGC: 770, BGC: 528, DOC: 232 ve SOC: 862 kt/ha şeklindedir.

2033 yılına göre 2053 yılı karbon depolarının alt kategoriler için AGC %2,9, BGC %2,7, DOC, %3,1, ve SOC %3,6 olacak şekilde artış göstereceği tahmin edilmiştir.

Tutulmuş olan toplam karbon değerleri tüm alt kategoriler için Şekil 4.21'de verilmiştir.

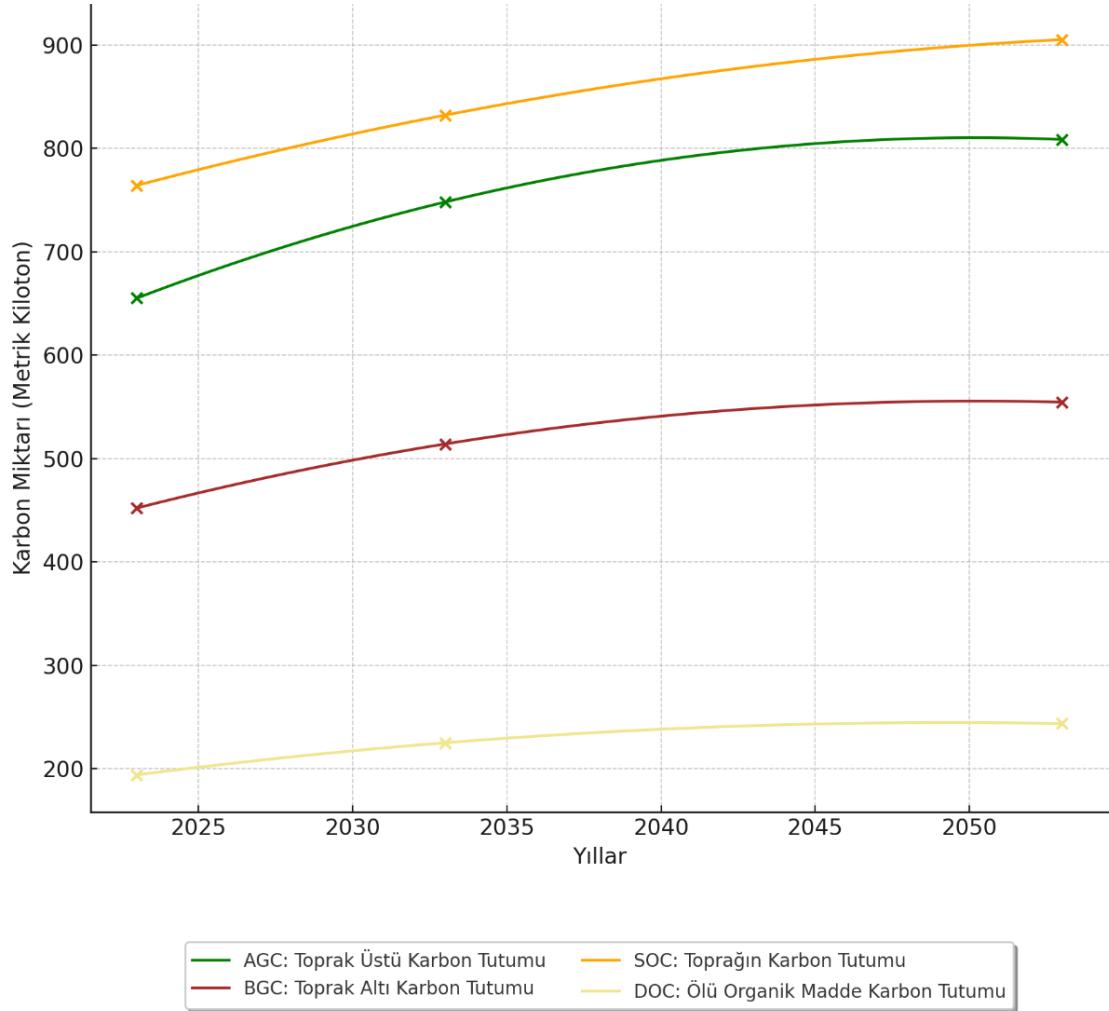


**Şekil 4.21.** AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için geçmiş örneklem yılları ile gelecek projeksiyonlarının tüm sayısal değerleri

Genel bir trend olarak toprak organik maddesinin tuttuğu toplam karbon değeri diğer alt kategorilere oranla daha yüksektir. Bunun sebebi tüm AK/AÖ sınıflarının alt toprak örtüsünün az veya çok karbon tutma kapasitesinin olmasıdır. Ormanlık alanların arazi örtüsünde kapladığı alanın tüm alana oranla artması durumunda önce AGC ve sonra da BGC ve SOC değerini geçecektir. Datça özelinde bu durum toplam arazinin kısıtlılığını ve AK/AÖ değişiminin insan etkileriyle bu yöne doğru gitmeyecek olduğu tahmini üzerinden mümkün görünmemektedir. Ancak birbirlerine yaklaşmaları mümkün olabilir. Buna örnek olarak 2023 yılı verisi incelendiğinde SOC ve AGC farkının %16, daha fazla yeşil alanın oluşacağını öngören 2033 yılı projeksiyonunda ise %11'dir.

Gelecek projeksiyonu verileri ile güncel durum sayılabilecek 2023 verileri birlikte incelendiğinde, güncel AK/AÖ değişimi korunduğu takdirde azalan bir ivme ile gerçekleşen pozitif bir artış grafiği izlenmektedir. Bu hesaplamalar çoklu değerlendirmelerin işin içine katılmadığı ve yalnızca AK/AÖ üzerinden çıkarımların yapıldığı bir durumu göstermektedir. Datça'nın ciddi bir rant alanı olması, burada yoğun maddi yatırım ile istihdam olarak ve çeşitliliğinin artışı sonucunda bu grafiklerin eğimi ciddi değişiklikler gösterebilir. Şimdiki durum ve hesaplanmış gelecek projeksiyonları

üzerinden AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için karbon depolarının tahmin edilen değişim grafiğine Şekil 4.22'de yer verilmiştir.



**Şekil 4.22.** AGC, BGC, SOC ve DOC alt kategorileri için güncel durumdan gelecek projeksiyonu yıllarına kadarki değişim grafikleri

Şekil 4.22'de verilen grafiklerde AGC, BGC, SOC ve DOC karbon tutum alt kategorilerinin artış ivmesinin azalması dikkate değer bir bulgudur. Bu azalma birkaç nedenden kaynaklanıyor olabilir ve çeşitli anlamlar taşıyor olabilir.

İlk yıllarda karbon tutumunun hızlı artmasının ana sebebi, yeni bitki örtüsünün hızla büyümesi ve toprak organik maddesinin artmasıdır. Ancak, bitki örtüsü ve toprak bir noktada doygunluğa ulaşmakta ve bu noktadan sonra karbon tutum artışı yavaşlamaktadır. Bu, özellikle SOC ve AGC için geçerlidir, çünkü bitkiler büyüdükçe ve

toprakta organik madde biriktikçe bu kategorilerde hızlı artışlar gözlenmekte, ancak zamanla bu artışlar stabil hale gelmektedir.

