

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE'DEKİ RAMSAR ALANLARINDA SU YÜZEY ALANI
DEĞİŞİMLERİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ, METEOROLOJİK VERİ VE
ANTROPOJENİK ETKİLERLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlyas BURSA

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

OCAK 2026

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DEKİ RAMSAR ALANLARINDA SU YÜZEY ALANI
DEĞİŞİMLERİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ, METEOROLOJİK VERİ VE
ANTROPOJENİK ETKİLERLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İlyas BURSA
(501211623)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Adalet DERVİŞOĞLU

OCAK 2026

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**INVESTIGATION OF WATER SURFACE AREA CHANGES IN RAMSAR
SITES IN TÜRKİYE USING SATELLITE IMAGES, METEOROLOGICAL
DATA, AND ANTHROPOGENIC EFFECTS**

M.Sc. THESIS

**İlyas BURSA
(501211623)**

Department of Geomatics Engineering

Geomatics Engineering Program

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Adalet DERVİŞOĞLU

JANUARY 2026

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501211623 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi İlyas BURSA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TÜRKİYE’DEKİ RAMSAR ALANLARINDA SU YÜZEY ALANI DEĞİŞİMLERİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ, METEOROLOJİK VERİ VE ANTROPOJENİK ETKİLERLE İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Adalet DERVİŞOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Ramazan Alper KUÇAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ercenk ATA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 04 Aralık 2025
Savunma Tarihi : 05 Ocak 2026





Aileme,



ÖNSÖZ

Öncelikle, tez konumun belirlenmesinden çalışmanın sonuçlandırılmasına kadar geçen her aşamada; engin bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, karşılaştığım akademik zorluklarda yardımlarını esirgemeyen ve sabrıyla beni daima motive eden değerli danışman hocam Doç. Dr. Adalet DERVİŞOĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin rehberliği olmadan bu çalışmayı tamamlamak çok daha güç olurdu.

Hayatım boyunca aldığım her kararda yanımda olan, eğitim hayatım süresince maddi ve manevi desteklerini benden hiç esirgemeyen, sevgileri ve güvenleriyle en zor zamanlarımda bile bana güç veren aileme minnettarım. Onların fedakarlıkları, bugünlere gelmemdeki en büyük etkidir.

Son olarak, bu süreçte anlayışları ve dostluklarıyla yanımda olan arkadaşlarıma ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ocak 2026

İlyas BURSA
(Geomatik Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY	xxvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Ramsar Sözleşmesi.....	2
1.3 Türkiye’deki Ramsar Alanları.....	4
1.3.1 Akyatan Gölü	4
1.3.2 Gediz Deltası	5
1.3.3 Göksu Deltası	6
1.3.4 Kızılırmak Deltası	7
1.3.5 Kızören Obruğu.....	8
1.3.6 Burdur Gölü	9
1.3.7 Kuyucuk Gölü	10
1.3.8 Seyfe Gölü.....	11
1.3.9 Uluabat Gölü	12
1.3.10 Meke Maarı	13
1.3.11 Nemrut Gölü	14
1.3.12 Sultansazlığı	14
1.3.13 Yumurtalık Lagünü	15
1.3.14 Manyas (Kuş) Gölü	16
1.4 Literatürde Türkiye Ramsar Alanları ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	17
2. ÇALIŞMA ALANI, KULLANILAN VERİLER VE YÖNTEMLER.....	21
2.1 Çalışma Alanı	21
2.2 Kullanılan Veriler.....	21
2.2.1 Uydu görüntüleri	21
2.2.2 Vektör veriler, nüfus ve meteorolojik veriler.....	22
2.3 Yöntem	22
3. BULGULAR.....	25
3.1 Akyatan Gölü	25
3.2 Gediz Deltası	30
3.3 Göksu Deltası	34
3.4 Kızılırmak Deltası	37
3.5 Kızören Obruğu.....	40
3.6 Burdur Gölü.....	43
3.7 Kuyucuk Gölü	46
3.8 Seyfe Gölü.....	49

3.9 Uluabat Gölü	52
3.10 Meke Maarı	55
3.11 Nemrut Gölü	58
3.12 Sultansazlığı	60
3.13 Yumurtalık Lagünü	64
3.14 Manyas (Kuş) Gölü	67
3.15 Verilerin Genel Değerlendirilmesi	72
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ	89



KISALTMALAR

AK/AÖ	: Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü
AWEInsh	: Automated Water Extraction Index For Non-Shadow
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DSAS	: Digital Shoreline Analysis
DSİ	: Devlet Su İşleri
EPA	: Environmental Protection Agency
ETM+	: Enhanced Thematic Mapper Plus
FCN	: Fully Convolutional Network
GEE	: Google Earth Engine
GIS	: Geographic Information Systems
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MS	: Multispectral
NDPI	: Normalized Difference Pond Index
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
NDWI	: Normalized Difference Water Index
NIR	: Near-Infrared
NSM	: Net Shoreline Movement
OLI	: Operational Land Imager
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
SVM	: Support Vector Machine
TIR	: The Thermal Infrared
TIRS	: The Thermal Infrared Sensor
TM	: Thematic Mapper
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	: World Health Organization
WRI	: Water Ratio Index
WQI	: Water Quality Index
YSKY	: Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği



SEMBOLLER

ha	: Hektar
km	: Kilometre
km²	: Kilometrekare
m	: Metre
m³	: Metreküp
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
R²	: Determinasyon Katsayısı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Türkiye’deki Ramsar alanları.	4
Çizelge 2.1: Landsat uydularının özellikleri.	21
Çizelge 2.2: Sentinel-2 uydularının özellikleri.	22
Çizelge 3.1: Akyatan Gölü ile ilgili çalışmalar.	25
Çizelge 3.2: Gediz Deltası ile ilgili çalışmalar.	30
Çizelge 3.3: Göksu Deltası ile ilgili çalışmalar.	35
Çizelge 3.4: Kızılırmak Deltası ile ilgili çalışmalar.	38
Çizelge 3.5: Kızören Obruğu ile ilgili çalışmalar.	41
Çizelge 3.6: Burdur Gölü ile ilgili çalışmalar.	44
Çizelge 3.7: Kuyucuk Gölü ile ilgili çalışmalar.	46
Çizelge 3.8: Seyfe Gölü ile ilgili çalışmalar.	49
Çizelge 3.9: Uluabat Gölü ile ilgili çalışmalar.	52
Çizelge 3.10: Meke Maarı ile ilgili çalışmalar.	55
Çizelge 3.11: Nemrut Gölü ile ilgili çalışmalar.	58
Çizelge 3.12: Sultansazlığı ile ilgili çalışmalar.	60
Çizelge 3.13: Yumurtalık Lagünü ile ilgili çalışmalar.	64
Çizelge 3.14: Manyas Gölü ile ilgili çalışmalar.	67
Çizelge 3.15: 14 Ramsar alanının ilk yıllardan son yıllara olan alansal değişimleri.	75
Çizelge 3.16: Karasal Alanlar ve maksimum derinlikleri [93, 94].	75



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: (a)Akyatan Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [10].....	5
Şekil 1.2: (a)Gediz Deltası Ramsar Alanı sınırı. (b)Deltadan bir görüntü [13].....	6
Şekil 1.3: (a)Göksu Deltası Ramsar Alanı sınırı. (b)Deltadan bir görüntü [16].....	7
Şekil 1.4: (a)Kızılırmak Deltası Ramsar Alanı sınırı. (b)Deltadan görüntüler [18]. ...	8
Şekil 1.5: (a)Kızören Obruğu Ramsar Alanı sınırı. (b)Obruktan bir görüntü [19].....	9
Şekil 1.6: (a)Burdur Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [21].....	10
Şekil 1.7: (a)Kuyucuk Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [23].....	11
Şekil 1.8: (a)Seyfe Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [24].	11
Şekil 1.9: (a)Uluabat Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [26].	12
Şekil 1.10: (a)Meke Maarı Ramsar Alanı sınırı. (b)Alanın bir görüntüsü [27].....	13
Şekil 1.11: (a)Nemrut Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [29].	14
Şekil 1.12: (a)Sultansazlığı Ramsar Alanı sınırı. (b)Alandan bir görüntü [30].....	15
Şekil 1.13: (a)Yumurtalık Lagünü Ramsar Alanı sınırı. (b)Lagünden bir görüntü [33].	16
Şekil 1.14: (a) Manyas Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b) Gölden bir görüntü [35].....	17
Şekil 1.15: Web of Science Core veritabanlarına göre Türkiye’de Ramsar alanlarıyla ilgili yapılmış çalışmaların dahil olduğu disiplinler [36].	18
Şekil 1.16: Yıllara göre Türkiye-Ramsar konulu çalışmalar [36].	19
Şekil 3.1: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	26
Şekil 3.2: Mersin Meteoroloji İstasyonu (17340) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	28
Şekil 3.3: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	31
Şekil 3.4: İzmir Meteoroloji İstasyonu (17220) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	33
Şekil 3.5: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	36
Şekil 3.6: Silifke Meteoroloji İstasyonu (17340) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	36
Şekil 3.7: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	39
Şekil 3.8: Samsun Meteoroloji İstasyonu (17030) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	40
Şekil 3.9: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	42

Şekil 3.10: Karapınar Meteoroloji İstasyonu (17902) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	43
Şekil 3.11: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	45
Şekil 3.12: Burdur Meteoroloji İstasyonu (17238) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	46
Şekil 3.13: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	47
Şekil 3.14: Kars Meteoroloji İstasyonu (17097) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	48
Şekil 3.15: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	50
Şekil 3.16: Kırşehir Meteoroloji İstasyonu (17160) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	51
Şekil 3.17: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	54
Şekil 3.18: Bursa Meteoroloji İstasyonu (17116) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	55
Şekil 3.19: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	57
Şekil 3.20: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	59
Şekil 3.21: Van Meteoroloji İstasyonu (17172) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	60
Şekil 3.22: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	62
Şekil 3.23: Kayseri Meteoroloji İstasyonu (17196) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	63
Şekil 3.24: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	66
Şekil 3.25: Adana Meteoroloji İstasyonu (17351) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	67
Şekil 3.26: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).	68
Şekil 3.27: Bandırma (17114) Meteoroloji İstasyonu verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.	69
Şekil 3.28: (a) 2015, 2017, 2019, 2021, 2023 ve 2025 yıllarında göl koruma alanının AK/AÖ sınıflandırması. (b) Koruma alanındaki AK/AÖ değişiklikleri.	70
Şekil 3.29: Göl alanı yakın çevresindeki mahallelerin nüfus değişimi.	71
Şekil 3.30: On üç Meteoroloji istasyonu 1985-2025 yıllık ortalama sıcaklık verileri.	72

Şekil 3.31: On üç Meteoroloji istasyonu 1985-2025 yıllık toplam yağış verileri.	72
Şekil 3.32: On üç Meteoroloji istasyonu 1985-2025 yıllık toplam yağışlar ortalaması ve yıllık sıcaklık ortalamalarının ortalaması ve eğilimleri.....	73





TÜRKİYE’DEKİ RAMSAR ALANLARINDA SU YÜZEY ALANI DEĞİŞİMLERİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ, METEOROLOJİK VERİ VE ANTROPOJENİK ETKİLERLE İNCELENMESİ

ÖZET

Ramsar Sözleşmesi (Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi, sulak alanların ekolojik işlevlerinin ve biyolojik çeşitliliğinin korunmasını hedefleyen uluslararası en eski çevre anlaşmalarından biridir. Ramsar Alanları, uluslararası ölçekte önemli ekolojik, hidrolojik ve biyolojik özelliklere sahip sulak alanlar olup, su kuşları, balıklar ve diğer birçok canlı için kritik yaşam alanı sunar. Ayrıca sulak alanlar iklim düzenleme, karbon depolama, taşkın kontrolü ve su temini gibi ekosistem hizmetleri bakımından da hayati öneme sahiptir. Türkiye, 1994 yılında Ramsar Sözleşmesi’ne taraf olmuş ve bu kapsamda 14 alan Ramsar listesine dahil edilmiştir. Bunlardan bazıları karasal (Seyfe Gölü-Kırşehir, Sultansazlığı-Kayseri, Manyas Gölü (Kuş Cenneti)-Balıkesir, Burdur Gölü-Burdur, Uluabat Gölü-Bursa, Kuyucuk Gölü-Kars, Nemrut Gölü (Kalderası)-Bitlis, Meke Gölü-Konya, Kızören Obruğu-Konya) bazıları ise kıyı sulak alanı (Akyatan Gölü-Adana, Yumurtalık Lagünü-Adana, Göksu Deltası-Mersin, Gediz Deltası-İzmir, Kızılırmak Deltası-Samsun) niteliğindedir.

Bu çalışmada, Türkiye’de yer alan Ramsar alanlarında zamansal su yüzey alanı değişimleri, 1985–2025 dönemini kapsayan uydu görüntüleri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, aynı döneme ait meteorolojik veriler ile birlikte değerlendirilerek, sulak alanlardaki değişimlerin iklimsel etkilerle olan ilişkisi ortaya konulmuştur. Ayrıca, akademik literatürde ve ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiş; Ramsar alanlarının iklim değişikliği ve antropojenik faktörlerden nasıl etkilendiği bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir.

Sulak alanlar, iklim değişikliğine karşı son derece hassas ekosistemlerdir. Artan sıcaklık, değişen yağış rejimleri ve buharlaşma oranlarındaki yükseliş, su bütçesini doğrudan etkileyerek sulak alanların alan kaybına uğramasına ve ekolojik dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Özellikle kurak dönemlerin sıklaşması, habitat parçalanması ve biyolojik çeşitlilikte azalma riskini artırmaktadır. Ayrıca deniz seviyesindeki yükselme, kıyı sulak alanlarının tuzlanmasına neden olurken, ekstrem hava olaylarının sıklığındaki artış, bu ekosistemlerin doğal rejimlerini tehdit etmektedir. İklimsel baskıların yanı sıra, insan kaynaklı etkiler de sulak alanların sürdürülebilirliğini ciddi biçimde tehdit etmektedir. Tarımsal drenaj, aşırı yeraltı suyu kullanımı, endüstriyel ve kentsel kirlilik, plansız yapılaşma ve turizm baskısı, sulak alan ekosistemlerinde geri dönüşü zor tahribatlara yol açmaktadır. Ayrıca balıkçılık ve avcılık faaliyetleri, ekosistem üzerindeki antropojenik baskıları artırmaktadır. Bu faktörler, sulak alanların yalnızca ekolojik işlevlerini değil, aynı zamanda toplumlara sağladığı su temini, taşkın kontrolü ve karbon depolama gibi önemli ekosistem yararlarını da zayıflatmaktadır.

Sulak alanların, özellikle su kuşları açısından taşıdığı yaşamsal önem göz önüne alındığında, bu habitatların korunması çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük

önem arz etmektedir. İklim değişiklikleri ve sanayileşme, kentleşme ve tarımsal faaliyetler gibi antropojenik etmenler sulak alanlar üzerinde baskı oluşturmakta ve bu alanların zaman içinde yapısal değişimlere uğramasına neden olmaktadır.

Çalışmada Ramsar Sözleşmesi çerçevesinde Türkiye'de koruma altında bulunan ondört alanda literatür taraması ile elde edilen sonuçlar özetlenmiştir. Bu ondört koruma alanı için 1985-2025 yılları arasında 41 yıllık su yüzey alanları Landsat 5, Landsat 7 (2012 yılı için) ve Landsat 8 görüntüleri kullanılarak Google Earth Engine bulut platformunda Normalize Edilmiş Su Farkı İndeksi (Normalized Difference Water Index, NDWI) ile eşik değer sıfır alınarak belirlenmiştir. İlkbahar ve sonbahar aylarına ait uydu görüntüleri için zamansal medyan değerler hesaplanarak, mevsimsel su yüzey alanı değişim eğilimleri belirlenmiştir. Landsat uydu görüntülerinin yanısıra, daha yüksek mekansal çözünürlüğe sahip Sentinel-2 uydu görüntüleri ile de 2017-2025 yaz aylarının yıllık değişimi incelenmiştir. Değişimler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan iklim verileri ile birlikte yorumlanmıştır.

Ayrıca, örnek alan olarak seçilen Manyas Kuş Gölü'nde, Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak 2015–2025 döneminde iki yıllık aralıklarla Random Forest sınıflandırma algoritması ile AK/AÖ haritaları üretilmiş ve zamansal değişimler ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) nüfus verileri ve meteorolojik veriler ile birlikte değerlendirilerek iklim değişikliği ve antropojenik faktörlerin alan üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yapılan analizler sonucunda, su yüzey alanlarında belirgin ve sürekli bir küçülme eğilimi gösteren sulak alanların Kuyucuk Gölü, Meke Maarı, Seyfe Gölü, Sultansazlığı, Burdur Gölü, Kızören Obruğu ve Uluabat Gölü olduğu belirlenmiştir. Önemli ölçüde büyüyen alanlar ise Yumurtalık Lagünü ve Gediz Deltası olmuştur. Diğer Ramsar alanlarında su yüzey alanlarında yıllar arası dalgalanmalar görülmekle birlikte, 1985–2025 döneminde istikrarlı ve tek yönlü (sürekli artan ya da azalan) büyük bir eğilim tespit edilememiştir. Özellikle karasal özelliklerin baskın olduğu Kuyucuk Gölü, Seyfe Gölü, Burdur Gölü, Meke Maarı ve Sultansazlığı alanlarının ciddi risk altında bulunduğu değerlendirilmiştir.

Uzun dönemli on üç meteoroloji istasyon verileri incelendiğinde 1985-2025 döneminde, çalışma alanlarında sıcaklıkların belirgin biçimde arttığı, buna karşın yağışların uzun vadede artış ya da azalış yönünde net bir eğilim göstermediği anlaşılmaktadır. Artan sıcaklıklar ve düzensiz yağış rejimi, buharlaşma kayıplarını artırarak Ramsar sulak alanlarının su dengesi üzerinde olumsuz bir baskı oluşturmakta; uydu görüntülerinden elde edilen su yüzey alanı azalışlarıyla doğrudan ilişkili bir iklimsel çerçeve sunmaktadır.

Örnek olarak seçilen ve kapsamlı olarak incelenen Manyas Gölü'nün analizleri sonucunda ise su yüzeyi alanında yıllar içinde mevsimsel ve yıllık dalgalanmalar tespit edilmiştir. 2018 yılında yaklaşık 14 600 hektar olan su yüzeyi, 2024 yılında artış göstererek 14 769 hektara ulaşmış, ancak 2025 yılında 14 379 hektara düşmüştür. Uzun dönemli (1985-2020) Landsat analizleri ise özellikle ilkbahar aylarında anlamlı azalmalar olduğunu, bu durumun tarımsal sulama nedeniyle gölden su çekilmesiyle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bölgedeki ortalama yıllık sıcaklık artarken, yağış miktarı yeterince artmamakta, buharlaşma ise verilerin tam olmadığı birkaç yıl hariç yağış miktarını aşmaktadır. Bu durum, göl seviyesindeki azalmaları açıklayan önemli bir faktördür.

Arazi örtüsü analizinde ise, su yüzeyi, yapay alanlar/çıplak toprak, zayıf bitki örtüsü ve yoğun bitki örtüsü sınıfları bazında değerlendirme yapılmıştır. Arazi

kullanımındaki değişimler genellikle salınımlı bir seyir izlemekte, tek yönlü bir değişim eğilimi göstermemektedir. Özellikle 2017 yılında yapay alanlarda artış, 2019 yılında ise yoğun bitki örtüsünde zirve gözlemlenmiştir. Bu değişimler, bölgedeki tarımsal faaliyetlerin zamanla değişmesinden ve bazı yıllarda hasat dönemlerinin uzamasından kaynaklanmaktadır.

Demografik açıdan bakıldığında ise göl çevresindeki yerleşimlerin nüfusu genel olarak azalma eğilimi göstermektedir. 2015 yılında Manyas ilçesinin nüfusu 20 154 iken 2024 yılında 17 890'a düşmüştür. Bu durum, kırsaldan kente göçün ve bölgedeki sosyo-ekonomik koşulların etkilerini yansıtmaktadır.

Ramsar alanları, ekolojik açıdan son derece hassas ve dinamik sistemler olduğundan, bu alanların, uzun dönemli ve sürekli izleme yaklaşımlarıyla değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu noktada uzaktan algılama teknolojileri, geniş alanları kapsayabilmesi, zamansal süreklilik sağlaması ve maliyet etkinliği sayesinde koruma alanlarının izlenmesinde önemli avantajlar sunmaktadır. Bu çalışma kapsamında uzaktan algılama veri ve yöntemleri kullanılarak 14 Ramsar alanında su yüzey alanlarındaki değişimler belirlenmiş, seçilen bir Ramsar alanında ise arazi örtüsü değişimleri ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.

Elde edilen bulgular, uzaktan algılamaya dayalı analizlerin Ramsar alanlarında meydana gelen mekânsal ve zamansal değişimlerin izlenmesinde etkin ve güvenilir bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir. Bu tür analizlerin uzun dönemli veri setleriyle desteklenmesi, su rejimindeki değişimlerin, insan faaliyetlerinin ve iklimsel etkilerin daha doğru değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca saha gözlemleriyle birlikte kullanılacak CBS ve uzaktan algılama temelli izleme sistemlerinin, Ramsar alanlarının korunması, yönetim planlarının güncellenmesi ve sürdürülebilir kullanım kararlarının alınması süreçlerine önemli katkılar sunacağı değerlendirilmektedir.



INVESTIGATION OF WATER SURFACE AREA CHANGES IN RAMSAR SITES IN TÜRKİYE USING SATELLITE IMAGES, METEOROLOGICAL DATA, AND ANTHROPOGENIC EFFECTS

SUMMARY

The Ramsar Convention (Convention on the Protection of Wetlands) is one of the oldest international environmental agreements aimed at protecting the ecological functions and biodiversity of wetlands. Ramsar sites are wetlands with significant ecological, hydrological, and biological characteristics on an international scale, providing critical habitat for waterbirds, fish, and many other organisms. Wetlands are also vital for ecosystem services such as climate regulation, carbon sequestration, flood control, and water supply. Türkiye became a party to the Ramsar Convention in 1994, and 14 areas have been listed under the Convention. Some of these are terrestrial wetlands (Seyfe Lake-Kırşehir, Sultansazlığı-Kayseri, Manyas Lake (Bird Paradise)-Balıkesir, Burdur Lake-Burdur, Uluabat Lake-Bursa, Kuyucuk Lake-Kars, Nemrut Caldera-Bitlis, Meke Lake-Konya, Kızören Sinkhole-Konya) and some are coastal wetlands (Akyatan Lake-Adana, Yumurtalık Lagoon-Adana, Göksu Delta-Mersin, Gediz Delta-Izmir, and Kızılırmak Delta-Samsun).

This study analyzes temporal changes in water surface area in Ramsar sites in Türkiye using satellite imagery from 1985–2025. The findings, along with meteorological data from the same period, reveal the relationship between changes in wetlands and climatic effects. Furthermore, the academic literature and studies conducted by relevant institutions and organizations were reviewed, and a holistic approach was taken to assess how Ramsar sites are affected by climate change and anthropogenic factors.

Wetlands are extremely sensitive ecosystems to climate change. Rising temperatures, changing rainfall patterns, and increased evaporation rates directly affect the water budget, leading to wetland area loss and ecological imbalance. In particular, the increasing frequency of droughts increases the risk of habitat fragmentation and biodiversity decline. Furthermore, rising sea levels cause salinization of coastal wetlands, while the increased frequency of extreme weather events threatens the natural regimes of these ecosystems. In addition to climatic pressures, human-induced impacts also seriously threaten the sustainability of wetlands. Agricultural drainage, excessive groundwater use, industrial and urban pollution, unplanned construction, and tourism pressure cause irreversible damage to wetland ecosystems. Fishing and hunting activities also increase anthropogenic pressures on the ecosystem. These factors weaken not only the ecological functions of wetlands but also the important ecosystem benefits they provide to communities, such as water supply, flood control, and carbon sequestration.

Given the vital importance of wetlands, especially to waterbirds, protecting these habitats is essential for environmental sustainability. Climate change and anthropogenic factors such as industrialization, urbanization, and agricultural activities put pressure on wetlands and cause them to undergo structural changes over

time. This study summarizes the results of a literature review of 14 protected areas in Türkiye within the framework of the Ramsar Convention. For these 14 protected areas, water surface areas for 41 years, from 1985 to 2025, were determined using Landsat 5, Landsat 7 (for year 2012), and Landsat 8 imagery on the Google Earth Engine cloud platform using the Normalized Difference Water Index (NDWI) with threshold value of 0. Temporal median values were calculated for satellite images of spring and autumn months to determine seasonal water surface area change trends. In addition to Landsat satellite images, the annual change in summer months between 2017-2025 was also examined using Sentinel-2 satellite images with higher spatial resolution. The changes were interpreted in conjunction with climate data obtained from the General Directorate of Meteorology. Furthermore, in the selected sample area, Manyas Bird Lake, Sentinel-2 satellite images were used to generate LU/LC maps at 2-year intervals from 2015 to 2025 using the Random Forest classification algorithm, revealing temporal changes. The results were evaluated alongside population data from the Turkish Statistical Institute (TÜİK) and meteorological data to determine the effects of climate change and anthropogenic factors on the area.

As a result of the analyses, it was determined that the wetlands showing a significant and continuous trend of shrinking water surface areas are the Kuyucuk Lake, Meke Maar, Seyfe Lake, Sultansazlığı, Burdur Lake, Kızören Sinkhole, and Uluabat Lake. Significantly growing wetlands are Yumurtalık Lagoon and Gediz Delta. While inter-year fluctuations in water surface areas were observed in other Ramsar areas, a stable, unidirectional (either continuously significant increasing or decreasing) trend could not be detected over the 1985–2025 period. It was assessed that the Kuyucuk Lake, Seyfe Lake, Burdur Lake, Meke Maar, and Sultansazlığı areas, which are dominated by terrestrial features, are at serious risk.

When long-term data from 13 meteorological stations were examined, it was found that temperatures increased significantly in the study areas during the 1985-2025 period, while precipitation did not show a clear long-term trend. Rising temperatures and irregular precipitation regimes increase evaporation losses, creating negative pressure on the water balance of Ramsar wetlands. It provides a climatic framework directly related to the decrease in water surface area obtained from satellite images.

The NDWI analyses of Lake Manyas, selected as a sample and examined comprehensively, revealed seasonal and annual fluctuations in water surface area over the years. The water surface area, approximately 14,600 hectares in 2018, increased to 14,769 hectares in 2024, but decreased to 14,379 hectares in 2025. Long-term (1985-2025) Landsat analyses showed significant decreases, particularly in spring months, related to water withdrawal from the lake for agricultural irrigation. While the average annual temperature in the region is increasing, precipitation is not increasing sufficiently, and evaporation exceeds precipitation, except for a few years where data are incomplete. This is an important factor explaining the decrease in lake level.

In the land cover analysis, evaluations were made based on water surface, artificial areas/bare soil, sparse vegetation, and dense vegetation classes.

Changes in land use generally follow an oscillatory trend and do not show a unidirectional change. In particular, an increase in artificial areas was observed in 2017, and a peak in dense vegetation was recorded in 2019. These changes stem from shifts in agricultural activities in the region over time and from the lengthening of harvest periods in some years.

From a demographic perspective, the population of settlements around the lake generally shows a declining trend. While the population of Manyas district was 20,154 in 2015, it decreased to 17,890 in 2024. This situation reflects the effects of rural-to-urban migration and the region's socio-economic conditions.

Since Ramsar sites are extremely sensitive and dynamic ecologically, it is of great importance to evaluate these areas using long-term, continuous monitoring. At this point, remote sensing technologies offer significant advantages for monitoring protected areas, as they can cover large areas, provide temporal continuity, and be cost-effective. In this study, changes in water surface areas were determined in 14 Ramsar sites using remote sensing data and methods, and land cover changes were analyzed in detail in a selected Ramsar site.

The findings demonstrate that remote sensing-based analyses offer an effective and reliable approach to monitoring spatial and temporal changes occurring in Ramsar sites. Supporting these analyses with long-term datasets allows for more accurate assessments of changes in water regimes, human activities, and climatic impacts. Furthermore, it is considered that GIS and remote sensing-based monitoring systems, used in conjunction with field observations, will make significant contributions to the conservation of Ramsar sites, the updating of management plans, and the decision-making processes for sustainable use.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Suyun varlığı ya da yokluğu her türden canlı için, ister geniş okyanuslar veya tatlısu göllerinde yaşasın isterse kuru çöllerde, hayati önem taşımaktadır. Özellikle karasal ortamlarda suyun bulunduğu alanlar daha kısıtlı olabileceğinden bu bölgeler çeşitli canlıların faydalandığı yaşamsal öneme sahip bölgelerdir. Bu alanlarda meydana gelecek olumsuz değişimler birçok canlı türünü doğrudan etkileyebilmektedir.

Son 3 yüzyılda sanayileşmenin Avrupa kıtasında başlayıp sonrasında gittikçe diğer kıtalara da yayılıp artmasıyla birlikte geçmişten günümüze insan faaliyetleri bu bölgeler ve genel olarak aslında tüm ekosistemler için tehdit oluşturabilmektedir. Öyle ki son yarım yüzyılda, çevresindeki topraklarda binlerce yıldır tarım yapılan Akdeniz ekosistemlerinde bile tarihte hiç görülmemiş kapsamlı ve hızlı bir değişim yaşanmaktadır [1]. Ülkemizde de son 40 yılda hatalı uygulamalar ve yönetim nedeniyle Marmara Denizi boyutlarında sulak alan rezervi kuruyarak ya da kirlenerek ekonomik veya ekolojik önemini kaybetmiştir [2]. Bu bağlamda zarar görmeleri durumunda pek çok canlıyı direkt etkileyecek olan ve birçok göçmen kuş türüne de ev sahipliği yapan tatlı su kaynaklarının korunması için çeşitli ulusal/uluslararası sivil toplum ve hükûmetler tarafından çeşitli çalışmalar ve iş birlikleri yapılmaktadır.

Hükûmetler arası sözleşme edilen bu çerçevedeki anlaşmaların en önemlilerinden biri de “Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme” ya da yaygın bilinen ve kullanılan adıyla Ramsar Sözleşmesi’dir. Bu kapsamda, Türkiye’de biyolojik çeşitlilik ve eşsizliği açısından büyük önem taşıyan ve hükûmetler arası Ramsar Sözleşmesi kapsamında korunan 14 sulak alan bulunmaktadır. Bu alanlardan karasal özellik gösterenler: Seyfe Gölü-Kırşehir, Sultansazlığı-Kayseri, Manyas Gölü (Kuş Cenneti)-Balıkesir, Burdur Gölü-Burdur, Uluabat Gölü-Bursa, Kuyucuk Gölü-Kars, Nemrut Gölü (Kalderası)-Bitlis, Meke Gölü-Konya ve Kızören Obruğu-Konya, kıyı sulak alanı olanlar ise: Akyatan

Gölü-Adana, Yumurtalık Lagünü-Adana, Göksu Deltası-Mersin, Gediz Deltası-İzmir ve Kızılırmak Deltası-Samsun'dur.

Çalışma, literatürde korunan sulak alanların incelenmesi, değişimlerin izlenmesi ve olası antropojenik etkilerin tespiti için yapılan çalışmaları inceleyip CBS ve uzaktan algılama yöntemlerinin sağladığı imkânlar ve meteorolojik verilerden de yararlanarak Ramsar Sözleşmesi çerçevesinde Türkiye'de bulunan sulak alanların incelenmesini amaçlamaktadır. Sulak alanlarda meydana gelen su yüzey alanı değişimleri ve ilgili meteorolojik istasyonlardan gelen verilerin zamanla değişimleri izlenmiştir. Ayrıca, Manyas Gölü çevresi için demografik ve arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimleri de incelenmiştir.

1.2 Ramsar Sözleşmesi

Sözleşme 2 Şubat 1971'de 18 ülkeden temsilcilerin İran'ın Hazar kıyısındaki Ramsar kentinde metni hazırlamalarıyla imzaya açılmış ve 1975'te yürürlüğe girmiştir. Sözleşme, dünyadaki en çok tehdit altında olan habitat türlerinden biri olan sulak alanlara odaklanır (bataklıklar, deltalar, lagünler, göller, sazlıklar vb.). Sözleşme, taraf devletlerin kendi topraklarındaki sulak alanları düşüncesizce ve bencilce kullanmasını sınırlayan ilk küresel sözleşmedir [3]. İmzacı taraf sayısı 172 ülkeye ulaşmıştır. Sözleşme, tüm sulak alanlarının akılcıca kullanımına yönelik çalışmayı, Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Listesi (Ramsar Listesi) için uygun sulak alanları belirlemeyi ve etkin yönetimini sağlamayı, sınır ötesi sulak alanlar, ortak sulak alanlar ve ortak türler konusunda uluslararası iş birliği yapmayı amaçlamaktadır [4].

Sözleşme geniş bir sulak alan tanımı kullanmaktadır. Bu, tüm gölleri ve nehirleri, yeraltı su havzalarını, bataklıkları ve sazlıkları, ıslak otlakları, turbalıkları, haliçleri, deltaları ve gelgit düzlüklerini, mangrovları ve diğer kıyı alanlarını, mercan resiflerini ve balık havuzları, pirinç tarlaları, rezervuarlar ve tuz tavaları gibi tüm insan yapımı alanları içerir [5].

Sözleşme kapsamında uluslararası öneme sahip sulak alan ilan edilebilmek için aşağıda verilen 9 şarttan en az birinin sağlanması gerekmektedir. Dünya genelinde bu şartları sağlayan koruma alanı sayısı 2538 olup bu alanlar da yaklaşık 2,58 milyon kilometrekare koruma alanına karşılık gelmektedir [6].

Ramsar alanı ilan edilebilmeyi sağlayan 2 grup altında 9 kriter aşağıda verilmiştir:

Grup A. Nadir veya benzersiz sulak alan türlerinin temsil edildiği alanlar

Kriter 1: Bir sulak alan uygun biyocoğrafik bölgede bulunan doğal veya doğala yakın bir sulak alan tipinin temsili nadir veya benzersiz bir örneğini içeriyorsa uluslararası öneme sahip kabul edilmelidir.

Grup B. Biyolojik çeşitliliğin korunması için uluslararası öneme sahip alanlar

(Türlere ve ekolojik topluluklara dayalı kriterler)

Kriter 2: Bir sulak alan hassas, tehlike altında veya kritik tehlike altındaki türleri veya tehdit altındaki ekolojik toplulukları destekliyorsa uluslararası öneme sahip olarak kabul edilmelidir.

Kriter 3: Bir sulak alan belirli bir biyocoğrafik bölgenin biyolojik çeşitliliğini korumak için önemli olan bitki ve/veya hayvan türlerinin popülasyonlarını destekliyorsa uluslararası öneme sahip kabul edilmelidir.

