



TÜRKİYE VE DÜNYADA FİZİKİ COĞRAFYA

Editör: Doç.Dr. Kadir TUNCER

yaz
yayınları

Türkiye ve Dünyada Fiziki Coğrafya

Editör

Doç.Dr. Kadir TUNCER

yaz
yayınları

2025

Türkiye ve Dünyada Fiziki Coğrafya

Editör: Doç.Dr. Kadir TUNCER

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8574-01-2

Aralık 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

ESA (European Space Agency) WorldCover 2021 Projesi Verilerine Göre Ağlasun (Burdur) İlçesinde Arazi Örtüsü ve Araziden Faydalanma Özelliklerinin Jeomorfolojik Bağlamda Değerlendirilmesi	1
<i>Abdulkaki ASLAN, Kadir TUNCER</i>	
Türkiye’deki Küçük Buzul Çağı’na ait Paleoklimatik Kayıtlar ve Etkileri.....	34
<i>İlyas Sadık TEKKANAT</i>	
Vangölü Havzasında Kesin Korunacak Hassas Alanlar Kapsamına Alınan Bazı Göllerin (Kazlı Gölü, Akgöl, Değirmigöl ve Tuz Gölü) Doğal Ortam Özellikleri ve Ekosisteminin Coğrafi Açından Değerlendirilmesi.....	55
<i>Bülent MATPAY</i>	
Sulak Alanlarda Toprak Kirliliği	82
<i>Ekrem MUTLU, Dilara KIVANÇ</i>	
Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Icona Modeliyle Potansiyel Erozyon Riskinin Belirlenmesi: Özalp Çayı (Memedik Çayı) Havzası Örneği	104
<i>Bülent MATPAY</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

**ESA (EUROPEAN SPACE AGENCY)
WORLDCOVER 2021 PROJESİ VERİLERİNE
GÖRE AĞLASUN (BURDUR) İLÇESİNDE
ARAZİ ÖRTÜSÜ VE ARAZİDEN
FAYDALANMA ÖZELLİKLERİNİN
JEOMORFOLOJİK BAĞLAMDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Abdulkaki ASLAN¹

Kadir TUNCER²

1. GİRİŞ

10.000 yıla yakın bir süreçten bu yana yerleşme açısından sürekli bir döngü içerisinde olan Anadolu (Gür & Sağlık, 2024) bu hiyerarşik döngüyü günümüzde de kesintisiz şekilde devam ettirmektedir. Yerleşik hayata geçişle birlikte toprağın işlenmesi, hayvancılığın gelişmesiyle doğal örtüde meydana gelen değişiklikler, bilim ve teknolojiye ilerlemeler gibi etkilerle yaşanan bölgede görülen arazi örtüsü değişiklikleri, günümüzde artan nüfusun da katkısıyla çok daha çeşitli (maden, orman işletmesi, sera, sanayi vb.) ve geniş alanlı bir şekilde değişime hızla devam etmektedir (Özoğul, 1989, s. 85-86; Kayan & Mardinli, 2020, s. 260).

Tanım olarak arazi “jeolojik temel üzerinde iklim koşullarının kontrolünde oluşmuş yeryüzü şekillerini

¹ Doktora öğrencisi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya ABD, bakiaslan028@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6621-7075.

² Doç. Dr. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, tunkadir@gmail.com, 0000-0002-8222-0116.

(jeomorfolojik unsurları), toprak ve doğal bitki örtüsü ile suları kapsayan, insan ve diğer canlıların etkisiyle değişime uğramış coğrafi ortamın birebir kendisi olup hayatın sürdürülmesi veya kolaylaştırılması için ihtiyaç duyulan pek çok şeyin üretildiği doğal kaynaktır.” şeklinde açıklanmıştır (Özçağlar, 2024, s. 361). Arazi kullanımı ya da daha doğru ve tanımsal olarak daha kapsayıcı bir karşılık olan “araziden faydalanma” (Özçağlar, 2024, s. 372) ise Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından “Arazinin sosyo-ekonomik tanımına (işlevsel boyut) karşılık gelen (endüstriyel veya ticari amaçlarla, tarım veya ormancılık için, rekreasyon veya koruma amaçlı vb. kullanılan bölgeler) alanlar” olarak tanımlanmıştır (EEA, 2025). Gözenç (1980) ise araziden faydalanmayı genel anlamda arazinin halihazırdaki kullanım tespiti, değer bakımından sınıflandırılması ve kullanım şeklinin planlanması şeklinde ifade etmektedir.

Araziden yararlanma özelliklerinin dağılışında etkili olan başlıca coğrafi faktörler iklim, yeryüzü şekilleri (jeomorfoloji), bitki örtüsü, yükselti ve su kaynaklarıdır (Özçağlar, 2009, s. 12; Türkan, 2013, s. 57). Bu kapsamda coğrafi özellikler ile araziden faydalanma arasındaki ilişkiyi ve araziden faydalanma boyutunda dağılımsal oranları farklı araştırma ve tespit yöntemleri kullanarak ortaya koymayı amaçlayan yerli ve yabancı bir çok araştırma (Arınç, 1991; Özdemir, 1996; Şengün, 2000; Hayli, 2002; Özgül, 2003; Taş, 2006; Erol, 2007; Bahadır & Özdemir, 2008; Elmastaş, 2008; Ege, 2008; Özşahin, 2010; Taş & Yakar, 2010; Özşahin, 2011; Özşahin, 2015; Kurt & Duman, 2016; Çolak & Memişoğlu, 2018; Döker & Gül, 2019; Canpolat & Dağlı, 2020; Quesada-Román, Castro-Chacón & Boraschi, 2021; Tuncer & Deniz, 2023; Durak & Cürebal, 2023; Bayrak, 2023) bulunmaktadır.