2018-2023 yılları arasında meydana gelen orman yangınları ve iklim değişiklikleri, karbon tutum kapasitesini olumsuz etkilemiştir. Orman yangınları orman örtüsünü azaltarak AGC ve BGC'yi doğrudan etkilerken, iklim değişikliği nedeniyle yaşanan kuraklıklar da bitki örtüsünün sağlığını ve dolayısıyla karbon tutum kapasitesini düşürmüştür.

2013-2023 yılları arasında çıplak alanlar %9,8 azalırken, yapay yüzeyler %88 artmıştır. Bu değişimler, doğal alanların azalması ve kentsel alanların artması anlamına gelmektedir. Kentsel alanlar, karbon tutum kapasitesi açısından sınırlıdır ve bu durum SOC, AGC ve diğer karbon tutum alt kategorilerinin artış hızını düşürmektedir.

Karbon tutumunun zamanla doygunluğa ulaşması, ekosistemin bir denge noktasına yaklaştığını gösteriyor olabilir. Bu, doğal süreçlerin ve mevcut arazi kullanımının bir sonucudur. Uzun vadede, ekosistemlerin karbon tutum kapasiteleri belirli bir seviyede sabitlenebilmektedir. Eldeki verilerle bu karbon tutumu değişiminin polinomik bir grafik izleyip tekrar düşüşe mi geçeceği, yoksa tepe noktası sonrası sabitlenip ekosistem karbonunda bir denge durumuna mı ulaşacağı üretilen grafikten çıkarılabilecek bir sonuç değildir. Fakat bu konuda idari çalışmalar yapılmadığı ve AK/AÖ sınıflarının içinde kentsel alanların öngörülebilir şekilde arttığı dolayısıyla yapay yüzeylerin yoğunlaşması yönündeki baskının hız kazandığı durumda ilk senaryoya daha yakın bir durumun izlenmesi riski olduğu söylenebilir.

Verilerin gösterdiği yavaşlama, ekosistemde karbon tutumunu artırmak için daha fazla idari müdahalenin ve koruma çalışmalarının gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle Datça gibi rant bölgelerinde, yeşil alanların korunması ve genişletilmesi stratejik bir öneme sahiptir. İklim değişikliğiyle mücadele için karbon yönetimi ve sürdürülebilir arazi kullanımı politikalarının önemi artmaktadır. Artış ivmesindeki azalma, uzun vadeli sürdürülebilirlik planlarının ve karbon tutum stratejilerinin gözden geçirilmesini gerektirmektedir.

## 5. TARTIŞMA

Datça'da turizm ve konut gelişimi nedeniyle büyük sosyo-ekonomik dönüşümler gözlenmektedir (Mukul 2004). Mevsimsel turizm yerel ekonomide dalgalanmalara sebep olmakta, bu durum da arazi kullanım desenlerini şekillendirmektedir (Keskin vd. 2011). Bu değişimler, özellikle turizm sektöründeki istihdam fırsatları ve tarımsal geçim kaynaklarının azalması sonucunda ekosistem servislerini etkilemektedir (Kantarıcı 1990). Bu çalışmada, arazi kullanımını ve arazi örtüsüne yönelik son on yılı kapsayan değişim analizleri, bölgedeki tarımsal arazilerin azaldığını ve bu azalmaya karşı yapay yüzeylerde ve çoğunlukla kentsel yerleşimlerde artış olduğunu ortaya koymaktadır. Bu süreç temel olarak turizm sektörünün genişlemesi ve istihdama bağlı yapılaşma faaliyetlerinin artması ile desteklenmektedir.

Bu dönüşümler, ekosistemlerin düzenleyici servisler sunma kapasitesini doğrudan etkilemektedir (Assessment Millennium Ecosystem 2005). Düzensiz ve sürekli kentsel gelişim nedeniyle toprak erozyon kontrolü, su kalitesi ve yeşil alanların sürdürülebilirliği olumsuz olarak etkilenmekte, bu durum karbonun depolanma başarısını düşürmektedir. (Langemeyer vd. 2021; Ncube ve Arthur 2021; Busca ve Revelli 2022). Ekolojik açıdan değerlendirildiğinde, Datça Yarımadası'nın kuzey ve güney yamaçlarının insan faaliyetleri nedeniyle farklı düzeylerde tahribata uğradığı görülmektedir. Orman ve yarı doğal alanların yanı sıra tarım arazilerinden kentsel alanlara geçiş karbon depolama kapasitesi açısından negatif sonuçlar doğurmaktadır. Bu geçiş, yüksek karbon depolama kapasitesine sahip alanların azalması anlamına gelmekte ve iklim değişikliği ile mücadelede kritik olan karbon tutma kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, "Yapay Yüzeyler" sınıfında yapılan AK/AÖ analizleri literatürde de gösterildiği üzere buradaki toprakların, sıkışma ve azalan bitki örtüsü nedeniyle genellikle daha az organik karbon tutmakta olduğunu, bunun da toprağın bir karbon yutağı olarak işlevini azalttığını göstermektedir. Karbon yutakları, bölgedeki yeşil alanların bir sistem içerisine dahil edilmesi ile etkili işlev görebilir. Bu sistem, birbiri ile bağlantılı yeşil alanları, ekolojik odakları ve ekolojik koridorları içeren yeşil altyapı sistemi ile kurulabilir (Selim 2021). Yeşil altyapı, kentsel ısı adası etkilerini hafifletmeye, yağmur suyu yönetimini iyileştirmeye ve hava kalitesini artırmaya yardımcı olarak kentsel peyzajın ekosistem servislerini sağlama kapasitesini artırabilmektedir (Eckert ve Kovalevska 2021; Hirabayashi 2021; Pandey ve Ghosh 2023).

Datça bölgesindeki ekosistem servisleri, temelde akdeniz iklimi, bitki örtüsü deseni ve topoğrafik yapı tarafından şekillenmektedir (Kantarıcı 1990). Yerel bitki örtüsünün iklim baskılarına adaptasyonu, ekosistemin direncini sergilerken aynı zamanda iklim değişikliğinin yerel ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletmek için stratejik planlamanın gerekliliğini de vurgulamaktadır. Bu bağlamda, Datça için sürdürülebilir arazi yönetimi stratejileri geliştirilmelidir. Bu stratejiler, doğal peyzajı korurken sürdürülebilir turizmi teşvik etme, plansız kentleşmeyi önleyen arazi kullanım planlamaları yapma, toprak bütünlüğünü koruyan tarımsal uygulamaları destekleme ve biyoçeşitliliği koruma çabalarını artırma gibi önlemleri içermelidir. Bu stratejiler, ekonomik kalkınma ile ekosistemlerin ekolojik dengesini ve sağladığı hizmetleri devam ettirme arasındaki dengeyi sürdürmeyi hedeflemelidir ve potansiyel olarak yeni korunan alanların veya milli parkların belirlenmesini de kapsayabilir. Bölgeye yönelik mekânsal planlamalar yapılırken, bütüncül bir yaklaşım ile her türlü arazi kullanımının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Parçalı yapıdaki çeşitli ekosistemleri ve özellikle de

orman ekosistemlerini, karbon tutum yetenekleri göz önüne alınarak yeşil altyapı sistemi içerisine dahil etmek gerekmektedir. Yeşil altyapı sisteminin çekirdek alanları olarak kabul edilmesi gereken ormanlar, ekolojik koridorlar ile birbirine bağlanmalı, ekolojik işlevleri yanında yaban hayatı için de hareket alanı oluşturacak şekilde planlanmalıdır. Böylece birbiri ile bağlantılı olan sistemler aynı zamanda kentsel gelişmeyi sınırlandıracak, koruma-kullanma dengesine katkı sağlayacak ve aynı zamanda sürdürülebilir ekosistemleri destekleyecektir.