Kriter 4: Bir sulak alan yaşam döngülerinin kritik bir aşamasında bitki ve/veya hayvan türlerini destekliyorsa veya olumsuz koşullar sırasında sığınak sağlıyorsa uluslararası öneme sahip kabul edilmelidir.

Su kuşlarına dayalı spesifik kriterler

Kriter 5: Bir sulak alan düzenli olarak 20 000 veya daha fazla su kuşunu destekliyorsa uluslararası öneme sahip kabul edilmelidir.

Kriter 6: Bir sulak alan düzenli olarak bir su kuşu türünün veya alt türünün popülasyonundaki bireylerin %1'ini destekliyorsa uluslararası öneme sahip kabul edilmelidir.

Balıklara dayalı spesifik kriterler

Kriter 7: Bir sulak alan yerlisi olan balık türlerini onların yaşam döngülerini, etkileşimlerini ve popülasyonlarını anlamlı ölçüde destekleyerek küresel biyoçeşitliliğe katkı sağlıyorsa uluslararası öneme sahip olarak kabul edilmelidir.

Kriter 8: Bir sulak alan içindeki veya başka bir yerdeki balıklar için önemli bir besin kaynağı, üreme alanı, yavru büyütme alanı veya göç yoluysa uluslararası öneme sahip kabul edilmelidir.

Diğer türlere dayalı spesifik kriterler

Bir sulak alan sulak alana bağımlı kuş olmayan hayvan türlerinin bir türünün veya alt türünün popülasyonundaki bireylerin %1'ini düzenli olarak destekliyorsa uluslararası öneme sahip kabul edilmelidir [7].

Türkiye Sözleşme'ye 1994 yılında katılımcı olup imzalamıştır ve Sözleşme'nin odak noktası Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü olmuştur. Çizelge 1.1'de Türkiye'deki Ramsar alanlarının ilan edildiği yıllar ve Ramsar alanı olabilmeleri için sağladıkları kriterler gösterilmektedir.

Çizelge 1.1: Türkiye'deki Ramsar alanları.

Ramsar Alanı	İlan Yılı	Sağladığı Kriterler
Göksu Deltası	1994	2, 3, 4
Burdur Gölü	1994	2, 3, 4, 5, 6
Seyfe Gölü	1994	2, 4, 5
Kuş Gölü (Manyas)	1994	2, 3, 4, 5, 8
Sultansazlığı	1994	2, 3, 4, 5, 6
Kızılırmak Deltası	1998	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Akyatan Lagünü	1998	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
Uluabat Gölü	1998	2, 4, 5, 8
Gediz Deltası	1998	2, 3, 4, 5
Meke Maarı	2005	1, 2, 3
Yumurtalık Lagünü	2005	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
Kızören Obruğu	2006	1, 2
Kuyucuk Gölü	2009	1, 2, 3, 4, 5, 6
Nemrut Gölü	2013	1

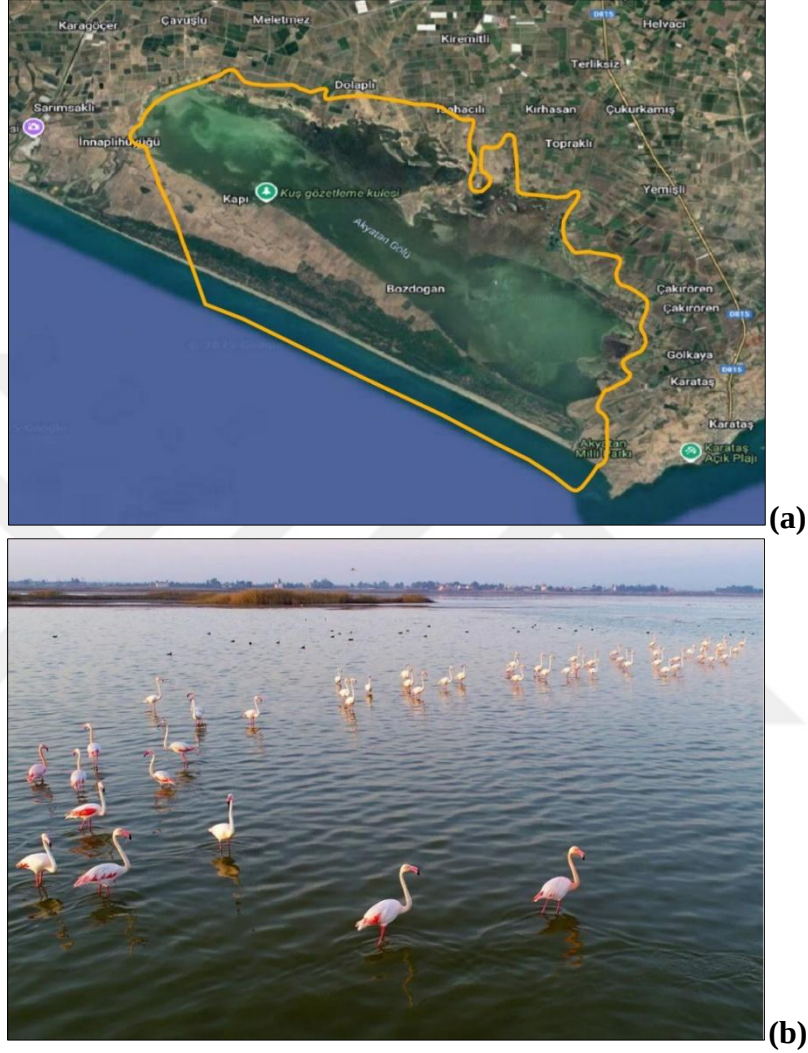
Türkiye'de 14'ü Ramsar Alanı, 59'u Ulusal Öneme Haiz Sulak Alan ve 58'i Mahalli Öneme Haiz Sulak Alan olarak sınıflandırılmış 131 sulak alan bulunmaktadır [8].

1.3 Türkiye'deki Ramsar Alanları

1.3.1 Akyatan Gölü

14 700 hektar koruma alanına sahip Göl, Adana şehir merkezinin kuş uçuşu 35 km güneyinde Karataş ilçesi sınırlarında kalmaktadır. 1988 yılında Ramsar Alanı ilan

edilen alan Türkiye'nin en büyük lagün kuş cennetidir. Denizle arasında 2 km uzunluğunda bir bağlantı bulunmakta olup birçok kuşa ev sahipliği yaptığı gibi çok sayıda memeli ve sürüngen (özellikle nesli tükenme aşamasında olan saz kedisi, turna, caretta caretta vb.) için de önemli yere sahiptir [9].



Şekil 1.1: (a)Akyatan Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [10].

1.3.2 Gediz Deltası

Tatlı ve tuzlu su ekosistemlerinin, lagünler, tuzlalar ve sığlıklardan oluşan 14 900 hektarlık alan, Gediz Nehri'nin eskiden denize ulaştığı yerde olup İzmir şehrinin 25 km kuzeybatısında yer alıp Foça, Menemen, Çiğli ve Karşıyaka ilçe sınırları içine girmektedir (Şekil 1.2). Bölge en kuzeyden güneye Kırdeniz, Homa, Çilazmak Lagünleri ve yapay oluşumlu olduğu düşünülen Ragıp Paşa Dalyanı'nı içermektedir [11]. Nehir 1866 öncesi körfeze daha yakın olan Karşıyaka ilçesinden denize ulaşmaktayken iç ve orta körfezin delta topraklarıyla kaplanması tehlikesi nedeniyle

şu anda bulunduğu yatağa çevrilerek bu durum ortadan kaldırılmıştır [12]. Alanda toplamda soyları tehlike altında olan birçok tür de dahil 295 kuş türü gözlemlenmiştir [13].

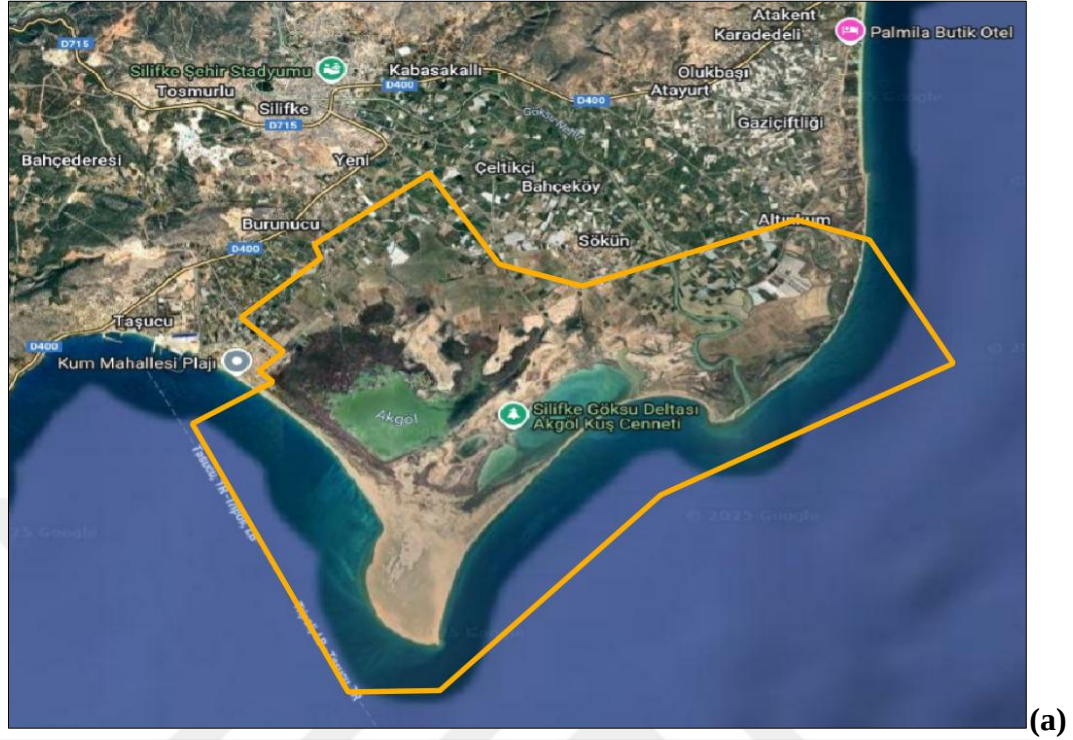


Şekil 1.2: (a)Gediz Deltası Ramsar Alanı sınırı. (b)Deltadan bir görüntü [13].

1.3.3 Göksu Deltası

Mersin il merkezine 85 km mesafede bulunan koruma alanı, Silifke ilçesinde bulunup Göksu Irmağı'nın oluşturduğu ovanın deniz kısmında bulunan az tuzlu Akgöl, görece daha tuzlu Paradeniz lagünleri ve daha doğularında kalan nehir ağzını kapsayan 15 000 hektarlık bir alana sahiptir (Şekil 1.3). Kumul setleriyle denizden ayrılmış olan Paradeniz, Akgöl'ün aksine, denizle bağlantılı olup gelgit etkisiyle tuzluluk oranları değişebilmektedir [14]. Bölgedeki kıyı kumulları (özellikle Akgöl ve Paradeniz'in güney tarafında bulunan İncekum) Türkiye kıyı kumul florasının beşte birinden

fazlasına ev sahipliği yapmaktadır. Bu kumullar deniz kaplumbağalarının çoğalması için önem arz etmektedir [15].



Şekil 1.3: (a)Göksu Deltası Ramsar Alanı sınırı. (b)Deltadan bir görüntü [16].

1.3.4 Kızılırmak Deltası

Samsun ilinde Kızılırmak'ın denizle buluştuğu yerde önemli kısmı Bafra ilçesinde olan, doğusunda 19 Mayıs ve batısında Alaçam ilçelerine de uzanan bir koruma alanıdır (Şekil 1.4).

1998 yılında Ramsar Alanı ilanı yapılmış olup 21 700 hektarlık bir alana sahiptir. Bölgede; su basar ormanı, kumullar, tuzlu bataklıklar, ıslak çayırlar, tarım alanları vb. 14 ayrı habitat ve 358 ayrı kuş türü gözlemlenmiştir [17].

Ayrıca, aynı zamanda, bölge diğer Ramsar alanlarından farklı olarak 2016 yılında UNESCO Dünya Doğal Miras Alanları Geçici Listesi'ne dahil olmuştur [18].



(a)



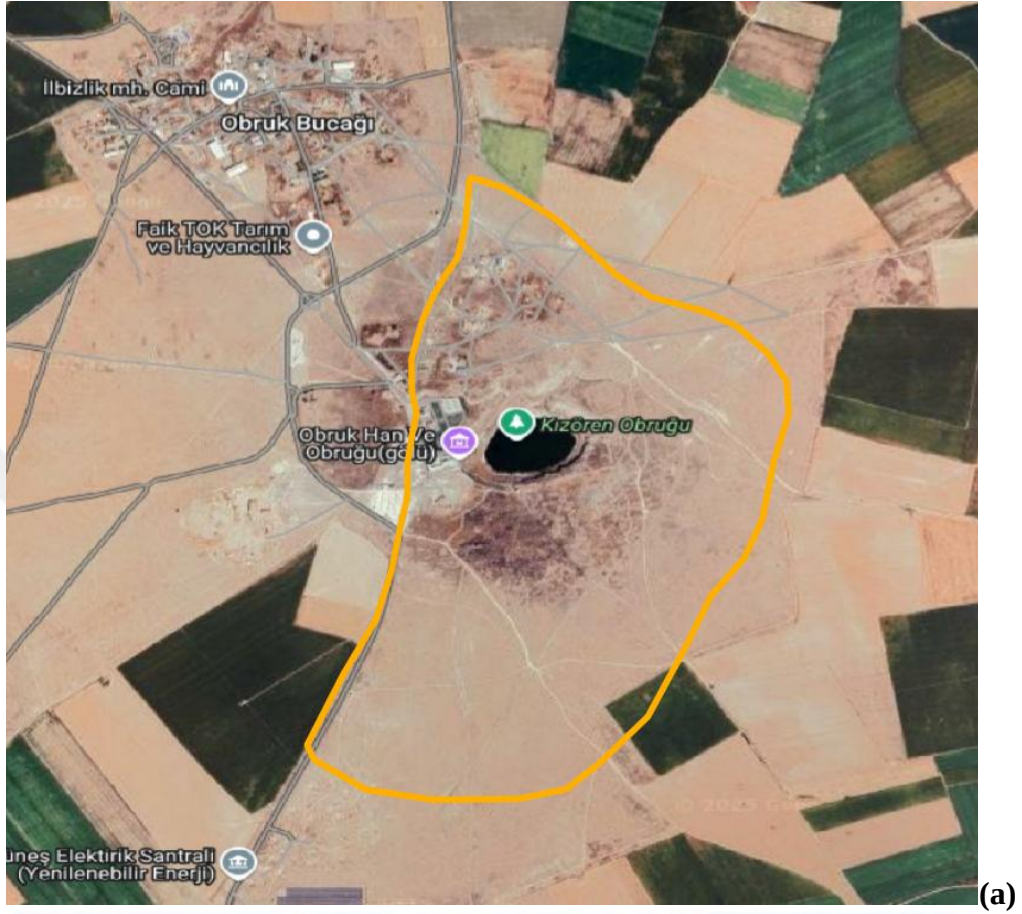
(b)

Şekil 1.4: (a)Kızılırmak Deltası Ramsar Alanı sınırı. (b)Deltadan görüntüler [18].

1.3.5 Kızören Obruğu

Konya Karapınar'da bulunan Obruk, Obruk Gölü olarak da bilinir ve 127 hektarlık bir alanı kapsar (Şekil 1.5). 2006 yılında Ramsar alanı ilan edilen alan, civarda bulunan tek tatlı su kaynağı olması nedeniyle oldukça önemlidir, ayrıca Türkiye'deki diğer Ramsar alanlarından farklı olarak alanda yaşayan canlı varlığı bulunamamıştır [19].

Son yıllarda hemen obruk kıyısında bulunan Selçuklu dönemine ait kervansaray tarihi dokusuna uygun şekilde restore edilerek müze-otel konseptiyle turizme kazandırılması amaçlanmıştır [20].



Şekil 1.5: (a)Kızören Obruğu Ramsar Alanı sınırı. (b)Obruktan bir görüntü [19].

1.3.6 Burdur Gölü

1994'te yarısı ve 1998'de geri kalanı Liste'ye dahil edilen alan 24 800 hektar alanla Türkiye'deki en büyük Ramsar alanıdır (Şekil 1.6). Isparta ve Burdur illeri arasında

tektonik oluşumlu Göl'ün, suları alkali ve tuzludur. Büyüklük olarak Türkiye'de alan olarak tüm göller arasında 7. sırada, tuzlu göller arasında ise 3. sıradadır. Bölge su kuşları için önemli bir sulak alan olup her kış 300 000 kuşa ev sahipliği yapmaktadır.



Şekil 1.6: (a)Burdur Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [21].

1.3.7 Kuyucuk Gölü

Göl 1617 metre rakımda Kars merkezine 37 km mesafede Arpaçay ilçesinde bulunan sığ özellik gösteren bir tatlı su kaynağıdır. 2009 yılında 416 hektar koruma alanıyla Türkiye'nin 13. Ramsar Sulak Alanı olarak Liste'ye girmiştir (Şekil 1.7).

1.3.9 Uluabat Gölü

Bursa ilinde Mustafakemalpaşa, Nilüfer ve Karacabey ilçeleri sınırlarında bulunan Göl 1998 yılında Liste'ye 4 Ramsar kriterini sağlayarak 19 900 hektar alanla dahil edilmiştir (Şekil 1.9). Ortalama 2,5 metre derinliği ile sığ ve ötrofik bir yapıdadır. Özellikle yazın alglerin artması ile alkaliliği oldukça yükselmektedir. 2'si endemik 29 balık türüne ev sahipliği yapmaktadır ve 200'den fazla kuş türü gözlenmiştir [25].



Şekil 1.9: (a)Uluabat Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [26].

1.3.10 Meke Maarı

Konya ili Karapınar ilçesinde volkanizma faaliyeti ile oluşmuş yüksek mineralli bir krater gölü özelliği taşımakta olan Göl 202 hektar alanı ile 2005 yılında Liste'ye Ramsar alanı olarak tescil edilmiştir (Şekil 1.10).



Şekil 1.10: (a)Meke Maarı Ramsar Alanı sınırı. (b)Alanın bir görüntüsü [27].

1.3.11 Nemrut Gölü

Bitlis il merkezine 62 km mesafede Ahlat, Güroymak ve Tatvan ilçeleri sınırlarında bulunan saha 2013 yılında Ramsar Listesi'ne dahil edilmiştir (Şekil 1.11). Türkiye'nin en büyük dünyada ise 2. en büyük krater gölü olan alan 2 247 hektarlık bir koruma alanına sahiptir. Kaldera içerisinde ikisi büyük olmak üzere 5 göl bulunmaktadır. Göl suları içilebilir temizlikte tatlı olup gölde yıllar önce bırakılan sazan balığı popülasyonu avlanabilecek seviyede çoğalmıştır [28].



Şekil 1.11: (a)Nemrut Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b)Gölden bir görüntü [29].

1.3.12 Sultansazlığı

Kayseri ilinde Yeşilhisar, Develi ve Yahyalı ilçeleri arasında kuzeyinde Erciyes Dağı'nın bulunduğu 17 200 hektarlık koruma alanı (Şekil 1.12) 1994 yılında Liste'ye alınmış olup tatlı ve tuzlu su ekosistemlerini bir arada tutmaktadır [30].

Bölge, 48'i sadece yöreye ait olmak üzere, 400'den fazla bitkiye ve 300 civarında kuşa ev sahipliği yapmaktadır [31].



(a)



(b)

Şekil 1.12: (a)Sultansazlığı Ramsar Alanı sınırı. (b)Alandan bir görüntü [30].

1.3.13 Yumurtalık Lagünü

Alanın çoğunluğu Adana'da Yumurtalık'ta olmak üzere bir kısmı da Karataş ilçesi sınırlarına girmekte olup Yumurtalık merkeze 30 km, Adana merkeze 70 km mesafede bulunur (Şekil 1.13). 19 853 hektarlık tatlı ve tuzlu suların kesiştiği yerde bataklıklar, sazlıklar, kumullar vb. değişik habitatlar barındırmaktadır [32].



Şekil 1.13: (a)Yumurtalık Lagünü Ramsar Alanı sınırı. (b)Lagünden bir görüntü [33].

1.3.14 Manyas (Kuş) Gölü

Kuş Gölü olarak da bilinen Manyas Gölü, Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nde, Balıkesir ili sınırları içinde yer almaktadır. Yaklaşık 160 kilometrekarelik bir alanı kaplayan Göl, deniz seviyesinden yaklaşık 18 metre yükseklikte yer almaktadır. Doğu-batı yönünde 20 km, kuzey-güney yönünde 14 km genişliğe, ortalama 3 m derinliğe sahip olan Göl, içerdiği koloidal kil nedeniyle sürekli bulanık ve bol besinli (ötrofik) özelliğe sahiptir [34]. Göl, sığ suları nedeniyle mevsimsel ve antropojenik değişikliklere karşı oldukça hassastır. Göl'ü besleyen önemli akarsular kuzeyden gelen Sığırcı Deresi ile güneyden Göl'e ulaşan Manyas Çayı ve Kara Dere'dir (Şekil 1.14).



Şekil 1.14: (a) Manyas Gölü Ramsar Alanı sınırı. (b) Gölde bir görüntü [35].

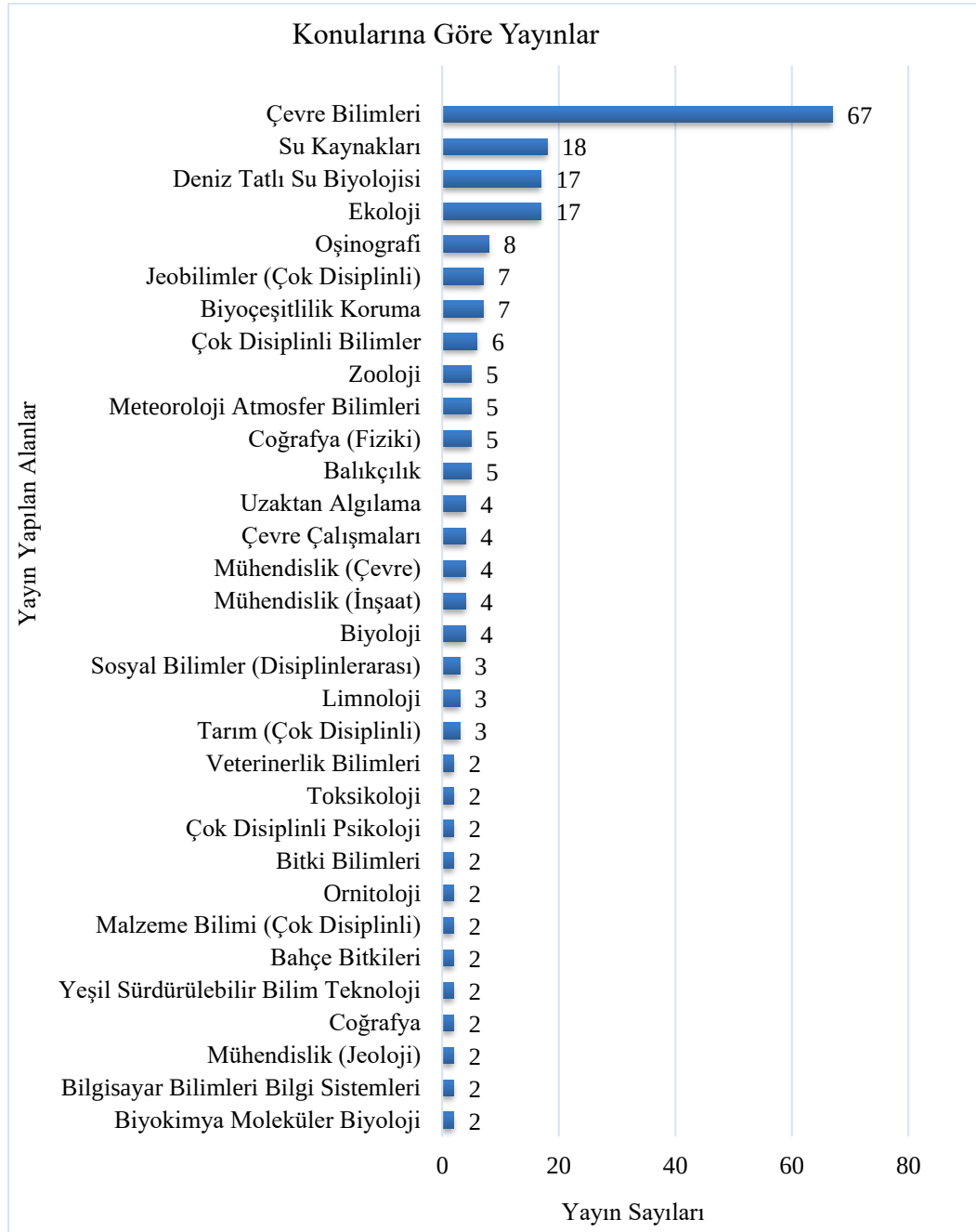
Alan içindeki önemli insan yerleşimleri Kocagöl, Çepni, Kuşçennet, Gölyaka, Bereketli, Yenisığircı, Doğa, Ergili, Kızıksa, Akçakova ve Salur mahalleleridir.

Manyas Gölü, özellikle su kuşları için kritik bir yaşam alanı olarak ekolojik önemiyle uluslararası düzeyde tanınmaktadır. Gölün kuzeydoğu kıyısında yer alan ve 1959 yılında kurulan Kuşçennet Milli Parkı, kuş biyoçeşitliliği açısından taşıdığı önem nedeniyle Ramsar Alanı olarak belirlenmiştir. Bölgede pelikanlar, balıkçılar, leylekler ve birçok göçmen tür de dahil olmak üzere 270'in üzerinde kuş türü kaydedilmiştir. Bunun yanında bölge 118 bitki ve 23 balık türü ile barındırdığı çeşitli sürüngen türleri için de hayati önem taşımaktadır [34].

1.4 Literatürde Türkiye Ramsar Alanları ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Web of Science platformunda Ramsar korunan sulak alanlarıyla ilgili Türkiye’de yapılmış çalışmalar incelendiğinde ‘Ramsar’, ‘Turkey’, ‘Türkiye’ ve ‘Türkiye’ anahtar

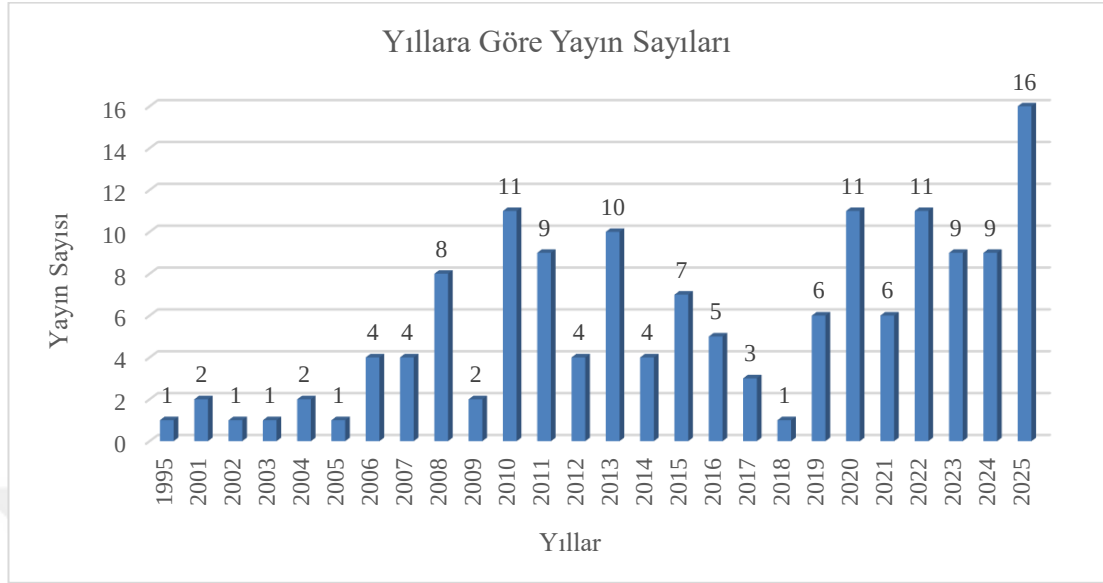
sözcükleri ile akademik çalışmalar taratılmıştır. 148 adet çalışma belirlenmiş olup bu çalışmaların dahil olduğu bilim dalı grupları Şekil 1.15'te verilmiştir. Bazı çalışmalar birden fazla grupta değerlendirilebilmektedir.



Şekil 1.15: Web of Science Core veritabanlarına göre Türkiye’de Ramsar alanlarıyla ilgili yapılmış çalışmaların dahil olduğu disiplinler [36].

Ayrıca çalışmaların 6 tanesinin Türkçe, geriye kalan 142’sinin ise İngilizce dilinde olduğu görülmüştür. Yine yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde ilk çalışmaların Türkiye’nin Sözleşme’ye dahil olmasıyla başladığı, 2005 yılı itibariyle çalışma sayılarının katlanarak artmaya başladığı ve 2015-2018 arası bir düşüş

yaşandığı fakat sonrasında konuya olan eski ilginin tekrar sağlandığı anlaşılmaktadır (Şekil 1.16).



Şekil 1.16: Yıllara göre Türkiye-Ramsar konulu çalışmalar [36].

Google Scholar arama motorunda ise Ramsar alanlarıyla ilgili Türkçe yapılmış uzaktan algılama veya coğrafi bilgi sistemi çalışmalarını inceleyebilmek adına ‘Ramsar AND ("CBS" OR uzaktan algılama OR coğrafi bilgi sistemleri) AND Türkiye’ araması yapılmış ve 631 adet sonuca ulaşılmıştır.

Ramsar alanları ile ilgi yapılan çalışmalar sonuçlar bölümünde her bir Ramsar alanı ile ilişkili alt başlıkta özetlenmiştir.



2. ÇALIŞMA ALANI, KULLANILAN VERİLER VE YÖNTEMLER

2.1 Çalışma Alanı

Türkiye’deki tüm Ramsar alanlarının su yüzey alanlarında 1985–2025 yılları arasında meydana gelen değişimler; Landsat ve Sentinel-2 uydu görüntüleri ile meteorolojik veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Alanlara ilişkin su yüzey alanı değişimleri, meteorolojik analiz sonuçları ve belirlenen antropojenik etkiler “Bulgular” bölümünde sunulmuştur. Antropojenik etkilerin daha ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi amacıyla Manyas Gölü çalışma alanı olarak seçilmiş; bu kapsamda göl çevresindeki arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimleri ile nüfus verileri bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır.

2.2 Kullanılan Veriler

2.2.1 Uydu görüntüleri

Çalışmada, Ramsar Alanlarında ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde su yüzey alanı değişimlerini belirlemek için Landsat 5 (1985-2011 yılları), Landsat 7 (sadece 2012 yılı) ve Landsat 8 (2013-2025 yılları) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Landsat uydu görüntülerine ilişkin özellikler tablosu Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1: Landsat uydularının özellikleri.

Uydu	Sensör	Fırlatma Tarihi	Mekânsal çözünürlük (MS / Pan / TIR)	Spektral Bant Sayısı	Zamansal Çözünürlük	Şerit Genişliği
Landsat 5	TM	1984	30 m / — / 120 m	7	16 gün	185 km
Landsat 7	ETM+	1999	30 m / 15 m / 60 m	8	16 gün	185 km
Landsat 8	OLI + TIRS	2013	30 m / 15 m / 100 m	11	16 gün	185 km
Landsat 9	OLI-2 + TIRS-2	2021	30 m / 15 m / 100 m	11	16 gün	185 km

Ramsar Alanlarında yaz mevsiminde su yüzey alanı değişimlerini belirlemek için Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sentinel-2 uydu görüntülerine ilişkin özellikler tablosu Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2: Sentinel-2 uydularının özellikleri.

Uydu	Sensör	Fırlatma Tarihi	Mekânsal çözünürlük	Spektral Bant Sayısı	Zamansal Çözünürlük	Şerit Geniş -liği
Sentinel-2A/2B/2C	MSI	2015 / 2017/2025	10–20–60 m	13	5 gün	290 km

Ayrıca Manyas Gölü’ndeki 2015-2025 AK/AÖ değişikliklerini değerlendirmek için de Sentinel-2 görüntülerinden yararlanılmıştır.

2.2.2 Vektör veriler, nüfus ve meteorolojik veriler

Antropojenik etkilerin ve zamansal değişimlerin değerlendirilmesi kapsamında kullanılan Türkiye’deki Ramsar alanlarının sınırlarına ait vektör veriler Ramsar Alanları Bilgi Servisi’nden (Ramsar Sites Information Service) temin edilmiştir.

Yerleşim yerlerine ait nüfus verileri Türkiye İstatistik Kurumu’ndan (TÜİK) temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan yıllık toplam yağış, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama yüzey buharlaşması meteorolojik verileri ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmıştır.

2.3 Yöntem

Göl yüzey alanındaki değişimi belirlemek için literatürde en yaygın olarak kullanılan Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) kullanılmıştır. Bu indeks, bitki örtüsü ve toprak özelliklerini bastırırken suyun varlığını artırır. Literatürde NDWI kullanımının su alanlarının çıkarılmasında en yaygın kullanılan ve iyi sonucu veren indekslerden olduğu belirtilmektedir. Yapılmış bir çalışmada su alanlarının çıkarılmasında kullanılabilecek 5 ayrı indeks incelendiğinde NDWI’nın en başarılı sonuçları verdiği görülmüştür [37]. Başka bir çalışmada ise taşkınların haritalanmasında NDWI’nın FCN algoritmasına oldukça yakın sonuçlar verip SVM ve Random Forest algoritmalarından

daha iyi sonuç vermiştir, ayrıca SVM ve Random Forest gibi ön veri girişine ihtiyaç yoktur [38].

NDWI, uydu görüntülerinin yakın kızılötesi (NIR) ve yeşil bantları kullanılarak denklem 2.1'deki formülle hesaplanır.

$$NDWI = (Yeşil - NIR) / (Yeşil + NIR) \quad (2.1)$$

Yüksek NDWI değerleri suyu, düşük veya negatif değerler ise bitki örtüsünü, toprağı veya yapılaşmış alanları gösterir. Çevresel izleme, tarım ve su kaynakları yönetiminde yaygın olarak kullanılır. Genelde sıfır değeri eşik olarak belirlenip bu değerden büyük bulunan piksel değerlerinin su alanların karşılık geldiği düşünülmelidir. Bu çalışmada da en düşük eşik sıfır olarak kullanılmıştır.

Öncelikle, ilkbahar (mart, nisan ve mayıs) ve sonbahar (eylül, ekim ve kasım) Landsat uydu görüntülerine NDWI uygulanarak 1985-2025 yılları arasındaki mevsimsel su yüzeyi alanı değişimleri belirlenmiştir. Ancak Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Kuyucuk Gölü ve Nemrut Gölü'nün bulundukları bölgenin ilkbahar aylarında kar yağışı alabilmesi ve yüksek rakımları nedeniyle bu karların hemen erimemesi nedeniyle bazı yıllarda NDWI değerlerinde olağandışı sapmalar meydana gelmesi sebebiyle ilkbahar ayları olarak mayıs ve haziran seçilmiştir.