Her biri ayrı bir önem ihtiva eden coğrafi koşullar içerisinde jeomorfolojik özelliklerin arazi kullanım üzerindeki etkisi ve bu tesirin ortaya çıkaracağı muhtemel problemler veya

kolaylıklar tartışmasız şekilde toplum ihtiyaçlarını karşılama ve araziden yararlanma boyutunda temel belirleyicidir. Nitekim arazinin işlenmesinden yüzey ve yeraltı sularının yönelimine, doğal mağara sistemlerinin gelişiminden korunaklı yüksek alanların belirlenmesine ve daha birçok örnekle açıklanacak olan yerleşme ve dolayısıyla arazi kullanımı üzerindeki jeomorfolojik etki, üzerinde durulması gereken coğrafi parametrelerin başında gelir (Özşahin, 2010, s. 2; Erinç, 2015; Nazik, 2018, s. 23). Bu bağlamda araziden faydalanma ve jeomorfoloji arasındaki ilişkiyi değerlendirmek çalışmanın esas konusunu oluşturmaktadır.

Arazi kullanımı ve değişimlerine yönelik 1990-2018 yılı arasında Avrupa kıtası ölçeğinde Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) (European Environment Agency (EEA)) tarafından belirlenen kriterler doğrultusunda doğal kaynakların mantıklı bir biçimde değerlendirilmesi, arazideki çevresel değişimlerin tespit edilmesi ve çevreyle ilgili temel politikaların oluşturulmasına zemin hazırlamak amacıyla periyodik dönemlerde CORINE Projesi kapsamında hazırlanan veriler günümüze kadar ulusal ve uluslararası anlamda akademik yayınların temelini oluşturmakta ve güncel çalışmalara konu ve kaynak oluşturmaya devam etmektedir (Canpolat & Dağlı, 2020; Petrişor, Sirodoev, & Ianoş, 2020; Sarı & Vapur, 2025; Peker, Çalışkan, Bora, İnan, & Uçaner, 2025; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2025). Ancak 20 m çözünürlüğe sahip SPOT, IRS ve RapidEye uydu görüntüleri üzerinden hazırlanan CORINE verilerine kıyasla günümüze daha yakın bir tarihe kadar (2021) olan süreci kapsayan, coğrafi perspektiften daha az gruplandırılmış ve detay ölçeği bakımından daha fazla detaya, 10 m çözünürlüğe sahip ESA veri setinin CORINE verilerine kıyasla daha kullanışlı olduğu düşüncesine dayanılarak ve ayrıca farklı bir arazi kullanım veri platformu olan Esri Land Cover verilerine kıyasen Esri kaynağının Sentinel-2 optik verilerine dayalı, ESA verilerinin ise Sentinel-1/2 uydu verilerini kullanması ve ayrıca radar ve optik verileri entegre

etmesi temeline dayalı bir veri seti hazırlaması sonucu metrik, kapp katsayısı, üretici ve kullanıcı doğruluğu indeksleri yönünde daha nitelikli ve doğru bir veri havuzu sunması dolayısıyla, bu çalışmada temel kaynak olarak kullanılmasının daha doğru bir yaklaşım olacağı kanaatine varılmıştır (Zanaga vd., 2022; Bulut, Ateşoğlu, & Acar, 2025; EEA, 2025; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2025).

1.1. Ağlasun İlçesinin Genel Coğrafi Özellikleri

Burdur iline bağlı Ağlasun ilçesi, Akdeniz Bölgesi'nin Antalya Bölümü sınırları içinde, İç Anadolu'ya yakın Göller Yöresi sahasında yer alır. İlçe, yüz ölçümü 307 km² olup Burdur il merkezinin kuş uçuşu olarak 23 km doğusunda bulunmaktadır. İlçe sahası doğu ve kuzeyden Isparta, güneyden Bucak, güneybatıdan Çeltikçi ve batıdan ise Burdur merkez ilçesi tarafından çevrelenmekte ve 9 köy yerleşmesinden oluşmaktadır (Ceylan, 2015, s. 5; Şekil 1; Foto 1).



Şekil 1. Araştırma sahasının lokasyon haritası



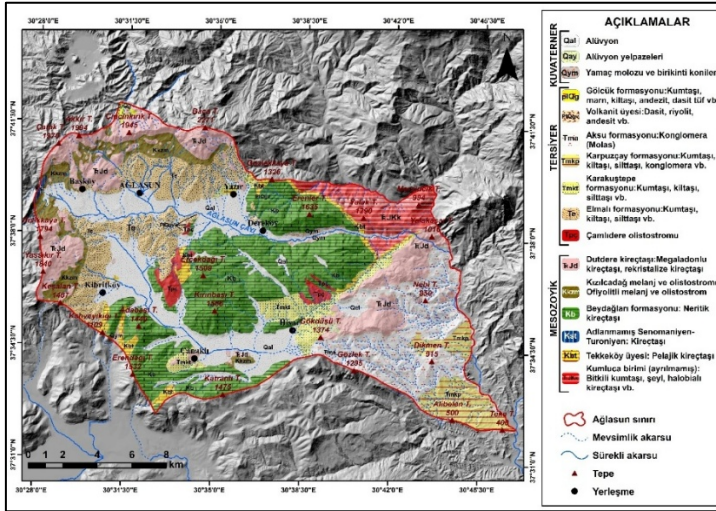
Foto 1. Ağlasun ve çevresinde litolojik birimler

