



T.C.

Ardahan Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Sağlığı Ana Bilim Dalı

Çevre Sağlığı Bilim Dalı

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ DESTEKLİ ANALİZ İLE KARS
İLİ ARPAÇAY İLÇESİ KUYUCUK GÖLÜ'NDEKİ SU
ÇEKİLMESİNİN NEDENLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Selma ULUTAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AKGÜN

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2025

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ DESTEKLİ ANALİZ İLE KARS İLİ ARPAÇAY
İLÇESİ KUYUCUK GÖLÜ'NDEKİ SU ÇEKİLMESİNİN NEDENLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Selma ULUTAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AKGÜN

Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Çevre Sağlığı Ana Bilim Dalı
Çevre Sağlığı Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2025

KABUL VE ONAY

Selma ULUTAŞ tarafından hazırlanan “Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Analiz ile Kars ili Arpaçay ilçesi Kuyucuk Gölü'ndeki Su Çekilmesinin Nedenlerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma, 17.09.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Rövşen GULİYEY (Başkan)

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AKGÜN (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Onur SÖZÜDOĞRU (Üye)

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ŞENEL
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Ardahan Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / Ardahan Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

17/09/2025

Selma ULUTAŞ

¹“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

(1) Madde 6. 1. Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

(2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

(3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

* Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, Tez Danışmanının **Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AKGÜN** danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Selma ULUTAş

ÖN SÖZ

Bu tez çalışması, Türkiye'nin önemli sulak alanlarından biri olan Kuyucuk Gölü'nde meydana gelen su çekilmesinin nedenlerini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli analizlerle incelemek amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmada, göldeki su seviyesinin zamansal ve mekânsal değişimleri değerlendirilmiş, iklimsel faktörler ile insan kaynaklı etkilerin göl ekosistemi üzerindeki yansımaları bilimsel yöntemlerle analiz edilmiştir.

Araştırma sürecinin her aşamasında bilgi, deneyim ve rehberliğiyle yönlendirmelerde bulunan değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AKGÜN'e teşekkür ederim. Akademik bilgi birikimime katkı sağlayan tüm hocalarıma ve veri temini sürecinde destek olan ilgili kurum ve kuruluşlara da teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, sulak alan ekosistemlerinin korunması ve sürdürülebilir yönetimine yönelik bilimsel farkındalık oluşturmayı hedeflemektedir. Çalışmanın sonuçlarının, çevresel planlama ve su kaynaklarının yönetimi konularında yapılacak araştırmalara katkı sağlaması temennisiyle...

Selma ULUTAŞ
Ardahan, 2025

ÖZET

ULUTAŞ, Selma. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Analiz ile Kars ili Arpaçay ilçesi Kuyucuk Gölü'ndeki Su Çekilmesinin Nedenlerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ardahan, 2025.

Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli Ramsar Alanlarından biri olan Kuyucuk Gölü'nün kuruma sürecini incelenmiştir. Göl ve çevresinin ekolojik ve sosyoekonomik önemi göz önünde bulundurularak, iklim değişikliğinin ve insan kaynaklı faktörlerin göl üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, Meteoroloji genel müdürlüğünden meteorolojik veriler, Devlet Su İşleri'nden (DSİ) ise çalışma alanına yapılan göletlerin teknik ve hidrolojik özellikleri temin edilmiştir. Daha sonra Thornthwaite buharlaşma yöntemi analizi ile bölgedeki potansiyel buharlaşma hesaplanmış, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi ile göl yüzeyindeki sıcaklıklar tespit edilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile gölün yüzeyinin sıcaklık haritaları oluşturulmuş ve göl havzasında bulunan göletlerin yeri ve gölü besleyen akarsuların konumları harita üzerine işlenmiştir. Göl yüzey alanında gözlenen çekilme süreci uydu görüntüleri vasıtasıyla yıllık olarak takip edilmiştir. Ayrıca, tarımsal sulama ve hayvancılık amaçlı inşa edilen göletlerin su tutma kapasiteleri hesaplanmış ve bu yapıların göl üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında Kuyucuk Gölü'nün son yıllarda artan buharlaşma ve azalan yağış miktarları ve inşa edilen göletler nedeniyle ne derece küçüldüğü belirlenmiştir. Sonuçlar, sulak alanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi için iklim değişikliği etkilerinin dikkate alınmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Anahtar Sözcükler:

Kuyucuk gölü, IDW (Ters mesafeağırlıklı enterpolasyon yöntemi), Thornthwaite Yöntemi, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri)

ABSTRACT

ULUTAŞ, Selma. *"Investigation of the Causes of Water Recession in Kuyucuk Lake, Arpaçay District, Kars Province through GIS-Based Analysis"*, Master Thesis, Ardahan, 2025.

This study examines the drying process of Lake Kuyucuk, one of Turkey's important Ramsar sites. Considering the ecological and socio-economic importance of the lake and its surroundings, the effects of climate change and human-induced factors on the lake have been investigated. Meteorological data were obtained from the General Directorate of Meteorology, while the technical and hydrological characteristics of the reservoirs constructed in the study area were obtained from the State Hydraulic Works (DSİ) institution. Subsequently, potential evaporation in the region was calculated using the Thornthwaite evaporation method analysis, temperatures on the lake surface were determined using the inverse distance weighted (IDW) interpolation method, and temperature maps of the lake surface were created using Geographic Information Systems (GIS). The locations of reservoirs in the lake basin and rivers supplying water to the lake were also mapped. The observed shrinkage process on the lake surface was monitored annually using satellite images. Additionally, the water storage capacities of ponds constructed for agricultural irrigation and livestock purposes were calculated, and the effects of these structures on the lake were evaluated. Based on the findings, the extent to which Kuyucuk Lake has shrunk in recent years due to increased evaporation, decreased rainfall, and the construction of reservoirs has been determined. The results emphasize the need to consider the effects of climate change for the protection and sustainable management of wetlands.

Keywords:

Kuyucuk Lake, IDW (Inverse Distance Weighted Interpolation Method), Thornthwaite Method, GIS (Geographic Information Systems)

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	ii
ETİK BEYAN	iv
ÖN SÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM	4
GENEL BİLGİLER	4
1.1. SULAK ALANLAR	4
1.1.1. Sulak Alanların Ekolojik Özellikleri	5
1.1.2. Sulak Alanların Sosyoekonomik Önemi	5
1.2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN VE SU KAYNAKLARINA ETKİSİ	6
1.3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)	9
1.3.1. CBS'nin Tanımı Ve Bileşenleri	9
1.3.2. CBS Kullanım Alanları	10
2. BÖLÜM	13
MATERYAL VE YÖNTEM	13
2.1. MATERYAL	13
2.1.1. Çalışma Alanı	13
2.1.2. Veri Toplama	16
2.1.2.1. Meteorolojik Verilerin Toplanması	16
2.1.2.2. DSI'den Alınan Veriler	21
2.2. YÖNTEM	23
2.2.1. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (Inverse Distance Weighting - IDW) ..	23
2.2.2. Thornthwaite Yöntemi	24
3. BÖLÜM	25
BULGULAR	25
3.1. GÖL ÇEKİLME SÜRECİNİN GÖRSEL İZLENMESİ	25
3.2. BUHARLAŞMA DEĞERLERİNİN YILLIK KARŞILAŞTIRMASI	27

3.3. KUYUCUK GÖLÜ ISI HARİTALARI	32
3.4. GÖLETLERİN SU TUTMA KAPASİTELERİ VE GÖLE ETKİLERİ.....	34
SONUÇ	37
KAYNAKÇA.....	39
EKLER	43
EK 1. ORİJİNALLİK RAPORU FORMU	43
EK 2. ETİK KURUL MUAFİYET FORMU	44
ÖZ GEÇMİŞ	46



SİMGELER VE KISALTMALAR

BM:	Birleşmiş Milletler
CBS:	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DKMP:	Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
DSİ:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Paneli)
NASA:	National Aeronautics and Space Administration (ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
PET:	Potansiyel Buharlaşma (Potential Evapotranspiration)
RAMSAR:	Ramsar Sözleşmesi (Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi)
TÜBİTAK:	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UN:	United Nations (Birleşmiş Milletler)
UNEP:	United Nations Environment Programme (BM Çevre Programı)
WWF:	World Wide Fund for Nature (Doğal Hayatı Koruma Vakfı)
QGIS:	Quantum Geographic Information System

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Akyaka istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama nispi nem değerleri.	16
Tablo 2. Akyaka istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama rüzgâr (m/s) değerleri	17
Tablo 3. Akyaka istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama sıcaklık (°C) değerleri	17
Tablo 4. Arpaçay istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama nispi nem değerleri	18
Tablo 5. Arpaçay istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama sıcaklık (°C) değerleri.....	18
Tablo 6. Arpaçay istasyonuna ait 2013-2016 yılları arası ortalama yağış (mm) değerleri	19
Tablo 7. Arpaçay istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama rüzgâr (m/s) değerleri	20
Tablo 8. Soylu istasyonuna ait 2016-2024 yılları arası ortalama nispi nem değerleri....	20
Tablo 9. Soylu istasyonuna ait 2016-2024 yılları arası ortalama sıcaklık (°C) değerleri	21
Tablo 10. Kuyucuk gölü havzasına inşa edilen göletler (DSİ, 2019).	22
Tablo 11. Kuyucuk gölü havzasında inşa edilen göletleri minimum su tutma kapasitesi	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kuyucuk gölü konumu.....	14
Şekil 2. Kuyucuk Gölü (Anadolu Ajansı, 2019).....	16
Şekil 3. Kuyucuk Gölü ve kuyucuk gölünü besleyen ana.....	22
Şekil 4. Kuyucuk Gölü 2014-2025 Yılları Arası Değişimi.....	25
Şekil 5. 2014-2024 yılları arası Kuyucuk Gölü Kuruma Oranları	26
Şekil 6. Kuyucuk Gölü için thornthwaite yöntemi ile hesaplanan potansiyel buharlaşmanın aylara göre değişimi (a-j).....	30
Şekil 7. Kuyucuk Gölü çevresindeki istasyonlar	31
Şekil 8. kuyucuk gölü temmuz ayı sıcaklık haritası.....	33

GİRİŞ

Su, en küçük canlı organizmadan en büyük canlı türüne kadar yaşamsal faaliyetlerin devamlılığı açısından hayati öneme sahip bir bileşiktir. Geçmişten bugüne insanlık tarihi boyunca yaşamı devam ettirebilmenin yanında tüm insani faaliyetlerin devamlılığını ayakta tutan sudur. Yapılan pek çok arkeolojik araştırmalarda ilk yerleşim yerlerinin su kenarlarına kurulduğu görülmüştür. Suyu erişim yerleşim noktası seçimlerinde her zaman en önemli etkenlerden olmuştur. Avcı- toplayıcı yaşam stilinden yerleşik yaşam stiline geçişte tarımsal faaliyetlerde suyun büyük öneme sahip olmasıyla suyun kontrolünü sağlayan topluluklar gelişerek imparatorluklar haline gelmiştir (Kaplan, 2023).

Doğal tatlı su kaynakları, yalnızca çevresel sürdürülebilirlik açısından değil; aynı zamanda ekonomik, sosyal ve kültürel değerleriyle de toplumlar için hayati öneme sahiptir. Küresel iklim değişikliğinin etkilerinin giderek daha belirgin hale geldiği günümüzde, bu kaynakların korunması ve bilimsel yöntemlerle izlenmesi kaçınılmaz bir gereklilik hâline gelmiştir (IPCC, 2021; UNEP, 2021). Günümüzde kurak-yarı kurak bölgelerdeki iklimsel değişimler, artan su ihtiyacı ve insan faaliyetlerinin etkisi nedeniyle kuruyan, gittikçe küçülen veya yok olan su kaynakları ve su kütlelerinin sayısı gittikçe artmaktadır (Kiage ve Douglas, 2019).

Türkiye'nin önemli sulak alanlarından biri olan Kuyucuk Gölü, bu bağlamda dikkate değer örneklerden biridir. Kars il sınırları içerisinde yer alan göl, göçmen kuşlar için kritik bir habitat oluşturmakta ve yüksek biyolojik çeşitliliği nedeniyle 2009 yılında Ramsar Sözleşmesi kapsamına alınmıştır (Doğa Derneği, 2010). Ancak son yıllarda göl yüzeyinde önemli ölçüde küçülme gözlemlenmiş, 2019 yılı itibarıyla göl tamamen kuruma noktasına gelmiştir (Anadolu Ajansı, 2019). Bu çekilme, yalnızca ekosistem üzerinde değil; aynı zamanda yöre halkının geçim kaynakları ve yaşam kalitesi üzerinde de ciddi olumsuzluklar yaratmaktadır (Öztürk, Aydın ve Güler, 2021). Sulak alanlardaki bu tür bozulmaların neden-sonuç ilişkileri bağlamında incelenmesi, çözüm üretme açısından büyük önem taşımaktadır.

Kuyucuk Gölü'nde son yıllarda yaşanan su seviyesindeki değişimlerin tam olarak neden kaynaklandığı henüz netlik kazanmamıştır. Bu doğrultuda, göldeki çekilmenin meteorolojik faktörlerle (örneğin, yağış miktarı, sıcaklık artışı, buharlaşma oranları)

ilişkili olarak, bilimsel verilerle analiz edilmesi gerekmektedir (Korkmaz, 2019). Günümüzde çevresel verilerin analizinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), önemli araçlar sunmaktadır. Özellikle açık kaynaklı yazılımlardan biri olan QGIS, çevresel değişimlerin mekânsal ve zamansal boyutlarda görselleştirilmesi ve yorumlanması açısından etkin bir araçtır (Korkmaz, 2019).

Kuyucuk Gölü'nün kuruma sürecinin yalnızca doğal değil, aynı zamanda antropojenik faktörlerle de bağlantılı olduğu bilinmektedir. Özellikle tarımsal sulama, yeraltı suyu çekimi, drenaj faaliyetleri ve su yönetimindeki yetersizlikler, göl üzerindeki çevresel baskıyı artırmaktadır (Artun, 2022; Öztürk ise vd., 2021). Bu durum, iklimsel değişkenlerle birlikte değerlendirildiğinde, bölgesel ölçekte entegre su yönetimi stratejilerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır (United Nations, 2018).

Sulak alanlar, yalnızca biyoçeşitliliği koruyan habitatlar değil; aynı zamanda karbon emilimi, su depolama, iklim düzenleme ve tarımsal üretimi destekleme gibi birçok ekosistem hizmeti sunmaktadır (Mitsch ve Gosselink, 2015; Ramsar Secretariat, 2018). Bu nedenle, bu alanların sürdürülebilir yönetimi hem çevresel hem de sosyoekonomik faydalar açısından kritik öneme sahiptir. Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle Avrupa ve Orta Doğu arasında göç yolları üzerinde yer almakta ve bu özelliğiyle onlarca önemli sulak alana ev sahipliği yapmaktadır. Bunlardan biri olan Kuyucuk Gölü, yaklaşık 170 hektarlık alanı ve ekolojik çeşitliliğiyle dikkat çekmektedir (Çoban, 2019).

Bu çalışma, Kuyucuk Gölü'ndeki su çekilmesini mekânsal olarak analiz eden ilk QGIS tabanlı örneklerden biri olması açısından literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda karar vericilere yönelik bilimsel temelli öneriler geliştirme hedefi taşımaktadır. Elde edilen bulgular, Kuyucuk Gölü özelinde, sulak alan yönetiminin iklim verileriyle bütünleştirilmesi gerektiğini ve benzer diğer alanlar için örnek teşkil edebileceğini göstermektedir.

Bu kapsamda T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne bağlı meteorolojik veri bilgi sunum ve satış sistemi (MEVBİS) üzerinden temin edilen meteorolojik (nispi nem, sıcaklık, rüzgâr ve yağış) veriler kullanılarak potansiyel buharlaşma miktarları belirlenmiştir ve literatürde sıkça karşılaşılan enterpolasyon yöntemlerinden Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) ile çalışma alanına ait ısı dağılım haritaları oluşturulmuştur. Devlet Su İşleri Genel

Müdürlüğünden (DSİ) temin edilen hidrolojik veriler kullanılarak ise bölgedeki insan yapımı göletlerin konumu, su tutma kapasiteleri ve bu göletlerin yapıldığı yerlerin jeolojik durumu belirlenmiştir. Yapılan bu uzamsal ve istatistiksel analizlerle Kuyucuk Gölü çevresinde zamanla değişen hidrolojik koşulların mekânsal değişimi ortaya konmuştur.

Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler aylık verilere dayanmaktadır. Buharlaşma hesaplamasında günlük sıcaklık değerleri ve istasyon enlemleri dikkate alınmıştır. Enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması ve haritalandırma işlemleri QGIS 3.42.0 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Genel olarak Kuyucuk Gölü üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, çoğunun istasyon bazlı ve tek parametrelili olduğu; havza bazlı, çok parametrelili ve uzun zaman serili alansal analizlerin eksik kaldığı görülmüştür. Bu çalışma, bu eksikliği gidermeyi ve farklı enterpolasyon yöntemlerinin uzamsal analiz performansını bilimsel olarak karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

Bu tez çalışmasında, Kuyucuk Gölü havzasında mevcut hidrolojik verilerin uzamsal (alansal) dağılımlarının haritalandırılmasında deterministik ve jeostatistiksel enterpolasyon yöntemlerinin uygulanabilirliği, uygulanma şekli ve yöntemler arasındaki farklılıklar araştırılmış; çalışma alanını en iyi temsil eden yöntemlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylece göl çevresindeki ölçüm verisi bulunmayan noktalardaki hidrolojik parametrelerin en iyi şekilde tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Bu bağlamda çalışmanın temel amacı, Kuyucuk Gölü'nde son yıllarda yaşanan su seviyesi düşüşlerinin arkasında yatan meteorolojik ve insan kaynaklı nedenlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli yöntemlerle analiz edilmesidir. Bu analiz, sulak alan yönetiminde bilimsel verilerin karar alma süreçlerine nasıl entegre edilebileceğini göstermesi bakımından da önem arz etmektedir.

Tezin ikinci bölümünde literatür taraması yer almakta, üçüncü bölümde çalışma alanı, veri setleri ve yöntemler tanıtılmakta; dördüncü bölümde elde edilen sonuçlar harita ve grafiklerle birlikte yorumlanmakta, beşinci bölümde ise genel değerlendirme ve önerilere yer verilmektedir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. SULAK ALANLAR

Sulak alanlar, yeryüzündeki en üretken ekosistemlerden biri olarak kabul edilmekte ve çok çeşitli ekolojik işlevler ile ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Bu alanlar, su döngüsünün düzenlenmesinden biyolojik çeşitliliğin korunmasına, karbon depolama kapasitesinden yerel iklimin düzenlenmesine kadar pek çok hayati rol üstlenmektedir (Mitsch ve Gosselink, 2015). Ayrıca, sulak alanlar doğal arıtma sistemleri gibi çalışarak yüzey ve yer altı sularının kalitesini artırır, taşkın riskini azaltır ve tarımsal üretim için gerekli olan suyun sağlanmasına katkı sunar (Ramsar Secretariat, 2018).

Ekolojik faydalarının yanı sıra sulak alanlar, yerel halk için ekonomik ve kültürel açıdan da önemli kaynaklardır. Balıkçılık, hayvancılık, saz kesimi ve ekoturizm gibi faaliyetler, bu alanların sağladığı doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımına dayalı ekonomik girdilerdir (UNEP, 2021). Özellikle kırsal bölgelerde yaşayan topluluklar için sulak alanlar geçim kaynaklarının temelini oluştururken, aynı zamanda geleneksel bilgi sistemlerinin ve kültürel mirasın yaşatıldığı alanlardır (Doğa Derneği, 2010).

Küresel iklim değişikliği, nüfus artışı ve kontrolsüz arazi kullanımı gibi nedenlerle sulak alanlar hızla bozulmakta veya tamamen yok olmaktadır. Bu durum, hem ekosistem hizmetlerinin kaybına hem de sosyoekonomik kırılganlıkların artmasına neden olmaktadır (IPCC, 2021). Türkiye, Avrupa ve Orta Doğu arasında yer alan önemli bir geçiş bölgesi olarak çok sayıda sulak alana ev sahipliği yapmaktadır. Ancak birçok sulak alan gibi Kuyucuk Gölü de son yıllarda kuruma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır (Öztürk ise vd., 2021). Bu tehdit yalnızca biyolojik çeşitlilik için değil, aynı zamanda bölge halkının sosyal ve ekonomik yapısı için de ciddi riskler oluşturmaktadır. Ayrıca sulak alanların sürdürülebilir yönetimi yalnızca çevresel değil; ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan da öncelikli bir konudur. Bu alanların korunması hem doğal yaşamın devamlılığı hem de insani refahın güvence altına alınması açısından hayati öneme sahiptir.

1.1.1. Sulak Alanların Ekolojik Özellikleri

Sulak alanlar, doğal ya da yapay, durgun ya da akıntılı, tatlı, acı ya da tuzlu sularla dolu olabilen, yılın en az bir bölümünde suyla kaplı alanlardır. Bu alanlar, sahip oldukları biyolojik çeşitlilik ve sundukları ekosistem hizmetleriyle dünyanın en verimli ve dinamik ekosistemleri arasında yer almaktadır (Ramsar Sözleşmesi, 1971).

Biyolojik Çeşitlilik Açısından Önemi Sulak alanlar, birçok bitki, kuş, balık, amfibi ve omurgasız türünün yaşam alanı olarak kritik öneme sahiptir. Özellikle göçmen kuşlar için önemli bir durak, beslenme ve üreme alanı sağlarlar. Ayrıca, endemik ve tehdit altındaki türler için de barınak görevi görürler (Mitsch ve Gosselink, 2015).

Besin Döngüleri ve Ekosistem Üretkenliği Bu alanlar yüksek birincil üretime sahiptir. Yani fotosentez yoluyla organik madde üretimi oldukça fazladır. Bu üretkenlik, besin zincirinin alt basamaklarını destekler ve yüksek trofik düzeydeki türlerin beslenmesine katkı sağlar (Zedler ve Kercher, 2005).

Su Kalitesinin Korunması ve Filtrasyon Sulak alanlar doğal bir filtre görevi görerek suda bulunan ağır metallerin, besin maddelerinin (azot ve fosfor gibi) ve diğer kirleticilerin tutulmasını sağlar. Bu durum, çevre sularının kalitesinin korunmasına büyük katkı sunar (Vymazal, 2007).

Hidrolojik Düzenleme Sulak alanlar taşkın kontrolü, yer altı su seviyesinin dengelenmesi ve akarsu rejiminin düzenlenmesi açısından önemli roller üstlenir. Aşırı yağışlarda fazla suyu depolayarak taşkınları önlemeye yardımcı olur; kurak dönemlerde ise bu suyu kontrollü şekilde serbest bırakabilirler (Bullock ve Acreman, 2003).

Karbon Tutulumu ve İklim Değişikliği ile Mücadele Torf bataklıkları gibi bazı sulak alan tipleri, atmosferdeki karbonu tutarak iklim değişikliği ile mücadelede etkili olurlar. Bu alanlar karbon yutakları olarak işlev görür, bu sayede sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunurlar (Kayran ve Gülersoy, 2021).

1.1.2. Sulak Alanların Sosyoekonomik Önemi

Sulak alanlar yalnızca ekolojik bakımdan değil, aynı zamanda sosyoekonomik açıdan da büyük öneme sahiptir. Gerek kırsal yaşam biçimlerinin sürdürülmesi gerekse bölgesel kalkınmaya katkı sağlamaları yönüyle sulak alanlar, yerel halkın geçim

kaynaklarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu alanların sürdürülebilir kullanımı hem doğal kaynakların korunmasını hem de ekonomik ve toplumsal faydanın devamlılığını sağlar.

Geçim Kaynağı Olarak Sulak Alanlar Tarım, balıkçılık, hayvancılık ve saz kesimi gibi ekonomik faaliyetler, sulak alanlara dayalı geçim kaynakları arasında yer almaktadır. Özellikle geleneksel balıkçılık ve su kuşu avcılığı gibi faaliyetler, kırsal ekonomilerin temelini oluşturur (MEA, 2005). Ayrıca, sazlık alanlardan elde edilen kamışlar yapı malzemesi olarak veya enerji üretiminde kullanılmaktadır (Ertürk, 2016).

Ekoturizm ve Rekreatif Kullanım Sulak alanlar, kuş gözlemciliği, doğa yürüyüşleri ve fotoğrafçılık gibi ekoturizm faaliyetleri için önemli cazibe merkezleridir. Bu faaliyetler, yerel halk için alternatif gelir kaynakları sunarken aynı zamanda doğa koruma bilincinin gelişmesine katkı sağlar (Şahin ve Yılmaz, 2020). Kuyucuk Gölü gibi uluslararası öneme sahip Ramsar alanları bu bağlamda dikkat çeken örneklerdendir.

Sağlık ve Temiz Su Kaynağı Olarak Önemi Birçok sulak alan, çevresindeki yerleşim birimlerinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Ayrıca, doğal filtreleme özellikleri sayesinde sulak alanlar su kalitesini artırarak sağlık açısından da kritik bir rol oynar (Mitsch ve Gosselink, 2015).

Doğal Afetlerin Azaltılması ve Ekonomik Kayıpların Önlenmesi Sulak alanlar taşkınları ve kuraklıkları hafifletici etkileriyle tarım alanlarının ve yerleşim yerlerinin korunmasında ekonomik değer taşır. Bu durum, afet sonrası oluşabilecek ekonomik kayıpların önlenmesi açısından da önemlidir (Ramsar Secretariat, 2010).

Kültürel ve Geleneksel Değerler Pek çok toplumun kültürel kimliğinde sulak alanlar önemli bir yere sahiptir. Bu alanlarda gerçekleştirilen geleneksel bayramlar, av törenleri, su kültürü ve efsaneler, toplumsal hafızanın korunmasında işlev görür (Kayran ve Gülersoy, 2021).

1.2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN VE SU KAYNAKLARINA ETKİSİ

İklim değişikliği, 21. yüzyılın en büyük çevresel sorunlarından biri olarak kabul edilmekte ve doğal sistemler üzerinde çok boyutlu etkiler yaratmaktadır. Küresel sıcaklık artışı, yağış rejimlerindeki değişiklikler, buharlaşma oranlarının yükselmesi ve ekstrem hava olaylarının sıklığındaki artış, özellikle tatlı su kaynakları üzerinde ciddi baskılar oluşturmaktadır (IPCC, 2021). Bu etkiler, suyun hem miktarında hem de

kalitesinde bozulmalara neden olarak ekosistemlerin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.

Su kaynakları, iklim değişikliğinin doğrudan ve dolaylı etkilerine karşı son derece hassastır. Özellikle göller, akarsular ve sulak alanlar gibi yüzeysel su kütleleri, yağış miktarındaki azalmalar ve artan sıcaklık nedeniyle su kayıplarına maruz kalmaktadır (UNEP, 2021). Bu süreçte buharlaşma oranlarının artması, su tutma kapasitesinin azalması ve kar örtüsünün erime zamanlarındaki kaymalar, bölgesel su dengelerini değiştirmekte ve kuraklık riskini artırmaktadır (Korkmaz, 2019).

Türkiye gibi yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkelerde, su kaynakları iklim değişikliğinden daha da fazla etkilenmektedir. Son yıllarda Doğu Anadolu Bölgesi'nde yapılan çalışmalar, sıcaklıkların artmakta ve yağışların azalmakta olduğunu göstermektedir (Artun, 2022). Bu durum, özellikle yüzey suları ile beslenen kapalı havzalarda yer alan göllerin kuruma riskini artırmakta, Kuyucuk Gölü gibi sulak alanlarda ciddi su kayıplarına neden olmaktadır.

İklim değişikliğinin etkileri yalnızca doğal su dengeleriyle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda suyun kullanım biçimlerini ve su yönetimi politikalarını da doğrudan etkilemektedir. Su kıtlığının artması, tarımsal üretim, enerji üretimi ve içme suyu temini gibi birçok sektörü etkilemekte; bu da toplumsal kırılganlığı artırmaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin oluşturulması ve mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi hem çevresel hem de ekonomik açıdan hayati önem taşımaktadır (Ramsar Secretariat, 2018).

Küresel ve bölgesel ölçekte yapılan bilimsel çalışmalar, iklim değişikliğinin etkilerine karşı dirençli sistemlerin geliştirilmesini önermektedir. Bu kapsamda, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), uzaktan algılama teknikleri ve iklim modelleme araçları, su kaynaklarındaki değişimlerin izlenmesinde ve etkilerin öngörülmesinde etkili bilimsel araçlar olarak öne çıkmaktadır (Çelik ve Gümüş, 2021). Bu araçların kullanımı, karar vericilerin daha doğru ve veri temelli politikalar geliştirmesine olanak sağlamaktadır.

Nandi ve arkadaşları (2019), Hindistan'ın doğu kıyısında bulunan ve Ramsar statüsüne sahip olan Chilika Gölü'nde, su yüzeyindeki değişimleri farklı spektral su indeksleri aracılığıyla analiz etmişlerdir. Bu amaçla, 1995, 1996, 1997, 2013 ve 2014 yıllarına ait, kurak ve yağışlı dönemleri kapsayan çok zamanlı Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu verilerine Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Modifiye

Edilmiş NDWI (MNDWI) ve Otomatik Su Çıkarma İndeksi (AWEI) yöntemleri uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, MNDWI yönteminin diğer iki indekse kıyasla su ve kara yüzeylerini ayırt etmede daha yüksek doğruluk ve etkinlik sağladığı vurgulanmıştır.

Aksu ve Güngör (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Burdur iline ait aylık ve yıllık ortalama yağış dağılım haritalarının oluşturulması ve alansal yağış miktarının hesaplanması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, 1976–2017 yılları arasında 14 farklı meteoroloji istasyonundan elde edilen yağış verileri kullanılmış ve bu veriler üzerinden IDW (Inverse Distance Weighting) enterpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Yağış dağılım haritalarının doğruluğu, iki istasyondan elde edilen gözlemsel veriler ile model çıktıları karşılaştırılarak test edilmiştir. Tutarlılık ve hata analizleri sonucunda, IDW yönteminin elde edilen tahminlerle gözlemsel veriler arasında yüksek uyum sağladığı, dolayısıyla yöntemin yağış verilerinin alansal dağılımını belirlemede başarılı bir performans sergilediği ortaya konmuştur.

Taylan ve Damçayırı (2016), Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Isparta ve Burdur illeri çevresindeki 13 meteoroloji istasyonuna ait uzun yıllık ortalama yağış verilerini kullanarak, IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemleri aracılığıyla yağış tahminleri ve dağılım haritaları üretmişlerdir. Her iki yöntemin sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, IDW yönteminin tahmin doğruluğu açısından daha başarılı sonuçlar verdiği ve oluşturulan haritalarda daha gerçekçi dağılımlar sunduğu belirlenmiştir.

Yavuz ve Erdoğan (2012), Türkiye'de bulunan 120 meteoroloji istasyonuna ait 1975-2009 yılları arasındaki yağış verilerini kullanarak aylık ve yıllık yağış trendlerinin mekânsal analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, Kriging, IDW ve Spline enterpolasyon yöntemleri Türkiye'nin aylık ve yıllık yağış verileri üzerinde karşılaştırılmıştır. Enterpolasyon tekniklerinin performansı Kök Ortalama Kare Hata (KOKH) değerleri ile değerlendirilmiş olup, Kriging yöntemi için 0.148, IDW için 0.151 ve Spline için 0.152 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, en iyi performansın Kriging (OK) yöntemi tarafından sağlandığını göstermiştir.

Usovicz ve arkadaşları (2021), Polonya ile sınır komşusu ülkeleri kapsayan bir bölgede, aylık ve üç aylık yağış verilerinin mekânsal enterpolasyonunu tahmin etmek amacıyla OK, OCK ve IDW yöntemlerini kullanmışlardır. Analizde, aylık veriler 2014-

2017 yılları arasında, üç aylık veriler ise 2010-2014 döneminde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, OCK yöntemi her iki zaman periyodu için OK ve IDW yöntemlerine kıyasla daha başarılı performans göstermiştir.