Sentinel-2 görüntüleri 2015'ten beri mevcut olmakla beraber 2017 itibari ile tüm çalışma alanlarında yeterli yaz ayları görüntülerine ulaşılabildiği için bu dönemden itibaren en fazla %10 bulutluluğa sahip yaz ayları (haziran, temmuz ve ağustos) görüntülerinin medyan değerleri elde edilerek bu görüntüye NDWI uygulanmış ve böylece 2017-2025 su yüzey alanı değişimleri belirlenmiştir.

Manyas Gölü Ramsar Alanı sınırları içerisinde arazi kullanımı/razi örtüsü (AK/AÖ) değişimlerinin belirlenmesi amacıyla 2015, 2017, 2019, 2021, 2023 ve 2025 yıllarına ait Sentinel-2 uydu görüntülerine Rastgele Orman (Random Forest) algoritması uygulanarak görüntüler sınıflandırılmıştır. Rastgele Orman algoritması, makine öğrenimi alanında yaygın olarak kullanılan denetimli bir öğrenme yöntemi olup, sınıflandırma ve regresyon problemlerinde yüksek doğruluk sağlayan topluluk (ensemble) tabanlı bir algoritmadır. Algoritma, çok sayıda karar ağacının bir araya getirilmesiyle oluşturulmakta olup, her bir karar ağacı rastgele seçilen eğitim örnekleri ve öznitelik alt kümeleri kullanılarak bağımsız olarak eğitilmektedir. Bu yaklaşım, tek

bir karar ağacına kıyasla aşırı öğrenme (overfitting) riskini azaltmakta ve modelin genelleme yeteneğini artırmaktadır.

Rastgele Orman algoritmasında, her bir karar ağacı bootstrap örnekleme yöntemi ile oluşturulan farklı bir eğitim veri alt kümesi üzerinde eğitilir. Dğümlerdeki bölünmeler sırasında ise tüm öznitelikler yerine rastgele seçilen sınırlı sayıdaki öznitelik kullanılır. Bu rastgelelik, ağaçlar arasındaki korelasyonu azaltarak modelin daha kararlı ve güvenilir sonuçlar üretmesini sağlar. Sınıflandırma problemlerinde nihai sınıf etiketi, tüm karar ağaçlarının verdiği tahminlerin çoğunluk oylaması (majority voting) ile belirlenirken; regresyon problemlerinde ise tahminlerin ortalaması alınarak sonuç elde edilir.

Uzaktan algılama çalışmalarında Rastgele Orman algoritması; yüksek boyutlu veri setleriyle etkili biçimde çalışabilmesi, doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilmesi ve gürültülü veriye karşı dayanıklı olması nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Özellikle çok bantlı uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında, spektral bantlar ve türetilmiş indeksler (örneğin NDVI, NDWI) arasındaki karmaşık ilişkileri başarılı bir şekilde öğrenebilmektedir. Ayrıca algoritma, değişken önem (feature importance) analizi sunarak sınıflandırma sürecinde hangi bant veya özniteliklerin daha etkili olduğunun belirlenmesine olanak tanımaktadır. Bu özellikleri sayesinde Rastgele Orman algoritması, arazi kullanımı/arazi örtüsü sınıflandırmaları, su yüzey alanı tespiti ve zamansal değişim analizleri gibi çevresel ve ekolojik çalışmalarda güvenilir ve yüksek doğruluklu sonuçlar sağlamaktadır.

Sınıflandırmada dört sınıftaki (su kütleleri, yapay alan/çıplak toprak, zayıf bitki örtüsü/çalılar ve bitki örtüsü) arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimlerine bakmak için ilgili yılların temmuz ve ağustos aylarına ait görüntüler kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1 Akyatan Gölü

Literatürde Akyatan Gölü ile ilgili yapıldığı belirlenen çalışmalar, sekiz sınıfta toplanarak Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

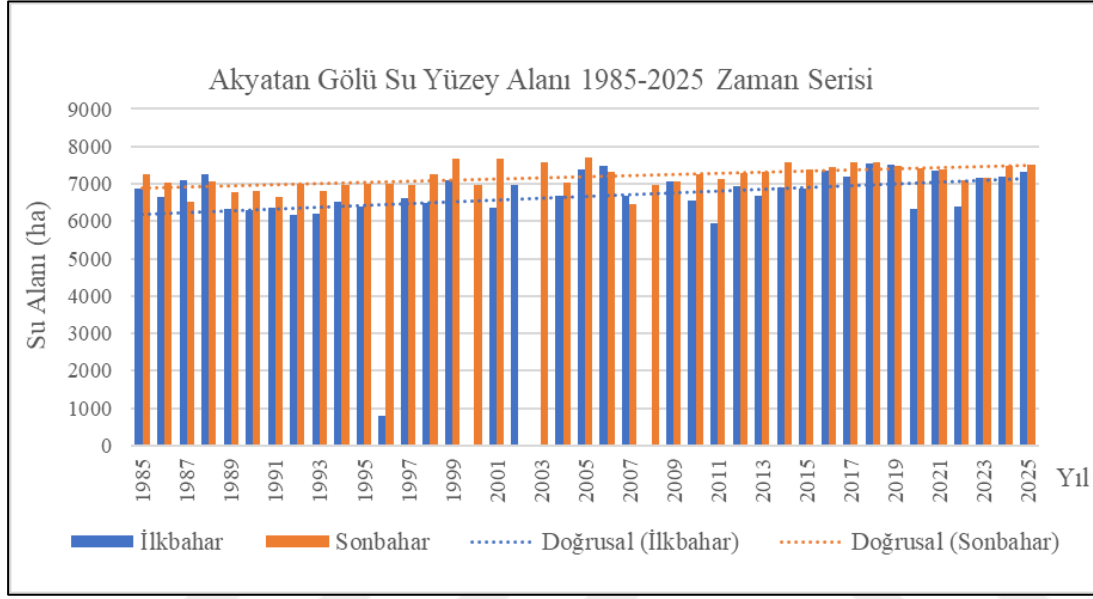
Çizelge 3.1: Akyatan Gölü ile ilgili çalışmalar.

Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	3
Alan Çevresi Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi Analizi	7
İklim Değişikliği Analizi	1
Meteorolojik Veri Analizi	2
Su Kalitesi Analizi	1
Ekosistem, Habitat ve Bunların Değişimleri Analizleri	2
Alan Baskıları/Kırılganlıkları Analizleri	2

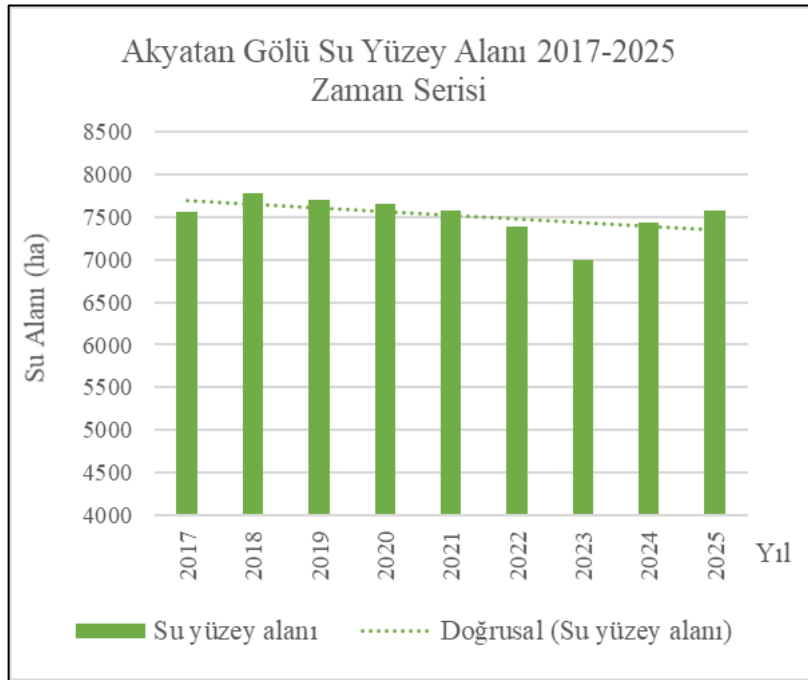
Çizelge 3.1 incelendiğinde alanla ilgili en fazla göl çevresi AK/AÖ değişimi konulu çalışmalar yapıldığı, ikinci sırada ise yine en çok arazi kullanım değişimiyle ilişkilendirilebilecek kıyı değişim konusunda çalışma yapıldığı görülmektedir. Çalışmalardan birinde daha geniş olan Karataş ilçesi sınırlarını kapsasa da 1985’ten 2018’e alansal olarak yerleşim birimlerinin %2,87’den %5,77’ye, bitki örtüsünün %3,87’den %4,02’ye çıktığı; su kütlelerinin ise %2,18’den %0,87’ye düştüğü görülmüştür [39]. Diğer bir çalışmada bölgede su kütlelerinin 1984 yılından 2023 yılına %4,7 azalışı tespit edilmiştir [37]. 1985’ten 2023 yılına kıyı değişimlerini inceleyen çalışmada Akyatan Gölü’nün deniz kıyısında maksimum 1382,39 m ilerleme ve 76,43 m gerileme tespit edilmiş, 2033 yılında Akyatan Gölü’nün bulunduğu Seyhan Havzası’nda yaklaşık ortalama 16 m geri çekilme olacağı tahminlenirken bu değer 2043 yılında yaklaşık 130 metreye çıkacağı modellenmiştir [40]. Alanda yaşayan canlılar ile ilgili Göl’deki 5 noktadan 4 mevsim boyunca alınan

örnekleri inceleyen başka bir çalışmada, 54 takson tespiti yapıp tür sayılarının özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde fazla olduğunu bulunmuştur [41].

Şekil 3.1 (a)'da, Akyatan Gölü'nde 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)'de, Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile yaz ayları su yüzey alanı değişimleri verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.1: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Göl'ün uzun vadeli değişim grafiği (Şekil 3.1 (a)) incelendiğinde ilkbahar döneminde hesaplanan su yüzey alanlarının genel olarak sonbahar dönemine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir.

1996 yılı ilkbahar döneminde gözlenen ani ve belirgin düşüş görülmekte olup bu durumun uydu verisindeki bulutlulukla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

1993-1999, 2012-2018 ve 2022-2025 yılları arasında, özellikle her iki mevsimde de su yüzey alanlarında görece artışlar dikkat çekmektedir. Bu dönemlerin, bölgesel ölçekte daha yağışlı yıllara veya Göl'ün hidrolojik rejiminde geçici iyileşmelere karşılık geldiği değerlendirilmektedir.

Uzun dönemli eğilim çizgileri değerlendirildiğinde, Akyatan Gölü'nde hem ilkbahar hem de sonbahar dönemleri için zayıf fakat süreklilik gösteren bir su yüzey alanı artışı söz konusudur. Bu bulgu, Akdeniz havzasında son yıllarda artan sıcaklıklar, düzensizleşen yağış rejimi ve yoğun tarımsal su kullanımı ile beraber düşünüldüğünde, göl ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından temkinli iyimser bir tablo sergilemektedir.

Sentinel uydu verilerinden türetilen NDWI sonuçlarına dayalı olarak oluşturulan yaz dönemi su yüzey alanı zaman serisi (Şekil 3.1 (b)), 2017–2025 yılları arasında Göl'de belirgin bir azalma eğilimi olduğunu ortaya koymaktadır.

2018–2021 yılları arasında su yüzey alanı değerlerinin görece yüksek ve sınırlı dalgalanma gösterdiği dikkat çekmektedir. Bu dönem, yaz aylarında göl alanının büyük ölçüde korunabildiği bir periyot olarak değerlendirilebilir. Ancak 2022 yılı itibarıyla su yüzey alanında belirgin bir düşüş gözlenmiş, bu azalma 2023 yılında daha da belirgin hale gelmiştir. 2024 ve 2025 yıllarında kısmi toparlanmalar görülse de, su alanı değerlerinin 2018–2019 seviyelerine ulaşamadığı anlaşılmaktadır.

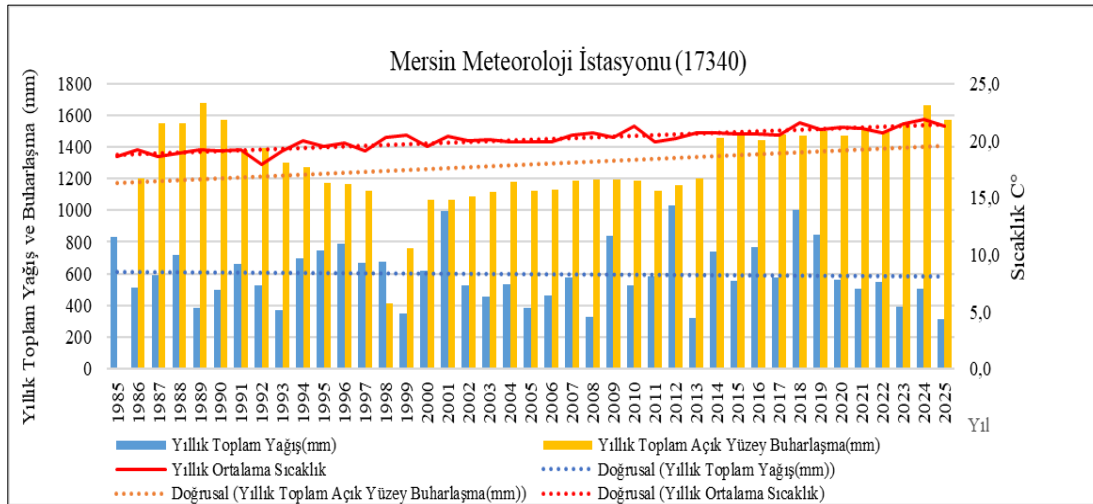
Bu azalma eğilimi, Akdeniz havzasında son yıllarda sıklaşan yaz kuraklıkları, artan hava sıcaklıkları ve buharlaşma oranları, ayrıca Çukurova Havzası'nda yoğun olarak sürdürülen tarımsal sulama faaliyetleri ile doğrudan ilişkilendirilebilir. Yaz döneminin seçilmiş olması, Göl'ün hidrolik dengesinin en kırılgan olduğu zaman aralığını yansıtmakta ve insan etkilerinin daha net biçimde gözlenmesine olanak sağlamaktadır.

Sentinel verilerinin yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğü sayesinde, kısa dönemli değişimlerin ve eğilimlerin güvenilir biçimde izlenebildiği görülmektedir.

Sentinel tabanlı NDWI analizi, Akyatan Gölü'nün yaz dönemi su yüzey alanında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma eğilimi bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, Landsat tabanlı uzun dönem trend analizleriyle tutarlılık arz etmemekle beraber bu durum Landsat uydu görüntülerinin çok daha uzun bir zamana yayılmış eğilimi göstermesinden kaynaklanmaktadır, çünkü hem Landsat görüntülerinden hem de Sentinel-2 hesaplanan yüzey alanı değerlerinde aynı dönemlerde benzer ilerleyiş görülmektedir.

Sonuç olarak, NDWI tabanlı çok zamanlı Landsat görüntüleri ve Sentinel-2 görüntüleri ile yapılan analizler, Akyatan Gölü'nün su yüzey alanındaki uzun dönemli değişimlerin izlenmesinde etkin bir yöntem sunmaktadır. Ancak elde edilen sonuçların, meteorolojik veriler (yağış, sıcaklık, buharlaşma), arazi kullanım/örtü değişimleri ve su yönetimi uygulamaları ile birlikte değerlendirilmesi, Göl'de gözlenen değişimlerin nedenlerinin daha kapsamlı biçimde ortaya konulmasını sağlayacaktır. Bu nedenle Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan bölgeye yakın konumdaki Mersin Meteoroloji İstasyonu (17340) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ile oluşturulan grafik Şekil 3.2'de verilmiştir.

Mersin Meteoroloji İstasyonu'na ait 1985–2025 dönemini kapsayan yıllık toplam yağış, açık yüzey buharlaşması ve ortalama sıcaklık verileri (Şekil 3.2) incelendiğinde, bölgenin hidroklimatik rejiminde belirgin değişimler yaşandığı görülmektedir.



Şekil 3.2: Mersin Meteoroloji İstasyonu (17340) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Grafik üzerinde yer alan doğrusal eğilimler, özellikle sıcaklık ve buharlaşma bileşenlerinde uzun dönemli artış eğilimine işaret etmektedir.

Yıllık ortalama sıcaklık değerleri, 1985'ten itibaren istikrarlı bir artış eğilimi göstermekte olup, bu durum Akdeniz Havzası için çeşitli kaynaklarda rapor edilen bölgesel iklim değişikliği bulgularıyla uyumludur. Sıcaklıktaki bu artış, doğrudan potansiyel ve gerçekleşen buharlaşma miktarlarını artırıcı bir etki oluşturmaktadır.

Nitekim grafikte yıllık toplam açık yüzey buharlaşmasının da uzun vadede artma eğiliminde olduğu görülmektedir. 1995-2012 aralığında 1200 mm altında seyreden toplam buharlaşma sonrasında 1600 mm seviyelerine ulaşmıştır. 1997 ve 1998 yılındaki ani düşüklükler o yıllardaki veri setindeki eksiklikten kaynaklanmaktadır.

Yıllık toplam yağış değerleri ise yüksek yıllar arası değişkenlik göstermekte ve belirgin bir artış eğilimi sunmamaktadır. Bazı yıllarda yağış miktarlarının görece yüksek değerlere ulaştığı gözlenirse de, uzun dönemli eğilim çizgisi yağışın göl su bütçesini dengeleyecek ölçüde sürekli bir artış göstermediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, yağış-buharlaşma dengesinin giderek buharlaşma lehine bozulduğunu göstermektedir. Özellikle son yıllarda (2019 sonrası) açık yüzey buharlaşmasının yağış miktarının 4 katı gibi ciddi seviyelere çıkabildiği görülebilmektedir.

Bu hidroklimatik eğilimler, NDWI tabanlı analizlerle belirlenen Akyatan Gölü su yüzey alanındaki uzun dönemli azalma eğilimi ile tam örtüşmese de tehlikeli bir durumda olduğuna dikkat çekmektedir. Yağışın düzensiz yapısı ve kurak yılların sıklığındaki artış, gölün doğal yenilenme kapasitesini sınırlandırmaktadır.

Bu kapsamda bölge için hazırlanan sulak alan yönetim planlarında canlı çeşitliliğinin korunması, insan etkilerinden korunması, bölge insanının bilgilendirilmesi ve suda meydana gelecek değişimlerin yakından izlenmesi gibi hedefler ortaya konmuştur [42].

Sonuç olarak, meteorolojik veriler Akyatan Gölü'nün su yüzey alanındaki değişimlerin yalnızca kısa dönemli iklim dalgalanmalarıyla değil, uzun vadeli iklim değişikliği eğilimleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Artan sıcaklıklar ve buharlaşma miktarları, özellikle insan faaliyetleriyle (tarımsal sulama, drenaj sistemleri) birleştiğinde, göl ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından ciddi bir baskı unsuru oluşturmaktadır.

3.2 Gediz Deltası

Literatürde Gediz Deltası ile ilgili yapıldığı belirlenen çalışmalar belirlenerek Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2: Gediz Deltası ile ilgili çalışmalar.

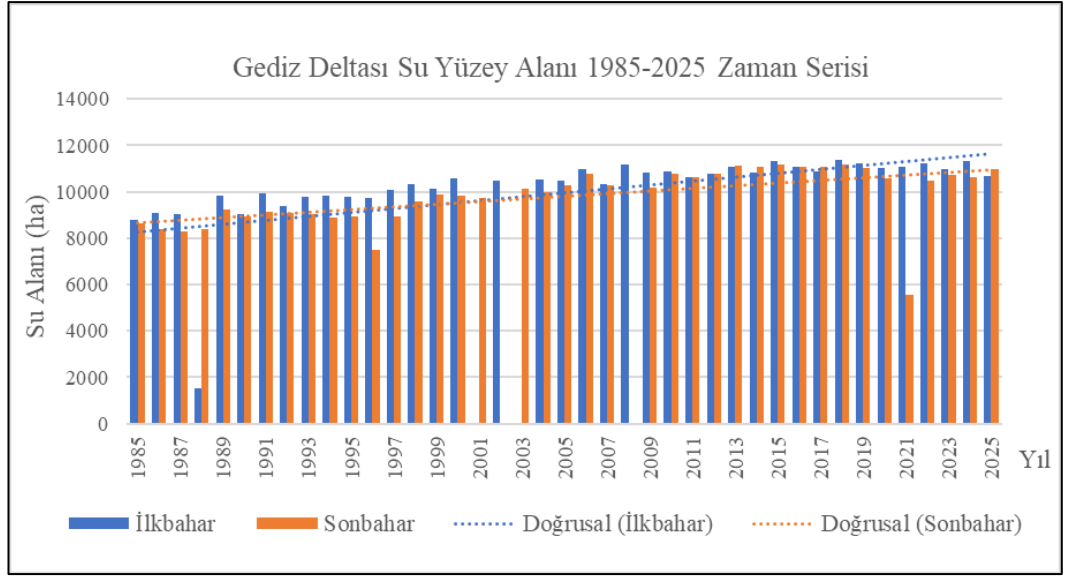
Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	6
Alan Çevresi Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi Analizi	5
Meteorolojik Veri Analizi	1
Su Kalitesi Analizi	1
Ekosistem, Habitat ve Bunların Değişimleri Analizleri	1
Alan Baskıları/Kırılabilirlikleri Analizleri	3

Delta’da yapılan bir çalışma yaz dönemlerine ait 1989, 2000, 2011 ve 2022 yıllarının Landsat uydu görüntülerinden NDWI yardımıyla kıyı çizgilerini tespit edip özellikle Kırdeniz, Çilazmak ve Paşa Dalyanı çevresinde kıyı kaybının fazla olduğunu göstermiştir [11]. Diğer bir çalışmada, farklı iklim değişikliği senaryolarında denizlerin ne kadar yükseleceği ve bölgedeki maksimum fırtına dalga yüksekliği hesaba katılarak etkilenecek alan miktarı hem en iyi senaryo hem de kötü senaryo için modellenmiş; 2100 yılında iyi senaryo için delta alanının %50’sinin, kötü senaryo içinse %88’inin sular altında kalacağı hesaplanmıştır [43].

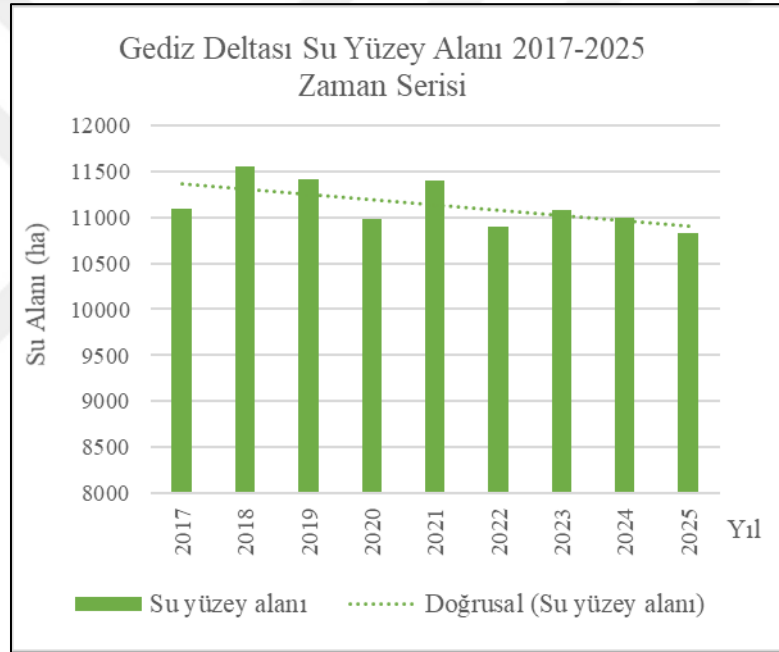
Başka bir çalışmada 2000-2024 yılları arasında kıyı çizgisi değişimi, 2022-2024 su kalitesi değişimi ve 1984-2017 yılları arasında gelgit alanları incelenmiştir; sonuçta kıyı değişim analizine göre Körfez’in belirli noktalarında bir miktar deniz yönünde ilerleme olduğu, gelgit etkisinin bölgede sınırlı olduğu ve Körfez’in iç kesimlerinde kirlenmenin yoğun olduğu tespit edilmiştir [12].

Şekil 3.3 (a)’da, Gediz Deltası’nda 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)’de, Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile yaz ayları su yüzey alanı değişimleri görülmektedir.

Landsat uydu görüntülerine NDWI uygulanarak elde edilen sonuçlar (Şekil 3.3 (a)), Gediz Deltası’nda su yüzey alanının 1985–2025 döneminde belirgin mevsimsel farklılıklar ve uzun dönemli eğilimler sergilediğini ortaya koymaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3.3: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Genel olarak, ilkbahar döneminde hesaplanan su yüzey alanlarının sonbahar dönemine kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, kış ve ilkbahar yağışları ile Gediz Nehri ve yan kollarından Delta'ya ulaşan yüzeysel akışın artmasıyla ilişkilidir. Sonbahar döneminde ise yaz aylarında artan sıcaklıklar ve buharlaşma, tarımsal sulama faaliyetleri ve nehir debisindeki azalmalar, su yüzey alanlarının daralmasına neden olmaktadır. Ancak bu mevsimler arası farklılık trendi 2010'ların başı itibariyle daha da azalmış durumdadır. Bu durum o dönemdeki uydu serileri arası değişimden (Landsat 5-Landsat 8) de kaynaklanmış olabilir.

Uzun dönemli eğilim çizgileri incelendiğinde, ilkbahar su yüzey alanlarında hafif bir artış veya görece durağan bir eğilim gözlenirken, sonbahar döneminde daha belirgin bir artış eğilimi dikkat çekmektedir çünkü sonbahar yüzey alanları ilkbahar değerlerinden daha fazla artış göstererek bu değerlere yaklaşmıştır.

1996–2006 yılları arasında her iki mevsimde de su yüzey alanlarında görece istikrarlı bir artış ve söz konusudur. Bu dönem, nehir akımlarının nispeten yüksek olduğu yıllara karşılık gelmiş olabilir. Buna karşın, 2010 sonrası dönemde, özellikle sonbahar verilerinde yıllar arası dalgalanma ve düşüşler gözlenmektedir. 2019–2022 yıllarında sonbahar su alanında tespit edilen belirgin azalmalar, kuraklık koşulları, nehir debisindeki düşüşler veya sulama amaçlı su çekimlerinin artması ile ilişkilendirilebilir.

Grafikte yer alan veri olmayan dönemler, bazı yıllarda bulutluluk, uydulardaki veri kesintileri veya görüntü kalitesi nedeniyle NDWI hesaplamasının yapılamadığını göstermektedir. Yine aynı nedenlerden 1988 ilkbaharı ve 2021 sonbaharı verileri de çok fazla sapmaktadır. Bu durum, eğilim analizinde belirsizlik yaratabilmekle birlikte, genel uzun dönemli değişim desenini ortadan kaldırmamaktadır.

Sentinel uydu verilerinden türetilen NDWI sonuçlarına dayalı olarak oluşturulan yaz dönemi su yüzey alanı zaman serisi, 2018–2025 yılları arasında Gediz Deltası’nda belirgin ve süreklilik gösteren bir azalma eğilimi bulunduğunu ortaya koymaktadır. Grafik üzerinde hesaplanan doğrusal eğilim, yaz dönemindeki su yüzey alanının yıllık ortalama yaklaşık 55 hektar azaldığını göstermektedir.

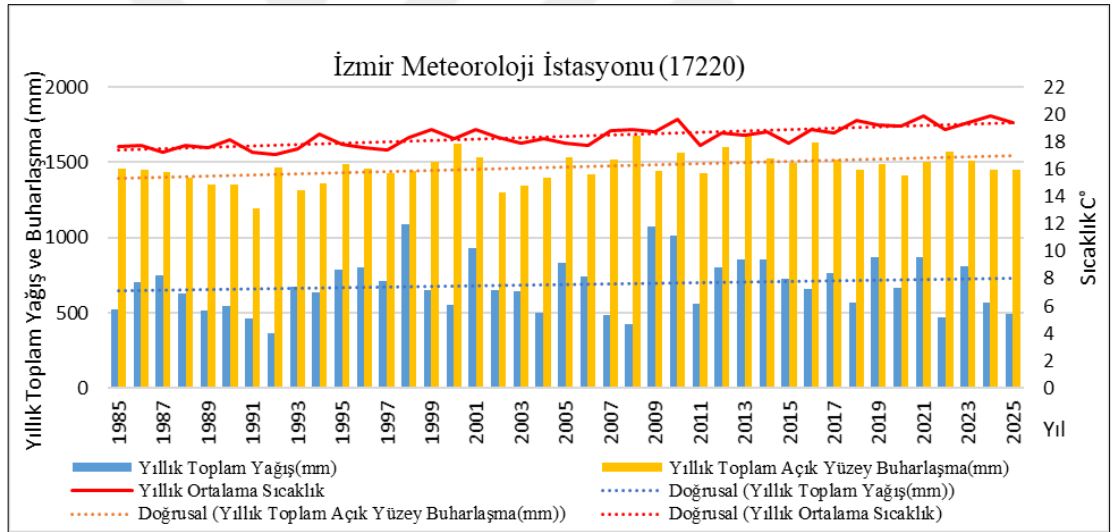
2018–2019 yıllarında su yüzey alanları yaklaşık 11500–11400 hektar seviyelerinde seyrederken, 2020 yılında görece bir düşüş gözlenmiştir. 2021 yılında kısmi bir toparlanma yaşansa da, 2023 ve sonrası dönemde su yüzey alanlarının düzenli bir azalma eğilimine girdiği ve 2024–2025 yıllarında 2018 seviyelerinin belirgin biçimde altına indiği görülmektedir. Bu durum, kısa süreli dalgalanmalara rağmen uzun vadeli negatif eğilimin baskın olduğunu göstermektedir.

Yaz dönemi verilerinin analiz edilmesi, Gediz Deltası’nın hidrolojik olarak en hassas olduğu zaman aralığını temsil etmektedir. Bu dönemde gözlenen su yüzey alanı kayıpları; yüksek hava sıcaklıkları ve buharlaşma oranları, Gediz Nehri debisindeki azalmalar ve havza genelinde yoğun olarak sürdürülen tarımsal sulama faaliyetleri ile doğrudan ilişkilendirilebilir.

Sentinel verilerinin yüksek zamansal çözünürlüğü, yaz dönemine özgü değişimlerin güvenilir biçimde izlenmesine olanak sağlamaktadır. Grafikte yer alan eğilim çizgisi, kısa dönemli dalgalanmalardan bağımsız olarak, Gediz Deltası yaz dönemi su yüzey alanında istatistiksel olarak anlamlı olabilecek bir azalma sürecine işaret etmektedir.

Sonuç olarak, Sentinel tabanlı NDWI analizi, Gediz Deltası'nda yaz döneminde su yüzey alanlarının belirgin ve süreklilik gösteren bir daralma eğilimi içinde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, Landsat verileriyle elde edilen uzun dönemli sonuçlardan ayrılmakta olup özellikle yaz aylarında deltadaki sulak alan ekosistemlerinin iklim değişikliği ve artan antropojenik baskılar karşısında giderek daha kırılgan hale geldiğini göstermektedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan İzmir Meteoroloji İstasyonu (17220) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri ile oluşturulan grafik Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4: İzmir Meteoroloji İstasyonu (17220) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Şekil 3.4'te görülen İzmir 17220 numaralı meteoroloji istasyonuna ait uzun dönemli veriler, çalışma alanında hidro-iklim rejimin anlamlı biçimde değiştiğini ortaya koymaktadır. Uzun yıllara ait toplam yağış değerleri, belirgin yıllar arası dalgalanmalara rağmen genel olarak stabil ve çok az artmış bir genel eğilim trendi sergilemektedir.

Bunun yanında MGM 2025 raporlarında Ege geneli su yılı yağışını normalin %34 altında olduğu ve son 52 yılın en kurak döneminin yaşandığı belirtiliyor [44]. Bu

durum, bölgedeki yıllık su girdisinin zaman içinde sınırlı da olsa gerilediğini ve hidrometeorolojik açıdan daha kurak koşullara geçişi işaret etmektedir.

Açık yüzey buharlaşma serisi, aynı dönemde istatistiksel olarak anlamlı sayılabilecek bir artış eğilimi göstermektedir. Artan buharlaşma; yüzey sularının, toprak neminin ve sulak alanların su bütçesini olumsuz etkileyerek özellikle yaz mevsiminde su kayıplarının hızlanmasına neden olmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri, grafikte de görüldüğü üzere yaklaşık son kırk yıllık süreçte sürekli artan bir eğilim izlemektedir. Bu artış, hem potansiyel buharlaşma talebini yükseltmekte hem de tarımsal sulama gereksinimini artırarak bölgedeki toplam su tüketimini büyütmektedir.

Sınırlı değişen yağış, artan sıcaklık ve yükselen buharlaşma bileşimi, çalışma alanında atmosferik su açığının giderek büyüdüğünü ve bölgenin iklim bakımından daha kurak bir rejime evrildiğini göstermektedir. Bu koşullar, Gediz Deltası'ndaki su yüzey alanında özellikle yaz döneminde gözlenen azalış eğilimini destekler niteliktedir ve sulak alan ekosistemleri ile su kaynakları üzerinde artan bir baskı oluştuğuna işaret etmektedir. Bu trendin devam etmesi durumunda alanda kirliliğe neden olan kentleşme, sanayi ve tarımsal alanlarında değişiklik olmasa bile kirliliğin artacağı ve canlı çeşitliliğini tehdit edeceği anlamına gelmektedir [45, 46]. Bunun yanında durum şu anki haliyle bile vahimdir; deltaya gelen akarsuya 350'ye yakın fabrikanın atık deşarjı olduğu yapılan haberlerde belirtilmekte olup atıkların koyu renkli balçık üretilen pis kokulara neden olduğu not edilmiştir [47].

3.3 Göksu Deltası

Literatürde Göksu Deltası ile ilgili yapıldığı belirlenen çalışmalar toplanarak Çizelge 3.3'te 5 sınıfa ayrılarak verilmiştir. Bölgede en çok sulak alanda kıyı değişimleri üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Daha sonra sulak alanın kalite parametrelerinin incelenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Deltada kıyı çizgisinin 1984 - 2017 değişimi DSAS aracı ile incelendiğinde kıyı hattı boyunca NSM istatistiğinde en çok erozyonu – 755 m, en fazla birikimi ise 695 m olarak tespit edilmiştir [48]. Yapılan bir tez çalışmasında alüvyal delta akiferleri, kireçtaşı akiferleri, yeraltı, deniz ve deltada bulunan göllerden alınan su örnekleri incelendiğinde alüvyonlu akiferlerden alınan örneklerin tarımsal faaliyetlerde

kullanılan pestisit/gübreler ve deniz suyundan kireçtaşı akiferlere göre daha fazla etkilendiği tespit edilmiş olmakla beraber yine alüvyal akiferlerden alınan örneklerin SKKY'ye göre içmeye uygun olmayan II. Sınıf Su olduğunu bulunmuştur [49].