1.2. Ağlasun İlçesinin Genel Jeolojik Özellikleri

Bölge jeolojisi Mesozoyik, Tersiyer ve Kuvaterner zamanda teşekkül etmiş farklı birimlerden meydana gelmiştir. Stratigrafik bakımdan değerlendirildiğinde bölgede yaygınlık gösteren formasyonlar temelde Beydağları Otoktonu ve üzerine bindirme olarak yerleşen Yeşilbarak Napı ile Anadolu'nun en genç bindirme yapılarını karakterize eden ve Batı Toroslar Napı olarak da bilinen Likya Naplarına ait birimlerden oluşur (Ersoy, 1990; Nazik & Poyraz, 2017: 47; Tuncer, 2023: 92). Yeşilbarak Napı, otokton konumlu Beydağları ile en genç bindirme birimlerini temsil eden Likya Napları arasında “ara zon” konumlu bir yapıdadır (Şenel vd., 1987).

Beydağları Otoktonu bünyesinde, ilçenin merkezi kısmında yaygınlık gösteren birimler; Jura-Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşmuş Beydağları Formasyonu (Foto 2; Kb; 72 km²), pelajik kireçtaşı bünyeli Tekkeköy üyesi (Kbt; 7 km²), Daniyen yaşlı kırıntılılarla temsil olunan Çamlıdere Olistostromu (Tpç; 4 km²), Adlanmamış Senomaniyen-Turoniyen Kireçtaşı birimi (Kst; 0,3 km²) Burdigaliyen yaşlı kilitaşı, kumtaşı ve silttaşından oluşan Karakuştepe Formasyonu (Tmkt; 11 km²)’dur. Önalın (1979) tarafından adlandırılması yapılan Yeşilbarak Napı

ise altta Gömbe Birimi, üstte ise Yavuz Birimi olmak üzere iki yapısal birimden oluşmaktadır. Gömbe Birimi içerisinde temsil olunan Elmalı Formasyonu (Te; 33 km²) Üst Lütəsiyen-Alt Burdigaliyen yaşlı türbiditik kumtaşı ve şeyllerden oluşmakla birlikte kumlu-killi kireçtaşı ve kalkarenit vb. seviyeleri de bulunmakta, alansal olarak ilçe sınırlarının batı kesiminde yaygınlık göstermektedir. Sahada Marmaris Ofiyolit Napı ve Domuzdağ Napı ile temsil olunan Likya Napları, bünyesinde Marmaris Ofiyolit Napı'na ait Kızılcadağ Melanj ve Olistostromu (Kkzm; 15 km²) birimi ile Domuzdağ Napı'na ait Dutdere Kireçtaşı (TRJd; 43 km²; Foto 1) ile temsil olunur. Neotokton birimler ise Aksu Formasyonu (Tma; 33 km²), Gölçük Formasyonu (plQg; 1 km²), Volkanit üyesi (plQgv; 0,4 km²), özellikle polye ve flüvyo-karstik vadi ve depresyonlar boyunca yaygınlık gösteren alüvyon sahaları (Foto 2; Qal; 54 km²), alüvyon yelpazeleri (Qay; 1 km²), Ağlasun Polyesinin doğu yönlü uzanan kolunun kuzey ve güney yamaçlarında mevcudiyet gösteren yamaç molozu ve birikinti konileri (Qym; 2 km²) ile saha sınırları içerisinde mevcudiyet göstermektedir (Şekil 2; Şenel, 1997a; 1997b).



Şekil 2. Ağlasun ilçesinin jeoloji haritası

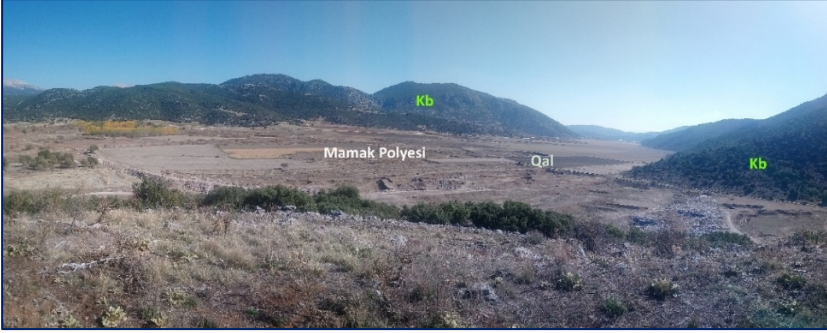


Foto 2. Mamak Polyesi ve çevresindeki litolojik birimler

1.3. Ağlasun İlçesinin İklim ve Bitki Örtüsü Özellikleri

İç Anadolu kurak yarı kurak iklim karakteri ile Akdeniz Bölgesine ait karakteristik Akdeniz iklimi arasında geçiş bölgesi olan Göller Yöresi ve dolayısıyla Ağlasun ilçesi, etrafının dağ kütleleri ile çevrili olması ve yükselti bakımından ortaya çıkan dezavantajlar dolayısıyla İç Anadolu kurak yarı kurak iklimine nazaran daha yumuşak iklim koşullarına sahiptir. Yöre kış dönemlerinde Akdeniz iklimine göre daha karasal bir iklim tesiri altına girmekle birlikte yağışlı bir karaktere sahip olmakta, yaz aylarında ise Göller Yöresine karakteristiğini veren daha sıcak ve kurak bir iklime sahip olmaktadır (Ceylan, 2015: 11; Erdoğan, 2013). Sahanın kuzey, doğu ve batı kesimlerinde geniş orman örtüsünün varlığı bölgenin ağaç yetişme sınırı bakımından herhangi bir kısıtlamanın olmadığını göstermektedir. Ancak polye sahalarında meydana gelen beşerî deformasyonlar sebebiyle bu sahaların ağaçtan arındırılmış olduğu da görülmektedir. Araştırma alanında yaygın olan başlıca ağaç türleri kızılçam, karaçam, meşe ve ardıçtır.