Keskiner (2018), Aşağı Seyhan Ovası'nda 9.495 hektar alanda optimum yeraltı suyu statik su seviyesi kuyu dağılımını belirleyerek gözlem ağlarının izlenmesinde zamandan ve maliyetten tasarruf sağlamayı amaçlamıştır. Çalışmada, 2011, 2012 ve 2013 hidrolojik yıllarında toplamda 12 kez ölçülen 107 gözlem kuyusuna ait yeraltı suyu seviyesi verileri kullanılmıştır. Yeraltı suyu seviyesi verileri, IDW (Inverse Distance Weighting) yöntemi ile haritalandırılmıştır.

Watson ve Philip (1985), ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (Inverse Distance Weighted-IDW) yağış tahmini yapılacak noktaya olan mesafelere dayalı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. IDW yönteminde, gözlem istasyonları tahmin noktasına ne kadar yakınsa enterpolasyon üzerindeki etkileri o kadar büyük olur. Mekansal yağış tahmini, gözlem noktalarının tahmin edilen noktaya olan mesafelerinin karesine ters orantılı olarak hesaplanır (İçağa ve Taş, 2018).

1.3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)

1.3.1. CBS'nin Tanımı Ve Bileşenleri

CBS, çeşitli yabancı bilim adamları tarafından çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Şimşek'in aktardığına göre, Parker, "CBS, coğrafi ve coğrafi olmayan verileri depolayarak, analiz eden ve görüntüleyen bir bilgi sistemidir." şeklinde tanımlamıştır. Yine Şimşek'in aktardığına göre, Dueker, "Veri tabanı, uzayda noktalar, çizgiler ve alanlar şeklinde tanımlanabilen mekânsal dağılımı içeren özel bir bilgi sistemidir ve bu sistem, aktiviteleri veya olayları da kapsayabilir." şeklinde tanımlamıştır. Yine Şimşek'in aktardığına göre, Burrough, "CBS, gerçek dünyada mekânsal veriyi toplamak, depolamak, erişmek, değiştirmek ve görüntülemek için güçlü bir araç kümesi olarak tanımlanmaktadır." şeklinde tanımlamışlardır (Şimşek, 2008).

Türkiye'deki çalışmalarda da çeşitli tanımlamalar yapılmıştır. Kapluhan'ın aktardığına göre, Yomralıoğlu, "CBS, konum temelli verilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması gibi işlevleri entegre bir şekilde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir." şeklinde tanımlamıştır. Yine kapluhan'ın aktardığına göre Demirci, "CBS, yeryüzündeki nesne ve olaylara ait verilerin gerçek koordinatlara göre

bilgisayara girilmesini sağlar ve bu veriler üzerinde analizler yaparak harita, tablo ve grafikler şeklinde gösterilmesini sağlayan bir sistemler bütünüdür." şeklinde tanımlamıştır. Yine Kapluhan; Tuna'nın, "CBS, coğrafi verileri kullanarak çeşitli yönetim ve analiz görevlerini yerine getiren bir bilgisayar sistemidir." şeklinde aktarmıştır (Kapluhan, 2014).

Bu tanımların ortak noktalarından esas alarak, CBS, coğrafi verilerin tanımlanması ve gösterilmesi amacıyla bir sistem içinde değerlendirilmesi ve istenilen sonuca coğrafi yöntemlerle ulaşılmasıdır. Tanımlardaki ortak noktaları dikkate alarak, CBS'nin tanımı zamanla gelişmelere paralel olarak değişebilir ve her bireyin çalışma alanı ve bakış açısına göre değişiklik gösterebilir (Tecim, 2008).

1.3.2. CBS Kullanım Alanları

CBS'nin gelişimi, öncelikle teknolojiye ve uygulamadaki ilerlemelere bağlı olarak gerçekleşmiştir. Bilgisayar haritacılığı, veri tabanı yönetimi, bilgisayar bilimi, coğrafya, uzaktan algılama, veri işleme, matematik ve istatistik gibi çeşitli alanlardaki gelişmeler, CBS'nin gelişiminde başlıca etkenler arasında yer alır. CBS'nin kısa ancak etkileyici bir geçmişi vardır ve bu alandaki ilerlemeler, farklı disiplinler arasındaki işbirliği ve teknolojiye hızlı değişimlerle birlikte şekillenmiştir (Tecim, 2008).

Uydu tabanlı uzaktan algılama verileri ve GPS gibi kaynaklar, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin veri kaynaklarında, işlenmesinde ve kalitesinde önemli ilerlemelere yol açmıştır (Tecim, 2008). CBS, günümüzde sağlık, eğitim, belediyeçilik, turizm, savunma, sanayi, tarım, ulaşım, afet yönetimi ve ormancılık gibi birçok alanda yaygın bir olarak kullanılmaktadır. Birçok bilim dalı, hatta sahiplenerek CBS'yi kullanmaktadır ve CBS kullanımını her geçen gün artış göstermektedir (Uysal et al., 2020).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi olarak konumlandırılmış verilerin toplanması, yönetilmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesini sağlayan bilgisayar tabanlı sistemlerdir. Doğal kaynakların izlenmesi, planlanması ve yönetimi açısından etkili bir karar destek aracı olan CBS, özellikle çevresel değişimlerin mekânsal-temporal olarak analizinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Sulak alanlar, göller, nehir havzaları gibi su kaynaklarının izlenmesinde de CBS, mekânsal değişimlerin tespiti ve eğilimlerin görselleştirilmesi bakımından önemli avantajlar sunar (Mitsch ve Gosselink, 2015).

Sulak alanların su seviyesindeki değişimlerin analizinde, uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleriyle birlikte CBS yazılımlarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu analizler, yıllara ya da mevsimsel döngülere göre alan değişimi, kuruma eğilimleri, su yayılım alanlarının sınırlarının tespiti gibi parametrelerin elde edilmesine olanak tanır. Özellikle Landsat ve Sentinel gibi orta çözünürlüklü uydu görüntüleri, uzun yılları kapsayan karşılaştırmalı analizlerde etkin veri kaynakları sağlamaktadır (Çelik ve Gümüş, 2021).

QGIS (Quantum GIS), açık kaynak kodlu ve ücretsiz olarak kullanılabilen CBS yazılımlarından biridir. Kullanıcı dostu arayüzü, geniş eklenti desteği ve sürekli gelişen altyapısı ile akademik ve kurumsal araştırmalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Su kaynaklarına ilişkin analizlerde, QGIS üzerinde uzaktan algılama verilerinin işlenmesi, sınıflandırılması ve zaman serisi analizlerinin gerçekleştirilmesi mümkündür (Sherman, 2017). Özellikle NDWI gibi suya duyarlı bant analizleriyle göl yüzeyindeki değişimler görsel olarak haritalanabilir, alan ölçümleri yapılabilir ve zamansal değişim eğilimleri çıkarılabilir.

QGIS, aynı zamanda diğer meteorolojik ve iklimsel verilerle entegrasyon imkânı sunarak, su seviyesi değişimlerinin nedenlerini açıklamaya yönelik çoklu analiz yapılmasını kolaylaştırır. Örneğin, sıcaklık, yağış ve buharlaşma verileri mekânsal katmanlar olarak QGIS ortamına entegre edilerek, göl çekilmesi gibi süreçlerle olası ilişkiler modellenebilir (UNEP, 2021). Bu da CBS tabanlı çalışmaları, yalnızca görsel analizlerin ötesine taşıyarak nedensellik ilişkilerinin ortaya konulabildiği çok boyutlu araştırmalara dönüştürür. Ayrıca CBS ve QGIS tabanlı analizler, sulak alanların su seviyesindeki değişimlerin hem nicel hem de nitel olarak izlenmesi açısından güçlü bir araç sunmaktadır. Kuyucuk Gölü özelinde gerçekleştirilecek su seviyesi analizleri, bu teknolojilerin sunduğu olanaklar sayesinde mekânsal doğrulukla gerçekleştirilebilecek; çevresel değişimlerin hem görsel haritalaması hem de istatistiksel değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Bu da göl ekosistemindeki bozulma eğilimlerinin daha sağlıklı yorumlanmasını ve karar vericilere bilimsel temelli öneriler sunulmasını sağlayacaktır.

Bununla birlikte CBS ve uzaktan algılama teknolojileri yalnızca mekânsal değişimlerin izlenmesinde değil, aynı zamanda su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesinde de etkin biçimde kullanılmaktadır. Nitekim Akgün (2023), Göktürk-2 uydu görüntülerinden yararlanarak Kura Nehri'nde klorofil-a düzeylerini

CBS tabanlı analizlerle haritalamış ve su kaynaklarının yönetimi açısından CBS'nin sunduğu olanakları ortaya koymuştur. Bu yönüyle CBS, Kuyucuk Gölü gibi sulak alan ekosistemlerinde hem mekânsal hem de ekolojik parametrelerin bütüncül olarak izlenmesine katkı sağlayabilecek güçlü bir araçtır (Akgün, 2023).



2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

2.1.1. Çalışma Alanı

Kuyucuk Gölü, Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü'nde yer alan Kars ilinin Arpaçay ilçesi sınırlarında konumlanmış önemli bir sulak alandır. Yaklaşık 170 hektarlık yüzey alanına sahip olan göl, 2009 yılında Ramsar Sözleşmesi kapsamında Türkiye'nin 13. Ramsar Alanı olarak ilan edilmiştir (Çoban, 2019). Göl, Afrika-Avrasya göç rotası üzerinde yer alması nedeniyle çok sayıda göçmen kuş türü için hayati öneme sahip bir konaklama, beslenme ve üreme alanı sunmaktadır (Eken ve diğerleri, 2006). Bu bağlamda Kuyucuk Gölü, biyolojik çeşitlilik açısından hem ulusal hem de uluslararası ölçekte korunması gereken ekolojik bir sistem olarak öne çıkmaktadır.

Araştırma sahası, 40°44'20"K enlemi ile 43°27'15"D boylamı arasında yer almakta olup, Kars-Akyaka güzergâhı üzerinde, Kars kent merkezine 40 km, Akyaka ilçesine 15 km ve göle adını veren Kuyucuk köyüne ise yalnızca 1 km mesafededir. Havza, idari olarak Arpaçay ilçesinin güneyinde yer almakta ve adını batısında konumlanan Kuyucuk köyünden almaktadır. Arazi yapısı incelendiğinde, havza genelinde belirgin bir yükselti farkı bulunmamakla birlikte, topografya kuzeydoğudan güneybatıya doğru kademeli bir şekilde artış göstermektedir. Havzanın çevresi yüksekliği fazla olmayan tepelerle çevrilidir ve bu nedenle dışa akışı olmayan, andoreik (kapalı) havza karakteristiği taşımaktadır. Havzanın en düşük noktası, 1627 metre rakıma sahip olan Kuyucuk Gölü'nün bulunduğu tektonik çukurluktur.



Şekil 1. Kuyucuk gölü konumu

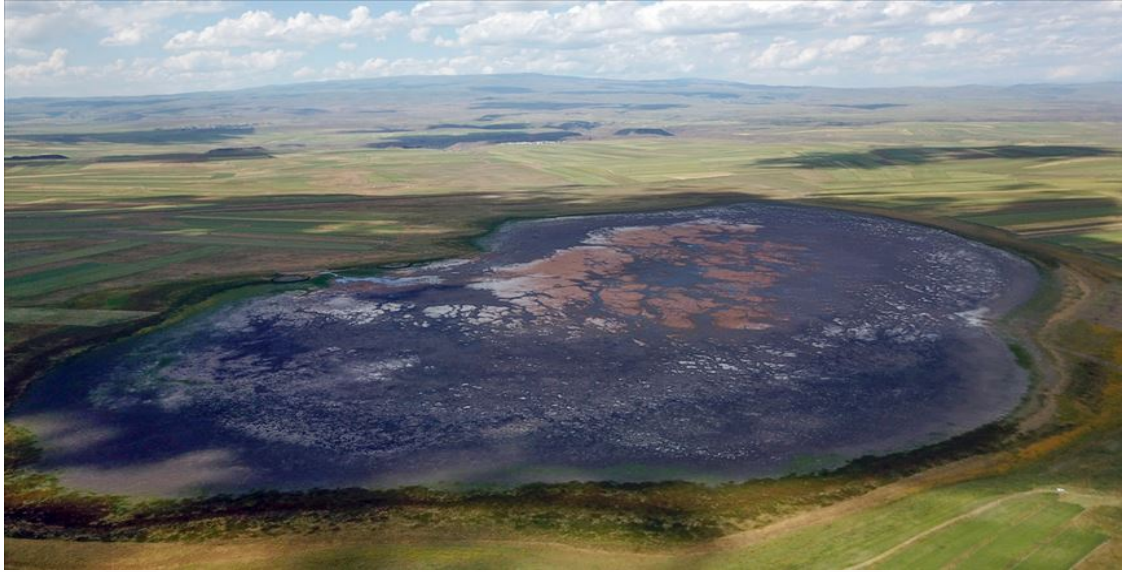
Kuyucuk Gölü'ne yönelik bilimsel çalışmalar, genellikle ekolojik, iklimsel ve çevresel değişimlere odaklanmaktadır. Göl, 2019 yılında tamamen kuruyarak

kamuoyunun ve bilim dünyasının dikkatini bir kez daha üzerine çekmiştir (Anadolu Ajansı, 2019). Bu olay, gölün ekosisteminde yaşanan bozulmanın boyutlarını ortaya koyarken, bu değişimlerin nedenlerinin araştırılmasına yönelik akademik ilgiyi artırmıştır.

Öztürk, Aydın ve Güler (2021), Kuyucuk Gölü'nde yaşanan su çekilmesinin çevresel etkilerini inceledikleri çalışmalarında, göl seviyesindeki düşüşün biyolojik çeşitlilik ve habitat yapısı üzerindeki olumsuz etkilerine dikkat çekmişlerdir ve ayrıca, göl çevresinde tarımsal faaliyetlerin artışı ve drenaj uygulamalarının da su kaybını hızlandırıcı etkileri vurgulanmıştır.

Korkmaz (2019) ise Türkiye genelinde göl kuruma süreçlerini iklim değişikliği bağlamında analiz etmiş; Kuyucuk Gölü'nün de içinde yer aldığı Doğu Anadolu'daki göllerin sıcaklık artışı ve azalan yağış miktarları nedeniyle büyük ölçüde etkilendiğini belirtmiş ve göldeki kurumanın yalnızca doğal değil, aynı zamanda insan kaynaklı etkenlerle de ilişkili olduğu gösterilmiştir.

Kuyucuk Gölü'nü doğudan sınırlayan Pliyosen dönemi dolgu yüzeylerinden oluşan tepelik alanlar, Göze Deresi ve diğer mevsimsel akarsuların önünde bir set gibi yükselerek gölün oluşmasına olanak tanımıştır (İzbırak, R., 1990). Bu jeomorfolojik yapı, gölün bir set gölü karakteri taşıdığını göstermektedir (Yalçın, 1985). Ancak, gölü besleyen yüzeysel su kaynaklarının azalması ve bu kaynakların çeşitli beşerî müdahalelerle kesintiye uğraması, gölün hidrografik dengesini bozmaktadır.



Şekil 2. Kuyucuk Gölü (Anadolu Ajansı, 2019).