Çizelge 3.3: Göksu Deltası ile ilgili çalışmalar.

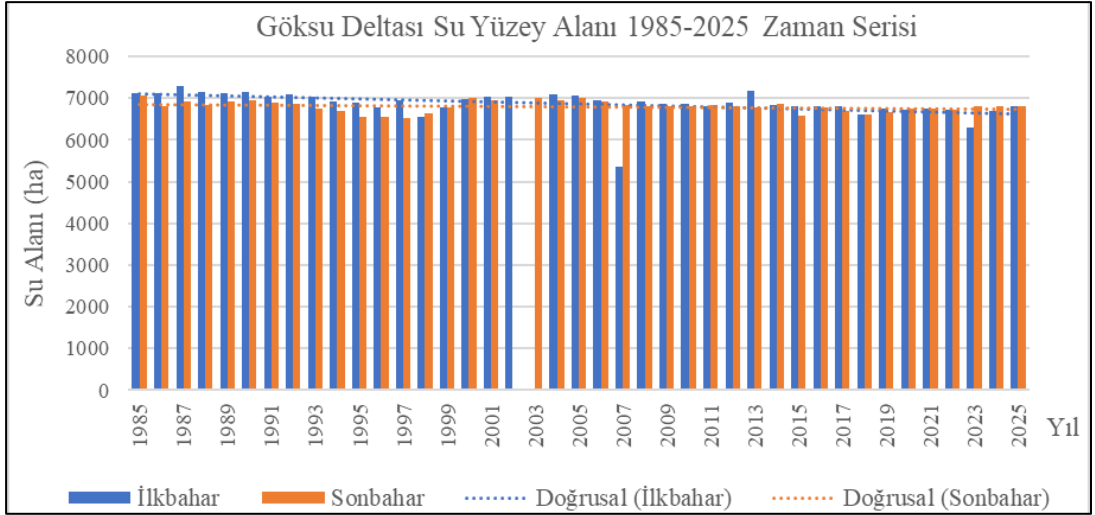
Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	6
Alan Çevresi Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi Analizi	1
Meteorolojik Veri Analizi	2
Su Kalitesi Analizi	3
Alan Baskıları/Kırılganlıkları Analizleri	1

Şekil 3.5 (a)'da, Göksu Deltası'nda 1985-2025 yılları ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)'de, Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile yaz ayları su yüzey alanı değişimleri verilmektedir. Zaman serileri (Şekil 3.5 (a,b)), çalışma alanında su yüzey alanının uzun dönemli olarak azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

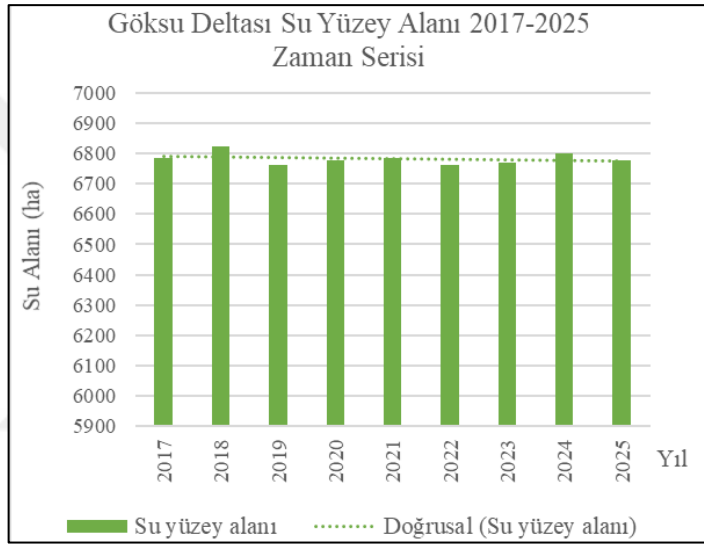
Göksu Deltası'nda 1985–2000 döneminde hem ilkbahar hem sonbahar su yüzey alanı genel olarak 6 700–7 100 ha aralığında seyretmekte, ancak eğilim çizgileri bu dönemin tamamı için negatif bir doğrusal trend ile her yıl ortalama 7 hektarlık azalış ortaya koymaktadır. 1993-1997 yılları arası özellikle sonbahar aylarında görülen belirgin bir azalış eğilimi varken 2000 yılı itibariyle sulak alan eski değerlerine tekrar yaklaşmış ve daha düzenli ve yumuşak bir azalış eğilimini korumuştur. 1998 yılına kadar ilkbahar alanları sonbahar değerlerinden düşük olmuşken bu yıldan sonra çok daha yakın seyirlere sahip olmuşlardır.

Sentinel-2 verilerine dayalı yaz dönemi su yüzey alanı zaman serisi, 2017–2025 periyodunda yaklaşık 6 750–6 850 ha civarında, yıllık yaklaşık 2 ha azalış eğilimli bir doğrusal trend ortaya koymaktadır; bu, yaz mevsimine özgü su varlığında azalışa işaret etmektedir. Yıllar arası değişimin azalış yönünde olması Landsat görüntüleriyle eş güdüme işaret etmektedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Silifke Meteoroloji İstasyonu (17330) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri ile oluşturulan grafik Şekil 3.6'da verilmiştir.

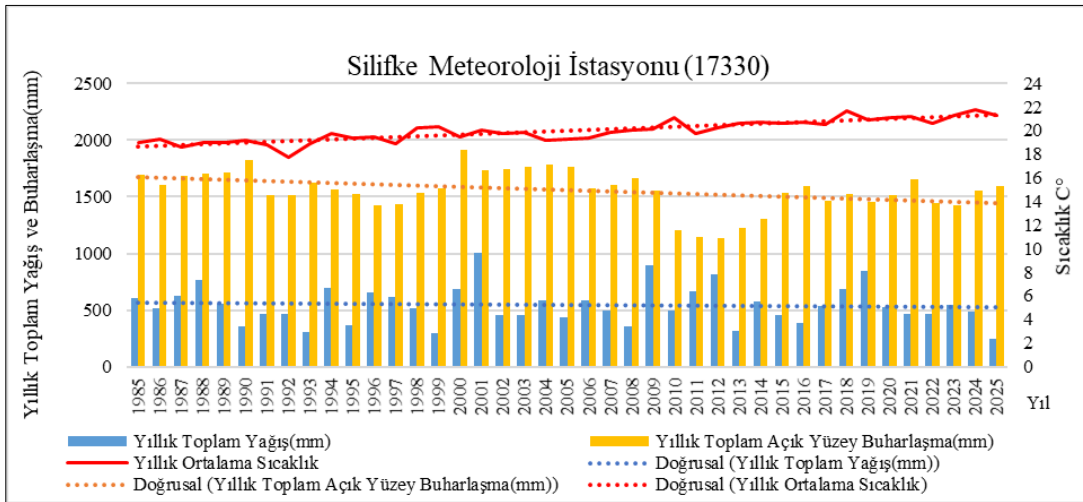


(a)



(b)

Şekil 3.5: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).



Şekil 3.6: Silifke Meteoroloji İstasyonu (17340) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Silifke 17330 numaralı meteoroloji istasyonuna ait uzun dönemli veriler, Göksu Deltası çevresinde ve açık yüzey buharlaşmanın azalma, bunlara karşılık sıcaklıkların artma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Yıllık toplam yağış değerleri belirgin yıllar arası dalgalanmalara karşın genel olarak sınırlı aşağı yönlü bir doğrusal trend sergilemekte, bu da uzun dönemde bölgesel su girdisinin azaldığını göstermektedir.

Açık yüzey buharlaşma değerleri için çizilen eğilim çizgisi de aşağı yönlüdür, yağış azalırken buharlaşmanın da azaldığı görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık 40 yıllık süreçte istikrarlı bir artış eğilimi göstermekte, bu artış hem potansiyel buharlaşmayı hem de tarımsal su talebini arttıran temel iklimsel itici güç olarak öne çıkmaktadır.

Landsat verilerine dayalı uzun dönem analizde Göksu Deltası'nda hem ilkbahar hem sonbahar su yüzey alanının belirgin biçimde azaldığı tespit edilmiştir. Silifke istasyonundaki azalan yağış ve artan sıcaklık eğilimleri, bu uzun dönem su alanı daralmasıyla uyumlu bir iklim sinyali sunmaktadır. Bununla uyumlu olarak Sentinel-2 verileri de 2017-2025 arasında azalış eğilimini göstermiştir. Silifke istasyonunda 2000-2008 arası ölçülmüş olan yüksek buharlaşma değerlerinin sonraki yıllarda daha sabit ve az seyri olumlu bir işaret olsa da saptanan sıcaklık artışı ile yağıştaki azalış devam ettiği sürece Delta'daki su yüzey alanında gerileme riskinin gittikçe artacak olduğu değerlendirilmektedir.

Ayrıca deltadaki insan etkilerini başka bir açıdan gözler önüne seren bir haberde deltada son yıllarda şüpheli yangınlar çıktığı belirtilerek sadece 2025 yılında üç büyük yangın meydana geldiğine dikkat çekilmiştir [50].

3.4 Kızılırmak Deltası

Literatürde Kızılırmak Deltası ile ilgili yapıldığı belirlenen çalışmalar toplanarak Çizelge 3.4'te verilmiştir. Bölgede en çok Delta'nın yukarısında yapılan barajlar nedeniyle taşınan alüvyon miktarının azalmasına bağlı kıyı şeridindeki erimeleri inceleyen kıyı değişimi çalışmaları yapılmıştır, bunu yanında meteorolojik verilerin incelendiği çalışmalar ikinci sırada gelmektedir.

Nehir üzerinde ve kollarında inşa edilen 125 baraj ve gölet deltaya ulaşan sediment miktarını azaltmış olup bu da akıntı ve dalga erozyonları ile kıyı çizgisinde gerilemelere neden olmuştur [51].

Çizelge 3.4: Kızılırmak Deltası ile ilgili çalışmalar.

Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	5
Meteorolojik Veri Analizi	3
Su Kalitesi Analizi	2
Bakı/Eğim/Akım Yönü vb.	1
Alan Baskıları/Kırılğanlıkları Analizleri	1

Bölgeyi konu alan bir çalışmada delta üzerinde inşa edilen barajların devreye girmesiyle Karadeniz’e erişebilen malzeme miktarının %98 azaldığı belirtilip bu nedenle delta gelişiminin zarar gördüğü açıklanmakta ve 3 segmente ayrılan kıyı bölgelerinden 1962 – 2013 yılları arasında 1. kısmın 0 m, 2. kısmın – 8,1 m ve 3. kısmın 0,5 m geliştiği ortaya çıkmıştır ancak 1987’de bölgeye yakın alüvyon tutulumunu etkileyen barajların devrede olmasıyla beraber 1987 – 2013 yılları arası kıyı kaybı 117,2 ha bulunmuştur [52].

Su kalite parametreleri incelendiğinde Kızılırmak Nehri’nin WQI değerlendirmeleri sonucunda Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği’ne göre sadece ilkbaharda C sınıf (zayıf su) olarak, diğer mevsimlerde ise içilebilir seviye (B sınıf) olarak sınıflandırılmıştır [53].

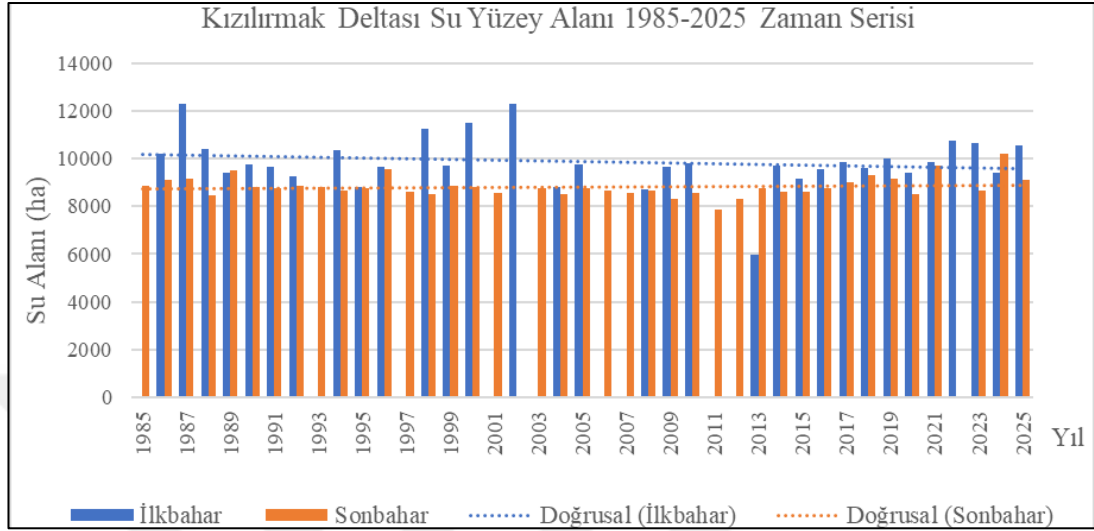
Delta’da 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerinden elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları Şekil 3.7 (a)’da, Sentinel-2 uydu görüntülerinden elde edilen yaz ayları su yüzey alanı değişimleri Şekil 3.7 (b)’de verilmektedir.

1985–2025 döneminde ilkbahar su alanları başlangıçta 8500–12 300 ha mertebelerinde çok dalgalı bir seyirdeyken 2002 yılı sonrası 12000 seviyelerini tekrar görmemiştir ve daha stabil bir seyir izlemiştir. 2020-2025 yılları arasında artış eğilimi olsa da genel trend ilk yıllardaki çok yüksek değerler nedeniyle azalandır.

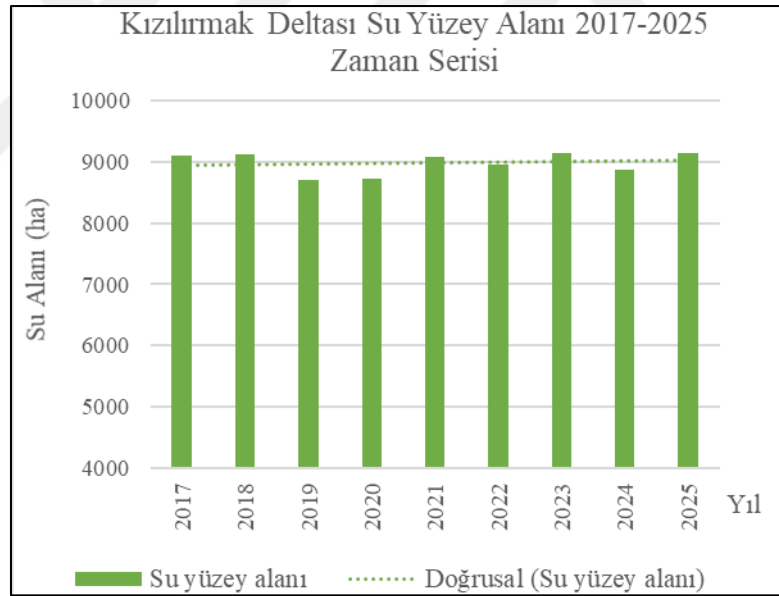
Sonbahar su alanları ise daha düşük başlangıç değerlerine sahip olmasının yanında, zamansal eğilim açısından ilkbahara göre daha stabil bir düşüş sergilemekte ve ilkbahar mevsimine benzer şekilde son yıllarda lokal olarak (2015-2025) görece artış eğilimindedir.

2017–2025 yaz dönemine ait Sentinel-2 verileri, Kızılırmak Deltası’nda yaz su yüzey alanının yaklaşık 8 700–9 200 ha bandında seyrettiğini ve doğrusal trendin Landsat görüntülerinden son yıllarda tespit edilen eğilimle paralel olarak yıllık yaklaşık ortalama 8 hektarlık sınırlı bir artışa işaret ettiğini göstermektedir. Bu durum yakın

dönemde yürütülen su yönetimi uygulamaları, baraj işletimi veya koruma önlemleri sonucu deltada nispi bir toparlanma yaşanabileceğini, ancak bunun uzun dönem düşüş trendini tersine çevirecek büyüklükte olabilmesi için iyi uygulamaların desteklenerek artırılması gerektiğini düşündürmektedir.



(a)



(b)

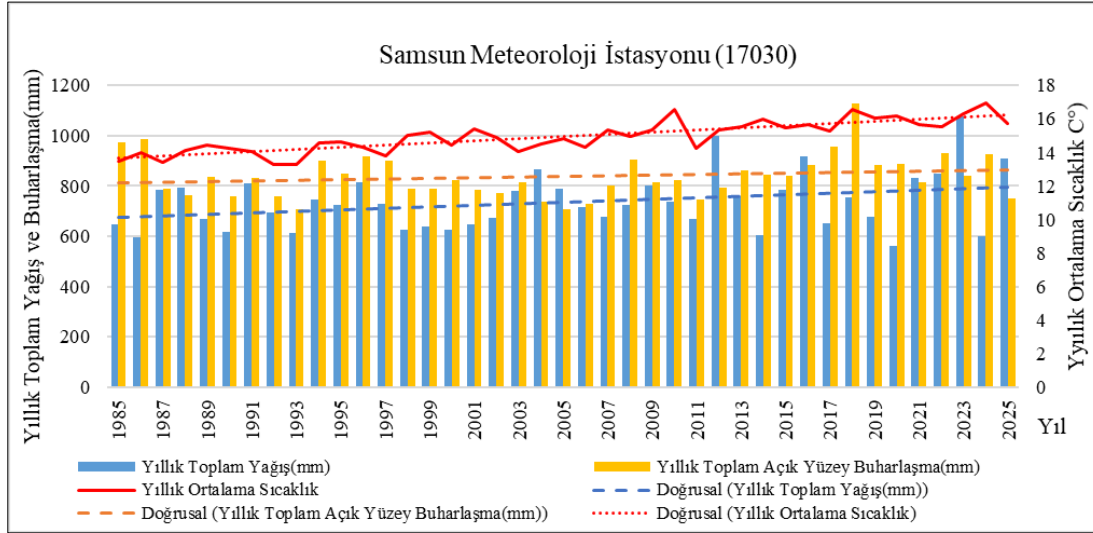
Şekil 3.7: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Şekil 3.8’de Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan Samsun Meteoroloji İstasyonu (17030) verileri (yıllık toplam yağış, toplam buharlaşma, ortalama sıcaklık ve bunlara ait yıllık eğilim çizgileri ile oluşturulan grafik verilmiştir.

Samsun 17030 nolu istasyonda yıllık ortalama sıcaklık 1985–2025 döneminde istikrarlı bir artış göstermekle beraber, yıllık toplam yağış ve açık yüzey buharlaşması da benzer şekilde uzun dönemde yukarı yönlü seyir izlemektedir. Bu tablo, bölgenin

giderek daha sıcak ve buharlaşmanın daha güçlü olduğu koşullara evrildiğini ortaya koymaktadır.

Kızılırmak Deltası'na ait üç grafik (Şekil 3.7 (a, b) ve Şekil 3.8) birlikte değerlendirildiğinde, uzun dönemli iklim eğilimlerinin sulak alan su yüzey alanı üzerinde mevsimsel olarak farklılaşan etkiler yarattığı, buna karşın son yıllarda yüzey alanında bir iyileşme eğilimi bulunduğu görülmektedir.



Şekil 3.8: Samsun Meteoroloji İstasyonu (17030) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Görece artan yağış, sıcaklık ve yükselen buharlaşma bileşimi, Kızılırmak Deltası'nda Landsat temelli uzun dönem su yüzey alanındaki gerileme ile tutarlı bir hidro-iklim baskısı yaratabilecektir; bu bağlamda alanın sürekli izlenerek gerektiğinde çeşitli müdahale yöntemleri ile müdahale planlarının hazır olması önemlidir.

3.5 Kızören Obruğu

Obrukla ilgili yapılan çalışmalar Çizelge 3.5'te verilmekle beraber alanın diğer Ramsar alanlarının çoğuna kıyasla daha küçük olması nedeniyle sadece alanı içeren çalışmalar konusunda sorun yaşanmış olup ya daha geniş Konya Havzası'nı ilgilendiren çalışmalara ya da genel Ramsar alanlarını inceleyen çalışmalara erişilmiştir.

Yapılan bir çalışmada; Konya Havzası'nda şiddetli kuraklıkların 1988-1990, 2000-2002 ve 2012-2014 yılları gibi her on yılda bir tekrarladığı belirtilip izlenen süre

boyunca havza geneli yeraltı su seviyesi yılda ortalama 56,8 cm azaldığı ortaya konmuştur [54].

Çizelge 3.5: Kızören Obruğu ile ilgili çalışmalar.

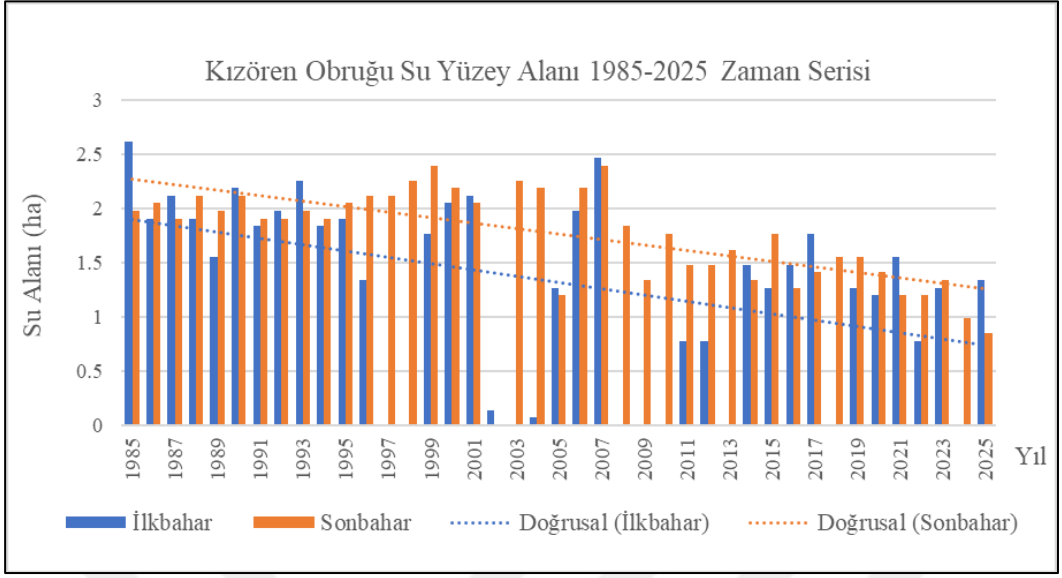
Kategori	Çalışma Sayıları
Meteorolojik Veri Analizi	2
İklim Değişikliği Analizi	2
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	1

Ayrıca, obruk alanının 1985 ilkbaharında 2,92 hektardan 2020 ilkbaharında 1,86 hektara düştüğü görülmüştür [55].

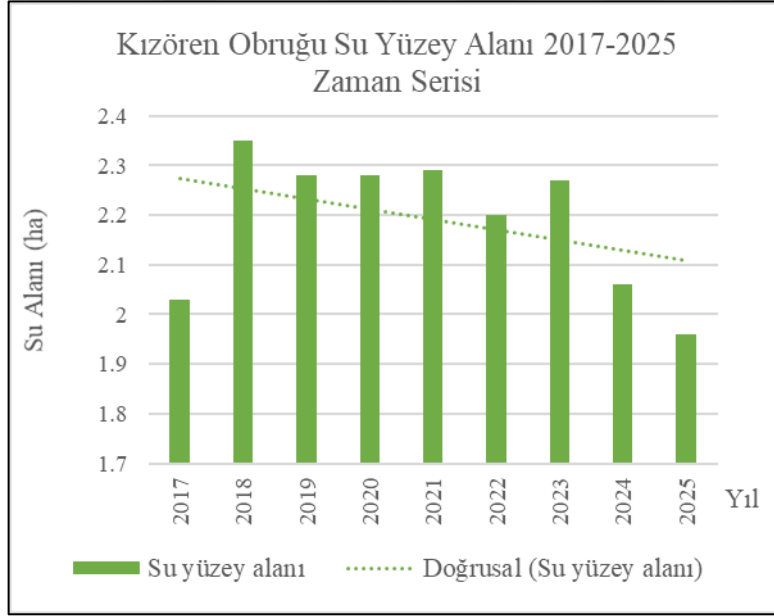
Kızören Obruğu'na ait Landsat (Şekil 3.9 (a)) ve Sentinel-2 (Şekil 3.9 (b)) NDWI zaman serileri, Obruk'un su alanının uzun dönemli olarak belirgin biçimde azaldığını ortaya koymaktadır. Landsat verilerine dayalı ilkbahar ve sonbahar NDWI değerleri, 1985–1990 döneminde yaklaşık 1.5–3 ha mertebesinde yüksek su alanları gösterirken. 2000'li yılların ortasından itibaren bazı yıllarda su alanı değerleri gözle fark edilir şekilde azalmakta, hatta sifıra yaklaşmakta olup, bu durum Obruk'un su kütlesinin büyük ölçüde kaybolduğunu ve karstik sistemdeki yeraltı suyu rejiminin bozulduğunu işaret etmektedir.

Sentinel-2 verilerine dayalı yaz dönemi NDWI serisi, 2018'de yaklaşık 2,3 ha ile zirve yapmasına karşın genel olarak aşağı yönlü bir doğrusal trend sergilemekte ve 2025'e doğru 1,9 ha düzeylerine gerilemektedir.

Su alanı değerlerindeki dalgalanmalar, yaz mevsiminde yeraltı suyu beslenmesinin mevsimsel yağışlara bağımlı olduğunu ve son yıllarda bu beslenmenin yetersiz kaldığını göstermektedir. Her iki veri setinde de tutarlı biçimde gözlenen su alanı azalışı, Konya Kapalı Havzası'nda iklim değişikliği kaynaklı kuraklaşma, aşırı yeraltı suyu kullanımı ve tarımsal sulama talebinin obruk gibi karstik su kütlelerini olumsuz etkilediğini doğrulamaktadır. NDWI değerlerindeki gerileme, Obruk'un ekoturizm ve doğal miras değeri açısından kritik bir kayıp yaşadığını ve bölgede su kaynakları yönetiminin acilen yeniden yapılandırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.



(a)



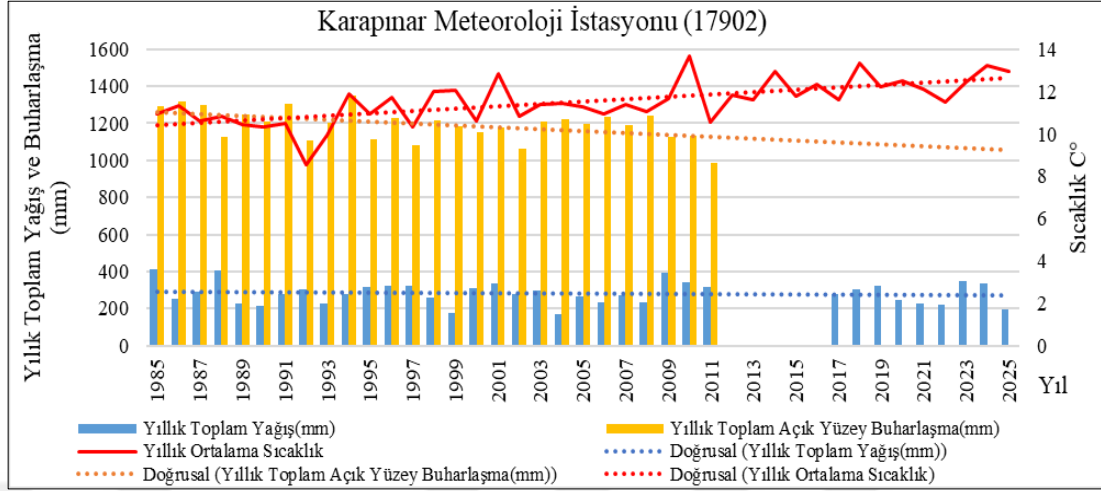
(b)

Şekil 3.9: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Karapınar Meteoroloji İstasyonu (17092) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma, yıllık ortalama sıcaklık ve bunların yıllık eğilim çizgileri ile oluşturulan grafik Şekil 3.10'da verilmiştir.

Karapınar 17902 numaralı meteoroloji istasyonunda 1985–2025 döneminde yağışta durağan/azalma, sıcaklıkta belirgin artış ve açık yüzey buharlaşmada azalma eğilimleri gözlenmektedir. İstasyonda 2011 sonrası için buharlaşma verisi

bulunmadığından, sadece 1985–2011 dönemindeki gözlemlere dayalı olarak genel trendin durağan veya hafif azalma yönünde olduğu söylenebilir.



Şekil 3.10: Karapınar Meteoroloji İstasyonu (17902) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Yağış verisinde bazı yıllarda eksiklik olsa da eğilimi durağan/azalma ve sıcaklık için ise belirgin artış eğilimi tam seride geçerli olup, buharlaşmadaki verisi eksikliğine rağmen iklimsel kuraklaşma baskısı desteklenmektedir.

Obruk'un Landsat NDWI serisindeki uzun dönem azalışı ve Sentinel-2 yaz verilerindeki gerilemesi, Karapınar'daki sıcaklık artışı ve durağan yağış altında yeraltı suyu çekiminin hâkim etki olduğunu doğrulamakta; buharlaşma verisi eksikliği bu ilişkiyi değiştirmemektedir.

Landsat verilerine dayalı uzun dönem ilkbahar–sonbahar su alanı (NDWI) serisinde Kızören Obruğu'nda 1985'ten itibaren azalma gözlenirken, Karapınar istasyonundaki sıcaklık artışı bu hidrolik gerilemeyi açıklayan iklimsel baskıları doğrulamaktadır.

Sentinel-2 tabanlı 2017–2025 yaz serisindeki genel aşağı yönlü trend de, artan sıcaklık ve durağan yağış altında yeraltı suyu beslenmesinin yetersiz kaldığını desteklemekte; bölgede aşırı yer altı suyu çekimi ile birleşen bu iklim koşulları, obruğun su kütesinin kalıcı kaybına yol açmaktadır.

3.6 Burdur Gölü

Burdur Gölü incelenen alanlar arasında üzerine en çok çalışma gerçekleştirilen alanlardan biridir. Bunda şüphesiz alanın Ramsar koruma alanları içinde en büyük

alana sahip olması ve sürekli bir küçülme sürecinde olması etkilidir. Alanla ilgili yapıldığı belirlenen çalışmalar toplanarak Çizelge 3.6’da verilmektedir.

Burdur Havzası’nın en alçak bölgesinde bulunan göl yeraltı ve yüzey sularının akışı ile beslenmekte, boşalımını ise sadece göl yüzeyinden buharlaşma ile gerçekleştirmektedir [56]. Göl’ün kapalı havza özelliği göstermesi ve artan buharlaşmanın artıp yağışların azalması ile Göl 1986-2019 yılları arasında yüzey alanının %40’ını kaybetmiştir [57]. Yapılmış başka bir çalışmada, Göl’de 1975-2020 yılları arasındaki sıcaklık ve hacmi arasında negatif orta derece ilişki, buharlaşmayla göl seviyesi ve hacmi arasında orta derece negatif ilişki bulunmuşken yağışla göl seviyesi ve hacmi arasında zayıf bir negatif ilişki bulunmuştur [58].

Çizelge 3.6: Burdur Gölü ile ilgili çalışmalar.

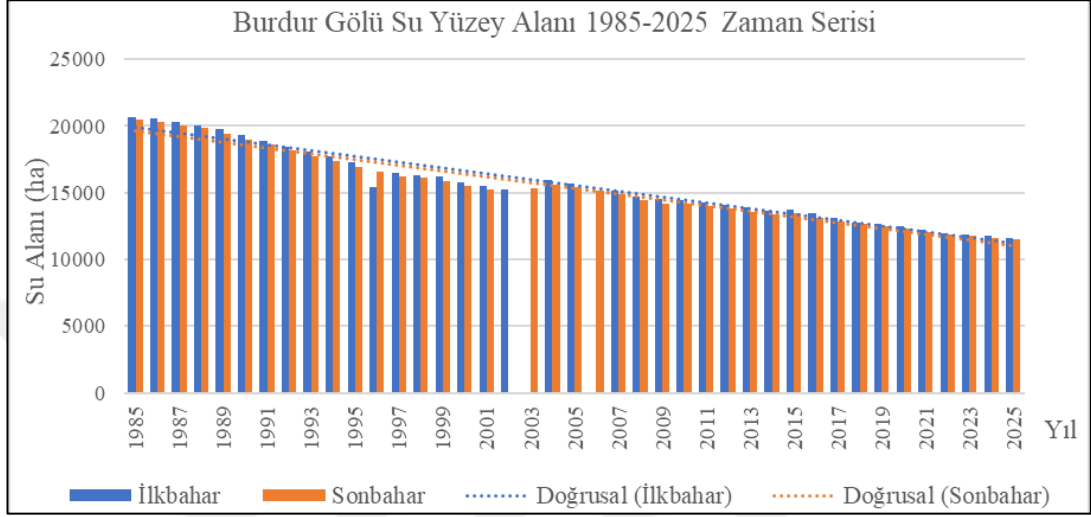
Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	8
Alan Çevresi Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi Analizi	5
İklim Değişikliği Analizi	3
Meteorolojik Veri Analizi	10
Su Kalitesi Analizi	2
Ekosistem, Habitat ve Bunların Değişimleri Analizleri	4
Bakı/Eğim/Akım yönü vb.	4
Alan Baskıları/Kırılmalıkları Analizleri	3

Şekil 3.11 (a)’da, Burdur Gölü’nde 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve 3.11 (b)’de Sentinel-2 görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen yaz ayları su yüzey alan değişim grafikleri verilmiştir.

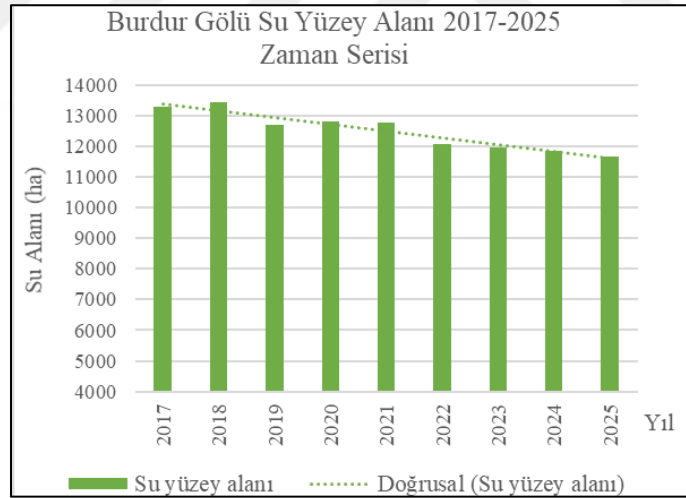
Landsat verilerine dayalı ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları, 1985 yılında yaklaşık 20 500 ha mertebesinde başlayarak her iki mevsimde de tutarlı bir düşüş trendi sergilemekte, son yıllarda 10 400 ha düzeylerine gerilemektedir. Eğilim çizgileri, gölün su alanının yaklaşık %45 oranında küçüldüğünü ortaya koymakta olup, bu durum aşırı sulama, baraj regülasyonu ve iklim değişikliğinin bileşik etkisini yansıtmaktadır.