Yeşil altyapı sistemlerinin ekosistem hizmetlerine yaptığı katkılar, özellikle karbon tutumu açısından, sürdürülebilir kentleşme ve ekosistem hizmetlerinin korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Yeşil altyapının karbon tutma kapasitesini artırarak iklim değişikliği ile mücadelede kritik bir rol oynadığı bilinmektedir. Bitki örtüsü ve orman alanları, atmosferden karbon çekerek karbon depolama kapasitesini artırmakta ve bu da genel karbon ayak izinin azaltılmasına önemli katkılar sağlamaktadır (Langemeyer vd. 2021; Ncube ve Arthur 2021). Karbon tutumu, ekosistemlerin atmosferdeki karbonu depolayarak iklim değişikliğinin etkilerini hafifletme kapasitesi ile ilgilidir. Ormanlar ve yeşil alanlar, fotosentez yoluyla karbondioksiti emerek biyokütlelerinde ve topraklarında karbon depolamaktadırlar. Bu süreç, atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin düşmesine ve dolayısıyla sera gazı etkisinin azalmasına katkıda bulunmaktadır (Busca ve Revelli 2022). Datça Yarımadası'nda yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi, ormanlık alanların azalması, karbon tutma kapasitesinin düşmesine ve iklim değişikliği ile mücadelede kritik olan karbon tutma kapasitesinin azalmasına yol açmaktadır (Assessment Millennium Ecosystem 2005). Yeşil altyapının karbon tutumu üzerindeki olumlu etkileri, sadece orman ve yeşil alanların korunması ile sınırlı kalmamaktadır. Yeşil çatılar, yağmur bahçeleri ve kentsel tarım gibi uygulamalar da karbon depolama kapasitesini artırmaktadır. Bu tür yeşil altyapı unsurları, kentsel alanlarda karbonun depolanmasını sağlayarak, kentlerin karbon ayak izini azaltmaktadır (Ncube ve Arthur 2021). Ayrıca bu tür çözümler, özellikle yoğun kentleşmenin yaşandığı alanlarda su yönetimi açısından da büyük faydalar sağlamaktadır (Pandey ve Ghosh 2023). Karbon tutumunun artırılması, sadece iklim değişikliği ile mücadelede değil, aynı zamanda toprağın verimliliğinin korunmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Toprak organik maddesi, karbonun depolandığı önemli bir havuzdur ve bu maddelerin zenginliği, toprağın su tutma kapasitesini, besin döngüsünü ve genel ekosistem sağlığını olumlu yönde etkilemektedir (Lal 2004). Bu bağlamda, yeşil altyapı uygulamaları, karbonun toprakta depolanmasını teşvik ederek, tarımsal verimliliği ve ekosistem dayanıklılığını artırmaktadır. Yeşil altyapının ekosistem hizmetlerine yaptığı diğer önemli katkılar arasında biyoçeşitliliğin desteklenmesi ve habitat sağlanması yer almaktadır. Ekolojik koridorlar ve yeşil alanlar, yaban hayatının serbestçe hareket etmesine olanak tanıyarak çeşitli türler için uygun yaşam alanları oluşturmaktadır (Hibbard vd. 2017). Bu, kent içindeki biyolojik çeşitliliğin korunması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, yeşil altyapı sistemlerinin hava kalitesini iyileştirme ve kentsel ısı adası etkisini azaltma konularında da etkili olduğu görülmektedir. Yeşil alanlar, hava kirleticilerini filtreleyip soğurarak hava kalitesini artırmakta ve kentlerdeki sıcaklıkları düzenlemektedir. Özellikle yaz aylarında kentlerde hissedilen aşırı sıcaklıkların düşürülmesi, bu sistemlerin önemli faydalarından biridir (Depietri ve McPhearson 2017). Yeşil altyapının karbon tutumundaki katkıları, kentsel ısı adası etkisinin hafifletilmesi ve enerji verimliliği ile de ilişkilidir. Yeşil alanlar ve bitki örtüsü, güneş ışığını emerek ve suyu buharlaştırarak ortam sıcaklığını düşürmektedir, bu da enerji tüketimini azaltmakta ve dolayısıyla karbon emisyonlarını düşürmektedir.

(Eckert ve Kovalevska 2021). Ayrıca, yeşil altyapı unsurları, kentsel alanlarda mikroiklimi düzenleyerek hem biyolojik çeşitliliği korumakta hem de insan sağlığını desteklemektedir. Sonuç olarak, yeşil altyapı sistemlerinin ekosistem hizmetlerine katkıları oldukça kapsamlı olup değerlidir. Karbon tutma, su yönetimi, biyoçeşitlilik desteği, hava kalitesini iyileştirme ve kentsel ısı adası etkisinin azaltılması gibi alanlarda sağladıkları faydalar, bu sistemlerin sürdürülebilir kentleşme ve ekosistem hizmetlerinin korunması açısından ne kadar kritik olduğunu ortaya koymaktadır (Assessment Millennium Ecosystem 2005; Şimşek vd. 2022). Bu nedenle, yeşil altyapının entegrasyonu ve yaygınlaştırılması, gelecekte daha sürdürülebilir ve yaşanabilir kentler oluşturma çabalarımızda önemli bir rol oynamaktadır. Datça örneğinde olduğu gibi, ormanlık ve yeşil alanların korunması ve artırılması, bu hedeflere ulaşmada kritik öneme sahiptir (Langemeyer vd. 2021).

Ekosistem servislerinin sürdürülebilirlik stratejilerine entegrasyonu çerçevesinde, AK/AÖ değişikliklerinin ekosistem servisleri üzerindeki dolaylı ve doğrudan etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir (Tasser vd. 2017; Kafy vd. 2021; Ncube ve Arthur 2021). Bu servislerin sağladığı çok katmanlı faydaların daha iyi anlaşılabilmesi için biyolojik çeşitliliğin korunması, rekreasyonel faydalar ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı gibi sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlar arasındaki ilişkiler keşfedilmelidir.