2.1.2. Veri Toplama

2.1.2.1. Meteorolojik Verilerin Toplanması

Bu araştırmanın çalışma alanı olarak belirlenen Kuyucuk gölüne ait yıllık ve mevsimsel yağış miktarı, sıcaklık ortalamaları, rüzgâr, buharlaşma miktarları ve nispi nem oranları gibi iklimsel değişkenlere ilişkin veriler, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne bağlı olan Meteorolojik Veri Bilgi Satış ve Sunum Sisteminden (MEVBİS) temin edilmiştir. 2014–2024 yılları arasını kapsayan bu veriler, gölün hidrolojik dengesini etkileyen iklimsel eğilimleri analiz etmek amacıyla kullanılmıştır ve bu veriler aşağıda sunulmuştur. (Tablo1-9)

Tablo 1. Akyaka istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama nispi nem değerleri

Ay/Yıl	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	97,0	46,2	81,8	96,5	95,6	80,8	77,3	94,7	77,3	69,3	78,0
2	85,5	71,6	85,2	89,5	79,9	80,5	77,6	80,0	75,8	74,4	70,8
3	66,5	71,2	72,4	84,5	68,7	76,1	71,1	74,1	70,7	70,8	65,4
4	71,8	65,1	62,5	67,4	55,1	72,4	70,4	60,6	58,3	69,1	49,9
5	79,9	67,9	77,7	78,3	76,5	66,0	64,3	58,7	63,2	68,0	69,4
6	76,1	62,8	76,2	69,2	71,5	59,9	55,3	46,6	62,1	67,5	57,9
7	63,9	53,8	67,8	61,2	56,7	54,5	60,6	55,3	50,8	59,7	64,4
8	51,6	54,6	56,3	50,7	93,3	49,3	54,6	49,0	45,9	50,3	55,2
9	67,2	54,4	64,7	47,6	65,0	59,1	54,7	56,5	50,3	60,7	64,0
10	83,2	81,6	77,3	75,1	84,6	51,4	58,6	66,2	65,2	69,5	68,6

11	62,0	73,1	81,6	88,2	78,7	68,4	78,0	75,5	68,3	69,9	71,6
12	52,0	82,4	89,5	96,4	88,6	85,8	97,9	76,6	78,8	76,8	81,9

Tablo 1 incelendiğinde Akyaka İstasyonu'na ait 2014–2024 yılları arasındaki ortalama nispi nem değerleri verilmiştir. Bu 11 yıllık dönem boyunca ortalama nispi nem oranının en yüksek değeri %97 ile 2014 yılının Ocak ayında, en düşük değeri ise %45,9 ile 2022 yılının Ağustos ayında ölçülmüştür.

Tablo 2. Akyaka istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama rüzgâr (m/s) değerleri

Ay/Yıl	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	1,4	2,4	2,6	1,1	2,5	3,0	2,9	2,0	1,8	1,9	2,6
2	1,7	2,8	1,9	1,4	2,5	3,2	3,4	2,4	2,1	2,5	2,3
3	3,5	2,6	3,2	2,5	3,4	3,1	2,9	3,1	3,8	3,4	2,7
4	3,2	3,3	3,2	3,2	2,8	2,9	3,1	3,6	3,3	3,3	3,0
5	2,6	2,7	2,7	3,1	2,2	2,9	3,4	3,1	2,8	2,7	2,8
6	2,7	2,7	2,4	2,6	2,2	2,6	2,8	3,5	2,8	2,5	2,7
7	2,9	2,9	2,4	2,8	2,7	2,8	2,7	3,1	3,1	2,8	2,8
8	2,7	2,7	2,7	2,9	2,6	2,9	2,6	3,1	3,1	2,7	2,8
9	2,6	2,3	2,5	2,6	2,4	2,7	2,6	2,9	2,7	2,5	2,4
10	2,1	1,9	1,9	2,9	2,5	2,5	2,2	2,2	2,4	2,5	2,2
11	2,0	2,5	1,7	2,0	2,4	1,7	2,0	1,9	2,3	3,4	2,5
12	2,2	2,0	2,2	2,1	2,5	1,9	1,5	2,5	1,7	2,3	2,0

Tablo 2 incelendiğinde Akyaka İstasyonu'na ait 2014–2024 yılları arasındaki ortalama rüzgâr hızı değerleri sunulmuştur. Bu 11 yıllık dönem boyunca ölçülen rüzgâr hızlarında yıllık ve mevsimsel dalgalanmaların olduğu görülmektedir, söz konusu dönem boyunca en yüksek ortalama rüzgâr hızının 3,8 m/s ile 2022 mart döneminde, en düşük ortalama rüzgâr hızının ise 1,1 m/s ile 2017 Ocak ayında kaydedildiği görülmektedir.

Tablo 3. Akyaka istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama sıcaklık (°C) değerleri

Ay/Yıl	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	-8,9	-4,8	-7,1	-14,2	-2,4	-5,7	-5,7	-8,5	-9,4	-5,2	-3,0
2	-7,9	-1,1	-2,4	-12,1	0,3	-2,8	-3,5	-2,5	-3,4	-7,0	-1,2
3	4,0	1,5	2,8	1,1	5,2	0,7	4,7	0,9	-1,7	6,0	2,1
4	8,9	6,9	8,7	7,3	9,7	6,1	6,2	10,6	8,9	8,2	11,5
5	13,6	12,0	12,1	12,5	13,3	13,5	12,7	14,8	11,0	11,9	11,3
6	16,6	17,8	15,8	17,3	16,8	19,1	17,6	19,9	17,8	16,6	18,2
7	20,9	21,4	19,3	21,8	22,5	20,4	20,4	21,2	20,8	19,2	19,7

8	22,2	21,1	21,6	23,0	20,0	20,8	18,5	21,8	22,5	22,3	20,9
9	16,7	18,0	14,3	19,1	16,9	14,4	18,1	16,1	17,2	16,2	16,2
10	9,4	9,7	8,2	8,6	10,3	11,6	10,7	7,7	10,6	10,1	8,2
11	1,6	2,3	-0,6	3,0	3,2	0,7	2,6	3,3	4,1	5,6	2,0
12	-0,9	-5,5	-9,1	-1,8	-0,7	-0,4	-3,5	-4,0	-0,1	-0,1	-3,7

Tablo 3 incelendiğinde Akyaka İstasyonu'na ait 2014–2024 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değerleri sunulmuştur. Bu 11 yıllık dönem içerisinde ortalama sıcaklıkların en yüksek değerine 23,0°C ile 2017 ağustos ayında, en düşük değerine ise -14,2 °C ile 2017 ocak ayında ulaşıldığı görülmektedir.

Tablo 4. Arpaçay istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama nispi nem değerleri

Ay/Yıl	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	82,2	75,0	77,2	78,4	81,5	82,9	75,6	75,9	79,0	68,7	76,1
2	73,4	76,6	74,7	71,2	75,8	78,4	75,0	75,2	77,1	71,4	69,6
3	58,2	70,4	65,3	70,9	66,6	74,3	70,9	73,4	75,2	71,9	67,3
4	66,9	61,6	56,6	60,6	55,8	68,6	69,1	61,6	62,1	69,3	53,2
5	67,6	63,6	70,1	66,7	74,1	62,7	65,4	56,8	65,4	66,0	70,8
6	63,5	60,0	68,2	61,1	71,7	62,4	58,1	50,1	66,3	68,3	60,1
7	61,9	51,7	66,0	58,3	61,9	59,5	62,3	60,1	57,9	61,0	67,6
8	53,5	65,3	61,1	50,4	67,0	54,1	56,7	55,0	49,1	50,1	57,8
9	60,7	52,6	61,8	44,8	61,3	62,0	56,8	61,0	49,2	59,8	67,7
10	79,0	77,1	70,3	65,1	67,8	53,6	92,8	68,3	67,4	66,8	66,5
11	69,9	67,2	68,1	76,7	78,8	64,6	73,1	79,2	67,3	70,8	70,8
12	82,8	75,1	77,3	79,5	88,4	77,9	86,0	78,9	80,3	74,5	78,8

Tablo 4 incelendiğinde Arpaçay İstasyonu'na ait 2014–2024 yılları arasındaki ortalama nispi nem değerleri sunulmuştur. Bu 16 yıllık dönemde ortalama nispi nem oranının en yüksek değeri %92,8 ile Ekim 2020'de, en düşük değeri ise %44,8 ile Eylül 2017'de kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, yıl içerisinde ve yıllar arasında nispi nem oranlarında belirgin dalgalanmalar yaşandığını göstermektedir.

Tablo 5. Arpaçay istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama sıcaklık (°C) değerleri

Ay/Yıl	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	-8,4	-6,5	-7,6	-11,9	-4,3	-6,5	-6,6	-6,8	-8,6	-5,1	-3,8
2	-7,8	-5,5	-2,3	-10,6	-1,8	-4,9	-4,8	-3,1	-3,4	-6,9	-2,2
3	2,0	-0,1	1,6	-0,2	4,3	-1,3	3,1	-1,1	-4,0	4,6	1,1
4	6,6	5,4	7,3	5,4	7,4	4,7	4,8	9,2	7,6	6,9	10,4

5	12,2	10,6	10,6	10,8	11,9	12,4	10,4	13,5	9,6	10,8	9,8
6	14,9	16,3	14,5	15,4	15,4	17,7	16,5	18,2	16,5	15,2	16,8
7	18,7	19,4	17,6	19,9	20,7	18,6	19,3	19,5	18,8	17,5	18,1
8	20,2	15,6	19,5	21,4	18,2	19,5	17,2	19,9	21,2	21,0	19,5
9	16,1	17,2	12,7	17,9	15,3	13,0	17,0	14,5	16,4	15,1	14,9
10	5,6	8,5	7,2	7,4	9,3	11,0	10,4	7,1	9,6	9,5	7,6
11	0,6	1,8	-0,8	1,7	2,1	1,1	2,1	2,8	3,8	4,6	1,6
12	-2,3	-5,2	-9,5	-3,6	-2,7	-1,1	-3,8	-5,0	-0,7	-0,3	-3,3

Tablo 5 incelendiğinde Arpaçay İstasyonu'na ait 2014-2024 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değerleri sunulmuştur. 11 yıllık dönem boyunca ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu ayın Ağustos 2017 olduğu ve bu dönemde sıcaklık değerinin 21,4 °C olarak kaydedildiği görülmektedir. En düşük ortalama sıcaklık ise Ocak 2017 ayında -11,9 °C olarak gerçekleşmiştir. Bu veriler, Arpaçay'da yıllık sıcaklık dalgalanmalarının oldukça belirgin olduğunu ve özellikle kış aylarında sıcaklıkların sıfırın altında seyrettiğini göstermektedir.

Tablo 6. Arpaçay istasyonuna ait 2013-2016 yılları arası ortalama yağış (mm) değerleri

Ay/Yıl	2013	2014	2015	2016
1	8,6	52,0	175,5	4,0
2	36,0	11,0	42,2	-*
3	44,2	73,5	26,4	-*
4	56,7	86,1	76,1	-*
5	77,3	116,4	121,4	-*
6	76,5	120,7	54,3	-*
7	138,0	68,0	35,2	-*
8	38,8	18,8	51,6	-*
9	40,4	7,0	20,4	-*
10	40,3	84,0	45,4	-*
11	66,5	-*	12,3	-*
12	51,4	3,8	12,6	-*

Tablo 6 incelendiğinde Arpaçay İstasyonu'na ait 2013-2016 yılları arasındaki ortalama yağış değerleri sunulmuştur. Yağış miktarlarında yıllar ve aylar arasında belirgin dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Bu dört yıllık süreçte en yüksek yağış, Ocak 2015'te 175,5 mm olarak kaydedilmiştir. En düşük yağış ise Ocak 2016'da 4,0 mm ile gerçekleşmiştir. 2016 yılına ait bazı aylarda veri eksikliği ("*") bulunmakla birlikte, özellikle ilkbahar ve yaz aylarında yağış değerlerinin önemli ölçüde değişkenlik gösterdiği dikkat çekmektedir. Bu durum, bölgedeki yağış rejiminin düzensizliği ve kısa dönemli iklimsel etkilerle ilişkili olabilir.

Tablo 7. Arpaçay istasyonuna ait 2014-2024 yılları arası ortalama rüzgâr (m/s) değerleri

Ay/Yıl	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	1,3	1,2	0,2	2,1	2,5	2,6	1,7	1,3	1,8	1,8	2,7
2	1,3	1,4	2,7	2,6	2,6	3,1	1,5	3,0	2,5	2,6	3,0
3	3,3	1,6	4,2	3,6	4,0	4,5	1,4	3,9	3,9	3,6	3,4
4	2,0	3,1	4,4	4,1	4,0	3,4	-*	3,8	3,7	3,4	3,7
5	1,8	2,2	3,2	4,0	2,4	3,2	-*	4,4	4,6	3,6	3,5
6	1,9	1,6	3,5	4,9	2,7	3,5	3,4	4,7	3,6	3,4	3,7
7	1,5	1,2	4,2	4,7	4,1	4,9	3,8	4,3	5,2	4,1	3,6
8	1,0	0,1	3,2	3,7	3,6	4,4	4,1	4,0	3,2	3,6	4,1
9	1,8	2,8	4,2	3,6	3,7	3,3	3,5	4,7	4,0	3,4	2,8
10	0,1	1,3	2,5	3,5	2,6	2,9	2,3	2,7	3,2	2,8	2,7
11	0,1	0,6	2,3	2,2	1,9	1,9	2,5	2,1	2,4	2,7	2,9
12	0,1	0,1	2,8	2,4	2,0	1,5	1,7	1,7	1,7	2,3	1,9

Tablo 7 incelendiğinde Arpaçay İstasyonu'na ait 2014–2024 yılları arasındaki ortalama rüzgâr hızı değerleri sunulmuştur. Tablo da 16 yıllık dönemde rüzgâr hızlarında belirgin dalgalanmalar gözlenmektedir. En yüksek ortalama rüzgâr hızı Temmuz 2022 döneminde 5,2 m/s olarak kaydedilirken, en düşük ortalama rüzgâr hızı ise Ağustos 2015 ayında 0,1 m/s seviyesinde gerçekleşmiştir. Bu veriler, bölgedeki rüzgâr rejiminin mevsimsel ve yıllık bazda değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 8. Soylu istasyonuna ait 2016-2024 yılları arası ortalama nispi nem değerleri

Ay/Yıl	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	-*	66,7	87,2	87,1	81,8	87,2	89,0	75,9	87,5
2	-*	-*	-*	81,8	82,5	85,1	78,2	78,4	79,3
3	-*	68,3	61,5	75,7	76,2	80,1	93,5	76,0	74,3
4	-*	58,8	59,9	72,1	77,3	65,0	54,5	75,2	61,4
5	-*	66,1	80,5	68,1	69,1	69,4	71,4	74,8	85,6
6	-*	61,3	78,5	65,4	62,6	50,0	71,2	80,5	75,3
7	-*	52,3	62,1	60,0	68,1	64,7	57,5	72,9	80,1
8	-*	45,6	68,8	53,2	61,3	55,6	47,7	54,5	63,1
9	-*	41,0	59,8	67,1	61,6	66,1	49,8	68,8	76,5
10	-*	-*	68,8	58,8	60,7	72,4	67,3	75,0	77,7
11	70,8	81,3	84,6	75,0	81,8	74,4	66,6	77,7	81,6
12	71,8	80,0	91,2	83,2	92,8	85,6	87,3	85,4	88,8

Tablo 8 incelendiğinde Soylu İstasyonu'na ait 2016–2024 yılları arasındaki ortalama nispi nem değerleri gösterilmiştir. İlgili dönemde nispi nem oranlarında yıl ve

ay bazında değişkenlikler olduğu görülmektedir. En yüksek nispi nem değeri %93,5 ile Mart 2022 ayında kaydedilirken, en düşük değer ise %41,0 ile Eylül 2017 ayında ölçülmüştür. Bazı aylarda veri eksiklikleri bulunmakla birlikte, genel olarak nem oranlarının mevsimsel dalgalanma gösterdiği ve yaz aylarında nispi nemin azaldığı gözlemlenmektedir.

Tablo 9. Soylu istasyonuna ait 2016-2024 yılları arası ortalama sıcaklık (°C) değerleri

Ay/Yıl	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	-*	-5,9	0,3	-2,9	-4,8	-5,9	-7,9	-4,9	-2,9
2	-*	-*	-*	-3,0	-4,5	-1,1	-2,1	-6,6	-1,0
3	-*	1,6	6,6	0,5	4,0	0,2	-3,1	5,5	2,1
4	-*	6,7	8,0	5,8	5,7	10,4	9,6	7,7	11,2
5	-*	11,9	12,4	13,0	12,1	14,0	10,0	11,4	10,4
6	-*	16,2	15,3	18,2	16,7	19,5	16,5	15,3	17,2
7	-*	21,7	21,4	19,5	19,9	20,5	19,5	17,9	18,6
8	-*	22,4	18,9	20,2	18,0	20,8	21,6	21,7	20,6
9	-*	19,2	16,6	13,9	17,4	15,2	17,2	15,5	15,5
10	-*	-*	10,2	11,5	11,0	8,9	10,4	10,2	8,2
11	-0,2	2,6	2,7	1,3	2,7	7,7	4,3	5,5	2,4
12	-4,2	-1,5	-1,0	-0,3	-3,1	-4,6	-0,5	0,1	-2,9

Tablo 9 incelendiğinde Soylu İstasyonu'na ait 2016–2024 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir. Sıcaklık değerlerinde yıllar ve aylara göre önemli değişimler olduğu gözlemlenmektedir. En yüksek ortalama sıcaklık Ağustos 2023 ayında 21,7 °C olarak kaydedilirken, en düşük ortalama sıcaklık ise Ocak 2022 ayında -7,9 °C olarak ölçülmüştür. Bazı aylarda veri eksikliği bulunmakla birlikte, sıcaklıkların genel olarak mevsimlere uygun şekilde değiştiği ve yaz aylarında belirgin bir sıcaklık artışı yaşandığı görülmektedir.