Sentinel-2 verilerine dayalı yaz dönemi su alanı zaman serisi, 2018’de zirve yaparak 13 000 ha civarında seyrederken genel olarak aşağı yönlü bir doğrusal trend izlemekte ve 2025’e doğru 11 000 ha düzeylerine inmektedir.

Yıllar arası hafif dalgalanma olsa da, negatif eğilim gölün su tutma kapasitesinin neredeyse hiç değişmeden sabit bir şekilde azaldığını göstermektedir.



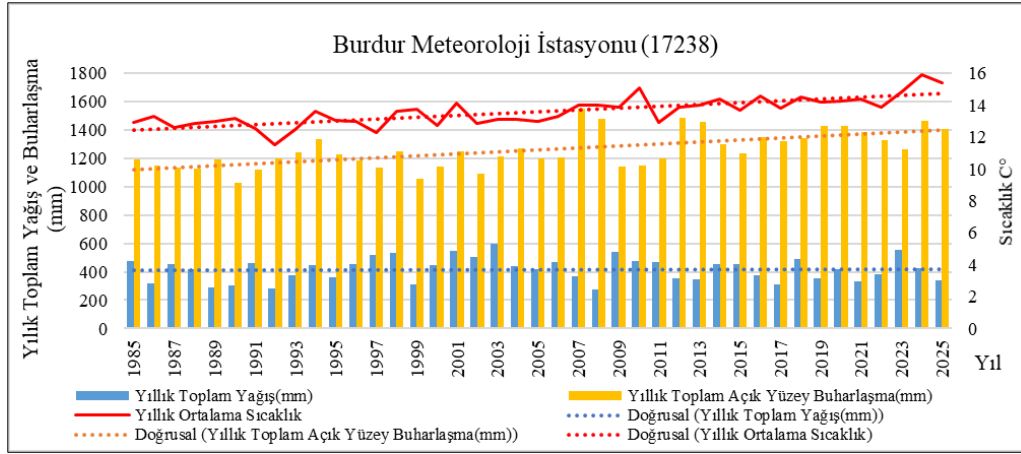
(a)



(b)

Şekil 3.11: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Şekil 3.12’de Burdur Meteoroloji İstasyonu (17238) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma, yıllık ortalama sıcaklık ve bunların yıllık eğilim çizgileri) ile oluşturulan grafik verilmiştir. İstasyonda yıllık sıcaklık belirgin artış gösterirken, yağış durağan veya hafif azalma, buharlaşma ise yukarı yönlü trend sergilemektedir; bu tablo atmosferik su açığının büyüdüğünü doğrulamaktadır.



Şekil 3.12: Burdur Meteoroloji İstasyonu (17238) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Azalan yağış, artan sıcaklık ve buharlaşma eğilimleri, Landsat serisindeki uzun dönem su alanı gerilemesi ile doğrudan uyumludur; yaz dönemi Sentinel-2 verilerindeki düşüş de bu iklimsel baskıyı pekiştirmektedir. Göl'ün su seviyesi ve alanındaki sürekli azalma, sürdürülebilir su yönetimi ve havza koruma önlemlerinin aciliyetini vurgulamaktadır. Mevcut trendler devam ederse ekosistem bozulması riski artacaktır. Bu kapsamda Tarım ve Orman Bakanı tarafından yapılan açıklamada küresel iklim değişikliğinin etkisiyle son yarım asrın en sıcak dönemlerinin geçirildiğine ve gölün her yıl 66 milyon metreküp su açığı verdiği belirtilerek göl için bir eylem planı hazırlandığına değinilmiştir. Böylece hedeflenen, su açığının kademeli olarak azaltılmasıdır [59].

3.7 Kuyucuk Gölü

Göl ile ilgili yapılan çalışmalar Çizelge 3.7'de verilmektedir ancak alanın diğer Ramsar alanlarının çoğuna kıyasla daha küçük olması ve son dönemde kurumuş olması nedenleriyle alanda gerçekleştirilen çalışma sayısı oldukça azdır.

Çizelge 3.7: Kuyucuk Gölü ile ilgili çalışmalar.

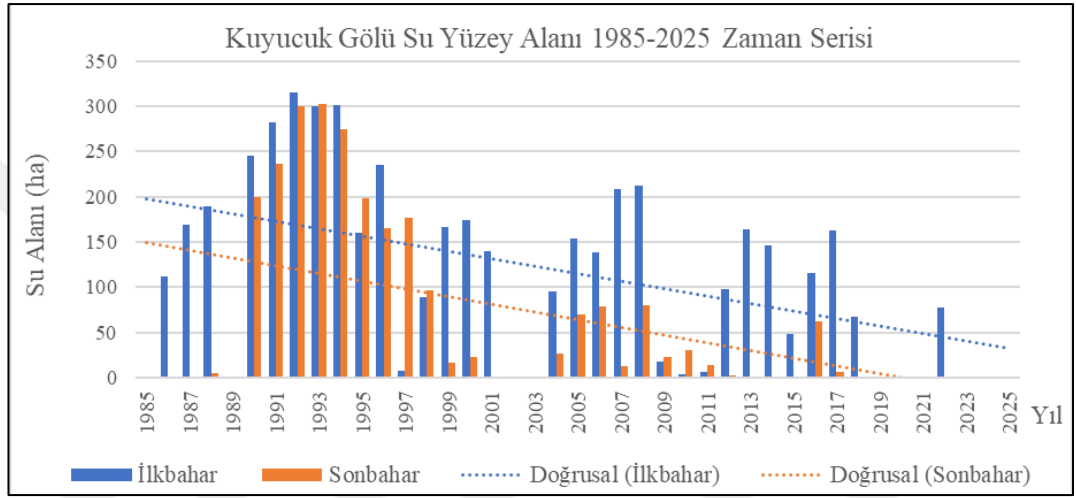
Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	1
Meteorolojik Veri Analizi	1

Yapılan bir çalışma gölün 1985 ilkbaharında 41,82 ha olan alanının 2020 ilkbaharına gelindiğinde 37,67 ha olduğunu gösterip aynı zamanda meteorolojik verileri de

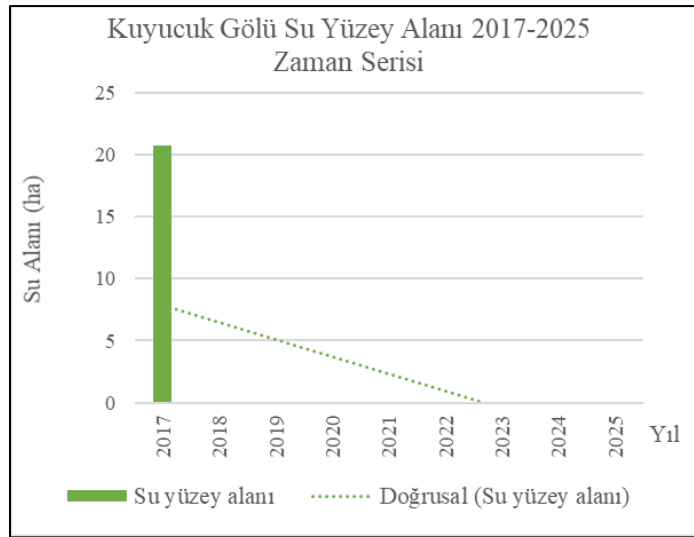
inceleyerek verilerde olumsuz bir değişim olmamasına rağmen göl alanının azalmasının sulama amaçlı su kullanımından kaynaklı olduğunu tespit etmiştir [55].

Şekil 3.13 (a)'da, Kuyucuk Gölü'nde 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)'de, Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile yaz ayları su yüzey alanı değişimleri verilmektedir.

Şekil 3.14'te ise Kars Meteoroloji İstasyonu verileri ile oluşturulan grafik verilmektedir.



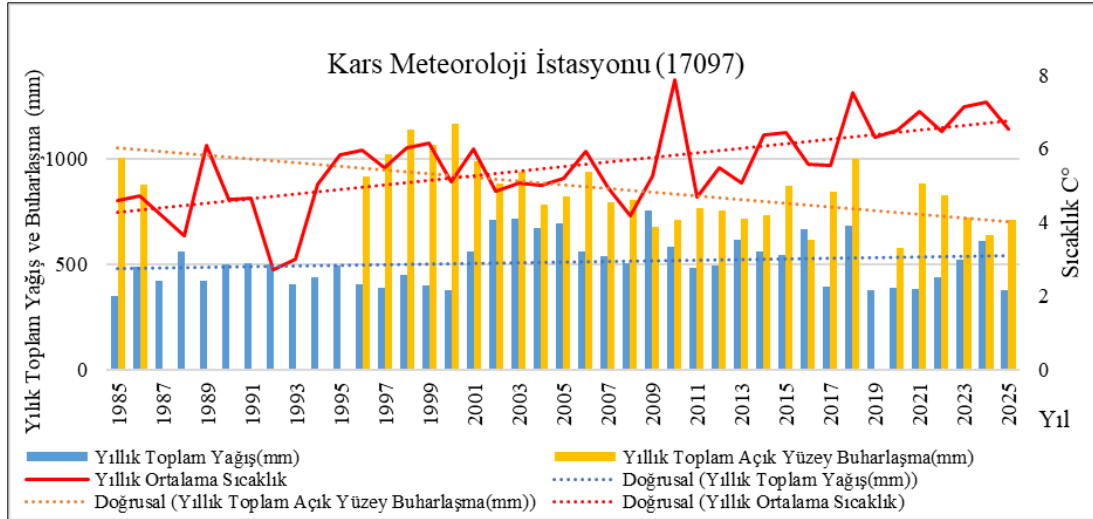
(a)



(b)

Şekil 3.13: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Göl koruma alanına ait Landsat ve Sentinel-2 verileri ile Kars Meteoroloji İstasyonu serileri (Şekil 3.13 (a,b)), gölün su yüzey alanının son yıllarda dramatik biçimde küçüldüğünü ve iklimsel dalgalanmaların bu gerilemeyi etkilediğini ortaya koymaktadır.



Şekil 3.14: Kars Meteoroloji İstasyonu (17097) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Landsat verilerine dayalı ilkbahar ve sonbahar su alanları, 1990'lı yılların ilk yarısında yıllarda 150–300 ha mertebesinde çok değişken değerler gösterirken, 1992-1993'teki yaklaşık 300 hektar zirvesinden sonra azalma trendine girmiştir. Özellikle 2000 sonrası yıllarda bazı dönemlerde su alanı 50 hektarın altına inmekte hatta kurumakta olup, bu durum Göl'ün kararsız hidrolik rejimini ve hassasiyetini yansıtmaktadır. Ayrıca bazı yıllardaki mevsimler arası devasa farklar gölün hassasiyetine başka bir örnektir.

Sentinel-2 verilerine dayalı yaz dönemi su alanı, 2017'de yaklaşık 20 ha ile zirve yapmakta, 2018'de 0,07 ha alana sahipken hemen ardından 2019'dan itibaren alan hesaplanamamış olup, Göl'ün kuruduğu anlaşılmaktadır. Bu hızlı küçülme, yaz mevsiminde yeraltı ve akış beslenmesinin yetersiz kaldığını ve Göl'ün tümünden kurumaya çok yakın bir eşik yakaladığını işaret etmektedir.

Kars 17097 nolu istasyonda sıcaklık belirgin artış gösterirken, yağış dalgalı ancak durağan/çok az artan, buharlaşma ise aşağı yönlü eğilim sergilemektedir. Dalgalı yağış rejimi, görece azalan buharlaşma eğilimi ve artan sıcaklık, Kuyucuk Gölü'nün Landsat serisindeki uzun dönem yüksek dalgalanmaları ve kurumayı ve Sentinel-2 yaz verilerindeki son dönem kurumasını tam açıklayamamaktadır; kuruma trendi daha çok antropojenik etkilerle (su kaynaklarının insan eli ile yönlerinin değiştirilmesi gibi) açıklanabilmektedir. Ayrıca Göl'ün bulunduğu bölge ve yükseklik uydu görüntülerinden hesaplanan alandaki mevsimlik yüksek değişimlere etki etmiş olabilir.

Yapılan haberlerde Göl'ün 2019 döneminde tamamen kuruduğu, Eylül 2019'da Göl'ü beslemek amacıyla DSİ tarafından su sondaj kuyularının açılması ile göle su verilmeye başlandığı belirtilmektedir [60, 61]. Göle 2019'dan itibaren 6 milyar litre su verilmiş ancak bunun yeterli olmadığı, gölü besleyen derelerin önünde oluşturulan setlerin açılarak göle akış sağlandığı ve çalışmaların devam ettiği belirtilmektedir [62].

3.8 Seyfe Gölü

Seyfe Gölü'nü inceleyen çalışmalar kategorize edilerek Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8: Seyfe Gölü ile ilgili çalışmalar.

Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	3
Meteorolojik Veri Analizi	3
Bakı/Eğim/Akım yönü vb.	1

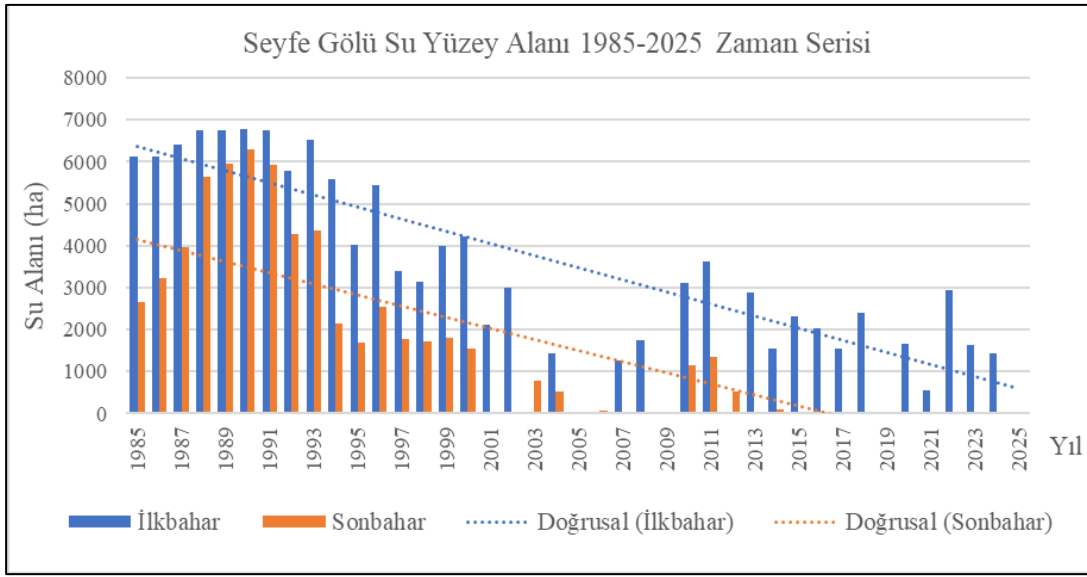
Sulak alanın değişimini 1985-2020 arası Landsat görüntüleri, 1930-2020 arası meteorolojik ve güncel batimetrik verilerle inceleyen bir çalışmada geçen 35 yıllık süreçte uydu görüntülerinden Göl'ün yüzey alanının %90'ından fazlasını iklimsel ve antropojenik etkiler nedenlerle kaybettiği, bölgede yağışlı ve kurak dönemlerin 6-7 yıl sürdüğü belirtilip izlenen dönemde yağış ortalaması 377,44 mm/yıl olarak tespit edilmiş ve 2015 yılında gölün en derin noktası Göl kuzeyinde 1,95 m olarak bulunmuştur [63]. Yine alanda gerçekleştiren bir çalışma alandaki değişimi meteorolojik verilerle ve 26 yıllık uydu görüntüleriyle incelediklerinde alandaki azalmanın sadece meteorolojik verilerle bağdaştırılamayacağı, Göl'e gelen kaynakların önlerinin kesilerek başka amaçlarla kullanılmasının, tahliye kanallarının açılmasının önemli rol oynayabileceğine dikkat çekilmiştir [64].

Şekil 3.15 (a)'da, Seyfe Gölü'nde 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)'de, Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile yaz ayları su yüzey alanı değişimleri verilmektedir.

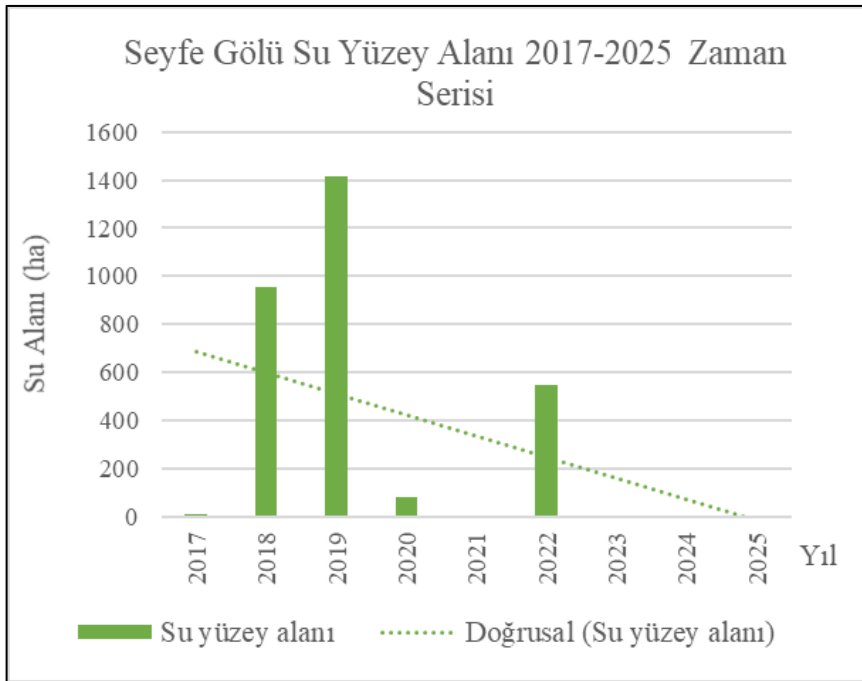
Landsat verilerine dayalı ilkbahar ve sonbahar su alanları, 1985 yılında iki mevsim için iki kattan daha fazla farklılığa sahipken 1990 yılında bu fark sonbahar alanlarının çok hızlı artışı nedeniyle 500 hektara kadar düşmüş ancak hep ilkbahar lehine yüksek seyretmiştir. Dalgalanmalara rağmen 1990 sonrası her iki mevsimde de aşağı yönlü

eğilim hâkim olup, bu durum Göl'ün su tutma kapasitesinin zamanla azaldığını ortaya koymaktadır. Genel gidişat 1990'lardan itibaren belirgin bir düşüş trendi izleyerek son yıllarda yer yer 1000 ha altı mertebesine ve hatta mevsimsel kuruma dönemlerine kadar gerilemiştir.

Sentinel-2 verilerine dayalı yaz dönemi su alanı serisi, 2017'de nerdeyse kurumaya işaret eden ~8 ha, 2018'de ~900 ha ardından ertesi yıl 1400 hektara çıkış ve sonrasında keskin düşüşle 2020'de ~80 ha, 2022 de tekrar bir atış ile ~550 ha sonrasında neredeyse kuruma mertebesine ulaşılmıştır.



(a)

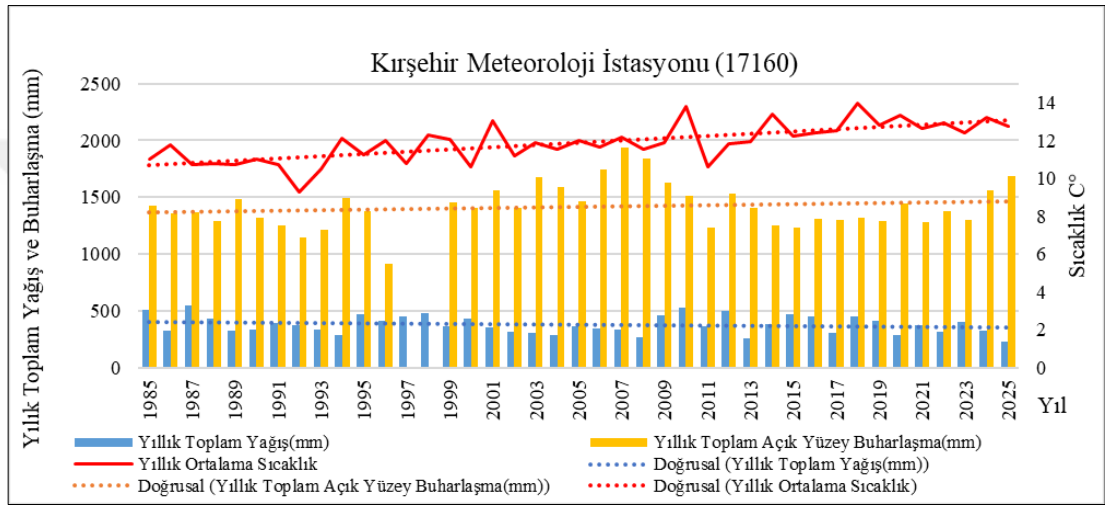


(b)

Şekil 3.15: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Bu hızlı gerileme, yaz mevsiminde beslenmenin yetersiz kaldığını ve sulak alanın kurumaya çok yakın olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca mevsimler arası keskin farklar hem Landsat görüntüleri hem de Sentinel-2 görüntüleri incelendiğinde görülebilmektedir, birinde görülen sulak alan diğer mevsimde yarıya düşmüş ya da yok olmuş olabilmektedir. Bu durumun meydana gelmesini uydu görüntülerinin bulutluluğa denk gelmeleri de etkileyebilmektedir.

Şekil 3.16'da Kırşehir Meteoroloji İstasyonu (17160) verileri ile oluşturulan grafik verilmektedir.



Şekil 3.16: Kırşehir Meteoroloji İstasyonu (17160) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Kırşehir 17160 nolu istasyonda yıllık sıcaklık belirgin artış gösterirken, yağış dalgali ve bir miktar azalan, buharlaşma ise hafif yukarı yönlü eğilim sergilemektedir. Artan sıcaklık, azalan yağış ve artan buharlaşma rejimi, Seyfe Gölü'nün Landsat serisindeki uzun dönem azalışı ve Sentinel-2 yaz verilerindeki kuruma eğilimi ile uyumludur; bu dinamik, İç Anadolu'nun endoreik (coğrafyada kapalı havza veya çıkışsız havza) göllerinin iklim baskısına duyarlılığını vurgulamaktadır.

Seyfe Gölü Sulak Alanı'na ait Landsat, Sentinel-2 ve meteorolojik veriler, gölün su yüzey alanının uzun dönemli olarak azaldığını ve iklimsel değişimlerin bu gerilemeyi hızlandığını göstermektedir. Alandaki yüksek mevsimsel sulak alan değişimini anlamlandırmak için meteorolojik verilerin de mevsimsel değişiminin incelenmesi yarar sağlayabilecektir.

Ayrıca Göl ile ilgili 2016 yılında yapılan bir haberde Seyfe Gölü Yönetim Planı'nda planlanmasına rağmen 7 yıldır ağaçlandırma faaliyetlerinin gerçekleştirilmediği ve

kuruyan alanlarda endemik bitki türlerinin varlığı göz ardı edilerek yoğun olarak tarımsal faaliyet gerçekleştirildiğine değinilmektedir [65]. Başka bir haberde ise sucul kuşların su olmaması nedeniyle alanı tamamıyla terk etmesine değinilerek Göl'ün kurummasının temel sebepleri olarak yetersiz yağışlar, bilinçsiz yeraltı suyu kullanımı ve kaynakların kuruması olduğu belirtilerek alanın acil eylem planı hazırlanacak yerler arasına alınmasının umut verici olduğu değerlendirilmiştir [66]. Bunun yanında Göl koruma alanının yarıya düşürülmesi bölgedeki çevreciler ve sivil toplum kuruluşları tarafından madencilik faaliyetlerinin önünü açacağı savunularak Göl'ün tamamen kaybedilmesi riskini arttırdığı gerekçesiyle eleştirilmektedir [67].

3.9 Uluabat Gölü

Uluabat Gölü incelenen alanlar içinde üzerine en çok çalışılan alanlar arasındadır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9: Uluabat Gölü ile ilgili çalışmalar.

Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	4
Alan Çevresi Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi Analizi	1
Meteorolojik Veri Analizi	6
Su Kalitesi Analizi	5
Bakı/Eğim/Derinlik/Akım Yönü vb.	8
Alan Baskıları/Kırılmalıkları/Riskleri Analizleri	4

Alanda yapılan bir çalışmada, 1987-2023 yılları arası göl sulak alanının tespitini çeşitli görüntü indeksleri (NDWI, MNDWI, NDPI, WRI ve AWEInsh) ile incelenmiş olup içlerinde en kötü sonucu veren (0,686 kappa değeri) AWEInsh hariç hepsinin 0,916'dan fazla kappa değeri vermesi nedeniyle kullanılabileceği ve Göl'de %6'luk alan kaybına tekabül eden 12,6 kilometrekarelik alan değişimi tespit edilmiştir [68].

Uluabat Gölü'nün çeşitli yerlerinden alınan örneklerde ağır metaller, bazı iz elementler ve diğer su ve sediment kalitesi ölçümleri yapıp sonuçları haritalandırılarak gölün su kalitesinin içme ve kullanma suyu olarak uygun olmadığı, sulama amaçlı olarak ise dikkatli olmak kaydı ile yararlanılabileceği, WHO ve EPA sınır değerlerine göre bazı metaller açısından toksik seviyede olduğu belirlenmiştir [69]. Yapılan başka bir

çalışmada gölün su ve sediment kalitesi Haziran 2008 - Mayıs 2009 tarihleri arasında takip edilmiş ve bu süreçte, göl içerisindeki belirlenen istasyonlarda suda, pH, iletkenlik, çözülmüş oksijen, alkalinite, sıcaklık, seki diski derinliği, klorofil a, çözülmüş oksijen, alkalinite, sertlik, NH₄-N, toplam azot, PO₄-P ve toplam fosfor gibi sedimentte ise pH, iletkenlik, organik madde içeriği, nem durumu, azot ve fosfor türlerine, suda çözülmüş halde ve sedimentteki farklı ağır metal dağılımlarına bakılmış, sonuçta elde edilen tüm dağılım haritaları karşılaştırılarak çok parametrelili bir değerlendirilmenin yapıldığı sonuç haritaları elde edilmiştir. Bu haritalardan Göl'ün genel durumu standartlar ile karşılaştırılıp, Uluabat Gölü'nün su kalitesi açısından 4. sınıf su olduğu tespit edilmiştir. Sediment kalitesi açısından ise ağır metal değerlerinin etki eşiğinin üzerinde olduğu görülmüş ve sonuçlara göre Gölü'nün önemli baskılar altında olduğu çıkarımı yapılmıştır [70].

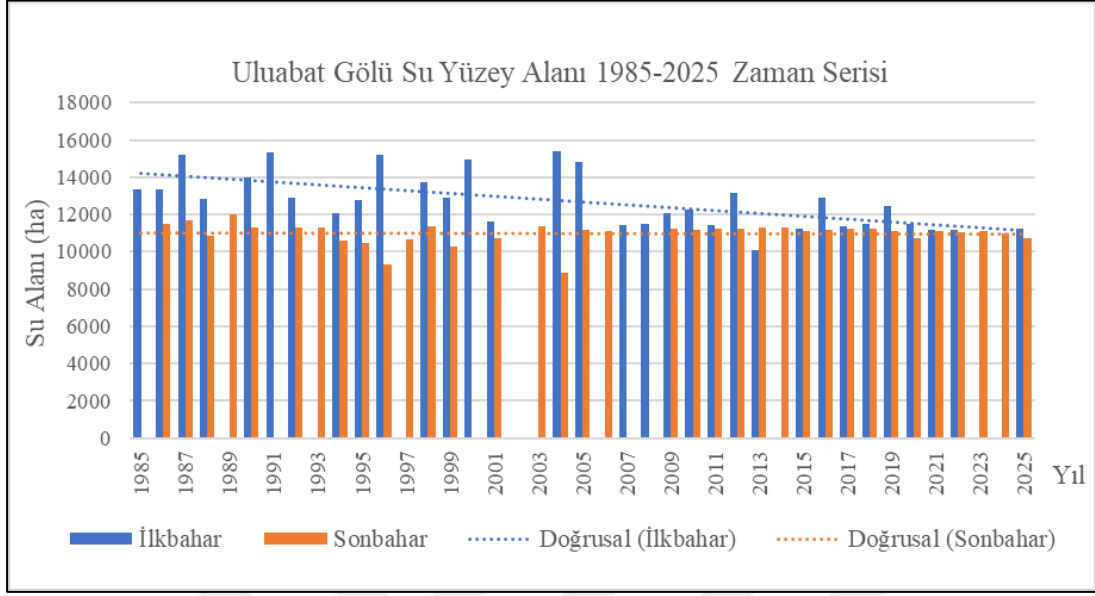
Şekil 3.17 (a)'da, Uluabat Gölü'nde 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)'de, Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile yaz ayları su yüzey alanı değişimleri verilmektedir.

Uluabat Gölü'ne ait Landsat, Sentinel-2 ve meteorolojik veriler (Şekil 3.18), Göl'ün su yüzey alanının uzun dönemli olarak görece stabil seyrettiğini, ancak son yıllarda hafif bir azalma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır.

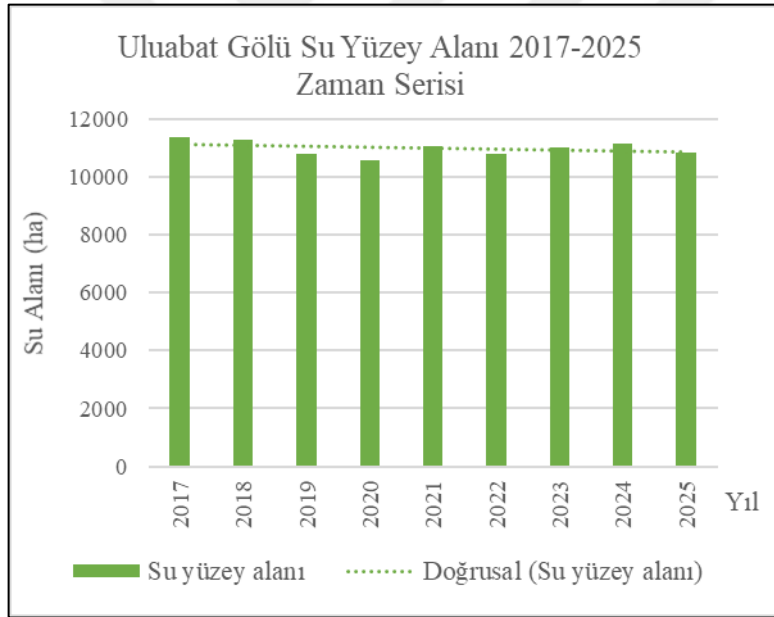
Landsat verilerine dayalı ilkbahar ve sonbahar su alanları, 1985–2025 döneminde 15 000–10 000 ha aralığında dalgalı bir seyir sergilemektedir. İlkbahar döneminde dalgalanma trendi özellikle 2005'e kadarki dönemde oldukça yüksektir. Sonbahar için oldukça stabil olan (2005 öncesi ilkbahar mevsimleri kadar olmasa da bir miktar dalgalanmaya sahip olmasına rağmen) eğilim çizgileri, gölün Marmara Bölgesi'ndeki nehir beslenmesine bağlı stabil yapısını yansıtmaktadır.

Sentinel-2 verilerine dayalı yaz dönemi su alanı serisi, 10 000–11 000 ha bandında yatay azalan bir trend göstererek yıllık ~30 ha'lık sınırlı azalma ile gerileme eğilimi sergilemektedir. Bu stabilite, Uluabat Gölü'nün açık drenajlı karakteri ve baraj regülasyonu sayesinde iklim baskısına karşı görece dirençli olduğunu

düşündürmektedir. Aynı zamanda 2005 öncesi dönemde bu tarz antropojenik etkilerin azlığı gölün o dönemki yüksek alansal değişimlerini açıklayabilmektedir.



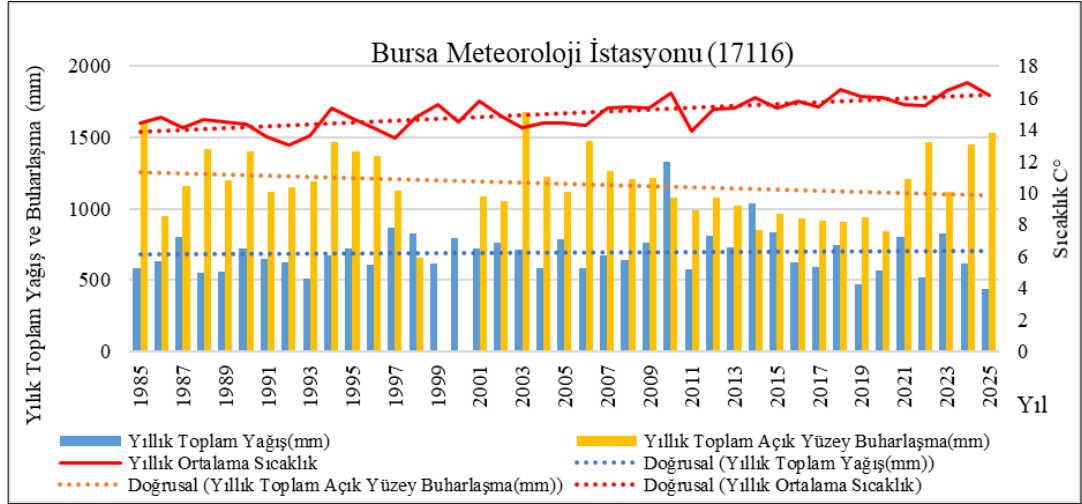
(a)



(b)

Şekil 3.17: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Bursa 17116 nolu istasyonda yıllık sıcaklık belirgin artış gösterirken, yağış dalgali ancak durağan, buharlaşma ise hafif aşağı yönlü genel eğilim izlemektedir. Artan sıcaklık ve durağan yağışa rağmen Uluabat Gölü'nün su alanının (ilkbahar hariç) görece stabil kalması, nehir beslenmesi ve havza yönetiminin olumlu etkisini yansıtmaktadır; ancak yaz dönemindeki hafif azalma, gelecekte iklim baskısının artması hâlinde dikkat gerektirdiğini göstermektedir.