2. AMAÇ, MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Burdur ili Ağlasun ilçesine ait Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) 2021 yılında hazırladığı verilere dayanılarak

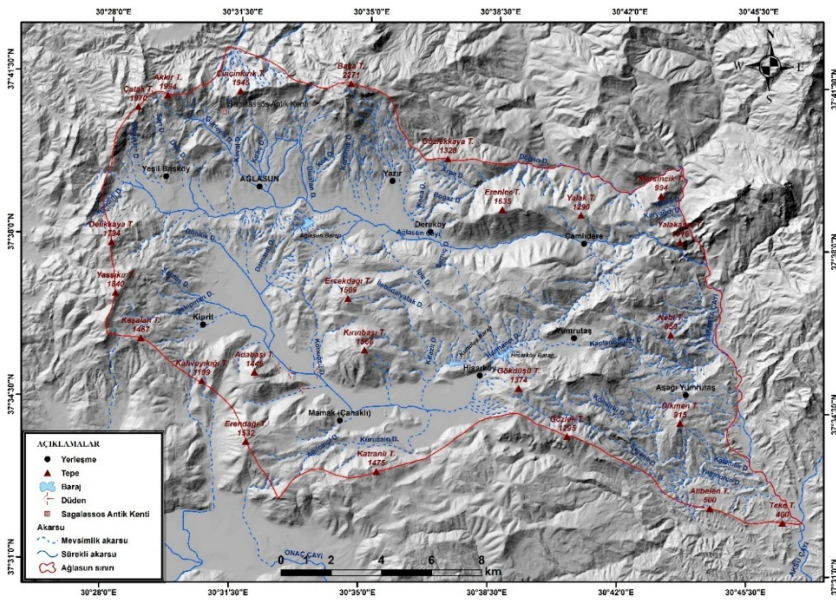
ilçe jeomorfolojisi bünyesinde bulunan morfolojik birimler ile belirtilen kaynaktaki arazi kullanım özellikleri arasındaki ilişkiler alansal ve oransal olarak ortaya konulmuştur. Hazırlanan çalışmada temel kaynak verisi olan ESA arazi örtüsü verileri jeomorfolojik perspektiften arazi kullanım/araziden faydalanma analizi çalışmalarında kullanılması hususunda bir ilk olması niteliği dolayısıyla dikkat çekicidir. Bahse konu çalışma 2021 yılında WorldCover Projesi kapsamında hazırlanmış olup araştırma sahasındaki arazi örtüsünü; ağaç örtüsü, çalılık, otlak, tarım arazisi, yapılı, çıplak/seyrek bitki örtüsü, kalıcı su kütleleri ve otsu sulak alan olmak üzere sekiz sınıfa ayırmaktadır (Zanaga vd., 2022). İlçeye ait bu veriler ArcMap 10.8.2 programında sayısallaştırılarak görsellik kazandırılmıştır. Aynı zamanda Harita Genel Komutanlığı tarafından 1/25000 ölçekli hazırlanmış “M24 c2-c3, M25 c1-c4-d1-d2-d3-d4” paftaları aynı program üzerinden sayısallaştırılarak jeomorfoloji, eğim, bakı ve yükselti basamakları haritaları oluşturulmuştur. Tasniflenen verilerle altlık veri olan araziden faydalanma verileri ArcGIS 10.8.2. programı üzerinde çakıştırma yöntemiyle analiz edilerek oransal dağılışı hesaplamaları yapılmıştır. Hazırlanan haritalardaki görselleştirme kalitesini arttırmak adına Google Earth Pro programı üzerinden sahada güncel bulunan baraj kaynakları alansal olarak harita ortamına aktarılmıştır. Sahanın jeoloji haritası ise MTA tarafından hazırlanan 1/100.000 ölçekli “M24 ve M25” paftalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Ağlasun İlçesinin Jeomorfolojik Özellikleri

Toplam yüz ölçümü 307 km² olan ilçe sahasının etrafı dağ kütleleri ve yüksek zirvelerle (Kuzeyde Akdağ zirvesi Baca T. 2271 m, güneyde Erendağı T. 1532 m, Batıda Çatak T. 1970 m ve doğuda Yalakaşar T. 1016 m) çevrili olmakla beraber genel

olarak batı kesimi 1015-1060 m aralığında taban yüksekliğine sahip polyelerle, doğu bölgesi ise parçalı bir görüntüye sahip dağlık bir yapıda bulunmakta ve aynı zamanda en alçak seviyelere (320 m, Aksu Çayı vadisi) sahip kesimleri ihtiva etmektedir. Doğu kesiminde gelişim gösteren drenaj ağı (Şekil 3) sahanın güçlü bir şekilde aşındırılarak Isparta Çayı ve devamında Aksu Çayı vasıtasıyla drene edilmesine yol açmaktadır (Şekil 4).