2.1.2.2. DSİ'den Alınan Veriler

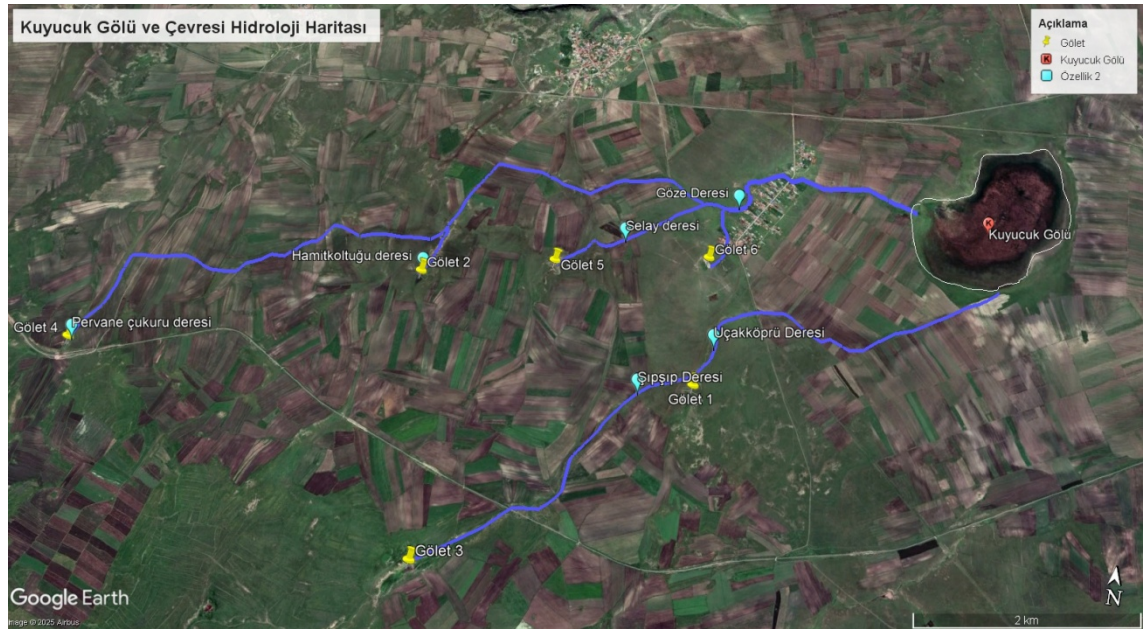
Çalışma alanı içerisinde olan ve bu çalışmanın temel verilerini oluşturan (sonradan inşa edilen göletlerin konumları, derinlikleri, yüzey alanları, gölü besleyen derelerin konumları, kuyucuk gölü (ramsar alanı) sulak alan yönetim revizyon planı, kuyucuk gölünün havza alanı) veriler Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmıştır. Sonradan inşa edilen göletlerin bilgileri tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Kuyucuk gölü havzasına inşa edilen göletler

	Gövde uzunluğu	Gövde Yüksekliği	Su Tutuma Alanı (Min)
Gölet-1	180 metre	4 metre	1 hektar
Gölet-2	90 metre	4,5 metre	0,5 hektar
Gölet-3	140 metre	4 metre	0,9 hektar
Gölet-4	160 metre	4 metre	1,5 hektar
Gölet-5	170 metre	4 metre	0,8 hektar
Gölet-6	200 metre	7 metre	1,8 hektar

Kaynak: DSİ (2019)

Tablo 10’da görüldüğü üzere, bölgedeki altı farklı göletin gövde uzunlukları 90 ila 200 metre arasında değişmekte olup, gövde yükseklikleri 4 ila 7 metre arasında ölçülmüştür. Minimum su tutma alanları ise 0,5 ila 1,8 hektar arasında değişmektedir. Özellikle Gölet-6, 200 metre uzunluğu ve 7 metre yüksekliği ile en büyük su tutma kapasitesine sahip gölet olarak öne çıkmaktadır. Bu göletlerin, çevredeki yüzey akışı üzerinde yarattığı kesme veya biriktirme etkisi, Kuyucuk Gölü’nün beslenme kaynaklarından biri olan yüzeysel akışın azalmasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla bu yapay yapıların hidrolojik döngü üzerindeki etkisi, gölün kuruma sürecine dolaylı katkıda bulunan insan etkilerinden biri olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 3. Kuyucuk Gölü ve kuyucuk gölünü besleyen ana dereler

Şekil 3'te görüldüğü gibi, Kuyucuk Gölü çevresindeki ana dereler gölü beslemektedir. Bu derelerden sağlanan su miktarındaki değişimler, gölün su seviyesini doğrudan etkilemektedir. Son yıllarda derelerden gelen suyun azaldığı gözlenmiş olup, bu durum göl alanında küçülmeye neden olmaktadır. Şekilde görülen ana derelerin konumu ve yönü, göl alanındaki su dinamiklerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Göletlerin bulunduğu alanlarda hâkim topraklar, killi-tınlı yapıdadır. Kil oranının yüksek olması nedeniyle su sızması sınırlı, yüzey akışı fazladır. Bu özellik göletlerin su tutmasını kolaylaştırmakta, ancak Kuyucuk Gölü'ne ulaşacak akışların engellenmesine yol açmaktadır (DSİ, 2019).

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (Inverse Distance Weighting - IDW)

Bu çalışmada yağış verilerinin mekânsal dağılımını tahmin etmek amacıyla Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (Inverse Distance Weighting - IDW) yöntemi kullanılmıştır. IDW, bilinen noktalardaki ölçüm değerlerine dayanarak, bilinmeyen konumlardaki değerlerin tahmin edilmesini sağlayan deterministik bir enterpolasyon yöntemidir. Bu yöntemde, tahmin edilecek noktanın değeri, çevresindeki bilinen noktaların değerlerinin mesafeye bağlı olarak ağırlıklandırılmasıyla hesaplanır. Noktalar arasındaki mesafe arttıkça, o noktanın tahmine katkısı azalır (Shepard, 1968).

IDW yöntemi genellikle sayısal meteorolojik verilerin (örneğin yağış, sıcaklık, nem) mekânsal dağılımını analiz etmek amacıyla tercih edilmektedir. Yöntemin en büyük avantajı, uygulanmasının kolay olması ve kullanıcı tarafından ağırlık parametresinin ayarlanabilmesidir. Ancak verilerin mekânsal olarak düzensiz veya seyrek dağılması durumunda, tahmin doğruluğu düşebilmektedir (Taylan ve Damçayırı, 2016).

Göl yüzey sıcaklığı, buharlaşma hızını doğrudan etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bu çalışmada, bölgedeki meteoroloji istasyonlarından elde edilen sıcaklık verileri kullanılarak IDW yöntemiyle bölgenin mekânsal ısı dağılımı haritalandırılmış ve Kuyucuk Gölü üzerindeki sıcaklık değeri belirlenerek göldeki buharlaşma sürecinin değerlendirilmesine katkı sağlanmıştır.

2.2.2. Thornthwaite Yöntemi

Bu çalışmada Kuyucuk Gölü'nün iklimsel değişkenlik karşısındaki durumu, 2014–2024 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış verileri ışığında değerlendirilmiştir. İklimsel su bilançosunun belirlenmesi amacıyla potansiyel buharlaşma-terleme (PET) değerleri hesaplanmış ve bölgenin iklim sınıfı belirlenmiştir. Bu kapsamda, sıcaklık temelli bir yöntem olan Thornthwaite (1948) yöntemi kullanılmıştır. Thornthwaite yöntemi, özellikle sıcaklık ve gün uzunluğu verilerine dayalı olarak PET hesaplamasında tercih edilen, yarı ampirik bir yöntemdir (Türkeş, 1996; Şensoy, 2008).

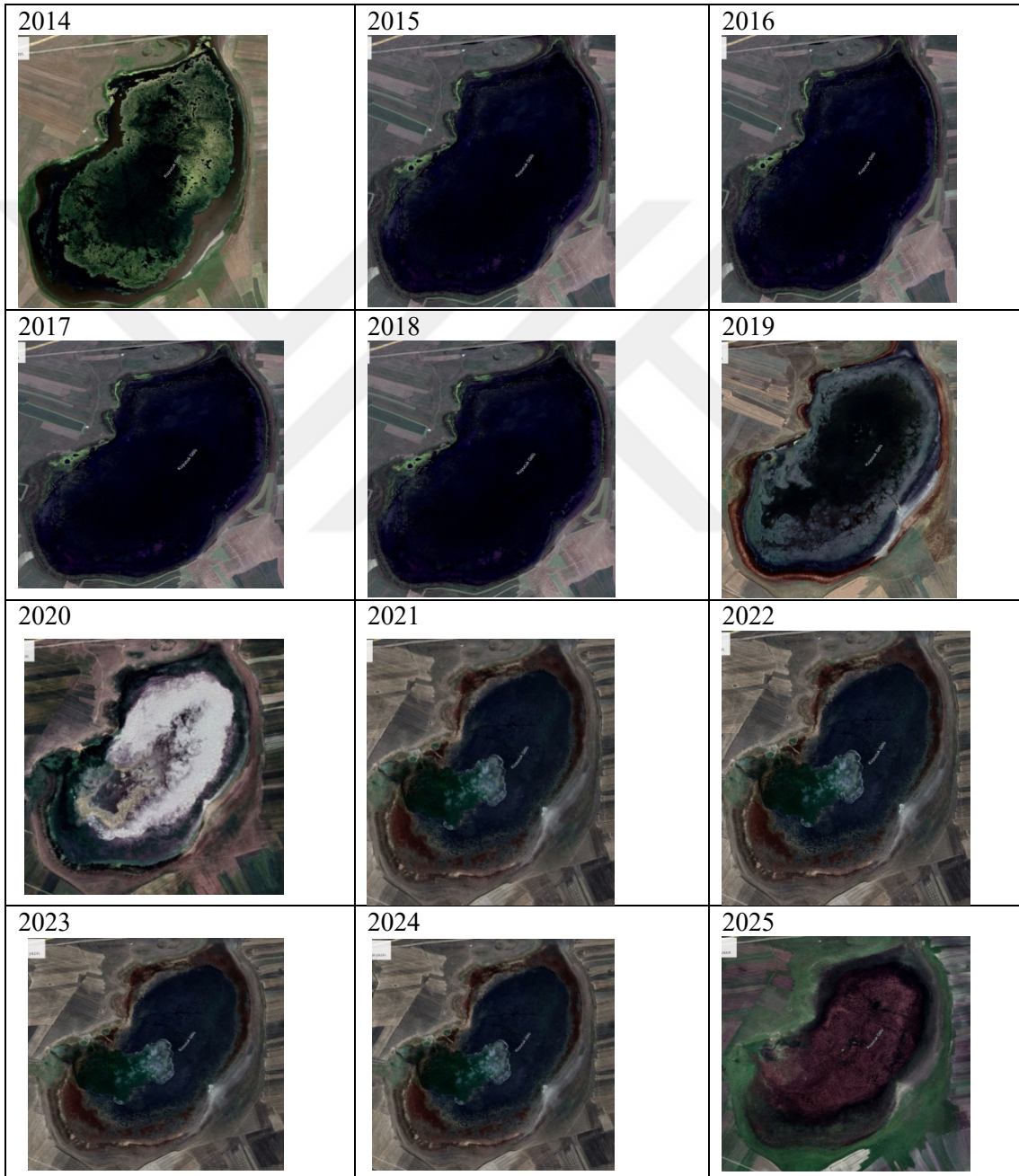
2014–2024 dönemine ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'ne ait Kars Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilmiştir. Veriler Excel ortamında düzenlenmiş, veri bütünlüğü ve tutarlılığı kontrol edilmiştir. Aynı zamanda, 2014, 2019 ve 2024 yıllarına ait göl yüzey alanı değişimi ve uydu görüntüleri (DSİ, 2019) tarafından hazırlanan Kuyucuk Gölü Ramsar Alanı Ön Değerlendirme Raporu verilerine dayalı olarak analiz edilmiştir.

Thornthwaite yöntemine göre belirlenen PET değerleri ile aynı döneme ait aylık yağış verileri karşılaştırılmıştır. Böylece, her yıl için su açığı (deficit) veya su fazlası (surplus) durumu ortaya konmuştur. Bu analiz, Kuyucuk Gölü'nün giderek artan su kayıplarının iklimsel nedenlerle ilişkisini ortaya koymak açısından önemlidir (Çiçek ve Dirican, 2007).

3. BÖLÜM

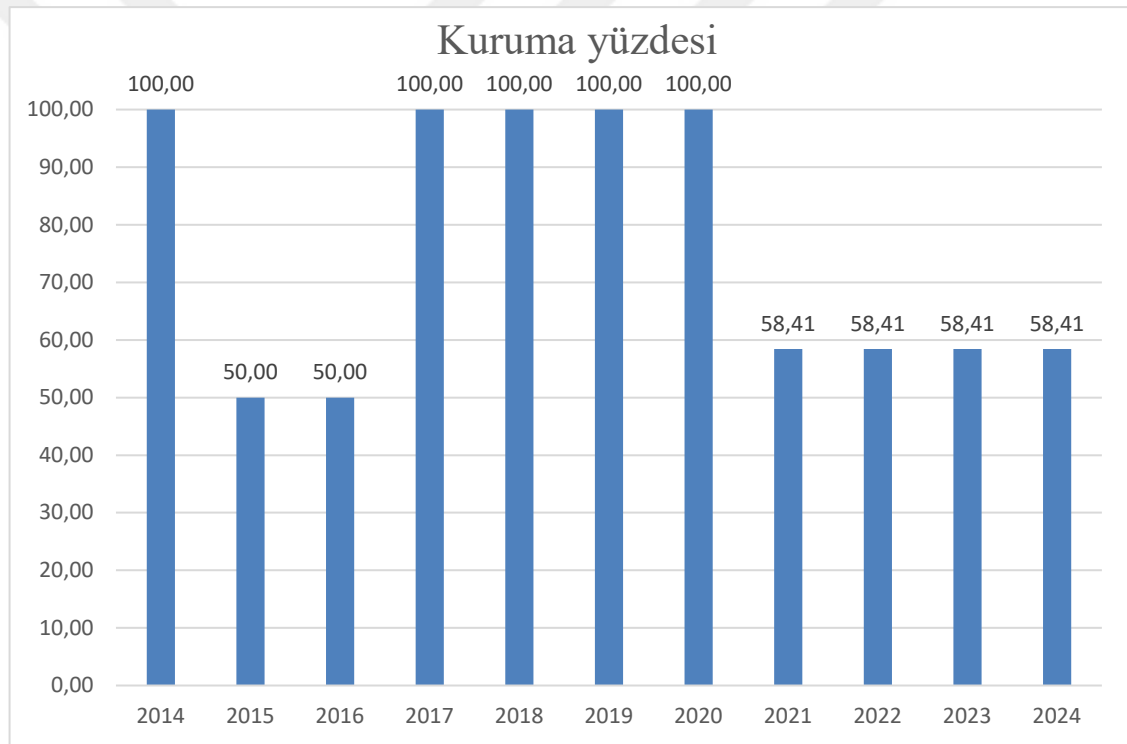
BULGULAR

3.1. GÖL ÇEKİLME SÜRECİNİN GÖRSEL İZLENMESİ



Şekil 4. Kuyucuk Gölü 2014-2025 Yılları Arası Değişimi

Şekil 4 Kuyucuk Gölü'nün 2014–2025 yılları arasındaki su seviyesinin zamansal değişimini ortaya koymak için hazırlanmıştır. Şekildeki görüntüler Google Earth Pro yazılımı kullanılarak, Kuyucuk gölünün her yılın temmuz ayına denk gelen gölün uydu görüntülerinden elde edilmiştir. Çalışma zamanının temmuz ayı olarak seçilmesinin nedeni buharlaşmanın en yüksek ve yağışların en düşük olmasıdır (DSİ, 2019). Çalışmada, her yıl için seçilen temmuz ayı görüntüleri gölün kuruma olmamış hali ile karşılaştırılmış ve gölün o dönemdeki çekilme yüzdesi hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucunda, göl yüzey alanında yıllar içinde meydana gelen su çekilmesi net bir biçimde gözlemlenmiştir.