Şekil 3.18: Bursa Meteoroloji İstasyonu (17116) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Türkiye’de sanayinin en yoğun olduğu bölgede olması nedeniyle Göl’e gelen kaynakların su kalitelerinin izlenmesi de büyük önem arz etmektedir. 2014 yılında yapılmış bir habere göre göl çevresindeki fabrikaların kimyasal atıklarının ve tarım ilaçlarının yağmurla göle karışması kaynaklı; deniz canlılarının zehirlenmesi, toplu balık ve kuş ölümleri gerçekleşmiştir [71].

3.10 Meke Maarı

Meke Maarı ile ilgili yapılan çalışmalar Çizelge 3.10’da verilmektedir, görece Ramsar alanlarının çoğuna kıyasla daha küçük olması ve son dönemde kurumuş olması nedenleriyle alanda sadece maarı inceleyerek gerçekleştirilen çalışma sayısı oldukça azdır fakat bulunduğu Konya Havzası araştırmalara konu olmaya devam etmektedir.

Çizelge 3.10: Meke Maarı ile ilgili çalışmalar.

Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	1
Alan Çevresi Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi Analizi	1
İklim Değişikliği Analizi	2
Meteorolojik Veri Analizi	3
Bakı/Eğim/Derinlik/Akım Yönü vb.	1
Alan Baskıları/Kırılgenlikleri Analizleri	1

Hatta Göl'ün kuruması nedeniyle bölgede daha görülen sulak alan kuşları artık başka sulak alanları tercih etmektedirler [72]. 1985-2020 yılları arasında 35 yılda göl sahip olduğu alanın %95'inden daha fazlasını kaybetmiştir [55]. Bölgedeki bazı yeraltı suyu rasat kuyularında yapılan ölçümlerde 1974-2020 arası 22,45 metre, 1970-2020 arası 31,89 metre, 1967-2019 yılları arası 20,39 metre seviye düşüşleri gözlenmiştir [73]. Ayrıca Maar'ın bulunduğu alt havzada sıcaklığın artmakta ve yağışın azalmakta olduğu belirtilip iklim değişikliği senaryolarına göre 2050 yılına gelindiğinde alanda %20-%30 su kıtlığı görüleceğine dikkat çekilmektedir [74].

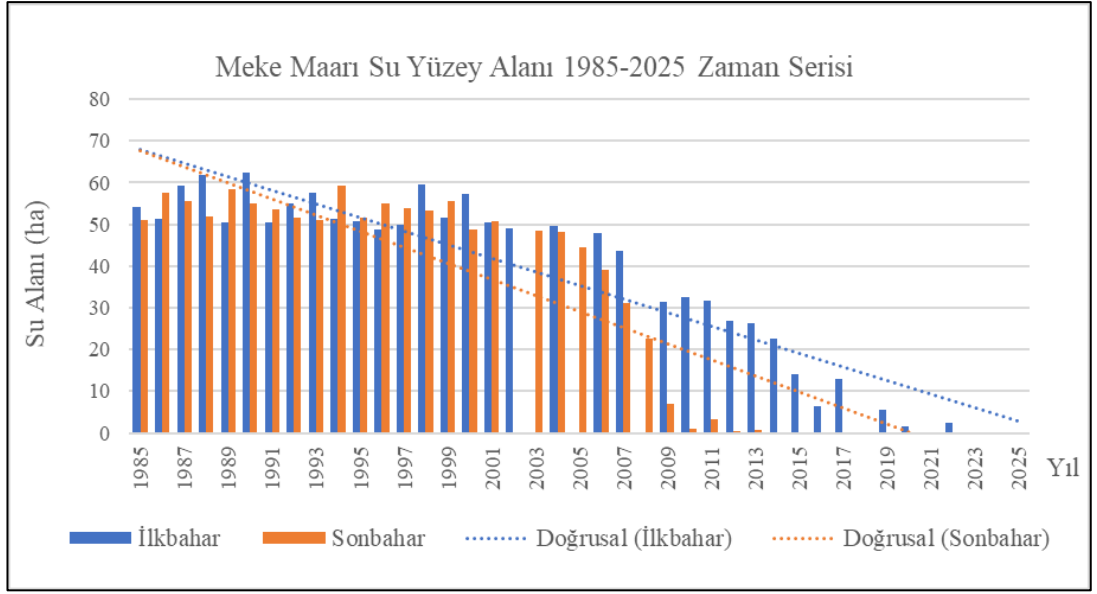
Şekil 3.19 (a)'da, Meke Maarı'nda 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerinden elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)'de, Sentinel-2 uydu görüntülerinden elde edilen yaz ayları su yüzey alanı değişimleri verilmektedir.

Alandaki Landsat (1985-2025, ilkbahar ve sonbahar) ve Sentinel-2 (2017-2025 yaz) NDWI analizleri, su yüzey alanının tamamen kuruduğunu gösteriyor; uzun dönem (Landsat görüntülerinden hesaplanan alanlar) ~60 ha'dan 0'a, kısa dönem yaz değerlerinde (Sentinel-2 görüntülerinden hesaplanan alanlar) ise 2017 (10,71 ha), 2018 (0,2 ha) ve 2021 (0,2 ha) hariç sulak alan bulunamamıştır.

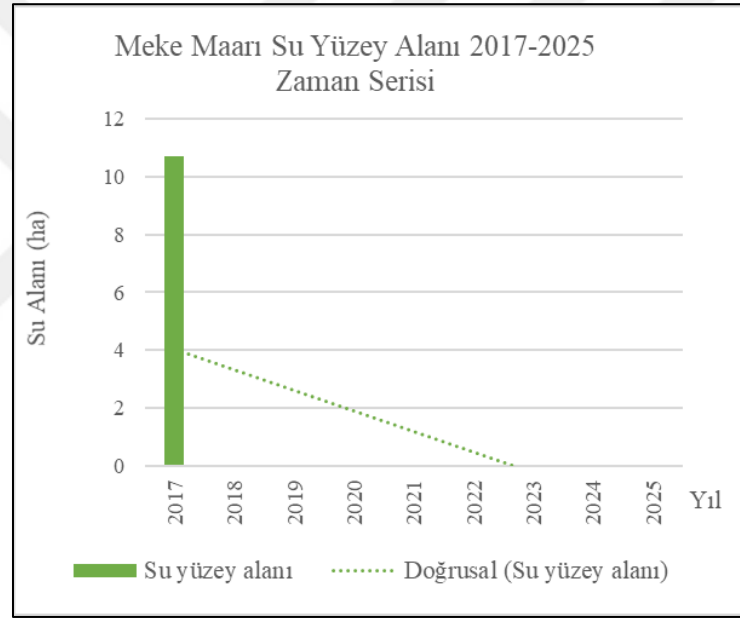
Landsat zaman serileri incelendiğinde 2005'e kadar çok değişmeyen ~50 ha ve üzeri alanlar görülmekteyken sonraki dönemde keskin düşüşler yaşanmış özellikle sonbahar alanları çok daha hızlı olarak 2009 ve sonrası dönemde 10 hektarın altına düşerek 2014 itibari ile yok olmuştur. İlkbahar alanları da 2020'li yıllarda neredeyse tamamen kurumuştur.

Alanın meteorolojik verilerle değerlendirilmesinde Kızören Obruğu'nda da kullanılan Karapınar Meteoroloji istasyon verileri kullanılmıştır (Şekil 3.10). Meteoroloji istasyonunun 1985-2025 verilerinde, yağışta durağanlık, sıcaklıkta belirgin artış ve açık yüzey buharlaşmasında (veri eksikliğine rağmen önceki trende bakıldığında) azalma eğilimleri gözlenmektedir. Bölgede alanın kurumasını açıklayan çok belirgin meteorolojik gösterge olmamasına rağmen alanın zaten küçük olması, kapalı ve kurak bir havza içinde bulunması nedenleriyle taban sularındaki azalma ile göl de kurumuştur.

Analizler, aşırı yeraltı suyu kullanımı, sulama faaliyetleri ve iklim değişikliği kaynaklı %95+ su kaybını ortaya koymaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3.19: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Ramsar statüsündeki alanın ekosistem bütünlüğü tehdit altındadır; Karapınar İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi'nden 2027 yılı sonundan itibaren alana basılacak 2,5 milyon m³ arıtma suyu [75, 76] kısmi toparlanma umudu verse de kalıcı koruma gereklidir. Göl'ün bulunduğu kapalı havzada 100 bin civarı kaçak kuyu olduğu belirtilen başka bir haberde yıllık birkaç metrelik yeraltı suyu düşüşüne dikkat çekilerek tarımda daha az su isteyen ürün ekiminin önemi vurgulanmaktadır [77].

3.11 Nemrut Gölü

Meke Maarı gibi görece küçük bir sulak alan olması nedeniyle Nemrut Gölü üzerine yapılmış çok fazla çalışma bulunmamakla beraber yapılan çalışmalar Çizelge 3.11’de sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.11: Nemrut Gölü ile ilgili çalışmalar.

Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	1
Meteorolojik Veri Analizi	1

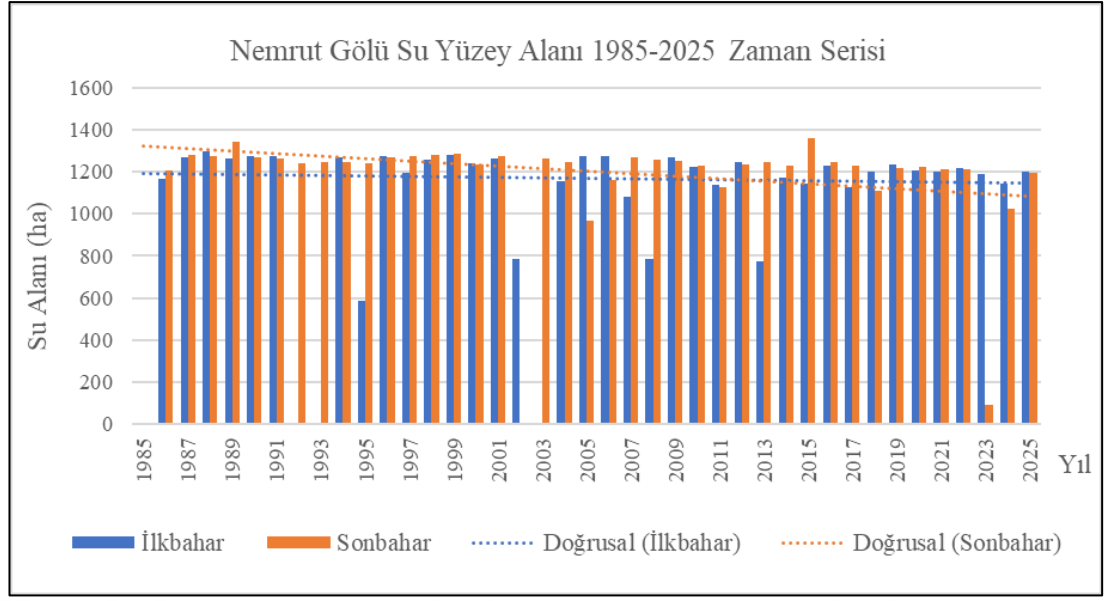
Yapılan bir çalışma 1985-2020 yılları arasında alanı en az değişen karasal Ramsar sulak alanının Nemrut Gölü olduğunu ortaya koyup alan çevresindeki istasyondan elde edilen meteorolojik verilerde aynı yıllar arasında alınan ortalama yağış ve buharlaşma verisinde buharlaşma lehine 2,67 katlık bir fark olduğu anlaşılmıştır [55].

Şekil 3.20 (a)’da, Nemrut Gölü’nde 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)’de, Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile yaz ayları su yüzey alanı değişimleri verilmektedir. Bu alannın yüksek rakımı ve ikliminden kaynaklı olarak ilkbahar aylarının başında kar örtüsü tarafından kaplanması nedeniyle ilkbahar görüntüleri mayıs ve haziran aylarından temin edilmiştir.

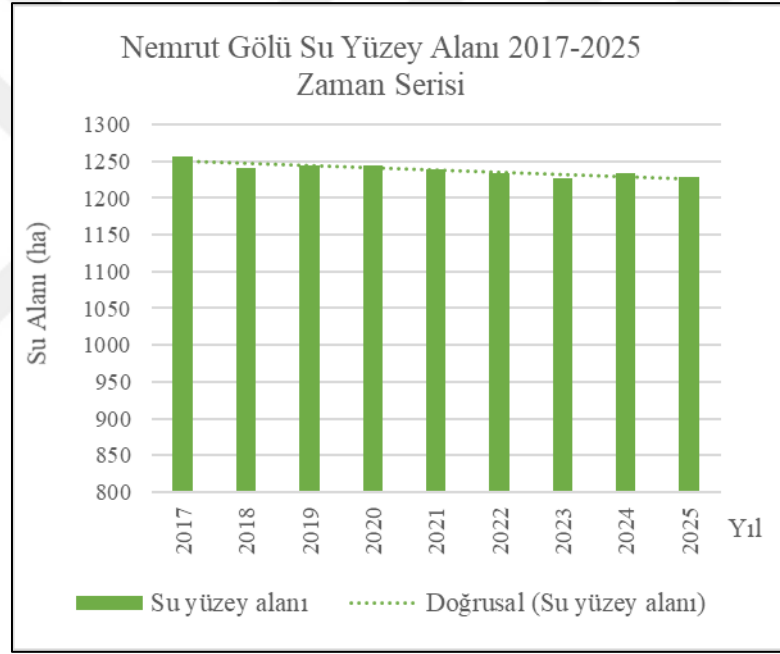
Nemrut Gölü Landsat uydu görüntülerinden NDWI indeksi ile hesaplanan ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanı zaman serileri 1985-2025 dönemi için değerlendirildiğinde; hem ilkbahar hem de sonbahar serilerinde genel olarak 1200-1300 ha değerleri arası değişimler ile azalış eğilimi görülmektedir, bazı dönemlerde neredeyse yarıya varan azalışlar görülebilsede bunların bulutluluk kaynaklı anomaliler olduğu değerlendirilmektedir. Genel eğilimin görece stabil olduğu anlaşılmaktadır.

Nemrut Gölü Sentinel-2 yaz dönemi (2017-2025) NDWI su yüzey alanı grafiği, Landsat ilkbahar/sonbahar serilerine göre daha stabil olup; yıllık ortalama ~3 ha azalış eğilimiyle 12500 ha civarında hafif dalgalanmalar ile azalış göstermektedir.

Şekil 3.21’de Van Meteoroloji İstasyonu (17172) verileri ile oluşturulan grafik verilmektedir.



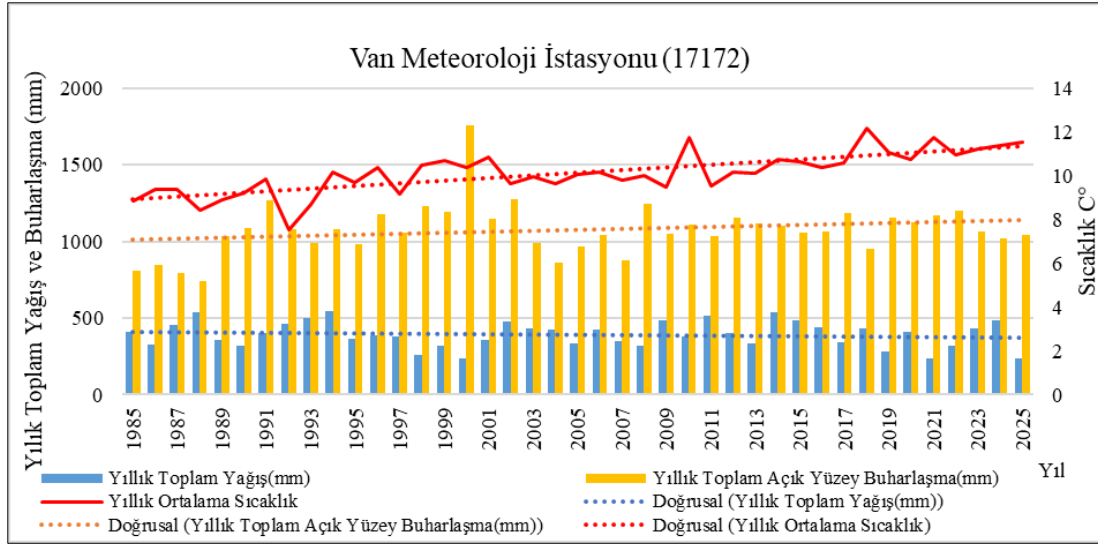
(a)



(b)

Şekil 3.20: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Van Meteoroloji İstasyonu (17172) 1985-2022 verileri, Nemrut Gölü NDWI stabilitesini meteorolojik olarak açıklıyor; yağış ~300-500 mm dalgalı (ortalama ~400 mm), buharlaşma genel olarak 1990 sonrası ~900-1200 mm arası sabittir. Bu meteoroloji istasyonunda da sıcaklıkların artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Artan sıcaklık ve sulak alandaki az miktardaki azalış genel iklim trendleri ile uyuşan hafif azalışı göstermektedir.



Şekil 3.21: Van Meteoroloji İstasyonu (17172) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

doğurmakta olup ayı saldırıları nedenli milli park alanında kapanmaya neden olabilmektedir [78, 79]. Bu durum alanlardaki insan etkilerine farklı bir örnek oluşturmaktadır.

Ayrıca, 2025 yılında koruma alanındaki küçük göllerden biri olan Kalp Gölü'nün yüksek sıcaklıklar ve yağış azlığı nedenli yarı yarıya kuruduğu belirtilmiştir [80].

3.12 Sultansazlığı

Literatürde Sultansazlığı ile ilgili yapıldığı belirlenen çalışmalar belirli sınıflandırmalar çerçevesinde toparlanarak Çizelge 3.12'de verilmiştir. Alanda en çok su kalitesi ve meteorolojik veriler incelenmiştir.

Çizelge 3.12: Sultansazlığı ile ilgili çalışmalar.

Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	1
Alan Çevresi Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi Analizi	1
Meteorolojik Veri Analizi	4
Su Kalitesi Analizi	4
Bakı/Eğim/Akım yönü vb.	1

Alana gelen su kaynaklarında 24 ay boyunca izlenen su kalite parametrelerine göre alana gelen drenaj kanalı ve Ufaktepe Pompa İstasyonu'ndan alınan verilerde sular

YSKY'ye göre II. Sınıf az kirlenmiş su olarak değerlendirilmişken sulama faaliyetleri nedeniyle alana giren drenajların toplandığı Camızgölü Pompa İstasyonu'nda su kalitesi aynı yönetmeliğe göre IV.sınıf (çok kirlenmiş su) bulunmuştur [81]. Develi meteorolojik istasyonundan alınan verilerde bölgenin 1951-1956, 1969-1974, 1983-1986, 1988-1997 ve 2007-2008 yıllarında kurak dönemlerden geçtiği; yapılan arsenik incelemelerinde ise bölgede antropojenik kaynaklı arsenik kirlenmesinin olmadığı, bölgedeki kayalarından kaynaklı jeojenik yapılı olduğu değerlendirilmiştir [82].

Şekil 3.22 (a)'da, Sultansazlığı'nda 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)'de, Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile yaz ayları su yüzey alanı değişimleri verilmektedir.

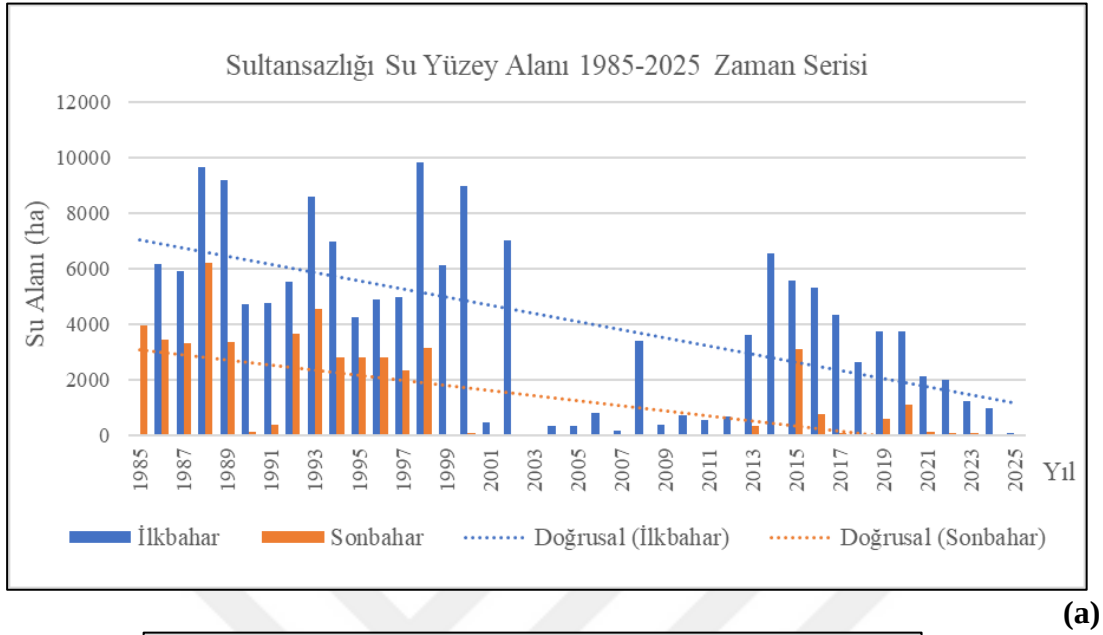
Landsat uydu görüntülerinden elde edilen 1985–2025 dönemine ait ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları, Sultansazlığı sulak alanında uzun vadeli ve dramatik bir küçülme eğilimi içinde olduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır.

1980'li ve 1990'lı yıllarda Sultansazlığı'nda özellikle ilkbahar döneminde geniş ve süreklilik gösteren su yüzey alanları gözlemlenirken, 2000'li yılların başından itibaren her iki mevsimde de keskin bir alan kaybı yaşandığı görülmektedir. Özellikle sonbahar mevsiminde alan neredeyse kurumuştur (0-15 ha). 2000 sonrası dönemde, bazı yıllarda su yüzey alanlarının çok düşük değerlere inmesi veya neredeyse tamamen ortadan kalkması, sulak alanın hidrolik sürekliliğinin bozulduğunu göstermektedir. Ancak 2014 yılında ilkbaharda alan büyüklüğü önceki düşük yılların aksine bir anda 7 000 ha değerine ulaşmakla birlikte takip eden yıllarda düzenli bir düşüş trendiyle 2025 ilkbaharında tekrar kurumaya yüz tutarak 68 ha seviyesine kadar düşmüştür.

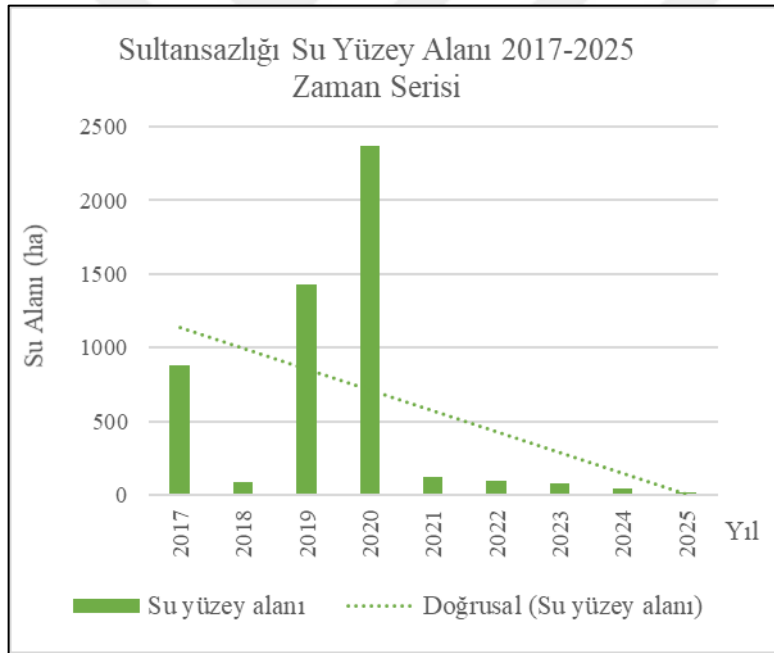
Sonbahar döneminde su alanlarının, ilkbahara kıyasla daha düşük ve daha düzensiz olması, yaz aylarında artan buharlaşma ve su çekimlerinin etkisini yansıtmaktadır. Uzun dönemli eğilimler birlikte değerlendirildiğinde, Sultansazlığı'nın mevsimsel olarak yenilenme kapasitesini büyük ölçüde kaybettiği anlaşılmaktadır.

Sentinel-2 uydu verilerine dayalı yaz dönemi su yüzey alanı zaman serisi, Sultansazlığı'nın yılın en kritik ve en kırılgan döneminde neredeyse tamamen kuruma noktasına geldiğini ortaya koymaktadır. Grafik üzerinde hesaplanan doğrusal trend, yaz döneminde su yüzey alanının yıllık yaklaşık 140 hektar azalış eğilimi

göstermektedir, ancak yıllar arası değişimler bu trendden daha dramatiktir ve çok daha hızlı gelişebilmektedir.



(a)



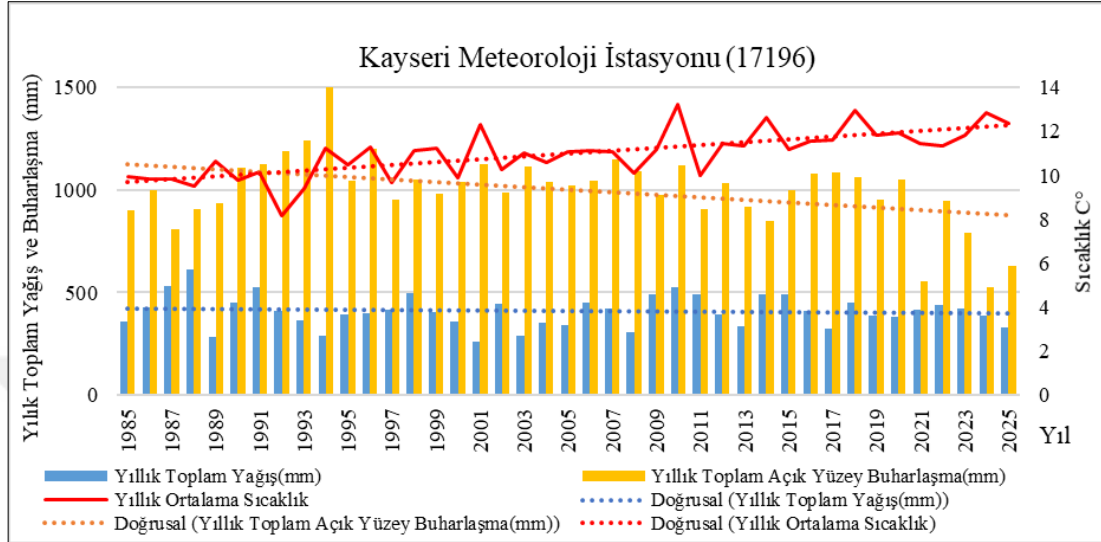
(b)

Şekil 3.22: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

2019 ve özellikle 2020 yıllarında gözlenen görece artışlar, kısa süreli hidrolojik iyileşmelere işaret etse de, bu durum kalıcı olmamış; 2021 ve sonrası dönemde yaz aylarında su yüzey alanlarının çok düşük seviyelere gerilediği görülmüştür. 2024–2025 yıllarında ise su alanının neredeyse yok denecek düzeye inmesi, Sultansazlığı'nın yaz döneminde fonksiyonel bir sulak alan özelliğini büyük ölçüde kaybettiğini göstermektedir. Sentinel-2 verilerinin sunduğu yüksek zamansal çözünürlük, Landsat

verileriyle belirlenen uzun dönemli kuruma eğilimini kısa dönemli ve mevsimsel ölçekte doğrulamaktadır.

Şekil 3.23'te Kayseri Meteoroloji İstasyonu (17196) verileri ile oluşturulan grafik verilmektedir.



Şekil 3.23: Kayseri Meteoroloji İstasyonu (17196) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Kayseri Meteoroloji İstasyonu'na ait yıllık toplam yağış, açık yüzey buharlaşması ve ortalama sıcaklık verileri, Sultansazlığı'ndaki su kaybını açıklayan hidroklimatik çerçeveyi ortaya koymaktadır. Grafik incelendiğinde, yıllık ortalama sıcaklıklarda belirgin bir artış eğilimi, bununla beraber yağışlarda da stabil bir seyir olduğu görülmektedir.

Buna karşın, yıllık toplam yüzey buharlaşması değerleri özellikle son yıllarda azalış eğilimi sergilemektedir. Bu durum aslında havzada yağış–buharlaşma dengesinin giderek yağış lehine değiştiğini işaret etmektedir. Bu sebeple alandaki küçülme bölgeye gelen su miktarında azalma ile açıklanabilecektir.

Artan sıcaklıklar ve değişim göstermeyen yağışlar, özellikle kapalı bir havza sistemine sahip olan Sultansazlığı'nda suyun yüzeyde tutulmasını zorlaştırmakta; bu etki, yeraltı ve yüzey sularının tarımsal amaçlı kullanımıyla birleştiğinde sulak alanın sürdürülebilirliğini ciddi biçimde tehdit etmektedir.

Uzaktan algılama verileri (Landsat ve Sentinel-2) ile meteorolojik gözlemler birlikte değerlendirildiğinde, Sultansazlığı sulak alanının 1985–2025 döneminde bazen hızlanan, bazen tersine dönmüş gibi görünse bile ve büyük ölçüde geri döndürülemez

bir kuruma süreci içinde olduğu açıkça görülmektedir. İlkbahar ve özellikle sonbahar dönemlerinde uzun vadeli su kaybı, yaz döneminde ise neredeyse tamamen kuruma ile sonuçlanmıştır.

Ayrıca, bölgede kuruyan sazlıkların kolayca alev alabilmesi, rüzgar ve arazi yapısı nedenli müdahale zorluğu ile beraber yangınlar da kuraklık kadar büyük tehdit oluşturmakta ve kuş varlığını ve beraberinde turizm kapasitesini tehdit etmektedir [83].

Bu bulgular, Sultansazlığı'nın yalnızca iklim değişikliğine değil, aynı zamanda antropojenik su kullanımı ve havza ölçeğindeki hidrolojik müdahalelere karşı son derece hassas olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar, sulak alanın ekolojik fonksiyonlarını sürdürebilmesi için entegre su yönetimi ve koruma stratejilerinin acilen gerekli olduğunu göstermektedir.

Bu kapsamda yapılan çalışmaların biri de çeşitli yerel kurumların iş birliği ile bölgede dekarda su ihtiyacı dörtte üç daha az olan ürünlerin ekilişinin tohum destekleri ile teşvik edilerek artırılması ile sulak alan üzerindeki baskıların azaltılarak kuş çeşitliliğinin ve dolayısıyla turizmin de arttırılmasını hedeflemektedir [84].

3.13 Yumurtalık Lagünü

Literatürde Yumurtalık Lagünü ile ilgili yapıldığı belirlenen çalışmalar toplanıp sınıflandırılarak Çizelge 3.13'de verilmiştir.

Çizelge 3.13: Yumurtalık Lagünü ile ilgili çalışmalar.

Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	2
Alan Çevresi Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişimi Analizi	3
Meteorolojik Veri Analizi	1
Su Kalitesi Analizi	1
Alan Baskıları/Kırılğanlıkları Analizleri	1

2000-2020 Yumurtalık Lagünü Milli Parkı AK/AÖ değişimlerinde en önemli değişikliklerin kumullardan tarım alanlarına, tuzlu bataklıklardan kumullara ve kumullardan denize dönüşen alanlarda yaşandığı görülmekle beraber tuzlu bataklıklardan tarım alanlarına, halep çamı ormanlarından tarım alanlarına ve

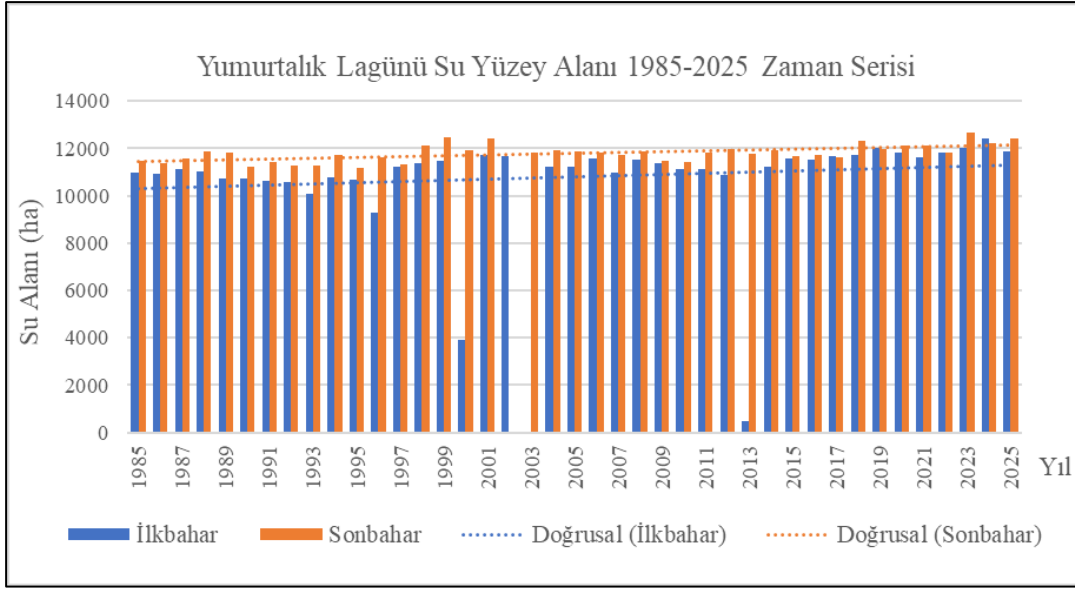
kumullara, lagün yüzeylerinden kumullara ve tuzlu bataklıklara değişimler tespit edilmiştir [85]. Su kalitesi analizleri sonucunda alanda SKKY'ye göre çok kirli su sınıfına girecek kadar organik madde kirliliği ve mineralli yapılı bir göl olduğu için klorür sülfat, sodyum ve toplam çözünmüş madde açısından yüzeysel su kirliliği kriterlerine göre yüksek bulunan tespitler yapılmıştır [86]. Sulak alan yüzey değişimi analizleri sonucu lagünün 1990-2010 yılları arasında 293 hektara denk gelen %6'lık bir küçülme yaşadığı ortaya konmuştur [2].

Şekil 3.24 (a)'da, Yumurtalık Lagünü'nde 1985-2025 yılları arasında Landsat uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları ve (b)'de, Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan NDWI ile yaz ayları su yüzey alanı değişimleri verilmektedir.