Şekil 3. Araştırma sahasının hidrografiya haritası

İlçe sınırları içerisinde alansal olarak dikkat çeken jeomorfolojik birimlerin başında karst morfolojisinin karakteristik yüzey şekilleri olan polyeler gelir. Araştırma sahasında Ağlasun ve Mamak (Çanaklı) polyeleri yer almaktadır (Foto 1, 2 ve 3). Gelişimlerinde tektonik hareketlere bağlı olarak zayıf direnç zonlarının gelişmesiyle birlikte bu zonlara yerleşen yüzey drenajının fiziko-kimyasal aktivitesinin belirleyici olduğu karstik erozyonun neticesinde ortaya çıkan polyeler, yanal ve düşey yönde gelişimlerini devam ettirmektedir. İlçenin kuzey kesiminde kalan Ağlasun Polyesi 15 km² alanıyla toplam yüz

ölçümün %4,8'ini kapsamaktadır. İlçe sahasının güneyinde yer alan Mamak (Çanaklı) Polyesinin ise 24 km² alanıyla toplam yüz ölçüme oranı %7,8'dir. Beşerî faaliyetler bakımından özellikle tarım, yerleşme ve ulaşım gibi nitelikler bu polye sınırları dahilinde yaygınlık göstermektedir. Karst jeomorfolojisine ait dikkat çeken diğer bir morfolojik birim ise flüvyo-karstik vadi sistemleridir. Özellikle Ercekdağı Tepe çevresi ve Mamak yerleşim yerinin güneyinde yaygınlık gösteren bu birimler beşerî faaliyetler bakımından elverişli olmasıyla yine dikkat çekicidir. Araştırma sahasındaki toplam yüz ölçümü 15,4 km² olan flüvyo-karstik vadilerin ilçe yüz ölçümüne göre oranı ise %5'tir (Şekil 4; Tablo 1).



Foto 3. Yağışlı dönemlerde su basmasına uğrayan Mamak Polyesi (Mayıs 2022)

Morfolojik anlamda alanda yayılım gösteren bir diğer yapı grubu ise eski aşınım yüzeyleri olarak tespit edilen ve yüksekliği morfolojik taban düzeyi konumundaki polye tabanından belirli kademelerle sıralanmış düzlüklerdir. Çalışma sahasında Alt-Orta Miyosen (DI), Üst Miyosen (DII), Pliyosen (DIII) ve Pleyistosen (DIV) dönemlerine ait aşınım yüzeyi parçalarına (Erol, 1979, 1983, 1993) rastlanılmaktadır. Alt-Orta Miyosen yaşlı DI yüzeyleri ilçe sınırlarının doğal belirteçleri olan dağ sıraları üzerinde mevcudiyet göstermekte ve jeomorfolojik birim olarak belirlenmiş sahaların toplam yüz ölçümündeki oranı %0,2'lik bir değere karşılık gelmektedir. DI yüzeyleri saha güneyindeki dağ sıraları üzerinde 1600 metrelerde yaygınlık gösterirken bölgenin batı kesiminde 1700-1800 metrelerde, kuzey kesimde ise 1900-2200 metrelerde varlık göstermektedir. Sahanın güney kesiminde yer alan Keşalan Tepe ve Katranlı Tepe çevresinde yaygınlık



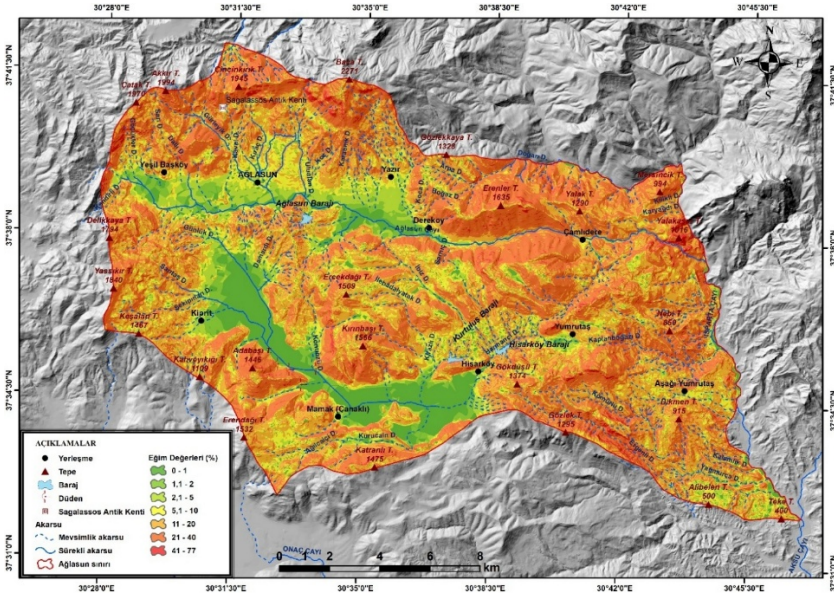
Şekil 5. Çalışma alanında jeomorfolojik üniteler ve aşınım yüzeyleri