Avrupa Birliği'nin 2030 yılı iklim hedefleri kapsamında pek çok ülkede, sera gazı emisyonlarında önemli azalmalara, yenilenebilir enerji kullanımında artışa ve enerji verimliliğinde iyileştirmelere yönelik çalışılmaktadır (Eckert ve Kovalevska 2021). Datça'da kentsel yeşil alanların genişletilmesi, hem karbon tutma kapasitesine katkı sağlayacak hem de kentsel ısı adalarını azaltarak ve meskenlerde klima kullanımı ihtiyacını düşürerek enerji verimliliğine yardımcı olacaktır. Ayrıca, doğal alanların restorasyonu ve mevcut ormanların korunması, bu iklim hedeflerine ulaşma gayretinin bir parçası olacaktır. Datça örneğinde bu çalışmadan elde edilen bulgular, benzer kıyı bölgelerinde uygulanabilecek araştırma metodları ve yaklaşımların geliştirilmesine ışık tutabilecek nitelik taşımaktadır. Ayrıca, çalışma bulguları iklim değişikliği ve insan etkileşimlerinin ekosistem servisleri üzerindeki etkilerini anlamak için uzun vadeli izleme ve değerlendirme programlarının önemini vurgulamaktadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2050 yılına kadar Avrupa'yı ilk iklim nötr kıta yapmayı hedeflemektedir. Bu terim sera gazı emisyonlarının atmosfere salınan miktarının, doğa tarafından emilen ya da teknolojik yöntemlerle dengeye getirilen miktarla eşitlenmesi anlamına gelmektedir (European Commission 2024). Başka bir deyişle, atmosferdeki sera gazı miktarının net olarak sifıra düşürülmesi, net sıfır karbon emisyonuna ulaşmak demektir. Avrupa Yeşil Mutabakatı bu hedefe ulaşmak için doğal kaynakların verimli kullanımını artırmak, ürünlerin üretiminden tüketimine kadar olan süreçte atıkları en aza indiren ve geri dönüşümü teşvik eden temiz ve döngüsel bir ekonomiye geçmek ve biyoçeşitliliği restore etmek gibi hedefleri içermektedir (Siddi 2020). Datça'daki AK/AÖ değişiklikleri, bu hedeflerle zıt düşülebileceğine dair sinyaller vermektedir. Bölgede, yeşil altyapıyı içeren kentsel planlama stratejilerine, yeniden ormanlaştırmaya ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın biyoçeşitlilik stratejisiyle uyumlu sürdürülebilir turizme odaklanılmalıdır.

Avrupa Çevre Ajansı'nın MAES çerçevesinde sunduğu çıktılar, Avrupa Birliği Biyoçeşitlilik Stratejisinin temelini oluşturmakta ve ekosistemleri ve servislerini değerlendirmek için kritik bir yaklaşım sağlamaktadır (Maes vd. 2016). Datça özelinde, AK/AÖ analizlerinden elde edilen bulgular, ekosistem servislerinin mevcut durumunu ve eğilimlerini haritalamak ve değerlendirmek için kullanılabilir, böylece yerel biyoçeşitlilik stratejileri ile milli ve Avrupa biyoçeşitlilik çerçeveleri arasında uyum sağlanabilir.

Datça-Bozburun Yarımadası, benzersiz biyoçeşitliliği, deniz ve kara ekosistemleri ile kültürel mirası nedeniyle Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak belirlenmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2024; United Nations Development Program 2024). Bu koruma alanındaki AK/AÖ değişiklikleri, ekolojik bütünlük ve ekosistem servislerinin sağlanması üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu bağlamda, plansız kentleşme ve diğer arazi kullanımı değişikliklerinin etkilerini detaylı bir şekilde tartışmak, bu hassas alanın yönetimi konusundaki zorlukları ve bu zorlukların aşılabilmesi durumunda gelebileceği fırsatları anlamak için kritik önem taşımaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın ekosistemleri ve biyoçeşitliliği koruma ve restore etme ile ilgili hedefleri, Datça-Bozburun ÖÇKB'nin yönetimi için özellikle önemli olabilir. MAES yaklaşımını kullanarak Datça-Bozburun ÖÇKB içindeki AK/AÖ değişikliklerinin ekosistemi ve servislerini üzerindeki etkilerini sistematik olarak değerlendirmek ve haritalamak önemlidir. Bu tespit ve analiz çalışmaları, arazi kullanımı değişikliklerinden en çok etkilenen kritik alanlar ve ekosistem servisleri için koruma önceliklerinin belirlenmesine yardımcı olabilir ve stratejilerde ayarlamalar yapılmasının önünü açabilir. Sonuçlar, yerel biyoçeşitlilik stratejilerine entegre edilerek milli ve Avrupa biyoçeşitlilik çerçeveleriyle uyum sağlanabilir. Bölgeye yönelik özelleşmiş politika önlemleri geliştirilerek, arazi kullanımı düzenlemeleri, geleneksel turizm yerine ekoturizmin teşvik edilmesi ve koruma çabalarına yerel paydaşların dahil edildiği topluluk tabanlı koruma projeleri uygulanabilir. Yerel topluluklar, hükümet otoriteleri, çevre STK'ları ve turizm sektörü gibi paydaşların, bölgedeki politika ve strateji geliştirme süreçlerinde sürekli ve efektif katılımı artırılmalıdır. İşbirlikçi yönetim modelleri, tüm tarafların karar alma süreçlerine aktif olarak katılımını sağlayarak Datça-Bozburun ÖÇKB'yi koruyan sürdürülebilir arazi kullanım uygulamalarına katkıda bulunabilir. Bu tür iş birlikleri, yönetim stratejilerinin etkinliğini artırarak ekosistemin korunmasını ve bölgenin sürdürülebilir gelişimini destekleyecektir.

Bu çalışma, Datça'daki AK/AÖ değişikliklerinin Avrupa çapındaki çevresel politikalar ve hedeflerle nasıl iç içe geçtiğini ve bu etkileşimin çeşitli yönlerini aydınlatmaktadır. Küresel çevresel girişimlerin yerel bağlamda önemini, yerel eylemlerin Avrupa Birliği'nin geniş çevresel stratejilerine nasıl katkı sağlayabileceğini ve bu stratejilerden nasıl fayda sağlanabileceğini göstermektedir.

Datça için önerilen sürdürülebilir arazi yönetimi stratejileri, ekosistemlerin sağladığı servisler ile ekonomik gelişim arasında dengeli bir ilişki kurmayı hedeflemelidir. Bu stratejiler, doğal peyzaja saygı duyan sürdürülebilir turizm uygulamaları, aşırı gelişmeyi önleyici arazi kullanım planlaması, toprak bütünlüğünü destekleyici tarımsal metotlar ve biyoçeşitlilik koruma çabalarını kapsamalıdır. Ayrıca, bu stratejilerin, potansiyel olarak yeni koruma alanlarının veya milli parkların belirlenmesini içerecek şekilde genişletilmesi, bölgenin ekolojik ve kültürel zenginliklerinin korunmasına katkıda bulunabilir.

MAES yaklaşımını kullanarak yapılan değerlendirmeler, koruma önceliklerini belirlemeye yardımcı olacak ve yerel biyoçeşitlilik stratejileri ile ulusal ve Avrupa biyoçeşitlilik çerçeveleri arasında uyum sağlanmasına olanak tanıyacaktır. Bölgedeki AK/AÖ değişikliklerinin ekosistem üzerindeki etkilerini sürekli izlemek, bölgedeki politika ve yönetim stratejilerinin etkinliğini değerlendirmek ve bu stratejilerde gerekli önlemleri almak büyük önem taşımaktadır. Bu izleme ve değerlendirme sistemi, bölgenin ekolojik ve kültürel değerlerini koruyarak sürdürülebilir bir gelecek için gerekli adaptasyonları sağlamada kritik bir rol oynamaktadır.