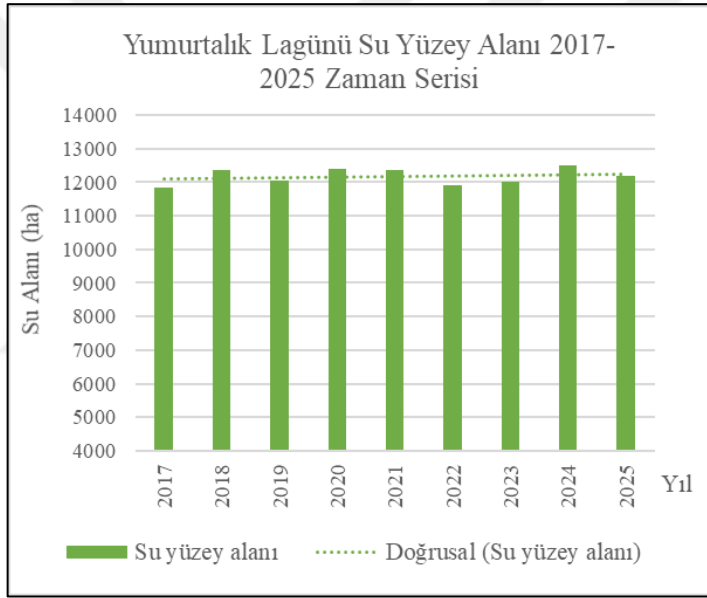
Landsat uydu görüntülerinden elde edilen ilkbahar ve sonbahar su yüzey alanları, Yumurtalık Lagünü'nün 1985–2025 döneminde genel olarak yüksek su alanı değerlerini koruduğunu, bunun yanında aynı yılların sonbahar dönemindeki sulak alanının ilkbahar döneminden daha geniş alanlara denk geldiği görülmektedir. Eğilim çizgileri incelendiğinde, ilkbahar su alanlarının görece daha alçaktan sonbahar su alanlarının ise son yıllarda iki mevsim arası fark giderek azalmasına rağmen yaklaşık 1000 ha yukarıdan benzer bir artış trendi ile seyrettiği görülmektedir.

Her iki mevsimde de su yüzey alanlarının yüksek ve istikrarlı olduğu görülmektedir. Bu durum, Yumurtalık Lagünü'nün denizle bağlantılı bir kıyı sulak alanı olması nedeniyle, hidrodinamik olarak daha dengeli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Sentinel-2 uydu verilerine dayalı yaz dönemi su yüzey alanı zaman serisi, Yumurtalık Lagünü'nün yaz aylarında iç kesim sulak alanlarına kıyasla daha dirençli bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. 2017–2025 döneminde su yüzey alanlarının yaklaşık 12 000–12 500 hektar aralığında seyrettiği ve doğrusal trendin hafif pozitif yönde olduğu görülmektedir. Bu bulgu, Yumurtalık Lagünü'nün yaz döneminde dahi su sürekliliğini koruyabildiğini göstermektedir. Kıyı lagünü olmasının sağladığı denizle bağlantı, gelgit ve yeraltı suyu etkileşimleri, Lagün'ün yaz kuraklığına karşı tamponlanmasını sağlamaktadır. Yaz döneminde belirgin bir daralma eğiliminin görülmemesi, Lagün'ünün hidrolik olarak Seyfe Gölü ve Sultansazlığı gibi kapalı veya yarı kapalı sistemlere kıyasla daha dayanıklı olduğunu ortaya koymaktadır.



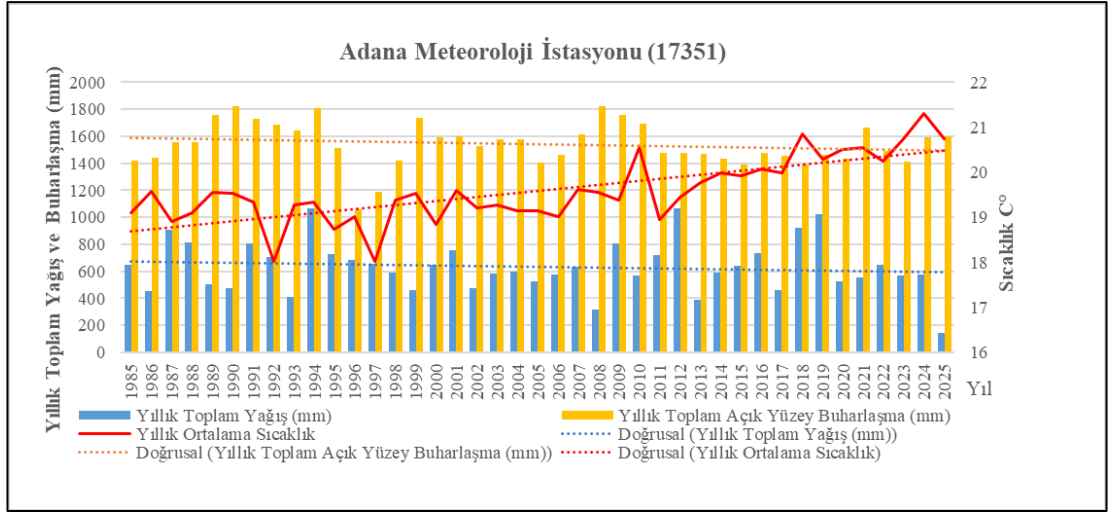
(a)



(b)

Şekil 3.24: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

Adana istasyonu meteorolojik serisi (Şekil 3.25) ile Yumurtalık Lagünü su alanı zaman serileri birlikte değerlendirildiğinde, yağış ve sıcaklıktaki eğilimlerin lagün alanındaki artış yönlü değişimi tam açıklayamadığı görülmektedir. Yağıştaki hafif düşüş ve sıcaklıktaki oldukça yüksek artış, Lagün denizle bağlantılı olduğu için alanda, karasal sulak alanlar gibi dramatik bir azalış ile sonuçlanmamış hatta bir miktar büyüme gerçekleşmiştir. Bu büyümeyi destekler biçimde toplam yüzey buharlaşması da bir miktar azalış eğilimi sergilemektedir.



Şekil 3.25: Adana Meteoroloji İstasyonu (17351) verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

3.14 Manyas (Kuş) Gölü

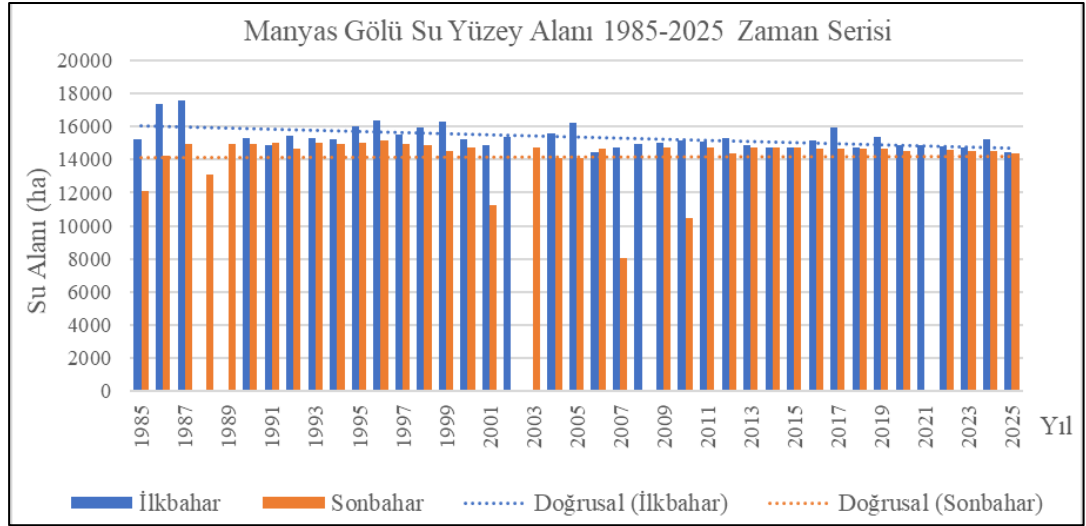
Manyas Gölü ile ilgili yapıldığı belirlenen kategorilerde yapılan çalışmalar içeriklerine göre sınıflandırılarak Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Çizelge 3.14: Manyas Gölü ile ilgili çalışmalar.

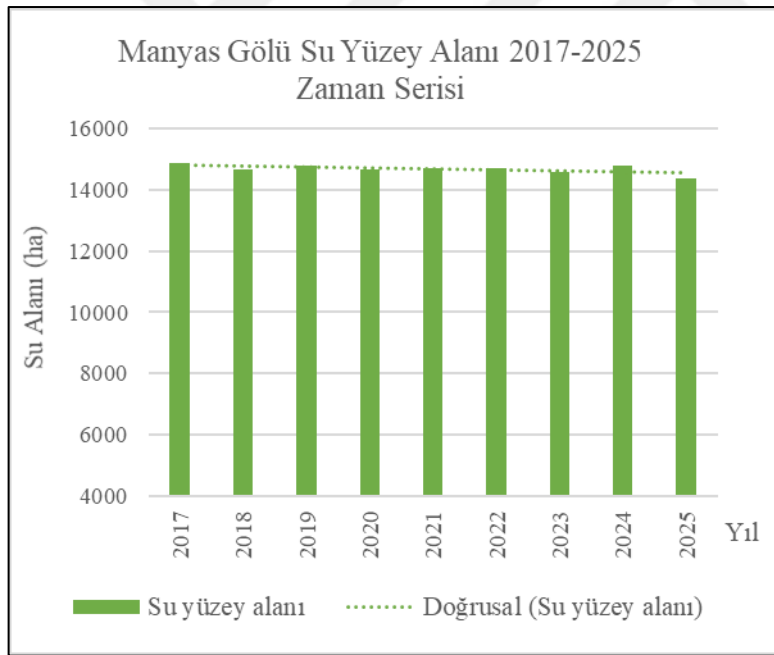
Kategori	Çalışma Sayıları
Sulak Alan Yüzey/Kıyı Değişim Analizi	2
Meteorolojik Veri Analizi	2
Su Kalitesi Analizi	1
Alan Baskıları/Kırılgenlikleri Analizleri	1

Yapılmış bir çalışmada, Manyas Gölü’ne Manyas Havzası’ndaki noktasal kaynaklardan yılda 122 ton azot ve 23 ton fosfor, yayılmış kirlilik kaynaklarından yıl boyunca 1667,8 ton azot ve 128,9 ton fosfor gelmekte olduğu bulunmuş olup Vollenweider’in fosfor yüklemeyi gösteren göl ötrofikasyonunu hesaplamada kullanılan ampirik modelinin sonucu göl fosfor konsantrasyonu 91,312 mg/m³ ile 4 ötrofik seviyeden en yüksek seviyenin bir altındaki seviyede ötrofik olarak değerlendirilmiştir [87]. Göl’de 1980-2020 yılları arası kıyı değişimi DSAS aracıyla analiz edilerek kıyı çizgisinin en fazla 1599 m Göl’e ilerlediği, en fazla çekildiği yerdeyse 403 m gerilediği bulunmuş olup ortalama yıllık değişim 139 m ve 5,85 km² kıyı birikimi, 1,03 km² kıyı erozyonu bulunmuştur [88].

Manyas Gölü'nde 1985'ten 2025'e kadar meydana gelen su yüzey alanı değişimleri Landsat 5, 7 ve 8 serileri kullanılarak NDWI ile belirlenmiştir (Şekil 3.26 (a)). Şekil 3.26 (b)'de, 2017-2025 Sentinel-2 görüntülerinden NDWI ile elde edilen su yüzey alanları görsel olarak verilmiştir.



(a)



(b)

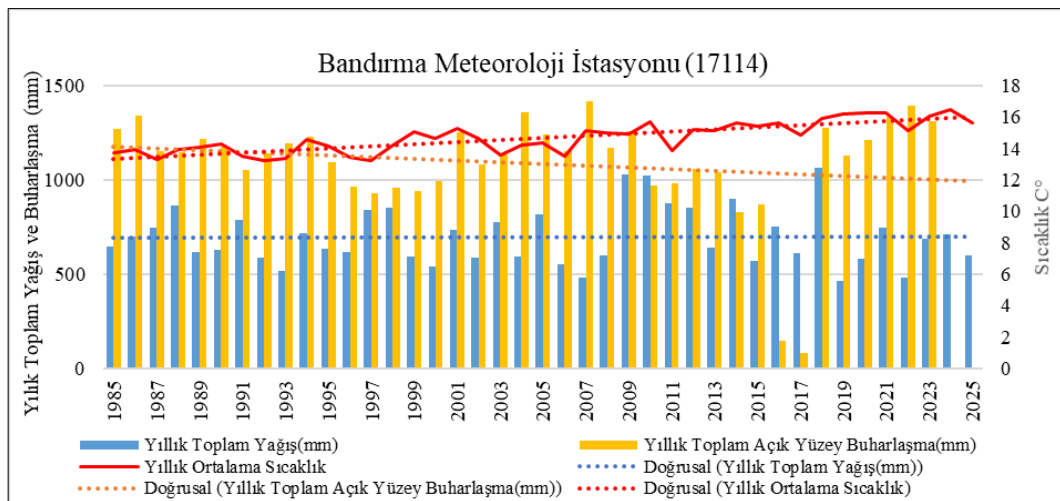
Şekil 3.26: (a) Alanın yıllar içinde ilkbahar ve sonbahar aylarındaki değişimi (1985-2025). (b) Alanın Sentinel-2 görüntüleri ile yaz aylarındaki değişimi (2017-2025).

1985-2025 yılları arasında ilkbahar alanlarının genelde sonbahar mevsimi alanlarından daha büyük olduğu anlaşılmaktadır. İlkbahar ve sonbahar aylarındaki su seviyesi farkının temel nedeni tarımsal faaliyetler için gölden su çekilmesidir [89]. Su yüzey alanları değişim trendinin ilkbahar aylarında biraz daha fazla olduğu, sonbahar aylarında ise çok fazla değişmediği görülmektedir. Ayrıca Göl'de izlenen 41 yılda

genel ilkbahar aylarında 2005 öncesi bazı verilerde sapma olacak şekilde fazlalıklar olması nedeniyle azalış trendi hakimken sonbahar aylarında çok sınırlı bir artış trendi vardır. Bununla beraber 2005 öncesi ilkbahar verilerindeki dalgalanmalar Uluabat Gölü'ndeki benzer yapıyı anımsatmaktadır. İki gölün coğrafi yakınlığı ikisini de etkilemiş olabilecek bir değişime işaret etmektedir. Bu durum 2001 yılında tamamlanan Manyas Barajı'nın zamanla akış rejimini düzenlemesi kaynaklı olabilir. Yine Uluabat Gölü'nde olduğu gibi sanayi kaynaklı kirlenme tehdidi ile de karşı karşıyadır. Burada da göle gelen akarsulara sanayi atıkları, tarım ilaçları ve evsel atıkların arıtılmadan karışması nedeniyle çeşitli zamanlarda toplu balık ölümleri haber konusu olmuştur [90-92].

2017'den 2025'e kadar dokuz ayrı tarihli Sentinel-2 görüntüsüne uygulanan NDWI sonuçlarına göre (3.26 (b)), su yüzeyi alanı gözlemlenen süre boyunca dalgalanmış olmakla beraber düşüş eğilimindedir. 2017-2024 arası alan 14600-14800 ha arasında artıp azalarak seyretmekteyken 2025 yılında 14378 hektara görece fazla bir düşüş gerçekleştirmiştir. Böylece bu dönemde genel olarak -33,16 ha azalış eğilimi oluşmuştur.

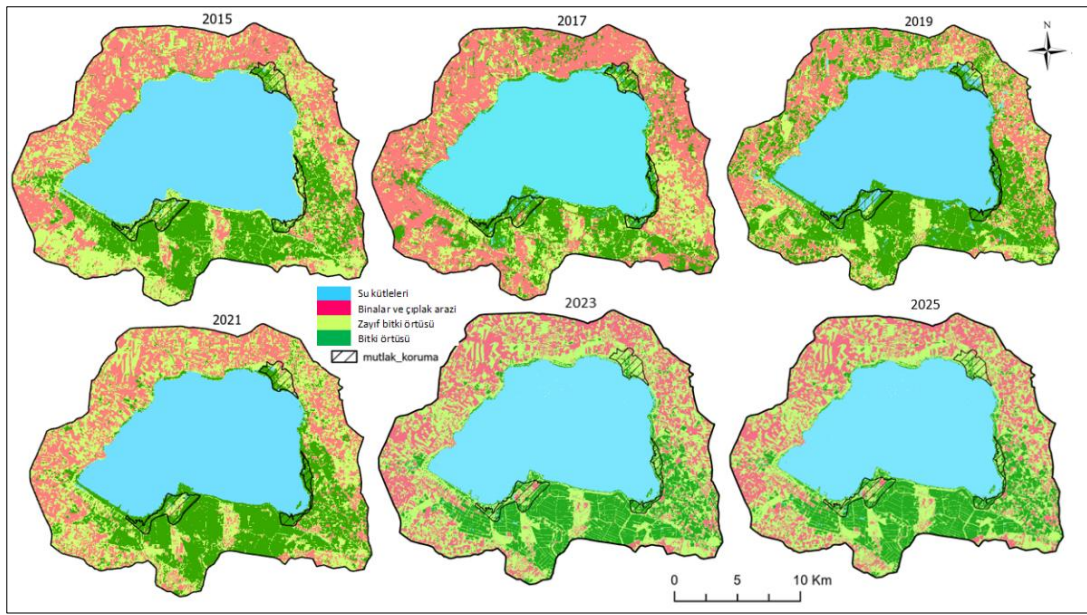
Bölgedeki meteoroloji istasyonundan alınan sıcaklık, yağış ve yüzey buharlaşması verileri ile oluşturulan grafiğe bakıldığında (Şekil 3.27) ortalama yıllık sıcaklık değerlerinde bazı yıllarda düşmeler bazı yıllarda yükselmeler olsa da genel olarak bir artış trendi/eğilimi olduğu görülmektedir. Yağış kayıtları incelendiğinde bölgenin 2006-2008 yıllarında 3 yıl boyunca her yıl toplam 600 mm altı yağış aldığı görülmektedir. Yağışların genel eğilimi görece stabildir.



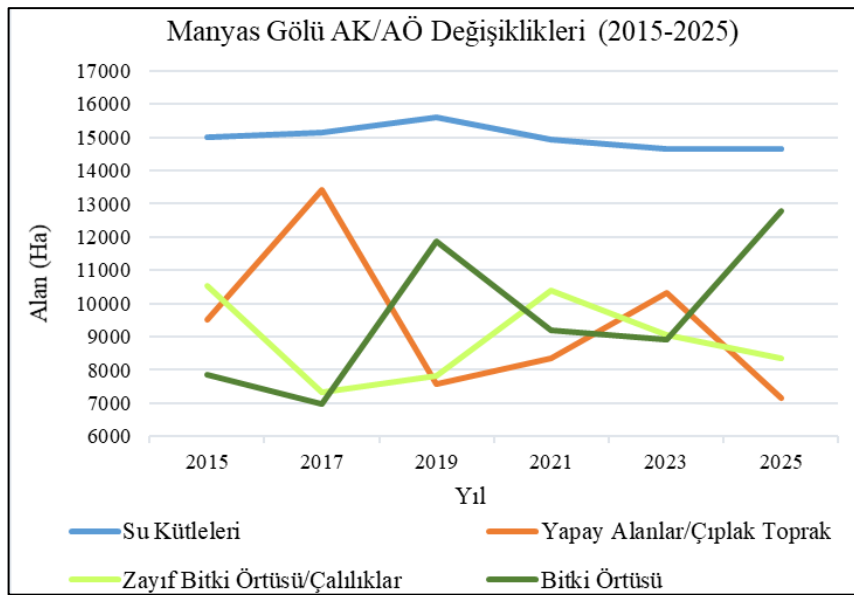
Şekil 3.27: Bandırma (17114) Meteoroloji İstasyonu verileri (yıllık toplam yağış, yıllık toplam buharlaşma ve yıllık ortalama sıcaklık) ve eğilim çizgileri.

Toplam buharlaşma verisi 1990-2006 yılları arası genel bir miktar artış göstermekte (1000 mm civarı), 2016-2017 yıllarında istasyonda toplam buharlaşma tam kaydı bulunmamakla beraber 2018 itibarıyla tekrar tam kayıt yapılmış olup önceki yıllardan oldukça yüksek toplam buharlaşma değerleri görülmektedir (1300 mm civarı). Bu sebepten eğilim çizgisinde buharlaşmada azalış vermiş gibi çıkması böyle bir eğilim olduğu yanılgısına neden olabilir.

Çalışma alanındaki potansiyel arazi kullanımı/arazi örtüsü (AK/AÖ) değişikliklerini değerlendirmek için 2015 ve 2025 yılları arasındaki altı Sentinel-2 görüntüsüne Random Forest görüntü sınıflandırması uygulanmıştır (Şekil 3.28 (a,b)).



(a)



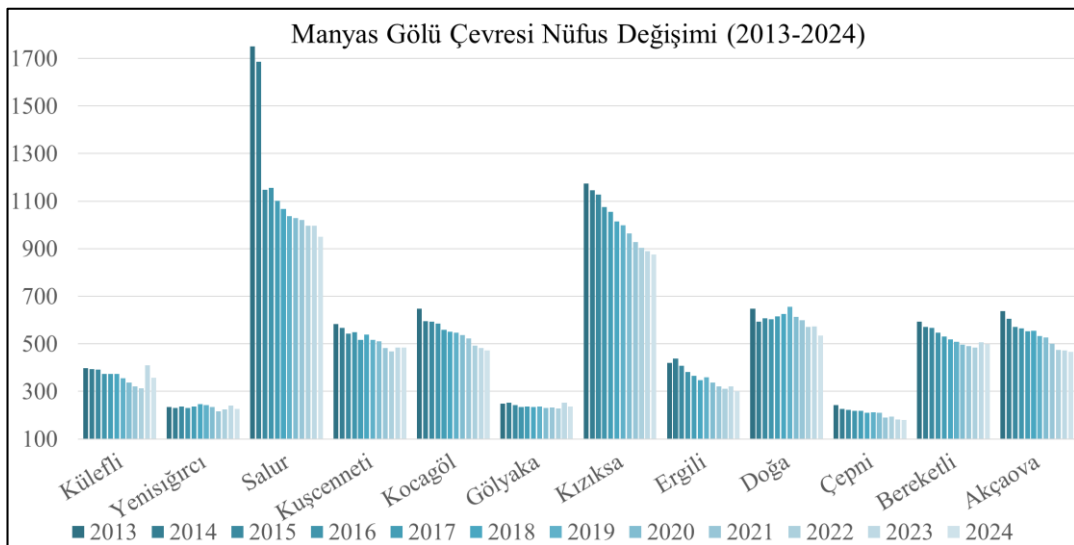
(b)

Şekil 3.28: (a) 2015, 2017, 2019, 2021, 2023 ve 2025 yıllarında göl koruma alanının AK/AÖ sınıflandırması. (b) Koruma alanındaki AK/AÖ değişiklikleri.

Analiz, yıllar içinde farklı arazi örtüsü sınıfları arasında dalgalanmalar olduğunu ortaya koymuştur; ancak bu değişiklikler tek yönlü bir eğilim izlememiş, salınımlı seyir oluşturmuştur. Şekil 3.28 (b)'deki grafik tampon bölgede yapılan sınıflandırmadan elde edilen sonuçları grafik olarak göstermektedir.

2015 ve 2025 yılları arasında su yüzeyi alanında küçük dalgalanmalar olsa da genel eğilim sabittir (yaklaşık 15 000 ha). Yapay Alan/Çıplak Toprak alanları 2015 yılında 10 000 ha civarında iken 2017 yılında önemli bir artışla zirve yapmıştır (13 000 ha civarında). 2019'da ani bir düşüş gözlenmiş ve 2023 itibariyle alanı yaklaşık 10 000 hektara gelmiş olup 2025'te 7 000 ha seviyelerine yaklaşmıştır. Bu değişim, bölgedeki tarımsal faaliyetler nedeniyle yapay yüzeylerin azalması veya çıplak arazilerin bitki örtüsü ile yeniden kaplanması olarak yorumlanabilir. 2015'te yaklaşık 8 000 ha olan bitki örtüsü alanı, 2019'da önemli bir artışla zirve yapmıştır (yaklaşık 12 000 ha). Daha sonra yine azalma eğilimi göstermiş; 2023 yılı itibariyle 9 000 ha seviyelerine gerilemiş olmakla beraber 2025 yılında tekrar 12 000 seviyesinin üstüne çıkmıştır. Bu durum, bitki örtüsünde geçici bir iyileşme ardından bozulma olduğunu ve sonra yine bir iyileşme olduğunu göstermektedir. Bu dalgalanmalardaki sebepler tarım alanlarının hasat edilmesinin değişimde etkili olmuş olması ve bölgede yetiştirilen ürün deseninin yıllar arası değişimi olarak düşünülebilir.

Manyas Gölü çevresindeki yerleşimler, mahalle ve köyler göl ekosistemi ve çevresindeki doğal yaşamla yakın temas halindedir. Nüfusları incelendiğinde genel bir azalma eğiliminde oldukları tespit edilmiştir (Şekil 3.29).

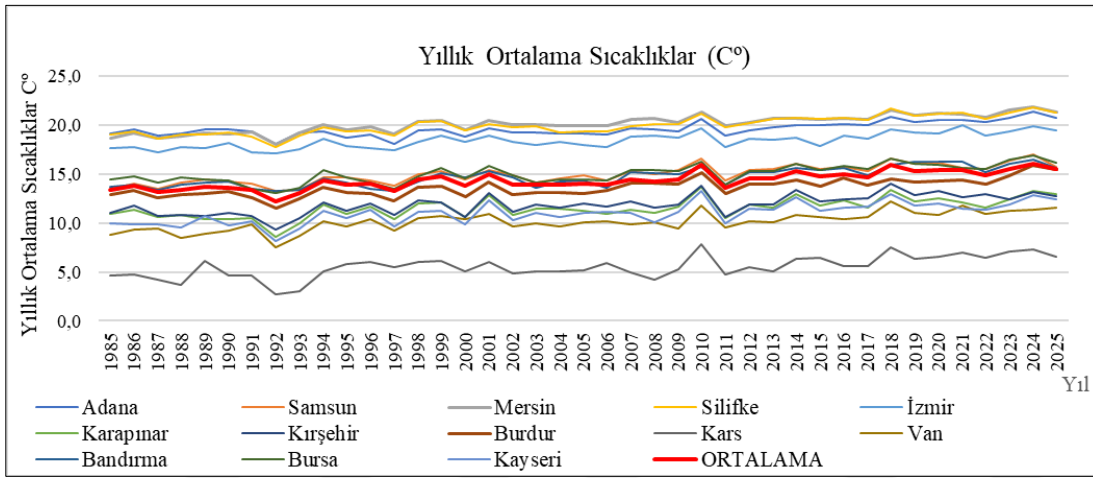


Şekil 3.29: Göl alanı yakın çevresindeki mahallelerin nüfus değişimi.

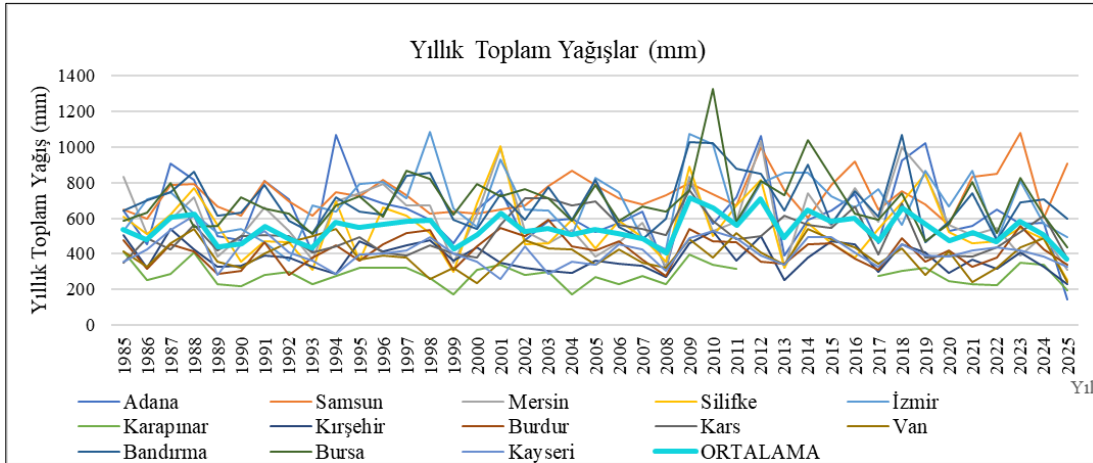
Manyas ilçesinin nüfusu 2015-2024 yılları arasında genel bir azalma eğilimi göstermiştir. 2015'te 20 154 olan nüfus 2024'te 17 890'a gerilemiştir.

3.15 Verilerin Genel Değerlendirilmesi

Ramsar sulak alanlarına yakın konumda bulunan ve 1985–2025 dönemine ait meteorolojik verileri mevcut olan on üç meteoroloji istasyonuna ilişkin yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış değerleri kullanılarak oluşturulan grafikler Şekil 3.30 ve Şekil 3.31’de verilmiştir.



Şekil 3.30: On üç Meteoroloji istasyonu 1985-2025 yıllık ortalama sıcaklık verileri.



Şekil 3.31: On üç Meteoroloji istasyonu 1985-2025 yıllık toplam yağış verileri.

1985–2025 dönemine ait yıllık ortalama sıcaklıklar incelendiğinde (Şekil 3.30), Ramsar alanlarına yakın konumda bulunan tüm meteoroloji istasyonlarında genel olarak artan bir sıcaklık eğilimi dikkat çekmektedir. Özellikle kıyı ve düşük rakımlı istasyonlarda (Adana, Mersin, İzmir, Silifke ve Samsun) yıllık ortalama sıcaklık değerleri daha yüksek seviyelerde seyretmekte; buna karşılık iç ve yüksek rakımlı

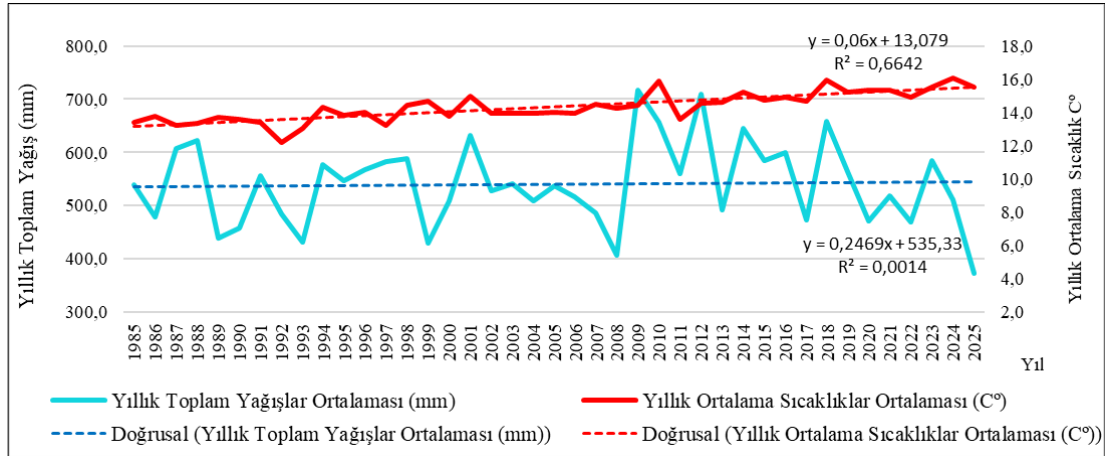
istasyonlarda (Kars, Van, Kayseri ve Kırşehir) daha düşük sıcaklık değerleri gözlenmektedir.

Yıllar arası dalgalanmalar bulunmakla birlikte, 2000’li yıllardan itibaren sıcaklıkların daha belirgin bir artış gösterdiği, 2010 sonrası dönemde ise bu artışın istikrarlı hâle geldiği görülmektedir. Bu durum, çalışma alanlarını etkileyen bölgesel ölçekteki iklimsel ısınma eğilimi ile uyumludur.

Yıllık toplam yağış grafiği incelendiğinde (Şekil 3.31), istasyonlar arasında yüksek mekânsal ve zamansal değişkenlik olduğu görülmektedir. Yağış miktarları, sıcaklık verilerine kıyasla daha düzensiz bir dağılım sergilemekte; bazı yıllarda ani artışlar ve keskin düşüşler gözlenmektedir.

2008–2011 döneminde birçok istasyonda olağan dışı yüksek yağış değerleri dikkat çekerken, bazı yıllarda ise yağış miktarlarının belirgin biçimde azaldığı görülmektedir. Bu durum, yağış rejiminin uzun vadede daha değişken ve öngörülemez hâle geldiğine işaret etmektedir. Ancak tek tek istasyonlara bakıldığında, tüm alanlar için geçerli, net ve sürekli bir artış ya da azalış eğilimi tanımlamak güçtür.

Yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış verilerinin ortalamaları hesaplanarak elde edilen sonuçlar Şekil 3.32’de ki grafikte verilmiştir.



Şekil 3.32: On üç Meteoroloji istasyonu 1985-2025 yıllık toplam yağışlar ortalaması ve yıllık sıcaklık ortalamalarının ortalaması ve eğilimleri.

On üç meteoroloji istasyonunun ortalamalarından elde edilen yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış verilerine ait doğrusal eğilimler, 1985–2025 dönemi için iklimsel değişimin yönünü ve gücünü açık biçimde ortaya koymaktadır.

Yıllık ortalama sıcaklıklar için hesaplanan doğrusal eğilim denklemi ($y = 0,06x + 13,079$) ve $R^2 = 0,6642$ değeri, sıcaklıkların çalışma dönemi boyunca belirgin, tutarlı ve güçlü bir artış eğilimi sergilediğini göstermektedir. R^2 değerinin yüksek olması, yıllık sıcaklık değişiminin önemli bir bölümünün zaman faktörü ile açıklanabildiğini ve gözlenen artışın rastlantısal olmadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, Ramsar sulak alanlarını etkileyen bölgesel ölçekteki iklim ısınması ile uyumludur.

Buna karşılık, yıllık toplam yağışlar için elde edilen doğrusal eğilim denklemi ($y = 0,2469x + 535,33$) ve $R^2 = 0,0014$ değeri, yağış verilerinde anlamlı ve güçlü bir uzun dönemli eğilim bulunmadığını göstermektedir. Oldukça düşük R^2 değeri, yağış miktarlarındaki değişimin büyük ölçüde yıllar arası doğal dalgalanmalar tarafından kontrol edildiğini ve zamanla açıklanamadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, yağış rejiminin düzensiz ve öngörülemez bir yapı sergilediğine işaret etmektedir.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, çalışma alanlarında sıcaklıkların belirgin biçimde arttığı, buna karşın yağışların uzun vadede artış ya da azalış yönünde net bir eğilim göstermediği anlaşılmaktadır. Artan sıcaklıklar ve düzensiz yağış rejimi, buharlaşma kayıplarını artırarak Ramsar sulak alanlarının su dengesi üzerinde olumsuz bir baskı oluşturmakta; uydu görüntülerinden elde edilen su yüzey alanı azalışlarıyla doğrudan ilişkili bir iklimsel çerçeve sunmaktadır.