3.2. Ağlasun İlçesinin Eğitim Özellikleri

Ağlasun sınırları içerisinde eğim değerlerinin yüksek olarak kabul görülebileceği alanlar doğu-güneydoğu alanlara karşılık gelirken sahanın güneybatı ve batı bölgelerinde özellikle polye sistemlerinin varlığı ve taban morfolojilerinin düz ve düze yakın olması dolayısıyla eğimin düşük değerlere karşılık geldiği anlaşılmaktadır. Araştırma sahası içerisinde %0-1 değerlerine sahip “tam düzlük alanlar” büyük ölçüde polye sahalarına karşılık gelmekle birlikte %8,9’luk bir oranla 27 km² saha kapsarken %1-2 arasında eğim değerlerine sahip “düzlük alanlar” da yine polye sahalarıyla büyük oranda çakışmakta, 9,4 km² saha ve %3,1 oranında bir alana sahip bulunmaktadır. “Dalgalı düzlük” olarak belirlenen %2-5 aralığında eğim değerleri gösteren sahalar ise 18,5 km² alan ve %6,1 oranında sahayı kapsamaktadır. Eğim özelliklerine bağlı olarak yamaç olarak değerlendirilen “az eğimli yamaç” sınıfındaki %5-10 değerlerine sahip sahalar 33 km² alan ve %10,9 oranında, “eğimli yamaç” sınıfında yer alan %10-20 eğim değerlerine sahip sahalar 101 km² alan ve %33 oranında, “dik yamaç” sahaları %20-40 değerlerine sahip olmakla birlikte alansal olarak 111 km² alan ve %36,5 oranında, “çok dik yamaç” sınıfındaki %40+ değerlere sahip olan sahalar ise %1,4 oranında ve 4,2 km² bir alan kapsamaktadır (Şekil 6; Tablo 2).

Tablo 2. Araştırma sahasının eğim değerleri ve alansal oranları

Eğim Sınıfları	Eğim (%)	Alan (km ²)	Oran (%)
Tam Düzlük	0-1	26,9	8,9
Düzlük	1,1-2	9,4	3,1
Dalgali Düzlük	2,1-5	18,5	6,1
Az Eğimli Yamaç	5,1-10	33	10,9
Eğimli yamaç	10,1-20	100,8	33,2
Dik Yamaç	20,1-40	110,7	36,5
Çok Dik Yamaç	40,1-77	4,2	1,4
Toplam	100	307	100



Şekil 6. Ağlasun ilçesinin eğim haritası

3.3. Ağlasun İlçesinin Yükselti Özellikleri

İlçenin yükselti özellikleri doğudan batıya artış göstermekle beraber en yüksek noktalar kuzey sınırı boyunca varlığını göstermektedir (Baca T. 2271 m). Araştırma sahasının yükselti özelliklerini değerlendirmek amacıyla DEM ve SYM verilerinden yararlanarak 6 basamaktan oluşan yükselti sınıflaması yapılmıştır. Bu sınıflamaya göre batıda en düşük alana sahip olan bölgede yaygınlık gösteren 320-600 metreler arası

seviyeye sahip bölgeler 20 km² alanıyla %6,4 oranında, 600-900 metreler aralığındaki sahalar 25 km² alanıyla %8,1 oranında, 900-1200 metreler aralığındaki sahalar ise 138,5 km² alanıyla araştırma sahasının %45 oranında bir kesimini ihtiva etmektedir. Bu yükselti aralığında özellikle Mamak ve Ağlasun polyelerinin (ortalama 1100 m) bulunmaları dolayısıyla alansal olarak çok daha büyük bir orana sahip olduğunu göz önünde bulundurmak gerekir. Polye sistemlerinden itibaren 1200-1500 metreler arası yükseltiye sahip arazilerin alanı 94,8 km² olup oransal olarak ise %31 değerinde bir paya sahiptir. 1500-1800 metreler aralığındaki sahaların alanı 21,5 km² ve oranı %6,9, 1800-2100 metreler aralığında yer alan sahaların kapsadığı alan 6 km² ve %2 oran, son olarak sahanın en yüksek alanlarını kapsayan 2100-2270 metreler aralığındaki sahalar ise toplam alanın %0,4'lük bir kesimini ve yaklaşık 1 km² alanı ihtiva etmektedir (Tablo 3; Şekil 7).

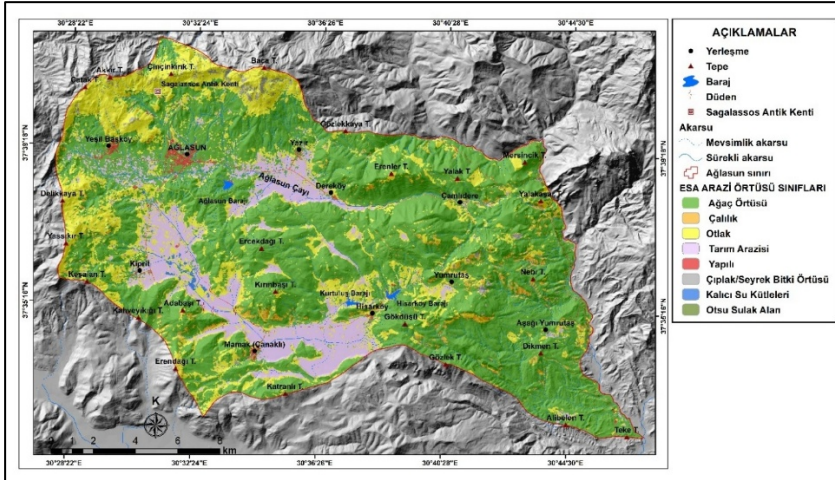
Tablo 3. Araştırma sahasının yükselt basamaklarına ait değerleri ve oranları

Yükselti Basamakları	Alan (km²)	Oran (%)
320-600	20	6,4
600-900	25	8,1
900-1200	138,5	45
1200-1500	94,8	31
1500-1800	21,5	6,9
1800-2100	6	2
2100-2.270	1,3	0,4
Toplam	307	100

örtüsü”, 2,8 km² alan ve %0,91 oranla “yapılı” araziler, 2,7 km² alan ve %0,88 oranla “otsu sulak alanlar” ve 0,8 km² alan ve %0,26 oranla ise “kalıcı su kütleleri” oluşturmaktadır (Tablo 4; Şekil 8).