## 6. SONUÇLAR

Çalışma alanı olarak seçilen Datça bölgesi, dünyanın en küçük biyomlarından biri olan Akdeniz biyomunu temsil etmektedir ve Türkiye'nin birçok kıyı bölgesini yansıtmaktadır. Datça, bu anlamda Türkiye'nin kıyı bölgelerinin ekolojik dinamiklerini anlamak açısından büyük bir öneme sahiptir. Dolayısıyla ekosistem araştırmaları ve literatürü için bu çalışma sonuçlarının önemli olacağı düşünülmektedir.

Çalışmadan edinilen bulgular, önemli bir rant alanının günümüzdeki halinin ve gelecek projeksiyonunun birlikte değerlendirilmesi ve yapılan çıkarımların bu alanla birlikte benzer diğer alanlar için kullanılabilir olması bağlamında öneme sahiptir. Datça, doğal ve kültürel özellikleri ile hem turizm hem de ticari faaliyetler için cazip bir noktadır. Ancak henüz tam anlamıyla doyumluğa ulaşmamış yapılaşma ile aynı zamanda tehdit altındadır. Çalışmada edinilen en önemli bulgulardan biri, AK/AÖ ile karbon depolama konusunda yapılmış geleceğe yönelik projeksiyonlardır. Bu projeksiyonlar ışığında bölgenin göç almak veya mevcut endüstrilerde değişikliklerin yaşanması gibi dış kaynaklı baskılardan arındığı takdirde özellikle karbon süreçleri bağlamında ekolojik dengesinin iyiye gideceği görülmüştür. 2033 ve 2053 yılları için yapılan analizlerde, karbon tutumunun arttığı ve çıplak arazilerin azaldığı bir trend gözlemlenmiştir.

Doğal AK/AÖ sınıflarında negatif etkileri olacak değişimler Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarındaki birçok kasabada izlenmektedir. Bu bölgeler Datça'nın benzer iklim ve cazibe özelliklerini paylaşmaktadır, bu da daha geniş koruma çabalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Datça'nın sürdürülebilir bir şekilde korunması, karar vericiler, akademisyenler, STK'lar ve merkezi/yerel yönetimler gibi pek çok farklı kişi ve grubun ortak çabasını gerektirmektedir. Antropojenik tehditlere ek olarak; orman yangınları, kuraklık, depremler ve bölgesel toprak kaymaları gibi doğal afetlerle de mücadele, ortak bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır.

Datça'nın mevcut arazi kullanım durumu ve toplam karbon tutma kapasitesi, Türkiye'nin kıyı bölgeleri için bir örnek teşkil etmektedir. Ancak bu durum, mevcut arazi kullanımı ve arazi örtüsünde yapılaşma yönündeki ivmenin artma potansiyeli ile tehdit altındadır. Mevcut koruma stratejilerine ek olarak bölgenin yeşil altyapı sistemi ile kurgulanması, bölgenin ekolojik sürdürülebilirliği için önemlidir. Burada etkili koruma ve sürdürülebilir geliştirme uygulamaları, Akdeniz biyomunun benzer alanlarında da uygulanabilir bir model sunabilecektir. Bu çalışma, Datça gibi hassas ekosistemlerin sürdürülebilirliği için arazi kullanımının bir sistem içerisinde değerlendirilmesi gereğini vurgulamakta, küresel karbon hedeflerine ulaşabilmek için bölgenin mevcut ve gelecekteki potansiyel karbon tutma kapasitesini ortaya koymakta ve bu bağlamda benzer uygulamalar ve araştırmalar için kapsamlı bir yöntem dayanan uygulanabilir bir çerçeve oluşturmaktadır.

## 7. KAYNAKLAR

- Acıöz, M. (2018). Tabanid Infestation of Cattle and Its Implications for Public Health. *Middle Black Sea Journal of Health Science*, 4(3), 43-46.
- Aguiar, L. M., Bueno-Rocha, I. D., Oliveira, G., Pires, E. S., Vasconcelos, S., Nunes, G. L., Frizzas, M. R., and Togni, P. H. (2021). Going out for dinner—The consumption of agriculture pests by bats in urban areas. *PLoS One*, 16(10), e0258066.
- Akkemik, Ü. (2014). *Türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çalıları: Gymnospermler, Angiospermler (AG)*. TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü.
- Andabily, N. R., Mirsanjari, M. M., and Zarandian, A. (2023). Spatial modeling tools to assess and economic valuation of ecosystem services; study area: Qara Gheshlagh wetland. *Modeling Earth Systems and Environment*, 9(2), 2583-2595.
- Ardahanlıoğlu, Z. R., Selim, S., Karakuş, N., ve Çınar, İ. (2020). GIS-based approach to determine suitable settlement areas compatible with the natural environment.
- Artaxo, P., Hansson, H. C., Machado, L. A., and Rizzo, L. V. (2022). Tropical forests are crucial in regulating the climate on Earth. *PLOS Climate*, 1(8), e0000054.
- Assessment Millennium Ecosystem. (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water*. World Resources Institute.
- Atalay, İ., Sezer, İ., ve Çukur, H. (1998). *Kızılçam (Pinus brutia Ten.) ormanlarının ekolojik özellikleri ve tohum nakli açısından bölgelere ayrılması*. Orman Bakanlığı Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü.
- Avcı, M. (2017). Türkiye'nin kıyı kumullarında bitki örtüsü. *Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla: Kıyı (Ed. H. Turoğlu ve H. Yiğitbaşıoğlu)*, Jeomorfoloji Derneği Yayını(1), 63-92.
- Balasubramanian, M. (2019). Economic value of regulating ecosystem services: a comprehensive at the global level review. *Environmental monitoring and assessment*, 191(10), 616.
- Barrett, C. B., Zhou, M., Reich, P. B., Crowther, T. W., and Liang, J. (2016). Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science*, 354. doi:10.1126/science.aaf8957