Alanlardaki değişimlerin yan yana daha iyi görülebilmesi adına Çizelge 3.15'teki alanlarla ilgili düzenli veri bulunan ilk iki mevsim (uygun veri varsa 1985 yılı ilkbahar ve sonbaharı) ve son üç mevsimin (hemen öncesindeki dönemlere göre çok fazla kırılma yoksa ideal olarak 2025 yılı ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri) ortalamaları en fazla değişim olan alandan en az olana doğru bir sıralama yapılmıştır.

Listenin başında yer alan Kuyucuk Gölü, Meke Maarı ve Seyfe Gölü, su yüzey alanlarını neredeyse %100 oranında kaybederek "Tamamen Kuruma" statüsüne geçmiştir. Sultansazlığı (-%99,35), Burdur Gölü (-%43,55), Kızören Obruğu (-%39,86) ve Uluabat Gölü (-%11,82) gibi alanlardaki kayıplar, bölgesel su rejiminin bozulduğunun en net göstergesidir.

Göksu Deltası, Akyatan Gölü, Kızılırmak Deltası, Nemrut Gölü ve Manyas Gölü nispeten stabil bir görünüm sergilerken, Yumurtalık Lagünü'nde %8,23 Gediz Deltası'nda %24,16'lık bir artış gözlemlenmektedir. Çizelgeden de anlaşıldığı üzere olumsuz yönde değişiklik olan alanların büyük çoğunluğu karasal sulak alandır.

Çizelge 3.15: 14 Ramsar alanının ilk yıllardan son yıllara olan alansal değişimleri.

Alan Adı	İlk Ortalama (hektar)	Son Ortalama (hektar)	% Değişim	Durum
Kuyucuk Gölü	58.28	0.00	-100.00	Tamamen Kuruma
Meke Maarı	52.65	0.00	-100.00	Tamamen Kuruma
Seyfe Gölü	4385.83	0.63	-99.99	Tamamen Kuruma
Sultansazlığı	5056.57	32.74	-99.35	Neredeyse Kuruma
Burdur Gölü	20548.76	11599.37	-43.55	Kritik Küçülme
Kızören Obruğu	2.30	1.38	-39.86	Kritik Küçülme
Uluabat Gölü	12420.26	10952.55	-11.82	Azalma
Akyatan Gölü	7071.02	7467.94	-5.61	Azalma
Göksu Deltası	7088.66	6795.81	-4.13	Azalma
Kızılırmak D.	9540.31	9592.90	0.55	Hafif Artış
Nemrut Gölü	1186.44	1208.55	1.86	Hafif Artış
Manyas (Kuş) G.	13681.74	14393.73	5.20	Artış
Yumurtalık L.	11229.49	12153.22	8.23	Artış
Gediz Deltası	8727.53	10836.47	24.16	Artış

İlgili karasal sulak alanların derinlik bilgileri incelendiğinde (Çizelge 3.16) mevsimlik hızlı değişimlerinin sebebinin sığ yapılarından kaynaklandığı anlaşılabilmektedir.

Çizelge 3.16: Karasal Alanlar ve maksimum derinlikleri [93, 94].

Ramsar Alanı	Maksimum Derinlik (m)
Burdur Gölü	~ 100
Kızören Obruğu	145
Kuyucuk Gölü	~ 8
Manyas (Kuş) Gölü	4
Meke Maarı	12
Nemrut Gölü	176
Seyfe Gölü	1,3
Sultansazlığı	1,5
Uluabat Gölü	10



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sulak alanlar, biyolojik çeşitliliğin korunması, su döngüsünün düzenlenmesi, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından dünya üzerindeki en önemli ekosistemler arasında yer almaktadır. Buna karşın, artan nüfus baskısı, arazi kullanım değişimleri, tarımsal faaliyetler, su yapıları ve iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle sulak alanlar küresel ölçekte hızla alan kaybetmekte ve ekolojik işlevlerini yitirme riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Türkiye’de Ramsar statüsüne sahip sulak alanların uzun dönemli değişimlerinin ortaya konulması, bu alanların korunmasına yönelik bilimsel temelli karar alma süreçleri açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, Türkiye’de yer alan on dört Ramsar Sulak Alanının su yüzey alanlarındaki değişimler, uzun dönemli (1985–2025) uzaktan algılama zaman serisi analizleri ile belirlenmiş; meteorolojik veriler ve literatürden derlenen antropojenik etkiler ile birlikte değerlendirilmiştir. Uzaktan algılama analizleri, Google Earth Engine (GEE) bulut tabanlı platformu üzerinden yürütülmüş; Landsat (TM, ETM+, OLI) ve Sentinel-2 uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Su yüzeylerinin belirlenmesinde Normalize Edilmiş Su İndeksi (NDWI) yöntemi uygulanmış ve farklı sensörlerden elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, Ramsar sulak alanlarının büyük bir bölümünde su yüzey alanlarının yıllar ve mevsimler arasında belirgin dalgalanmalar ve daralmalar gösterdiğini ortaya koymuştur. Uzun dönemli eğilimler incelendiğinde, bazı sulak alanlarda su yüzey alanlarında kademeli bir azalma eğilimi gözlenirken, bazı alanlarda ise dönemsel artış ve azalışların baskın olduğu belirlenmiştir.

Sulak alanlardaki su yüzey alanı değişimlerinin nedenlerini ortaya koymak amacıyla, her bir sulak alana en yakın Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) meteoroloji istasyonlarından temin edilen yağış, sıcaklık ve buharlaşma verileri kullanılmıştır. Uydu tabanlı su yüzey alanı sonuçları ile meteorolojik parametreler birlikte değerlendirildiğinde, özellikle düşük yağış ve yüksek sıcaklık ile buharlaşma değerlerinin hâkim olduğu dönemlerde su yüzey alanlarında belirgin daralmalar meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu durum, su yüzey alanı değişimlerinin yalnızca

doğal hidrolojik döngülerle değil, iklimsel değişkenlerle de güçlü bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Landsat ve Sentinel verilerinin birlikte kullanılması, hem uzun dönemli eğilimlerin ortaya konulmasına hem de son yıllardaki kısa dönemli değişimlerin daha yüksek mekânsal çözünürlükle izlenmesine olanak sağlamıştır. Sonuç olarak, GEE ortamında gerçekleştirilen NDWI tabanlı uydu analizlerinin, Meteoroloji Genel Müdürlüğü istasyon verileri ile birlikte kullanılması; Ramsar sulak alanlarının zamansal dinamiklerinin izlenmesi, iklimsel etkilerin ortaya konulması ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine yönelik bilimsel karar destek süreçleri açısından etkili ve güvenilir bir yaklaşım sunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özellikle 2000’li yıllardan sonra gözlenen değişimlerin, artan sıcaklıklar ve buharlaşma miktarları gibi küresel iklim değişikliğinin etkileri ile birlikte antropojenik baskılar (tarımsal sulama, su yapıları ve arazi kullanım değişimleri) ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir. Çalışmada, Ramsar sulak alanları üzerindeki antropojenik etkilerin belirlenmesi amacıyla Türkiye’de bu alanlara yönelik yapılmış bilimsel çalışmalar kapsamlı bir literatür taraması ile incelenmiştir. Türkiye’nin 1994 yılında Ramsar Sözleşmesi’ne taraf olmasının ardından, sulak alanlara ilişkin akademik çalışmaların başladığı görülmüştür. Sulak alanlarda yapılan çalışmalar, her bir sulak alan özelinde sınıflandırılmış; antropojenik baskı türleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar yöntemler ve temel bulgular dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, alan bazlı karşılaştırmalara olanak sağlayacak biçimde tablolar halinde sunulmuştur. Literatür incelemesi sonucunda, her bir Ramsar sulak alanı özelinde antropojenik etkilerin ayrıntılı olarak belirlendiği çalışmaların sayısının yeterli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir.

Gerçekleştirilen uzaktan algılama analizleri ve literatür incelemeleri sonucunda, su yüzey alanlarında belirgin ve gözle görülür daralmaların özellikle Kuyucuk Gölü, Meke Maarı, Seyfe Gölü, Sultansazlığı, Burdur Gölü, Kızören Obruğu ve Uluabat Gölü sulak alanlarında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bu alanların tamamının karasal sulak alan niteliğinde olması, su yüzey alanı kayıplarına karşı daha hassas olduklarını gözler önüne sermektedir. Diğer Ramsar sulak alanlarında ise Gediz Deltası haricinde incelenen dönem boyunca belirgin bir artış ya da azalış eğilimi tespit edilmemiştir.

Kuyucuk Gölü, Seyfe Gölü, Burdur Gölü, Meke Maarı ve Sultansazlığı gibi bazı alanlar için geçmişte çeşitli koruma ve iyileştirme önlemleri alınmış olmasına rağmen, bu önlemlerin uzun vadede kalıcı ve sürdürülebilir sonuçlar üretmediği anlaşılmıştır.

Bu durum, söz konusu sulak alanların halen ciddi bir yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanında bu alanlar geri döndürülemeyecek şekilde kurursa Ramsar kapsamında ne olacağı akıllara gelebilir. Sözleşme herhangi bir alanın elde olmayan nedenlerle yok olmasıyla liste dışına çıkarılmasını öngörmemektedir. Sözleşmeden şimdiye kadar ayrılan tek ülke 2025 yılında, devam eden savaş nedeniyle politik gerekçelere dayandırarak ayrılan Rusya Federasyonu olmuştur [95]. Onun haricinde ev sahibi ülke bir sulak alanda ekolojik değişiklik olduğunda veya olabilme olasılığının yüksek olduğu durumlarda bu alanı kendi isteği ile Montrö Kaydı listesine kaydettirerek dikkatleri alana çekebilmektedir veya tehlike altındaki yerler için Ramsar Danışma Görevi talebinde bulunabilirler [96]. Ülkemizde bu kapsamlarda alanlar bulunmamakta olup bu imkanların kullanılması da tamamen kurumakta olan alanlar için yararlı olabilir.

Öte yandan, Landsat 5 ve Landsat 8 algılayıcıları arasındaki veri uyumu konusunda bazı durumlarda değişkenliklerin olabileceği değerlendirilmiştir. Bu durumun, sensörler arası spectral, radyometrik ve mekânsal farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Meteorolojik verilerin değerlendirilmesi sonucunda ise, incelenen tüm sulak alanlar genelinde hava sıcaklıklarının artış eğiliminde olduğu, buna paralel olarak buharlaşma miktarlarının da yükseldiği belirlenmiştir. Buna karşın, yağış miktarlarında uzun dönemli belirgin bir artış ya da azalış eğilimi gözlenmemiştir. Bu bulgular, sulak alanlardaki su yüzey alanı kayıplarının iklimsel değişkenler ile birlikte diğer doğal ve antropojenik faktörlerin bileşik etkisi altında şekillendiğini göstermektedir.

Literatürde, sulak alanlarda antropojenik etkilerin ele alındığı çalışmaların sayısının sınırlı olması, tekil bir sulak alanda bu etkilerin kapsamlı ve bütüncül bir biçimde analiz edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, Manyas Gölü örnek alan olarak seçilmiş ve göl ile çevresindeki alanlarda meydana gelen değişimler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışmada, Rastgele Orman (Random Forest) sınıflandırma yöntemi kullanılarak sulak alan ve yakın çevresi tematik olarak sınıflandırılmış; elde edilen uzaktan algılama sonuçları demografik veriler, bölgede yürütülen tarımsal faaliyetlere ilişkin istatistikler ve sulak alan çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarından elde edilen meteorolojik veriler ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu bütüncül yaklaşım sayesinde, Manyas Gölü ve çevresindeki

değişimlerin yalnızca doğal süreçler ile değil, aynı zamanda insan kaynaklı baskılar ile de ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

Manyas Gölü'nde elde edilen sonuçlara göre, su yüzey alanları ve diğer arazi örtüsü sınıflarında dönemsel artış ve azalışlar gözlenmiş olmakla birlikte, incelenen zaman aralığında istatistiksel olarak anlamlı ve belirgin bir değişim eğiliminden söz etmek mümkün değildir. Meteorolojik ve demografik verilerin değerlendirilmesi sonucunda, çalışma alanında özellikle hava sıcaklıklarının genel bir artış eğiliminde olduğu, buna karşılık nüfusun ise belirgin bir azalış trendi gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulguların, Türkiye genelinde gözlenen benzer iklimsel ve sosyo-demografik değişimlerin bölge ölçeğindeki yansımaları niteliğinde olduğu değerlendirilmektedir. Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü açısından sahada tek yönlü ve baskın bir değişim eğilimi tespit edilememiştir. Bu durum, çalışma alanının büyük bir bölümünün tarım arazilerinden oluşması ve analiz edilen zaman aralığının görece kısa olması ile açıklanabilir. Buna karşın, sıkı koruma statüsüne sahip alanlarda bitki örtüsü sınıfının baskınlığı dikkat çekmektedir. Bölgenin ağırlıklı olarak tarımsal alanlardan oluşması nedeniyle arazi örtüsünün zamansal olarak sürekli değişim göstermesi, sınıflandırma sonuçlarında kesin ve net eğilimlerin ortaya konulmasını zorlaştırmaktadır. Daha uzun dönemli uydu verilerinin kullanılması ve saha gözlemleri ile desteklenen çalışmaların, sınıflandırma doğruluğunu ve yorum gücünü artıracakları düşünülmektedir. Öte yandan, Manyas Gölü çevresindeki tarımsal faaliyetlerin yıllar içerisinde önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Özellikle Göl'ün güney kesimlerinde çeltik (pirinç) ekim alanlarında kayda değer bir artış gözlenmiş olup, bu durum bölgede geleneksel geçimlik tarımdan ticari tarıma doğru bir dönüşüm yaşandığını göstermektedir [97].

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, sulak alanlardaki su yüzey alanı değişimlerinin yalnızca doğal hidrolojik süreçlerle değil, aynı zamanda iklimsel değişkenler ve insan kaynaklı baskıların birleşik etkisi altında şekillendiğini göstermektedir. Özellikle karasal sulak alanların bu değişimlere karşı daha hassas olduğu ve bazı alanların geri dönüşü zor bozulma süreçleriyle karşı karşıya bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, mevcut koruma yaklaşımlarının gözden geçirilmesi ve alan bazlı, uzun vadeli ve bütüncül yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri, geniş alanlarda yer alan sulak alanların uzun dönemli ve düzenli olarak izlenmesine olanak sağlayan en etkili araçlar arasında

yer almaktadır. Landsat ve Sentinel gibi uydu sistemleri sayesinde, sulak alanlardaki değişimler zamansal ve mekânsal olarak bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilebilmekte; Google Earth Engine gibi bulut tabanlı platformlar aracılığıyla büyük veri setleri hızlı ve tekrarlanabilir biçimde analiz edilebilmektedir. Bu bağlamda, uzaktan algılama temelli yöntemler, sulak alanların izlenmesi, risk altındaki alanların erken tespiti ve koruma önceliklerinin belirlenmesi açısından vazgeçilmez bir karar destek aracı sunmaktadır.

Sonuç olarak, sulak alanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi için disiplinler arası yaklaşımlara dayalı, uzun dönemli ve veri temelli izleme çalışmalarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu tez çalışması, Türkiye’deki Ramsar sulak alanlarının zamansal dinamiklerinin ortaya konulmasına katkı sağlamış; uzaktan algılama teknolojilerinin sulak alan izleme ve koruma çalışmalarındaki kritik rolünü bir kez daha ortaya koymuştur. Elde edilen bulguların, gelecekte yapılacak bilimsel çalışmalar ve uygulamaya yönelik koruma politikaları için önemli bir referans niteliği taşıdığı değerlendirilmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] **Gülçin, D.** (2021). Uzaktan Algılama ve CBS Teknikleri ile Peyzaj Çeşitliliği ve Karbon Depolama Potansiyeli Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 89-96. doi:10.25308/aduziraat.822263.
- [2] **Çelik, M. A., Kızılelma, Y., Gülersoy, A. E., & Denizdurduran, M.** (2013). Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası güneyindeki sulak alanlarda meydana gelen değişimin incelenmesi (1990-2010). *Electronic Turkish Studies*, 8(12).
- [3] **Matthews, G. V.** (1993). *The Ramsar Convention on Wetlands: its History and Development*. Gland: the Ramsar Convention Bureau.
- [4] **Url-1** <<https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/MEVZUAT/Uluslararası%20Sözleşmeler/7%20RAMSAR%20SÖZLEŞMESİ.pdf>>, erişim tarihi: 09.09.2025.
- [5] **Url-2** <<https://www.ramsar.org/about/our-mission/importance-wetlands>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [6] **Url-3** <<https://rsis.ramsar.org/#stats>>, erişim tarihi: 09.09.2025.
- [7] **Gardner, R. C., & Davidson, N. C.** (2011). The Ramsar Convention. T. R. Convention içinde, *Wetlands: Integrating multidisciplinary concepts* (s. 189-203). Dordrecht: Springer.
- [8] **Url-4** <<https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Menu/31/Sulak-Alanlar>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [9] **Url-5** <<https://www.karatas.bel.tr/akyatan-kus-cenneti.html>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [10] **Url-6** <<https://www.ntv.com.tr/galeri/seyahat/adanada-doga-harikasi-akyata-nl-agunu-hem-flamingolari-hem-de-fotografseverleri-agirliyor,z8pRV0e9S0OzGlvvMzKGXw/brws0EBfRE2SNM6E2yuAb>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [11] **Tağlı, Ş., Alevkayalı, Ç., & Aytan, B.** (2023). Gediz Deltası Sulak Alanı Boyunca Kıyı Şeridi Evrimi ve Erozyon Hassasiyetinin Değerlendirilmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(Cumhuriyet'in 100. Yılı Özel Sayısı), 127-142.
- [12] **Canbulat, N., Coşkun, S., & Coşkun, M.** (2024). İzmir Körfezi'nde Ekosistem Bütünlüğünü Tehdit Eden Kirlilik ve Kıyı Değişimi. *Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 63-81.
- [13] **Url-7** <https://bolge4.tarimorman.gov.tr/Menu/41/Izmir-Gediz-Deltası-_izmir-Kus-Cenneti>, erişim tarihi: 09.09.2025.
- [14] **Url-8** <<https://dogadernegi.org/goksu-deltası/>>, erişim tarihi: 10.12.2025.

- [15] **Url-9** <<https://ockb.csb.gov.tr/goksu-deltasi-ozel-cevre-koruma-bolgesi-i-2749>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [16] **Url-10** <<https://www.trthaber.com/foto-galeri/goksu-deltasi-kus-cenneti-dronla-goruntulendi/39557/sayfa-13.html>>, erişim tarihi: 09.09.2025.
- [17] **Url-11** <<https://bolge11.tarimorman.gov.tr/Menu/74/KizilirmakDeltasi>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [18] **Url-12** <<https://tvk.csb.gov.tr/kizilirmak-deltasi-unesco-gecici-listesinde-haber-65502>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [19] **Kasaroğlu, K., & Güler, M. E.** (2022). Türkiye’de bulunan Ramsar alanlarının mevcut durumlarının ve ekoturizm potansiyellerinin değerlendirilmesi. *Geçmişten Geleceğe Küçük Asya Anadolu* (s. 659-692). Paradigma Akademi.
- [20] **Url-13** <<https://www.aa.com.tr/tr/kultur/obruk-golu-manzarali-kervansaray-otel-turizme-katki-sunacak/3215410>>, erişim tarihi: 22.11.2025.
- [21] **Url-14** <<https://ekolojibirligi.org/saldanin-ardindan-burdur-golune-de-millet-bahcesi-geliyor/>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [22] **Url-15** <<http://www.arpacay.gov.tr/kuyucuk-kus-cenneti/>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [23] **Url-16** <<https://www.aa.com.tr/tr/yasam/turkiyenin-13-ramsar-alani-kuyucuk-golu-tamamen-kurudu/1554062>>, erişim tarihi: 07.09.2025.
- [24] **Url-17** <<https://bolge9.tarimorman.gov.tr/Menu/85/Kirsehir-Seyfe-Golu-Ramsar-Sulak-Alanimiz>>, erişim tarihi: 09.09.2025.
- [25] **Dalkiran, N.** (2015). Uluabat Gölü RAMSAR alanı ve biyolojik zenginliği. *Karacabey Sempozyumu*. Bursa.
- [26] **Url-18** <<https://www.ciftlikdergisi.com.tr/uluabat-golu-tehlikede/>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [27] **Url-19** <<https://bolge8.tarimorman.gov.tr/Menu/23/Sulak-Alanlar>>, erişim tarihi: 07.08.2025.
- [28] **Url-20** <<https://ekotaban.tarimorman.gov.tr/alan/573>>, erişim tarihi: 09.09.2025.
- [29] **Url-21** <https://www.cankirihaber.net/nemrut-golu-hangi-ilimizdedir>, erişim tarihi: 05.09.2025.
- [30] **Url-22** <<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/yerbilim-gokbilim/turkiyenin-sulak-alamlari-sultan-sazligi>>, erişim tarihi: 09.09.2025.
- [31] **Url-23** <<https://gezginyuzlersitesi.com/gidilen/sultan-sazligi-kayseri-unsal-aktas/>>, erişim tarihi: 10.10.2025.
- [32] **Url-24** <<https://ekotaban.tarimorman.gov.tr/alan/564>>, erişim tarihi: 09.09.2025.
- [33] **Url-25** <<http://www.yumurtalik.gov.tr/lagunler-ve-kus-cenneti>> erişim tarihi: 10.09.2025.
- [34] **Url-26** <<http://www.balikesir.gov.tr/kuscenneti>>, erişim tarihi: 20.03.2025.

- [35] **Url-27** <<https://www.aa.com.tr/tr/pg/foto-galeri/manyas-golu-nde-kuraklik-her-gecen-gun-etkisini-artiriyor/0>>, erişim tarihi: 22.11.2025.
- [36] **Url-28** <<https://www.webofscience.com>>, erişim tarihi: 09.07.2025.
- [37] **Gümüş, M. G.** (2025). Performance analysis of water extraction indices with geospatial and statistical techniques using Google Earth Engine Platform: a case study of Ramsar Wetlands in Türkiye. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 1-25.
- [38] **Gebrehiwot, A., & Hashemi-Beni, L.** (2020, Eylül). Automated inundation mapping: Comparison of methods. In *IGARSS 2020-2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 3265-3268). IEEE.
- [39] **Yöntem, E., Bilgi, C., & Çan, T.** (2019). Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılamanın imar planı ön araştırmalarında kullanılması: Adana-Karataş örneği. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 38(1).
- [40] **Gümüş, M. G.** (2024). Forecasting future scenarios of coastline changes in Türkiye's Seyhan Basin: a comparative analysis of statistical methods and Kalman Filtering (2033–2043). *Earth Science Informatics*, 17(6), 5207-5232.
- [41] **Çevik, F., Polat, S., & Dural, M.** (2008). Akyatan ve Tuzla lagünlerinin (Adana, Türkiye) fitoplanktonu ve mevsimsel değişimi. *Journal of FisheriesSciences. com*, 2(1), 19-29.
- [42] **Url-29** <https://dogaarastirmalari.org.tr/wp-content/uploads/2024/09/20210607173430-akyatan_ve_tuzla_lagunleri_yonetim_plani_2013-2017.pdf>, erişim tarihi: 22.11.2025.
- [43] **Kırtıloğlu, O. S., Avşar, N. B., & Akyel, E.** (2025). Açık erişimli kıyı sayısal yükseklik modellerinin kullanımı ile deniz seviyesi yükselmesine bağlı taşkın risklerinin incelenmesi: Gediz Deltası örneği. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 6(2), 181-195.
- [44] **Url-30** <<https://www.iklimhaber.org/turkiyede-yagislar-son-52-yilin-en-dusuk-seviyesinde/>>, erişim tarihi: 23.11.2025.
- [45] **Url-31** <<https://www.aa.com.tr/tr/yasam/kuraklik-gediz-deltasinda-kirliligin-et-kisini-artiriyor/3816343>>, erişim tarihi: 20.02.2026.
- [46] **Url-32** <<https://www.arkeolojikhaber.com/haber-gediz-deltası-alarm-veriyor-kuraklik-ve-kirlilik-kiskacında-bir-sulak-alan-43304/>>, erişim tarihi: 22.02.2026.
- [47] **Url-33** <<https://www.egedesonsoz.com/zehir-deltasından-gozlemler-kirli-suyun-yarisi-tarima-yarisi-flamingolara>>, erişim tarihi: 17.12.2025.
- [48] **Kılar, H., & Çiçek, İ.** (2018). Göksu Deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracı ile belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(1), 89-104. https://doi.org/10.1501/Cogbil_00000000192.
- [49] **Özer, O.** (2008). *Göksu Deltası'nda su kalitesinin belirlenmesi ve su kalitesi coğrafi bilgi sisteminin kurulması*. (Yüksek lisans tezi), Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.

- [50] **Url-34** <<https://mersinizhaber.com/haber/5973/bu-kacinci-yangin-goksu-deltas-i-korunamiyor.html>>, erişim tarihi: 08.10.2025.
- [51] **Öztürk, D., & Uzun, S.** (2023). Kızılırmak Deltası kıyı çizgisinin EPR ve LRR yöntemleriyle 1984–2022 periyodunda değişim analizi ve 2030 yılı tahmini. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 306 - 339.
- [52] **Öztürk, D., & Sesli, F. A.** (2015). Kızılırmak lagünlerinin kıyı çizgisinde meydana gelen değişimlerin analizi. *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs, Konya.
- [53] **Şimşek, A., Türkten, H., & Bakan, G.** (2022). Su kalite indeksi ve istatistiksel analiz kullanılarak Orta Karadeniz Bölgesi Kızılırmak ve Yeşilirmak Nehirleri su kalitesinin değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 645-662.
- [54] **Gedik, F., & Sarış, D.** (2021). *Konya Kapalı Havzası'nda yeraltı suyunun değişimi ve kuraklık analizi*. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Çanakkale.
- [55] **Dervişoğlu, A.** (2021). Analysis of the temporal changes of inland Ramsar sites in Turkey using Google Earth Engine. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(8), 521.
- [56] **Yarıcı, M. A., & Yağbasan, Ö.** (2018). Burdur Gölleri Havzası'nın morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı. *International Geography Symposium on the 30th Anniversary of TUCAUM*.
- [57] **Sabuncu, A.** (2020). Burdur Gölü kıyı şeridindeki değişiminin uzaktan algılama ile haritalanması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 623 - 633.
- [58] **İbiş, A., Selek, Z., & Pınarlık, M.** (2021). Burdur Gölü seviye değişimlerinin istatistiksel analizi. *International Online Conferences On Engineering and Natural Sciences Abstract Book (IOCEN'S 21)*.
- [59] **Url-35** <<https://www.bloomberght.com/burdur-golu-nde-her-yil-66-milyon-met-rekup-su-acigi-meydana-geliyor-3764493>>, erişim tarihi: 23.12.2025.
- [60] **Url-36** <<https://www.aa.com.tr/tr/yasam/kuyucuk-golunun-yeniden-kus-cenneti-olmasi-icin-calisma-yurutuluyor/3405913>>, erişim tarihi: 09.07.2025.
- [61] **Url-37** <<https://www.sozcu.com.tr/kuyucuk-golu-eski-gunlerine-donuyor-wp5819543>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [62] **Url-38** <<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/kuyucuk-golunun-kurumamasi-icin-6-yilda-6-milyar-litre-su-verildi/3565760>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [63] **Yurteri, C., & Kurttaş, T.** (2021). Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Seyfe Gölü (Kırşehir) yüzey alanının zamansal değişiminin analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1115 - 1128.
- [64] **Reis, S., & Yılmaz, H. M.** (2007). Seyfe Gölünün zamansal değişiminin uzaktan algılama tekniği ile izlenmesi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IV*.

- [65] **Url-39** <<https://www.cnnturk.com/turkiye/dunya-mirasi-seyfe-golu-kurudu-561893>>, erişim tarihi: 07.09.2025.
- [66] **Url-40** <<https://www.gzt.com/foto-galeri/gundem/kus-cenneti-cole-dondu-kirse-hirde-seyfe-golu-tamamen-kurudu-kirsehir-yerel-haberler-2051606>>, erişim tarihi: 04.12.2025.
- [67] **Url-41** <<https://www.kirsehirhaberturk.com/haber-koruma-alaninin-yariya-indirilmesinin-yildonumunde-seyfe-golune-ziyaret-40618.html>>, erişim tarihi: 23.10.2025.
- [68] **Kuşcu, İ.** (2024). Uluabat Gölü (Bursa) alansal değişim analizi (1987-2023). *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 87-93. <https://doi.org/10.53516/ajfr.1559998>.
- [69] **Katip, A.** (2010). *Uluabat Gölü su kalitesinin izlenmesi* (Doktora tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- [70] **İleri, S.** (2010). *Uluabat Gölü su ve sediment kalitesinin fiziko-kimyasal parametreler açısından değerlendirilmesi ve coğrafi bilgi sistemi ortamında analizlenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [71] **Url-42** <<https://www.milliyet.com.tr/gundem/ulubat-golu-nde-tehlike-canlari-1984542>>, erişim tarihi: 08.09.2025.
- [72] **Tuncer, T., & Pinar, A.** (2023). Coğrafya eğitiminde potansiyel bir açık hava laboratuvarı: Karapınar ve çevresi. *International Journal of Geography and Geography Education*, (48), 37-67.
- [73] **Coşkun, S.** (2022). *Türkiye’de bütüncül su kaynakları yönetimi: Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzası örneği*. (Yüksek lisans tezi). MEF Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [74] **Coşkun, S. & Özhan, H.A.** (2025). Konya Çumra Karapınar Alt Havzası’nda suyun stratejik önemi, *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 26(2), 87-96.
- [75] **Url-43** <<https://www.ntv.com.tr/turkiye/meke-golu-can-suyuna-kavusuyor,tqipWabpj02RieSOOJUjLA>>, erişim tarihi: 10.09.2025.
- [76] **Url-44** <<https://www.milliyet.com.tr/gundem/tuz-golu-ve-meke-icin-plan-devrede-7445839>>, erişim tarihi: 23.11.2025.
- [77] **Url-45** <<https://www.sondakika.com/amp/haber-dunyanin-nazar-boncugu-na-can-geldi-11666618>>, erişim tarihi: 22.11.2025.
- [78] **Url-46** <<https://www.ntv.com.tr/turkiye/ayi-saldirisi-tehdidinemrut-krater-golu-ve-kalderasi-ziyarete-kapatildi,hw9gDmgLTkSMfhKVYdmv7Q>>, erişim tarihi: 22.11.2025.
- [79] **Url-47** <<https://www.yesiligidir.com/uzmanlardan-uyari-nemrut-krater-golu-nde-ayilari-beslemek-hayati-tehlike-olusturuyor>>, erişim tarihi: 03.08.2025.
- [80] **Url-48** <<https://www.milliyet.com.tr/gundem/buyuk-tehlike-kapiya-dayandi-kalp-tamamen-yok-oluyor-7400154>>, erişim tarihi: 07.09.2025.
- [81] **Peker, B., Azgın, S. T., & Çelik, F. D.** (2018). Develi Ovası’nda tarımsal drenaj sistemlerinin su kalitesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 128-139.

- [82] **Yücel, Ç.** (2018). *Develi-Yeşilhisar Havzası (Kayseri) kuzey bölümü yeraltısuları arsenik kirliliğinin hidrojeokimyasal incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [83] **Url-49** <<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/kayseride-sultan-sazligi-milli-par-kin-daki-yangin-sonduruldu/3540573>>, erişim tarihi: 07.09.2025.
- [84] **Url-50** <<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/sultan-sazligi-kus-cennetindeki-kurakligin-daha-az-su-isteyen-urunlerin-ekimiyle-cozulmesi-hedefleniyor/3676139>>, erişim tarihi: 23.11.2025.
- [85] **Kayra, T., & Alphan, H.** (2024). Doğu Akdeniz delta sistemlerindeki sulak alanlarda peyzaj paterni değişimleri: Göksu Deltası ve Yumurtalık Lagünü Milli Parkı örnekleri. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 35-52. <https://doi.org/10.51552/peyad.1469424>.
- [86] **Ayaz, S., Aktaş, Ö., Erdoğan, N., Gürsoy, B. H., Atasoy, E., Aydöner, C., & Akça, L.** (2011). Havza bazında yüzeysel su kalitesinin değerlendirilmesi; örnek çalışma: Ceyhan Havzası. 1. Kıyı Bölgelerinde Çevre Kirliliği ve Kontrolü , Tekirdağ.
- [87] **Benlioğlu, A.** (2019). *Manyas Gölü havzası'nda baskı ve etkilerin belirlenmesi* . Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- [88] **Uzun, M.** (2024). Analysis of Manyas Lake surface area and shoreline change over various periods with DSAS tool. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 6(1), 35-56.
- [89] **Url-51** <https://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/wwf_turkiye_ramsar_alanlari_degerlendirme_raporu.pdf>, erişim tarihi: 10.10.2025.
- [90] **Url-52** <<https://www.milliyet.com.tr/ekonomi/manyas-kus-cenneti-icin-tehlike-canlari-caliyor-2197984>>, erişim tarihi: 25.02.2026.
- [91] **Url-53** <<https://www.habercigazetesi.net/guncel/manyas-golunde-sessiz-ciglik-kus-cenneti-yok-olma-tehlikesinde.html>>, erişim tarihi: 22.11.2025.
- [92] **Url-54** <<https://www.haberler.com/guncel/manyas-golu-nde-olu-baliklar-alarmi-inceleme-baslatildi-18930746-haberi/>>, erişim tarihi: 22.11.2025.
- [93] **Url-55** <<https://rsis.ramsar.org/>>, erişim tarihi: 03.12.2025.
- [94] **Url-56** <<https://ekotaban.tarimorman.gov.tr/>>, erişim tarihi: 03.12.2025.
- [95] **Url-57** <<https://uwecworkgroup.info/russia-exits-ramsar-convention-on-wetlands/>>, erişim tarihi: 13.11.2025
- [96] **Url-58** <<https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007-06-e.pdf>>, erişim tarihi: 15.10.2025.
- [97] **Url-59** <<https://gastroeko.com/2023/11/20/prof-dr-yilmaz-ari-manyas-golunde-ki-ekosistemin-bozulma-nedeni-sanayi-uretimine-oncelik-verilmesi-ve-cevresel-kaygilarin-geri-plana-tilmesi-ydi>>, erişim tarihi: 22.11.2025.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : İlyas BURSA

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2021, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Bursa, İ., & Dervişoğlu, A.** 2025. Investigation of Anthropogenic Effects in Protected Wetlands Using Remote Sensing And Geographic Information Systems: A Case Study Of Manyas Bird Lake and Bird Paradise National Park. *4th International Graduate Research Symposium*, May 12-14, 2025 Istanbul, Türkiye.