Tablo 4. ESA 2021 verilerine göre araştırma sahasının arazi kullanım özelliklerinin alansal ve oransal dağılımı

Arazi Sınıflamaları	Toplam Alan (km ²)	Oran (%)
Ağaç Örtüsü	197,3	64,27
Çalılık	8,3	2,70
Otlak	60,2	19,61
Tarım Arazisi	31,3	10,20
Yapılı	2,8	0,91
Çıplak/Seyrek Bitki Örtüsü	3,6	1,17
Kalıcı Su Kütleleri	0,8	0,26
Otsu Sulak Alan	2,7	0,88
Toplam	307	100



Şekil 8. ESA 2021 verilerine göre Ağlasun ilçesinin arazi kullanım haritası

3.5. Ağlasun İlçesinde Jeomorfolojik Birimler ile Arazi Kullanım Özellikleri Arasındaki İlişki

Karst jeomorfolojisi ve flüvyal jeomorfolojik süreçlere ait belirgin şekillerin bulunduğu araştırma sahasında araziden faydalanma özellikleri de bu morfolojilerin denetiminde yönlenmiştir. Nitekim araştırma sahasının doğu kesiminde flüvyal süreçlerle parçalanarak deformatif bir yüzey yapısı gösteren bu kesim beşeri faaliyetler adına elverişsiz bir yapı karakteri gösteren ve daha çok “ağaç örtüsü” ile kaplı bir sahayı teşkil ederken Batı-Kuzeybatı kesimlerinde karstik süreçlerle gelişim göstermiş polye ve flüvyo-karstik vadi/depresyonların varlığı araziden faydalanma adına daha uygun bir yüzey şekillenmesinin gelişimine temel olması dolayısıyla, “tarım arazisi” sınıfına ait arazi biriminin bu kesimlerde yaygınlaşmasına uygun bir zemin hazırlamıştır. Bölgede esas olarak belirlenen jeomorfolojik birimler polye, flüvyo-karstik vadi ve morfolojik gençleşmenin karakteristik yapıları olan jeomorfolojik yüzeylerdir (Şekil 4, 5).

Bölgede yer alan Ağlasun (15 km²) ve Mamak (24 km²) polye sitemlerinin ESA 2021 verilerine göre arazi kullanım özellikleri incelendiğinde %60,41 oranla en büyük payın “tarım arazisi” sınıfında olduğu görülmektedir. Daha sonra ise “ağaç örtüsü” sınıfı %20,1 oranla arazi örtüsündeki payını almaktadır. Otlak %12,82, yapılı %3,2, kalıcı su kütleleri %1,30, çıplak/seyrekle bitki örtüsü %0,72, çalılık %0,56 ve otsu sulak alanlar ise %0,01 oranında bir paya sahiptir (Tablo 5).

Araştırma sahasında gelişim gösteren Ağlasun Polyesi bölgenin kuzey kesiminde yer almakta olup D-B yönlü uzanım göstermekte ve toplam yüz ölçümü 15 km²lik bir alan ihtiva etmektedir (Foto 1). Arazi kullanım özellikleri bakımından polye sınırlarının çoğunlukla batı kesimlerinde yer alan “ağaç örtüsü” sınıfı %43,8’lik bir alana sahipken daha çok doğu kesiminde

yaygınlık gösteren “tarım arazisi” sınıfı %43,18 oranında bir alan ihtiva etmektedir. Burada tarım arazisi sınıfının geniş alana sahip olmasının temelinde topoğrafyanın işlenebilirlik bakımından eğim özellikleri ve toprağın karstlaşmadan arta kalan killi bünyede materyallerden oluşmasının etkisi temel belirleyicidir. Ancak bu duruma bağlı olarak “ağaç örtüsü” sınıfı ile tarım arazisi oranının birbirine yakın seviyede olması analizde bir tezat durum olduğu algısı verebilir. Belirtilen hususun temel nedeni Ağlasun Polyesinin batı kesiminde vişne, kiraz, ceviz, elma gibi (Ağlasun Kaymakamlığı, 2025) meyve bahçelerinin de genel anlamda “ağaç örtüsü” sınıfına dahil edilmesinden ileri gelir. Devamında ise %6,9 oranla otlak, %5,34 yapılı, %0,37 oranla çıplak seyrek bitki örtüsü, %0,19 oranla kalıcı su kütleleri ve %0,1 oranla çalılık sınıfı arazi örtüsü yapılarının mevcudiyeti görülmektedir.