- Bartolini, F., and Vergamini, D. (2023). Trade-Offs and Synergies between Ecosystem Services Provided by Different Rural Landscape. *Agronomy*, 13(4), 977.
- Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V., and Makowski, D. (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*, 27(19), 4697-4710.
- Berkowitz, J. F., Johnson, D. R., and Price, J. J. (2020). Forested Wetland hydrology in a large Mississippi river tributary system. *Wetlands*, 40(5), 1133-1148.
- Bozkurt, S. G., Kuşak, L., ve Akkemik, Ü. (2023). Investigation of land cover (LC)/land use (LU) change affecting forest and seminatural ecosystems in Istanbul (Turkey) metropolitan area between 1990 and 2018. *Environmental monitoring and assessment*, 195(1), 196.
- Busca, F., and Revelli, R. (2022). Green Areas and Climate Change Adaptation in a Urban Environment: The Case Study of “Le Vallere” Park (Turin, Italy). *Sustainability*, 14(13), 8091.
- Bustamante, M., Robledo-Abad, C., Harper, R., Mbow, C., Ravindranat, N. H., Sperling, F., Haberl, H., de Siqueira Pinto, A., and Smith, P. (2014). Co-benefits, trade-offs, barriers and policies for greenhouse gas mitigation in the agriculture, forestry and other land use (AFOLU) sector. *Global change biology*, 20(10), 3270-3290.
- Caicoya, A. T., Poschenrieder, W., Blattert, C., Eyvindson, K., Hartikainen, M., Burgas, D., Mönkkönen, M., Uhl, E., Vergarechea, M., and Pretzsch, H. (2023). Sectoral policies as drivers of forest management and ecosystems services: A case study in Bavaria, Germany. *Land Use Policy*, 130, 106673.
- Çakır, M., ve Gül, A. (2022). *Possible effects of climate change on the alpine ecosystem and approaches to the adaptation process*. 3rd International Mountain and Ecology Congress Within the Framework of Sustainable Development (MEDESU2022), Trabzon, Türkiye.
- Calder, R. S., Shi, C., Mason, S. A., Olander, L. P., and Borsuk, M. E. (2019). Forecasting ecosystem services to guide coastal wetland rehabilitation decisions. *Ecosystem Services*, 39, 101007.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2024). Retrieved from Çevre ve Şehircilik Bakanlığı web sitesi: <https://ockb.csb.gov.tr/datca-bozburun-ozel-cevre-koruma-bolgesi-i-2747> [Son erişim tarihi: 05.28.2024].
- Chen, Y., Feng, J., Yuan, X., and Zhu, B. (2020). Effects of warming on carbon and nitrogen cycling in alpine grassland ecosystems on the Tibetan Plateau: A meta-analysis. *Geoderma*, 370, 114363.

- Çon, H. (2017). *Datça hurması (Phoenix theophrasti-Phoenix theophrasti Subsp. Golkoy)'nın çimlenme ve fidanlarının farklı yetiştirme ortamlarında büyüme özelliklerinin belirlenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cook, J., Nuccitelli, D., Green, S. A., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., Way, R., Jacobs, P., and Skuce, A. (2013). Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental research letters*, 8(2), 024024.
- Costanza, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and Van Den Belt, M., (1998). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological economics*, 25(1), 3-15.
- Crespo, R. D., Wu, J., Myer, M., Yee, S., and Fulford, R. T. (2019). Flood protection ecosystem services in the coast of Puerto Rico: Associations between extreme weather, flood hazard mitigation and gastrointestinal illness. *Science of the total environment*, 676, 343-355.
- Dangles, O. (2019). Ecosystem services provided by insects for achieving sustainable developmental goals. *Comptes Rendus. Biologies*, 342(7-8), 268.
- Dawwas, E. (2014). The evolution of GIS as a land use planning conflict resolution tool: A chronological approach. *American Journal of Geographic Information System*, 3(1), 38-44.
- Depietri, Y., and McPhearson, T. (2017). Integrating the grey, green, and blue in cities: Nature-based solutions for climate change adaptation and risk reduction. *Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice*, 91-109.
- Díaz-Almela, E., Piñeiro-Juncal, N., Marco-Méndez, C., Giralt, S., Leiva-Dueñas, C., and Mateo-Mínguez, M. (2019). *Carbon Stocks and Fluxes Associated To Andalusian Saltmarshes and estimates of impact in stocks and fluxes by diverse land-use changes DELIVERABLE C2. 2 (a C2. 1 update): Results Report*. LIFE14CCM/ES/000957. Blanes.
- Dirik, K., Türkmenoğlu, A., Tuna, N., ve Dirican, M. (2023). Datça Yarımadası'nın neotektoniği, jeomorfolojisi ve bunların eski medeniyetlerin yerleşimi ve gelişimi üzerindeki etkisi. *Orta Doğu Teknik Üniversitesi AFP-00-07-03-13 No'lu Proje*.
- Doğan, Ö. (2012). Datça Yarımadası'nda yerleşmenin tarihsel süreci. *Coğrafya Dergisi*(16), 46-59.

- Dolan, K. A. (2010, 9 29). *Forbes*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/kerryadolan/2010/10/29/name-you-need-to-know-natural-capital-project/?sh=3c3a5ae71f57> [Son erişim tarihi: 05.05.2024].
- Dunne, D. (2018). *Planting a mix of tree species could double forest carbon storage*. Carbon brief: <https://carbondioxide-removal.eu/en/2018/08/27/carbonbrief-planting-a-mix-of-tree-species-could-double-forest-carbon-storage/> [Son erişim tarihi: 05.05.2024].
- Eckert, E., and Kovalevska, O. (2021). Sustainability in the European Union: Analyzing the discourse of the European green deal. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(2), 80.
- European Commission. (2024, 6 4). European Commission web sitesi: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en) adresinden alındı
- FAO. (2012). Food and Agriculture Organization web sitesi. Retrieved from <https://data.apps.fao.org/map/catalog/srv/eng/catalog.search#/metadata/87a09fb6-0d01-4906-95e2-be9479df01c3> [Son erişim tarihi: 05.05.2024].
- Ferrante, G., Asta, F., Cilluffo, G., De Sario, M., Michelozzi, P., and La Grutta, S. (2020). The effect of residential urban greenness on allergic respiratory diseases in youth: A narrative review. *World allergy organization journal*, 13(1), 100096.
- Fidan, B. (2021). *Datça yarımadası vadilerinde bitki örtüsü özellikleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Goldstein, J.H., Caldarone, G., Duarte, T.K., Ennaanay, D., Hannahs, N., Mendoza, G., Polasky, S., Wolny, S. and Daily, G.C. (2012). Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(19), 7565-7570.
- González-García, A., Arias, M., García-Tiscar, S., Alcorlo, P., and Santos-Martín, F. (2022). National blue carbon assessment in Spain using InVEST: Current state and future perspectives. *Ecosystem Services*, 53, 101397.
- Grace, J., José, J. S., Meir, P., Miranda, H. S., and Montes, R. A. (2006). Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. *Journal of Biogeography*, 33(3), 387-400.
- Güçlüsoy, H. (2015). Marine and coastal protected areas of Turkish Aegean coasts. *The Aegean Sea*, 669.