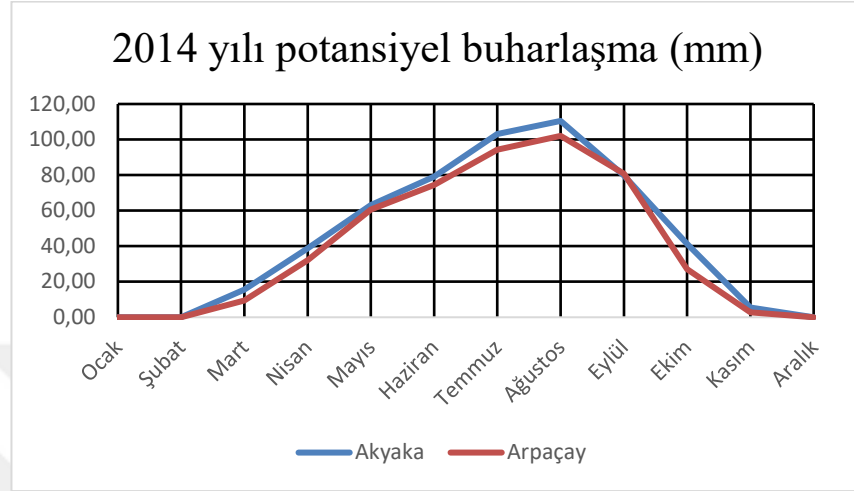


Şekil 5. 2014-2024 yılları arası Kuyucuk Gölü Kuruma Oranları

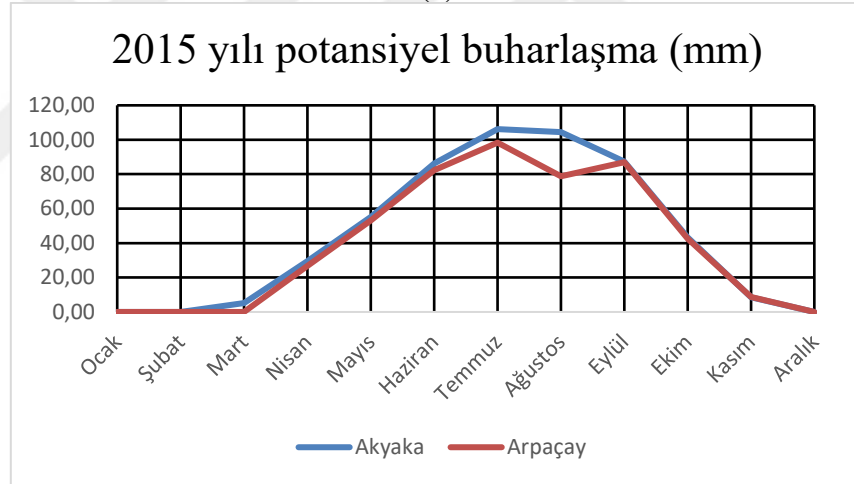
Şekil 5. 2014-2024 yılları arasında Kuyucuk Gölünün kuruma oranlarını göstermektedir. 2014–2019 yılları arasındaki göl alanına dair veriler, Kuyucuk Gölü Ramsar Alanı Ön Değerlendirme Raporuna dayanılarak belirlenmiştir. Bu yıllar arasında gölün yüzey alanında belirgin küçülmeler gözlemlendiği rapor edilmiştir (DSİ, 2019). 2019–2024 dönemi için ise ilgili döneme ait Google Earth pro programı uydu görüntüleri kullanılarak gölün yüzey alanı belirlenmiş ve gölün normal şartlardaki alanı

ile kıyaslanarak göldeki çekilme durumu hesaplanmıştır. Bu dönemde ise 2019 ve 2020 yılları arasında gölde belirgin bir kuruma tespit edilmiştir.

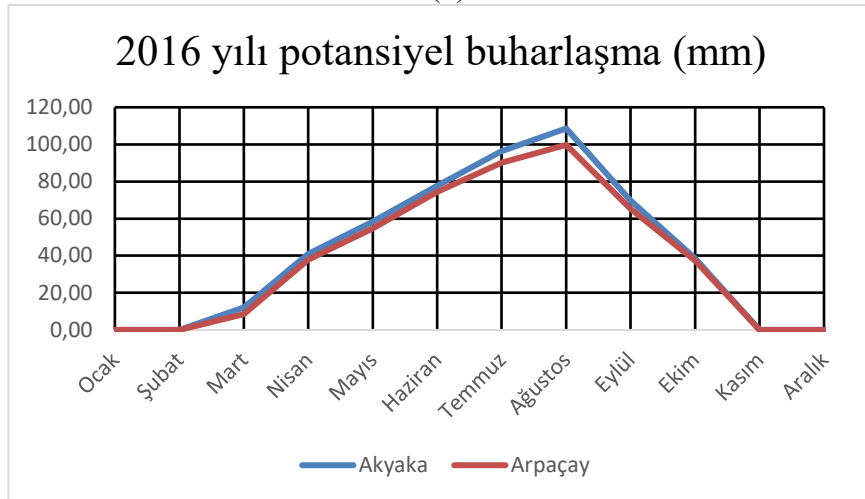
3.2. BUHARLAŞMA DEĞERLERİNİN YILLIK KARŞILAŞTIRMASI



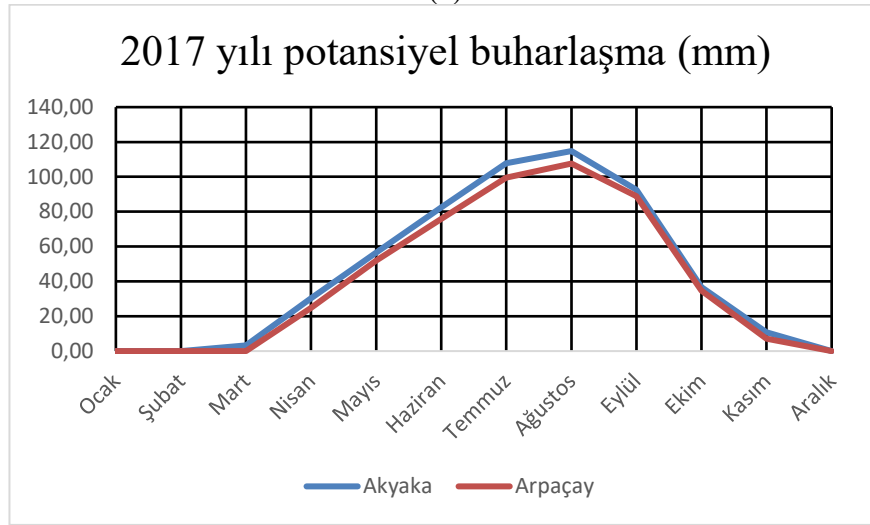
(a)



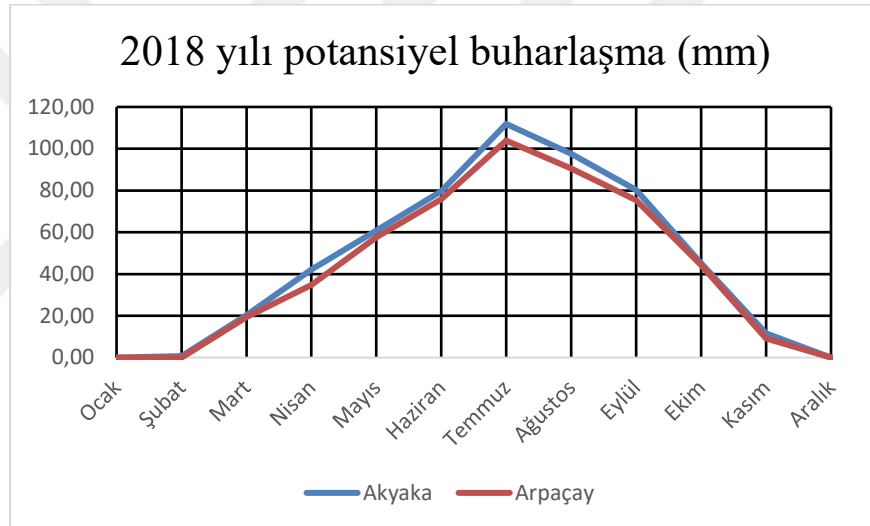
(b)



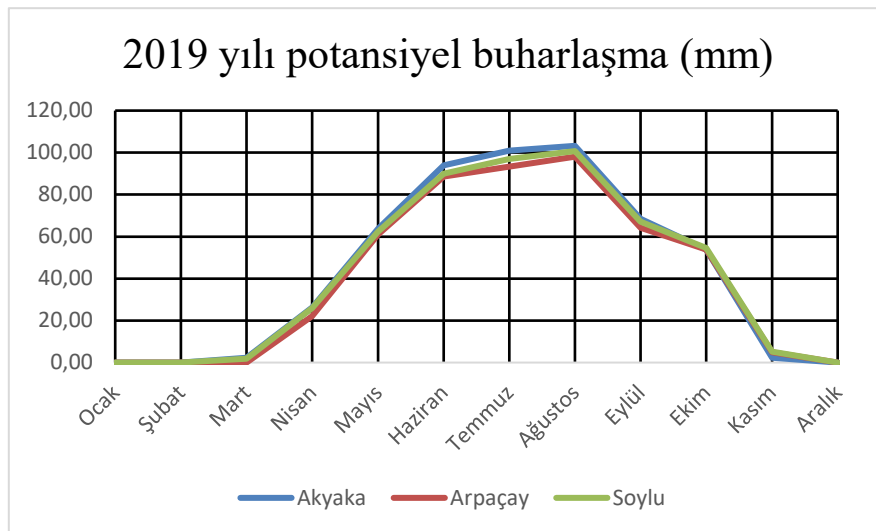
(c)



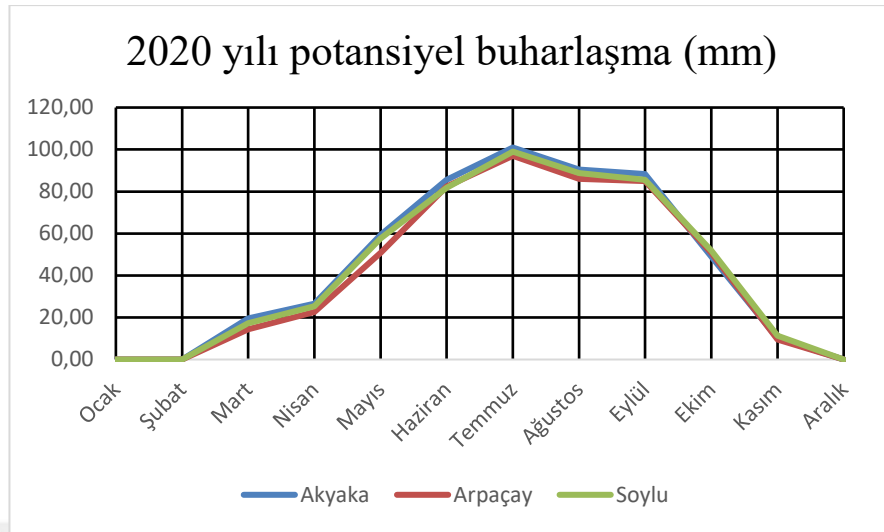
(d)



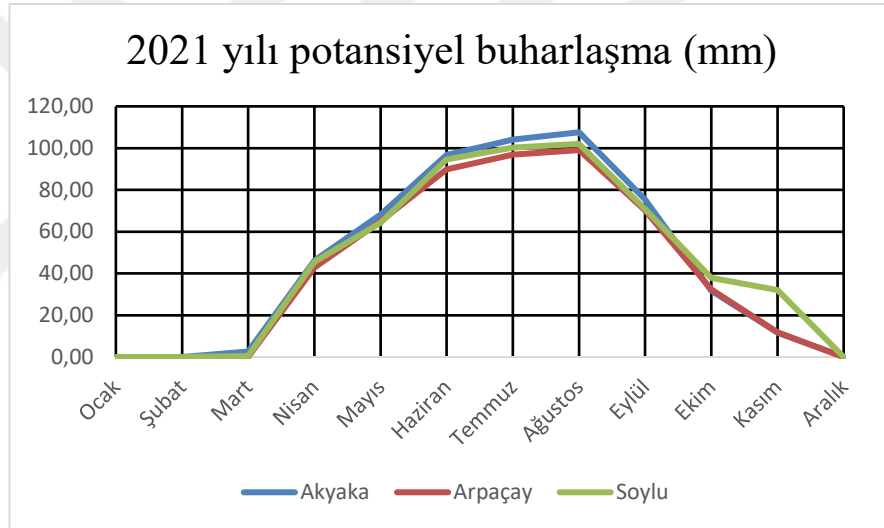
(e)



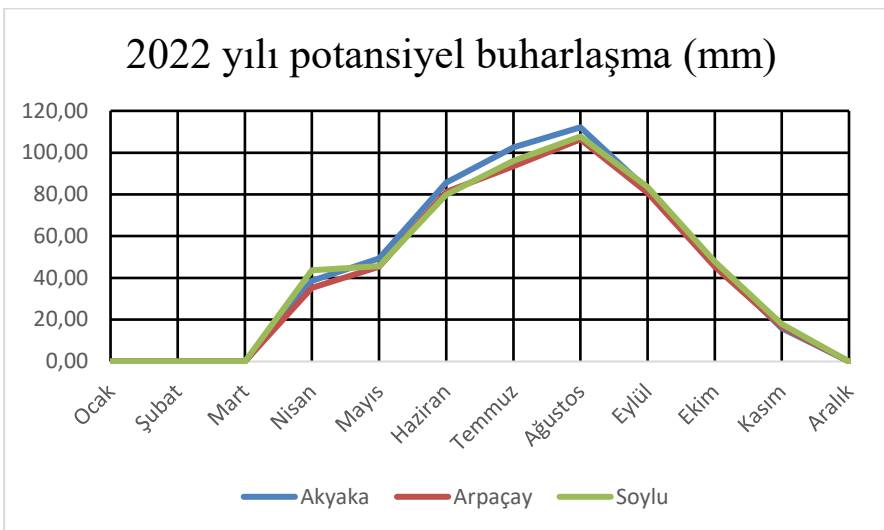
(f)



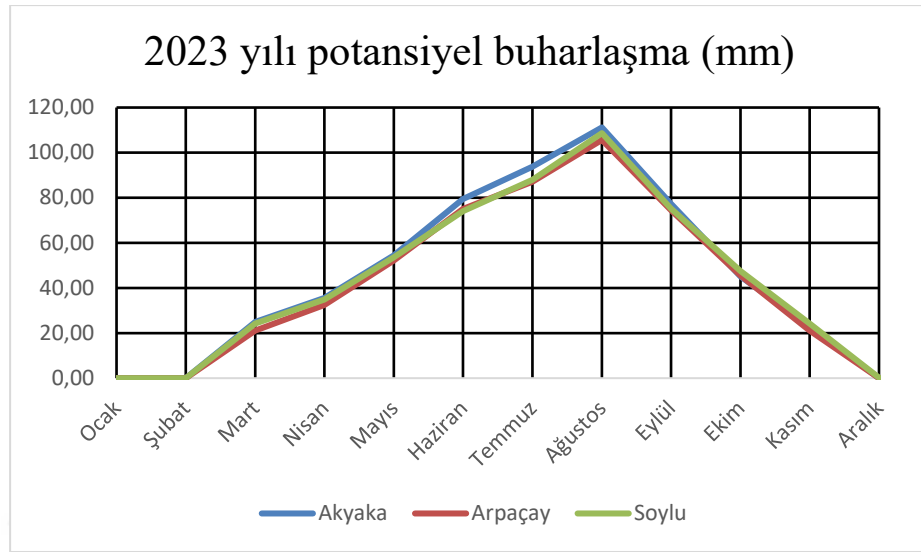
(g)