- Günel, N. (1994). *Liquidambar orientalis* (Anadolu sığla ağacı)'in güneybatı Anadolu'daki yayılışında relief, iklim ilişkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*(29), 175-190.
- Harris, N., and Gibbs, D. (2021). Forests absorb twice as much carbon as they emit each year. *World Resources Institute*, 21.
- Hibbard, K., Hoffman, F., Huntzinger, D. N., and West, T. (2017). Changes in land cover and terrestrial biogeochemistry. Oak Ridge National Lab.(ORNL), Oak Ridge, TN (United States).
- Hirabayashi, S. (2021). Technical specifications of urban forests for air purification: A case study in Tokyo, Japan. *Trees, Forests and People*, 4, 100078.
- Howley, P. (2011). Landscape aesthetics: Assessing the general publics' preferences towards rural landscapes. *Ecological Economics*, 72, 161-169.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.026>
- Hunt, C. A., Durham, W. H., Driscoll, L., and Honey, M. (2015). Can ecotourism deliver real economic, social, and environmental benefits? A study of the Osa Peninsula, Costa Rica. *Journal of sustainable tourism*, 23(3), 339-357.
- Ian, H. (2010). *An introduction to geographical information systems*. Pearson Education India.
- International Panel on Climate Change. (2006). Retrieved from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> [Son erişim tarihi: 05.05.2024].
- IPCC. (2023). *Climate change 2023: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. The Australian National University.
- Kafy, A.-A., Raikwar, V., Al Rakib, A., Kona, M. A., and Ferdousi, J. (2021). Geospatial approach for developing an integrated water resource management plan in Rajshahi, Bangladesh. *Environmental Challenges*, 4, 100139.
- Kantarıcı, D. (1990). Reşadiye (Datça) yarımadası'nın ekolojik özellikleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 40(1).
- Kantarıcı, M. (1987). *Toprak ilmi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları İÜ Yayın.
- Keskin, E., Başak, E., Yolak, U., Thomas, L., and Bann, C. (2011). *The socio-economic overview and analyses of new income generation activities at Turkish Aegean MPAs. Interim Feasibility report on new income generation activities for each*

MCPAs. Project PIMS 3697: *The Strengthening the System of Marine and Coastal Prote*. Technical Report Series 1: 1-112.

Kirikkaleli, D., Adebayo, T. S., Khan, Z., ve Ali, S. (2021). Does globalization matter for ecological footprint in Turkey? Evidence from dual adjustment approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(11), 14009-14017.

Köhl, M., Neupane, P. R., and Lotfiomran, N. (2017). The impact of tree age on biomass growth and carbon accumulation capacity: A retrospective analysis using tree ring data of three tropical tree species grown in natural forests of Suriname. *Plos one*, 12(8), e0181187.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration in India. *Climatic Change*, 277-296.

Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., . . . Folke, C. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global environmental change*, 11(4), 261-269.

Landis, J., and Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-17

Langemeyer, J., Madrid-Lopez, C., Beltran, A. M., and Mendez, G. V. (2021). Urban agriculture—A necessary pathway towards urban resilience and global sustainability? *Landscape and Urban Planning*, 210, 104055.

Lu, C., Zhang, J., Tian, H., Crumpton, W.G., Helmers, M.J., Cai, W.J., Hopkinson, C.S. and Lohrenz, S.E. (2020). Increased extreme precipitation challenges nitrogen load management to the Gulf of Mexico. *Communications Earth & Environment*, 1(1), 21.

Maes, J., Liqueste, C., Teller, A., Erhard, M., Paracchini, M.L., Barredo, J.I., Grizzetti, B., Cardoso, A., Somma, F., Petersen, J.E. and Meiner, A., (2016). An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. *Ecosystem services*, 17, 14-23.

Mammola, S., Riccardi, N., Prié, V., Correia, R., Cardoso, P., Lopes-Lima, M., and Sousa, R. (2020). Towards a taxonomically unbiased European Union biodiversity strategy for 2030. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1940), 20202166.

Mater, B. (1998). *Toprak coğrafyası*. Çantay Kitabevi. İstanbul, 271 s.

McKinsey Global Institute. (2011). *Urban world: Mapping the economic power of cities*. . McKinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/mgi/> adresinden alındı

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024). <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx> [Son erişim tarihi: 05.05.2024].
- Meyer, W. B., and Turner, B. L. (1992). Human population growth and global land-use/cover change. *Annual review of ecology and systematics*, 23(1), 39-61.
- Mukul, İ. (2004). Datça Yarımadasının coğrafyası. *Türk Coğrafya Dergisi*(43), 109-137.
- Näschen, K., Diekkrüger, B., Evers, M., Höllermann, B., Steinbach, S., and Thonfeld, F. (2019). The impact of land use/land cover change (LULCC) on water resources in a tropical catchment in Tanzania under different climate change scenarios. *Sustainability*, 11(24), 7083.
- Natural Capital Project. (2005). *Natural Capital Project*. Retrieved from Stanford University Web sitesi: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/about> [Son erişim tarihi: 05.05.2024].
- Natural Capital Project. (2010). *Natural Capital Project*. Retrieved from Stanford University Web sitesi: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest> [Son erişim tarihi: 05.05.2024].
- Ncube, S., and Arthur, S. (2021). Influence of blue-green and grey infrastructure combinations on natural and human-derived capital in urban drainage planning. *Sustainability*, 13(5), 2571.
- Nel, L., Boeni, A. F., Prohászka, V. J., Szilágyi, A., Tormáné Kovács, E., Pásztor, L., and Centeri, C. (2022). InVEST soil carbon stock modelling of agricultural landscapes as an ecosystem service indicator. *Sustainability*, 14(16), 9808.
- Nowak, D. J., and Ogren, T. L. (2021). Variations in urban forest allergy potential among cities and land uses. *Urban Forestry & Urban Greening*, 63, 127224.
- ÓhAiseadha, C., Quinn, G., Connolly, R., Connolly, M., and Soon, W. (2020). Energy and climate policy—An evaluation of global climate change expenditure 2011–2018. *Energies*, 13(18), 4839.
- Okuş, E., Sur, H., Yüksek, A., Yılmaz, I., Aslan-Yılmaz, A., Karhan, S., ve Altıok, A. (2004). Datça-Bozburun özel çevre koruma bölgesinin denizsel ve kıyısız alanlarının biyolojik çeşitliliğinin tespiti projesi. *Ankara: TC Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı (in Turkish)*.
- Olson, D.M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E.D., Burgess, N.D., Powell, G.V., Underwood, E.C., D'amico, J.A., Itoua, I., Strand, H.E., Morrison, J.C. and Loucks, C.J. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on

- Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, 51(11), 933-938.
- O'Riordan, R., Davies, J., Stevens, C., Quinton, J. N., and Boyko, C. (2021). The ecosystem services of urban soils: A review. *Geoderma*, 395, 115076.
- Özhatay, N., Byfield, A., ve Atay, S. (2008). *Türkiye'nin 122 önemli bitki alanı*. WWF Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı).
- Pandey, B., and Ghosh, A. (2023). Urban ecosystem services and climate change: a dynamic interplay. *Frontiers in Sustainable Cities*, 5, 1281430.
- Pastor, F., Valiente, J. A., and Khodayar, S. (2020). A warming Mediterranean: 38 years of increasing sea surface temperature. *Remote sensing*, 12(17), 2687.
- Piedelobo, L., Taramelli, A., Schiavon, E., Valentini, E., Molina, J.-L., Nguyen Xuan, A., and González-Aguilera, D. (2019). Assessment of green infrastructure in Riparian zones using copernicus programme. *Remote Sensing*, 11(24), 2967.
- Rachid, L., Elmostafa, A., Mehdi, M., and Hassan, R. (2024). Assessing Carbon Storage and Sequestration Benefits of Urban Greening in Nador City, Morocco, Utilizing GIS and the InVEST Model. *Sustainable Futures*, 100171.
- Ramachandra, T., Mondal, T., Negi, P., and Setturu, B. (2024). Assessment of Climate Trends and Carbon Sequestration in a Forest Ecosystem through InVEST. *Productivity*, 64(4).
- Sadat, M., Zoghi, M., and Malekmohammadi, B. (2020). Spatiotemporal modeling of urban land cover changes and carbon storage ecosystem services: case study in Qaem Shahr County, Iran. *Environment, development and sustainability*, 22(8), 8135-8158.
- Schaldach, R., and Alcamo, J. (2007). Simulating the effects of urbanization, afforestation and cropland abandonment on a regional carbon balance: a case study for Central Germany. *Regional Environmental Change*, 7, 137-148.
- Selim, S. (2021). Yeşil Mutabakat çerçevesinde kentsel yeşil alanların yeşil altyapı sistemine entegrasyonu: Antalya-Konyaaltı örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(3), 636-643.
- Selim, S., ve Demir, N. (2019). Detection of ecological networks and connectivity with analyzing their effects on sustainable urban development. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 4(2), 63-70.
- Selim, S., ve Sönmez, N. (2015). Determination of sweetgum (*Liquidambar orientalis Miller*) populations distribution with geographic information systems and

evaluation of landscape metrics by using habitat quality assessment; a case study of Mugla Koycegiz. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 12(1), 30-38.