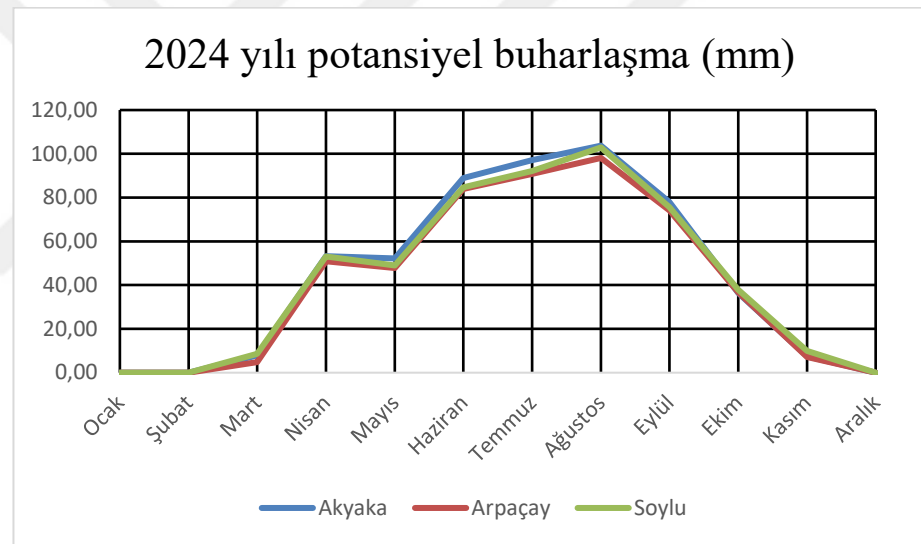
(h)



(i)



(i)

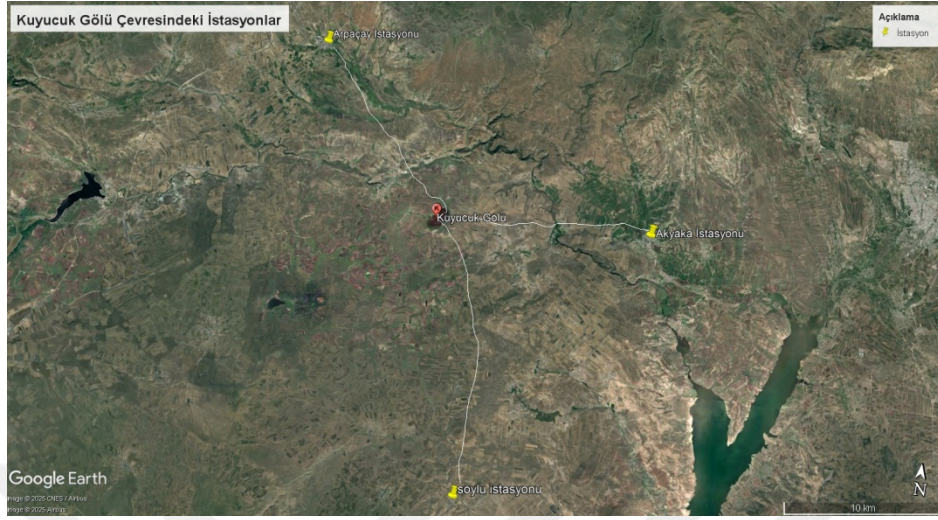


(j)

Şekil 6. Kuyucuk Gölü için thornthwaite yöntemi ile hesaplanan potansiyel buharlaşmanın aylara göre değişimi (a-j)

Kuyucuk Gölü Sulak alan alt havzası ve yakın çevresinde yer alan 3 Meteoroloji gözlem istasyonundan (Akyaka, Arpaçay, Soylu) elde edilen veriler doğrultusunda thornthwaite yöntemi ile hesaplanan potansiyel buharlaşmanın aylara göre dağılımı Şekil 6'da verilmektedir. Hesaplanan buharlaşma değerlerinde genel anlamda aynı eğilim gözlenmektedir. Tüm istasyonlar için Temmuz ve Ağustos aylarında yağışın

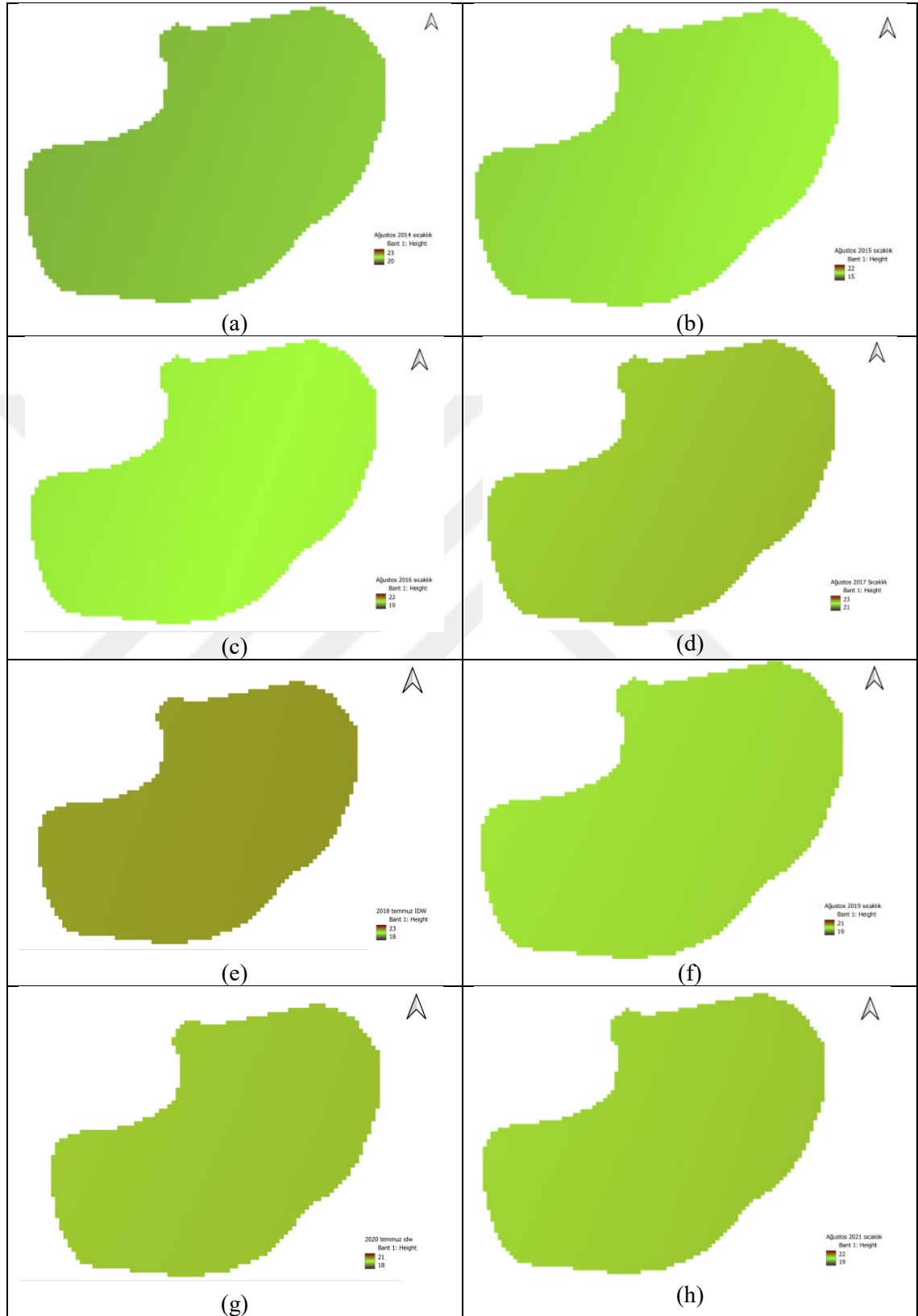
azalması ve sıcaklığın artmasına bağılı olarak buharlaşma miktarının en yüksek değere ulaştığı görülmektedir.

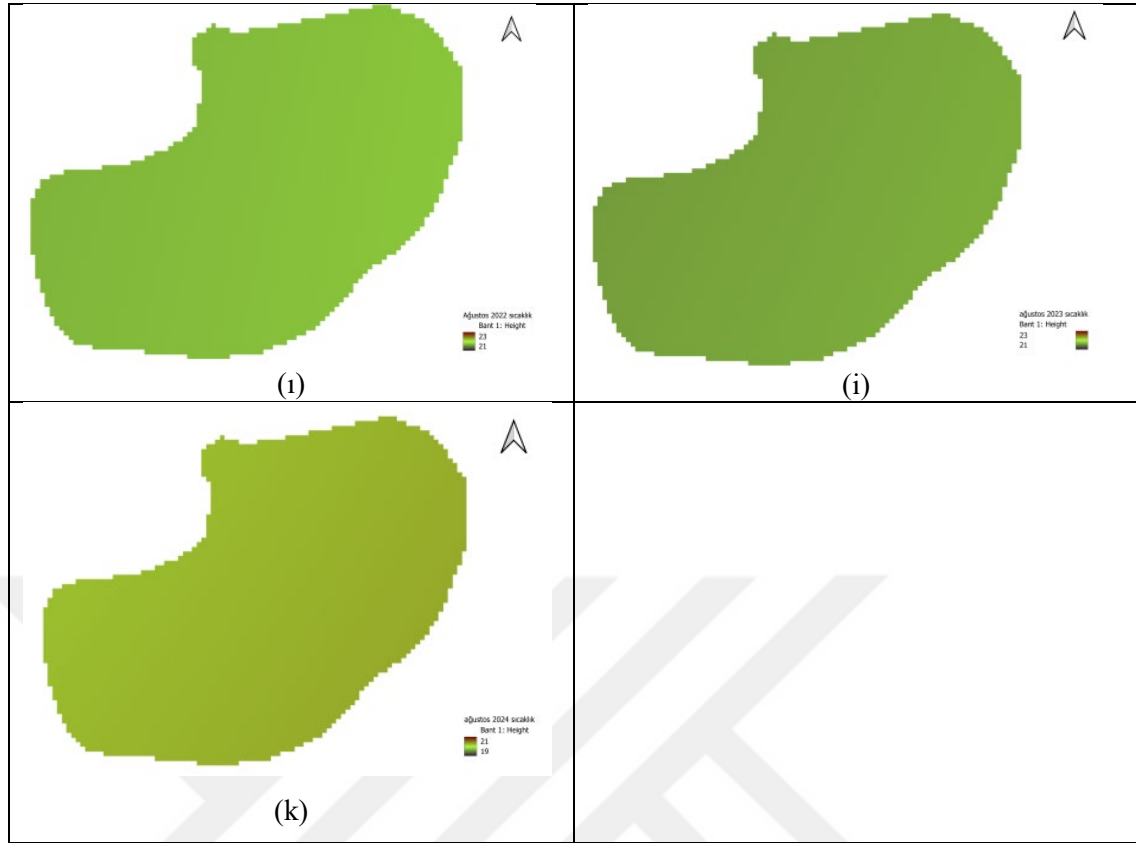


Şekil 7. Kuyucuk Gölü çevresindeki istasyonlar

Şekil 7 çalışma alanı olan Kuyucuk Gölü ile çevresinde bulunan Akyaka, Arpaçay ve Soylu meteoroloji istasyonlarının konumlarını göstermektedir. Arpaçay istasyonu gölün yaklaşık 12 km kuzeybatısında, Arpaçay ilçesi yakınlarında yer almakta olup tarım alanları ve akarsu vadisi çevresini temsil etmektedir. Akyaka istasyonu gölün yaklaşık 20 km doğusunda, plato üzerinde kurulmuş olup mera ve tarım arazilerinin yaygın olduğu sahayı temsil etmektedir. Soylu istasyonu ise gölün yaklaşık 25 km güneyinde, daha dalgalı plato yüzeyinde ve step örtüsünün hâkim olduğu bir alanda yer almaktadır.

3.3. KUYUCUK GÖLÜ ISI HARİTALARI





Şekil 8. Kuyucuk gölü temmuz ayı sıcaklık haritası

Şekil 8 kuyucuk gölünün 2014 (a), 2015 (b), 2016 (c), 2017 (d), 2018 (e), 2019 (f), 2020 (g), 2021 (h), 2022 (i), 2023 (i) ve 2024 (k) temmuz ayına ait sıcaklık haritasını göstermektedir. Haritalarda sıcaklık değerleri en düşük 18 °C ve en yüksek 23 °C arasında değişmektedir. Bu değerler, bölgedeki Temmuz ayı sıcaklıklarının nispeten ılıman olduğunu göstermektedir. Sıcaklık dağılımı haritada oldukça homojen görünmekte; bu da bölgedeki sıcaklık farklarının düşük olduğunu işaret eder. Haritanın genelinde açık yeşil tonlar hakim olup, sıcaklıklar büyük ölçüde 20-21 derece civarındadır. Bu durum, Temmuz ayı için bölgedeki stabil sıcaklık koşullarını yansıtmaktadır. Harita üzerinde belirgin sıcaklık zonları veya ani değişim alanları gözlemlenmemektedir, bu da sıcaklığın mekânsal olarak geniş bir alanda dengeli dağıldığını göstermektedir.

2014–2016 (a, b, c) yılları arasında Soylu İstasyonu’na ait sıcaklık verileri bulunmadığından, bu yıllara ait sıcaklık tahmini için Akyaka ve Arpaçay istasyonlarından elde edilen verilere dayanılarak IDW enterpolasyon yöntemi ile sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.

3.4. GÖLETLERİN SU TUTMA KAPASİTELERİ VE GÖLE ETKİLERİ

Tablo 10’da verilen bilgiler doğrultusunda kuyucuk gölü havzasında inşa edilen 6 adet göletin minimum su tutma kapasitesi Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Kuyucuk gölü havzasında inşa edilen göletleri minimum su tutma kapasitesi

	Gövde (m)	Yüksekliği (Min)	Su Tutma Alanı (Min)	Hacim (m ³)
Gölet 1	4		1 hektar	40.000
Gölet 2	4,5		0,5 hektar	22.500
Gölet 3	4		0,9 hektar	36.000
Gölet 4	4		1,5 hektar	60.000
Gölet 5	4		0,8 hektar	32.000
Gölet 6	7		1,8 hektar	126.000
Toplam				316.500

Tablo 11’den de anlaşılacağı üzere kuyucuk gölü havzasına hayvan içme suyu olarak inşa edilen 6 adet göletin toplam su tutma kapasitesi minimum 316.500 m³’tür.

Kuyucuk gölünün yüzey alanının 170 hektar yani 1.700.000 m², ortalama derinliğin 2 m ve maksimum su tutma kapasitesinin 2.637.311 m³ olduğu rapor edilmiştir (DSİ, 2019).

Bu değerlerin göle etkisi;

$$Yükseklik (m) = \frac{Hacim (m^3)}{Alan (m^2)}$$

$$Yükseklik (m) = \frac{316.000 (m^3)}{1.700.000 (m^2)}$$

Yükseklik 0,1862 m ➔ 18,62 cm olmaktadır.

Bölge havzasında inşa edilen 6 göletin toplam su tutma kapasitesi yaklaşık 316.500 m³ olup, bu miktar Kuyucuk Gölü’nün mevcut yüzey alanı üzerinden değerlendirildiğinde, göl seviyesinde yaklaşık 18,6 cm’lik bir yükselme sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Özellikle kuraklık dönemlerinde göl hacminin büyük oranda

azalması dikkate alındığında, bu miktarın göl su seviyesi ve ekosistem dengesi açısından önem arz ettiği değerlendirilmektedir.

Göletlerde tutulan suyun 2023 yılındaki göl seviyesine etkisi hesaplanacak olursa;

Şekil 5 incelendiğinde, 2023 yılında gölün yüzeyindeki çekilmenin yaklaşık olarak %58 olduğu görülmektedir. Yani gölün kalan yüzey alanı %42 olarak bulunur.

Yani gölün 2023 yılındaki yüzey alanı $1.700.000 \text{ m}^2 \times 0,42 = 714.000 \text{ m}^2$ alana denk gelmektedir.

Göletlerde tutulan suyun tamamının göle ulaştığı varsayılarak 2023 yılındaki göl yüzeyi alanına göre yeniden bir hesaplama yapılırsa;

$$Yükseklik (m) = \frac{316.000 (m^3)}{714.000 (m^2)}$$

Yükseklik 0,44257 m → 44,26 cm olmaktadır.

Yani 2023 yılında %58'lik bir su çekilmesi yaşayan kuyucuk gölüne göletlerde tutulan suyun tamamı ulaşıyorsa göl seviyesi 44,26 cm daha yukarıda olacaktı. Bu 44,26 cm'nin göle ulaşmasıyla göldeki su çekilme yüzdesi,

- Maksimum göl hacmi (tam dolu): $2.637.311 \text{ m}^3$
- %58 çekilme var → kalan su hacmi: $2.637.311 \times (1-0,58) = 1.107.670,6 \text{ m}^3$
- Göletlerden gelen su hacmi: 316.500 m^3

Göletlerdeki toplam su geldiğinde;

$$1.107.670,6 \text{ m}^3 + 316.500 \text{ m}^3 = 1.424.170,6 \text{ m}^3 \text{ su eder. Bu da;}$$

$$Yeni çekilme (\%) = 1 - \frac{1.424.170,6 (m^3)}{2.637.311 (m^3)}$$

$$Yeni çekilme (\%) = 1 - 0,5404$$

$$Yeni çekilme (\%) = 45,99 \rightarrow \sim \%46 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Yani kuyucuk göl havzasına yapılan göletlerde tutulan su miktarı 2023 yılında göle ulaşıydu, kuyucuk gölü yüzeyindeki su çekilmesi %58 oranında değil %46 civarında olacaktı.



SONUÇ

Bu çalışmada, Kars ili sınırları içerisinde yer alan Kuyucuk Gölü'nün 2014–2024 yılları arasındaki kuruma süreci; hidrolojik ve meteorolojik veriler ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olanakları kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, göl yüzey alanında anlamlı bir daralmanın yaşandığını göstermektedir. Bu daralmanın temel nedenleri arasında; iklim değişikliğine bağlı olarak yağışlarda gözlenen azalma, sıcaklıklarda yaşanan artış ve buna bağlı olarak artan buharlaşma oranları ile birlikte beşerî faaliyetler (tarımsal su kullanımı, yapılaşma, gölet inşası vb.) önemli rol oynamaktadır.

Şekil 7'de sunulan sıcaklık haritaları, özellikle 2014 sonrası dönemde temmuz aylarında sıcaklık değerlerinin kayda değer biçimde arttığını ortaya koymaktadır. Aynı dönemde yağış miktarlarında da, verilerin tam olmamasına karşın, belirgin bir düşüş eğilimi dikkat çekmektedir (Tablo 6). Bu iki parametrenin ortak etkisiyle, gölde yıllık su bütçesinde ciddi açıklar meydana gelmiş ve sonuç olarak, 2014–2024 yılları arasında göl yüzey alanında ciddi küçülmeler yaşanmıştır (Şekil 5). Uydu görüntülerine dayalı olarak yapılan mekânsal analizler (Şekil 4), bu küçülmeyi hem zamansal hem de görsel açıdan somut biçimde ortaya koymaktadır.

Yıl bazında yapılan analizler, tarımsal faaliyetlerin yoğunlaştığı yaz aylarında buharlaşma oranlarının maksimum seviyelere ulaştığını ve göl seviyesinin en düşük düzeyde seyrettiğini göstermektedir. Göl çevresindeki tarım alanlarının zamanla göl çanağına doğru genişlediği, göl tabanının bitki örtüsüyle kaplandığı ve bu durumun gölün doğal işlevlerini zayıflattığı belirlenmiştir. Gölün sulak alan karakteri giderek işlevsizleşmiş, ekosistem hizmetlerinde azalma meydana gelmiş ve biyolojik çeşitlilik açısından tehditler artmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgular, Kuyucuk Gölü çevresinde sulama ve hayvancılık amaçlı inşa edilen yapay göletlerin gölün su bütçesi üzerindeki etkisini de gözler önüne sermektedir. Tablo 11'de yer alan veriler doğrultusunda, alt havzada bulunan altı göletin toplam su tutma kapasitesi yaklaşık 316.500 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu miktar, gölün mevcut hacmi ile kıyaslandığında önemli bir orana karşılık gelmekte; özellikle kurak dönemlerde göl seviyesinin düşmesine ciddi katkılar sunmaktadır.

Uydu görüntülerine dayalı olarak yapılan mekânsal analizler, göldeki çevresel bozulmanın sayısal değerlerin ötesinde görsel olarak da takip edilebilmesini sağlamış; bu bağlamda gölün ekolojik dengesinin sürdürülebilirlik sınırlarını aştığını göstermiştir. Bu çerçevede, Kuyucuk Gölü ve çevresindeki doğal kaynakların korunabilmesi için entegre bir havza yönetimi yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Ramsar Sözleşmesi'nin akılcı kullanım ilkeleri dikkate alınarak, yerel ve ulusal su politikalarının yeniden yapılandırılması büyük önem arz etmektedir.

Araştırmada ayrıca, Kuyucuk Gölü'nde gözlenen su seviyesi azalmasının temel nedenlerini iklimsel değişkenler ve insan etkileri ekseninde incelemiş ve gölün geleceği açısından önemli riskleri ortaya koyulmuştur. Bölgede azalan yağış miktarı ve artan sıcaklık değeri potansiyel buharlaşmayı artırarak su bütçesini olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca alt havzadaki göletlerin toplam kapasitesi ve etkileri, gölün mevcut durumunu daha da kırılgan hâle getirmiştir.

Kuyucuk Gölü, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri açısından kritik bir sulak alan konumundadır (Sevindi, 2013). Gölün çekilmesi, kuş türleri başta olmak üzere birçok canlı türü için yaşam alanı kaybına neden olmakta ve ekolojik dengeyi tehdit etmektedir. Bu bağlamda, sulak alanların korunması için etkili stratejiler geliştirilmelidir. CBS ve uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımıyla uzun vadeli izleme programları oluşturulmalı, su kaynaklarının yönetimi için matematiksel modeller ve karar destek sistemleri geliştirilmelidir.

Çalışmanın sınırlılıkları arasında bazı yıllara ait veri eksiklikleri ve mekânsal ölçekteki kısıtlamalar yer almaktadır. Gelecek araştırmalarda, multidisipliner yaklaşımlarla ve yerel paydaşların katılımıyla hem hidrolojik hem de sosyoekonomik etkilerin daha kapsamlı analiz edilmesi önerilmektedir. Bu sayede Kuyucuk Gölü ve benzeri sulak alanların sürdürülebilir biçimde korunmasına yönelik bilimsel ve uygulanabilir çözümler geliştirilebilecektir.

KAYNAKÇA

- Akgün, M. (2023). A Study on Monitoring of Chlorophyll-a Level by Remote Sensing Uzaktan Algılama ile Klorofil- a İzlenmesi Üzerine Bir Çalışma. 1(1), 41–47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8074879>
- Aksu, H. H., & Güngör, A. (2020). Burdur ili yağış potansiyeli analizi ve değerlendirilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 308–322.
- Anadolu Ajansı. (2019). Türkiye'nin 13. Ramsar alanı Kuyucuk Gölü tamamen kurudu. <https://www.aa.com.tr>
- Artun, A. (2022). *İklim değişikliği ve Doğu Anadolu'daki su varlıklarına etkisi*. Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Bullock, A., & Acreman, M. (2003). The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7(3), 358–389.
- Çelik, S., & Gümüş, S. (2021). Uzaktan algılama ve CBS ile göllerde su seviyesi değişimlerinin belirlenmesi: Van Gölü örneği. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 14(2), 22–33.
- Çiçek, İ., & Dirican, M. (2007). Türkiye’de kuraklık analizleri ve kuraklık indekslerinin değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Dergisi*, 22(2), 33–48.
- Çoban, E. (2019). “Kuyucuk Gölü Ramsar Alanı Kurumasına İlişkin Ön Değerlendirme Raporu (21–24 Haziran 2019 Arazi Çalışması)”, Rapor, İstanbul Teknik Üniversitesi – Çevre Mühendisliği Bölümü, Kars Valiliği koordinasyonu.
- Doğa Derneği. (2010). Kuyucuk Gölü: Önemli Doğa Alanları kitapçığı (DOG025). Doğa Derneği Yayınları
- DSİ. (2017). *Aras Havzası Master Plan Raporu*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı.
- Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D. T., & Lise, Y. (2006). *Türkiye'nin önemli doğa alanları*. Doğa Derneği Yayınları.
- Ertürk, A. (2016). Türkiye'de sulak alanların sosyoekonomik önemi. *Kırsal Kalkınma ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 4(2), 33–47.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

- İçağa, Y., & Taş, E. (2018). IDW yöntemi ile mekânsal yağış tahminlerinin belirlenmesi: Bartın ili örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 395–403.
- İzbırak, R., 1990, Sular Coğrafyası, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, İstanbul, 243 s.
- Kaplan, C. H. (2023). Hidrolojik verilerin alansal dağılımında farklı enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması: uygulama konya kapalı havzası. *Accident Analysis and Prevention*, 183(2), 153–164.
- Kapluhan, E. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri'nin (CBS) coğrafya öğretiminde kullanımının önemi ve gerekliliği. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 29, 34–59. <https://doi.org/10.14781/mcd.85148>
- Kayran, B., & Gülersoy, N. Z. (2021). Sulak alanların karbon yutak kapasitesi: Ekolojik ve iklimsel bağlamda değerlendirme. *Ekoloji Dergisi*, 30(120), 58–70.
- Keskiner, A. D. (2018). Taban suyu derinlikleri için grid tabanlı yeni bir optimizasyon modeli geliştirilmesi ve bazı geleneksel istatistik yöntemlerle karşılaştırılması: Aşağı Seyhan Havzası örneği. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35(2), 1–10.
- Kiage, L., & Douglas, P. (2019). Linkages between land cover change, lake shrinkage, and sublacustrine influence determined from remote sensing of select Rift Valley Lakes in Kenya. *Science of the Total Environment*, 709, 136022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136022>
- Korkmaz, M. (2019). Türkiye’de göl kuruma süreçleri ve iklim değişikliği ile ilişkisi. *Coğrafya Dergisi*, 78, 45–58. <https://doi.org/10.17211/cografya.542108>
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). *Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis*. World Resources Institute.
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands* (5th ed.). Wiley.
- Nandi, D., Chowdhury, R., Mohapatra, J., Mohanta, K., & Ray, D. (2018). Automatic delineation of water bodies using multiple spectral indices. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 4(4), 498–512.
- Öztürk, M., Aydın, E., & Güler, H. (2021). Kuyucuk Gölü’nde su çekilmesinin çevresel etkileri. *Ekosistem Araştırmaları Dergisi*, 12(3), 213–226.
- Ramsar Convention Secretariat. (1971). *The Ramsar Convention on Wetlands*. Ramsar, Iran.

- Ramsar Secretariat. (2018). *State of the world's wetlands and their services to people*. Ramsar Convention Secretariat.
- Sevindi, C. (2013). Ekoturizm ve kuş gözlemciliği açısından Kuyucuk Gölü kuş cenneti (Arpaçay-Kars). *Türk Coğrafya Dergisi*(61), 63-76. <https://doi.org/10.17211/tcd.47003>
- Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In *Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference* (pp. 517–524). ACM.
- Sherman, G. (2017). *The QGIS Training Manual*. Locate Press.
- Şahin, S., & Yılmaz, A. (2020). Ekoturizm ve sulak alanlar: Türkiye'deki Ramsar alanlarının turizm potansiyeli. *Turizm ve Çevre Dergisi*, 8(1), 91–108.
- Şensoy, S. (2008). Türkiye'de Thornthwaite yöntemi ile iklim sınıflandırması. *Meteoroloji Dergisi*, 82(2), 23–32.
- Şimşek, N. (2008). Sosyal bilgiler dersinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisinin kullanılması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 16(1), 191–198.
- Taylan, E. D., & Damçayırı, D. (2016). Isparta bölgesi yağış değerlerinin IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemleri ile tahmini. *Teknik Dergi*, 459, 7551–7559.
- Tecim, V. (2008). *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Harita tabanlı bilgi yönetimi* (1. baskı). Nobel Yayın Dağıtım.
- Thornthwaite, C.W., 1948. An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38(1), 55–94.
- Türkeş, M. (1996). Türkiye'de kuraklık olaylarının iklimsel analizleri. *Türkiye Meteoroloji Dergisi*, 45(1), 35–48.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2021). *Water and climate change report*. UNEP.
- United Nations. (2018). *Sustainable Development Goal 6: Synthesis report 2018 on water and sanitation*. United Nations.
- Usowicz, B., Lipiec, J., Lukowski, M., & Slominski, J. (2021). Improvement of spatial interpolation of precipitation distribution using cokriging incorporating rain gauge and satellite (SMOS) soil moisture data. *Remote Sensing*, 13(5), 1039.

- Uysal, C., Uysal, M. M., Uysal, M. (2020). Urban growth simulation with GIS-based cellular automata approach: The case of [city name]. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 2(1), 26–36.
- Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, 380(1–3), 48–65.
- Watson, D. F., & Philip, G. M. (1985). A refinement of inverse distance weighted interpolation. *Geo-Processing*, 2(4), 315–327.
- Yalçın, M. (1985). Set gölleri ve oluşum mekanizmaları üzerine araştırmalar. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 9(2), 45–60.
- Yavuz, H., & Erdoğan, S. (2012). Spatial analysis of monthly and annual precipitation trends in Turkey. *Water Resources Management*, 26(3), 609–621.

EKLER

EK 1. ORJİNALLİK RAPORU FORMU



**ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

**ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE SAĞLIĞI ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA**

Tarih: 17/09/2025

Tez Başlığı: Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Analiz ile Kars ili Arpaçay ilçesi Kuyucuk Gölü'ndeki Su Çekilmesinin Nedenlerinin Araştırılması

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 38 sayfalık kısmına ilişkin, 17/09/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %5 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- ☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç
- 2- ☒ Kaynakça hariç
- 3- ☒ Alıntılar dâhil
- 4- ☒ 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nde belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

17/09/2025

Adı Soyadı:	Selma ULUTAŞ
Öğrenci No:	22408400010
Ana Bilim Dalı:	Çevre Sağlığı Anabilim Dalı
Programı:	Çevre Sağlığı
Statüsü:	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

UYGUNDUR.

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AKGÜN

Detaylı Bilgi: <https://www.ardahan.edu.tr/birim.aspx?id=1002003>

EK 2. ETİK KURUL MUAFİYET FORMU

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE SAĞLIĞI ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 17/09/2025

Tez Başlığı: Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Analiz ile Kars ili Arpaçay ilçesi Kuyucuk Gölü'ndeki Su Çekilmesinin Nedenlerinin Araştırılması

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır,
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir.
4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, mülakat, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.

Tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kurul/Komisyon'dan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

17/09/2025

Adı Soyadı: Selma ULUTAŞ
 Öğrenci No: 22408400010
 Ana Bilim Dalı: Çevre Sağlığı Anabilim Dalı
 Programı: Çevre Sağlığı
 Statüsü: ☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

UYGUNDUR.

 Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AĞÜN

Detaylı Bilgi: <https://www.ardahan.edu.tr/birim.aspx?id=1002003>

Telefon: 0-4782117522

Faks: 0-4782117523

E-posta: sbe@ardahan.edu.tr

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Selma ULUTAŞ

Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Ardahan Üniversitesi/ İnsani Bilimler Ve Edebiyat
Fakültesi/ Coğrafya Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Ardahan Üniversitesi/ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü/
Çevre Sağlığı Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller :

Bilimsel Faaliyetleri :

İş Deneyimi

Stajlar :

Projeler :

Çalıştığı Kurumlar : Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O.

İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih

Jüri Tarihi :17.09.2025