Siddi, M. (2020). The European Green Deal: assessing its current state and future implementation. *Upi Report*, 114.

Şimşek, Ç. K., Serter, G., ve Ödül, H. (2022). A study on the cooling capacities of urban parks and their interactions with the surrounding urban patterns. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 15(4), 1287-1317.

Smith, P., Davis, S.J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B., Kato, E., Jackson, R.B., Cowie, A., Kriegler, E., Van Vuuren, D.P., vd. (2016). Biophysical and economic limits to negative CO2 emissions. *Nature climate change*, 6(1), 42-50.

Sohl, T.L., Sleeter, B.M., Zhu, Z., Sayler, K.L., Bennett, S., Bouchard, M., Reker, R., Hawbaker, T., Wein, A., Liu, S., Kanengieter, R., vd. (2012). A land-use and land-cover modeling strategy to support a national assessment of carbon stocks and fluxes. *Applied Geography*, 34, 111-124.

Stäps, J., Gericke, A., Lungu, A., and Stammel, B. (2022). Ecosystem services in floodplains and their potential to improve water quality—a manual for the IDES Tool.

Stephenson, N.L., Das, A.J., Condit, R., Russo, S.E., Baker, P.J., Beckman, N.G., Coomes, D.A., Lines, E.R., Morris, W.K., Rüger, N., Alvarez, E., vd. (2014). Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature*, 507(7490), 90-93.

Sulaiman, Shah, S., Khan, S., Bussmann, R. W., Ali, M., Hussain, D., and Hussain, W. (2020). Quantitative ethnobotanical study of Indigenous knowledge on medicinal plants used by the tribal communities of Gokand Valley, District Buner, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Plants*, 9(8), 1001.

Taşlıgil, N. (2008). Datça–Bozburun özel çevre koruma bölgesi ve turizm. *Ege Coğrafya Dergisi*, 17(1-2), 73-83.

Tasser, E., Leitinger, G., and Tappeiner, U. (2017). Climate change versus land-use change—What affects the mountain landscapes more? *Land use policy*, 60, 60-72.

TUİK. (2022). Türkiye İstatistik Kurumu web sitesi: <https://www.tuik.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 05.05.2024].

TUİK. (2024). Türkiye İstatistik Kurumu web sitesi: <https://www.tuik.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 05.28.2024].

Turoğlu, H. (2016). Coğrafi bilgi sistemlerinin temel esaslar.

Tuzlacı, E. (2002). Datça Yarımadası (Muğla) Florası ve Bu Yörede Halkın Yararlandığı Bitkiler, 14. *Bitkisel İlaç Hammaddeleri toplantısı, Bildiriler, Eskişehir*.

UN DESA. (2018). *The 2018 revision of the world urbanization prospects*. Retrieved from United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.: <https://esa.un.org/unpd/wup/>[Son erişim tarihi: 05.05.2024].

United Nations Development Program. (2024). Retrieved from United Nations Development Program web sitesi: <https://www.undp.org/turkiye/publications/economic-analysis-datca-bozburun-special-environmental-protection-area> [Son erişim tarihi: 05.28.2024].

Woodward, J. (Ed.). (2009). *The physical geography of the Mediterranean*. OUP Oxford.

World Economic Forum. (2021). Why forests matter as carbon sinks and what we can do to protect them. Retrieved from World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2021/02/forests-climate-change-carbon-absorb-environment-earth-trees/> [Son erişim tarihi: 05.28.2024].

Ying Chen, J. F. (2020). Effects of warming on carbon and nitrogen cycling in alpine grassland ecosystems on the Tibetan Plateau: A meta-analysis. *Geoderma*, 370.

Yomralıoğlu, T. (2005). *Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Zullo, F., Montaldi, C., Di Pietro, G., and Cattani, C. (2022). Land use changes and ecosystem services: The case study of the Abruzzo region coastal strip. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(12), 588.

# ÖZGEÇMİŞ

## BUKET EYİLETEN

### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2021-2024	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2005-2019	İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul

### ESERLER

#### SCI, SSCI, AHCI indekslerinde taranan dergilerde yayınlanan makale

1- Olgun, R., Karakuş, N., Selim, S., & Eyileten, B. (2024). Assessment and mapping of noise pollution in recreation spaces using geostatistic method after COVID-19 lockdown in Turkey. *Environmental Science and Pollution*, 31, 33428–33442.

#### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Selim, S., Karakuş, N., & Eyileten, B. (2023). Effects of cemetery ecosystems on urban heat islands. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Architecture*, 2(1), 1-18.

2- Eyileten, B., Esendağlı, Ç., & Selim, S. (2022). Assessment of urban green space distribution within the scope of European Green Deal using NDVI indice; case of Nicosia/Cyprus. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 7(2), 615-623. <https://doi.org/10.30785/mbud.1152364>

#### Uluslararası yayınevlerince yayımlanan kitap bölümleri

1- Karakuş, N., & Eyileten, B. (2022). Determining the land surface temperature from Landsat 8 satellite images and data evaluation in accordance to land use: Antalya/Serik case. *New Trends in Architecture, Planning and Design*, 202-221.

## **Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve tam metin basılan bildiriler**

1- Selim, S., Eyileten, B., & Karakuş, N. (2023). Investigation of green space cooling potential on land surface temperature in Antalya City of Turkey. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(M-1-2023), 107-114. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-107-2023>

2- Eyileten, B., & Selim, S. (2023). Contribution of urban cemeteries to ecosystem services: Evidence from touristic Antalya City of Turkey. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(M-1-2023), 101-106. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-101-2023>

3- Eyileten, B., & Selim, S. (2023). Calculating the changes in ecosystem service contributions as forest patches connect with ecological corridors. *ICSULA: International Conference on Sustainable Cities and Urban Landscapes: Re-thinking the Future of the Cities and Urban Landscapes*.

4- Selim, S., & Eyileten, B. (2022). Measuring changes in spatio-temporal LST variations and evaluating their relationship between greenhouses and their surroundings. *5th Intercontinental Geoinformation Days (IGD)*, 149-152. 14-15 Aralık 2022, NIGMT Foundation, New Delhi, India.