Mamak Polyesi ise araştırma sahasının güney bölümü boyunca D-B yönlü uzanım göstermekte ve toplam alanı 24 km²lik bir sahayı kapsamaktadır (Foto 2). ESA verilerine göre polye (göl ova) sınırları içerisinde kalıcı su kütlesi olarak belirlenen ancak kış döneminde sularla kaplı olup yaz döneminde tarımsal faaliyetler, düdenler ve buharlaşma dolayısıyla ortadan kalkan saha kalıcı su kütlesine sahip bölge olarak değerlendirilmiştir. Polye sahasının %71,8’i tarım arazisi olarak kullanılırken %16,65’i otlak olarak varlık göstermektedir. Sahada ağaç örtüsü %6,8 oranında, yapılı arazi %1,83 oranında, çalılık %0,9, çıplak /seyrek bitki örtüsü %0,95 ve kalıcı su kütlelerinin oranı ise %2 oranında bir bölgeyi oluşturmaktadır (Tablo 5). Polye içerisinde kalıcı su kütleleri olarak tanımlanan arazi sınıfının yaygın olmasının temelinde kış ve ilkbahar döneminde göl, yaz ve sonbahar döneminde su ile kaplanan Mamak köyü dolayındaki göl ova sisteminin mevcudiyet göstermesiyle ilişkilidir (Foto 3; Şekil 8).

Yöredeki karstlaşmanın temel karakteristik yapılarından olan flüvyo-karstik vadi sistemlerinin varlığı da saha morfolojisinde göz ardı edilemeyecek bir ehemmiyet arz etmektedir. Toplam alanı 15 km²'yi aşan bu sistemlerde arazi yüzeyinin %43,73'ü ağaç örtüsü ile kaplıdır. Otlak sınıfı bölgeler ise %34,3 oranında bir sahayı kapsamaktadır. Devamında mevcudiyet gösteren diğer sınıflar ise %16,5 oranında tarım arazisi, %2,6 oranında çalılık, %1,6'sı çıplak/seyrek bitki örtüsü, %0,7'si kalıcı su kütleleri ve %0,6'sı yapılı arazi sınıfını teşkil etmektedir (Tablo 5).

Jeomorfolojik evrimde meydana gelen kesinti ve gençleşmeler sonucunda gelişim gösteren paleocoğrafyanın temel kalıntıları olan aşınım yüzeyleri araştırma sahasında belirgin bir şekilde dağılışı göstermektedir. DI yüzeyi olarak tanımlanan Alt-Orta Miyosen aşınım yüzeyi seviyeleri araştırma sahasının kuzey ve güney sınırlarını teşkil eden yüksek dağ zirvelerinde dağılışı göstermektedir. DI yüzeylerin arazi örtüsü özelliklerine bakıldığında ise ağaç örtüsüyle kaplı sahaların %51,9 oranla en fazla yüzdelik dilime sahip olduğu tespit edilmiştir. Daha sonrasında otlak alanlar %43,3 oranında, çıplak/seyrek bitki örtüsü %3,5 oranında, çalılık alanlar ise %1,3 oranında alana sahiptir. Üst Miyosen dönemde gelişim göstermiş olan DII yüzeyi yapılarında ağaç örtüsü %68,2 oranında, otlak araziler %30 oranında bir paya sahipken çıplak/seyrek bitki örtüsü %1,3, çalılık %0,5, tarım arazisi %0,1 ve yapılı araziler ise %0,1 oranında bir paya sahiptir. Gelişim dönemi bakımından günümüze yakın bir süreçte gelişim göstermesine bağlı olarak araştırma sahası içerisinde en fazla yüzey alanına sahip (9 km²) DIII sistemleri orman örtüsü bakımından %79,3 oranıyla dikkat çekicidir. %15,8'i otlak olan yüzey yapılarında tarım arazisi olan alanlar %2,7'lik bir orana sahiptir. Diğer arazi sınıfları ise %1,4 oranla çalılık, %0,14 oranla yapılı, %0,6 oranla çıplak/seyrek bitki örtüsü ve %0,1 oranında ise kalıcı su kütleleri yapısıyla kaplı

olarak tespit edilmiştir. Kuvaterner zaman gençleşmelerinin karakteristik yapıları olan DIV yüzey sistemleri araştırma sahasında yer alan polye sistemlerinin yamaç ve çevre kesimlerinde belirginlik göstermektedir. Bu yüzeylerde arazi örtüsü %63,3 oranla ağaç örtüsüyle kaplıdır. %27 oranında bir saha ise otlak arazi olarak tespit edilmiştir. Diğer arazi örtüsü sınıflarının oranları ise %4,5 tarım arazisi, %3 yapılı, %1,9 çalılık, %0,7 çıplak/seyrek bitki örtüsü ve %0,1 oranında ise kalıcı su kütleleri olarak tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Jeomorfolojik birimler ve üzerinde hakimiyet gösteren arazi kullanım özelliklerinin oransal dağılışı

Jeomorfolojik Birim	ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ SINIFLARI								Toplam (%)
	Ağaç Örtüsü (%)	Çalılık (%)	Otlak (%)	Tarım Arazisi (%)	Yapılı (%)	Çıplak/Seyrek Bitki Örtüsü (%)	Kalıcı Su Kütleleri (%)	Otsu Sulak Alan (%)	
Alt-Orta Miyosen (DI) Aşım Yüzeyi	51,92	1,27	43,28	-	-	3,52	-	-	100
Üst Miyosen (DII) Aşım Yüzeyi	68,17	0,52	30,00	0,04	0,01	1,26	-	-	100
Üst Pliyosen (DIII) Aşım Yüzeyi	79,31	1,41	15,81	2,69	0,14	0,61	0,03	-	100
Alt Pleyistosen (DIV) Aşım Yüzeyi	63,28	1,89	26,65	4,53	2,94	0,69	0,02	-	100
Flüvyo-karstik vadiler	43,73	2,58	34,30	16,51	0,64	1,57	0,67	-	100
Polyeler	20,96	0,56	12,82	60,41	3,21	0,72	1,30	0,01	100
<i>Ağlasun (15 km²)</i>	43,89	0,10	6,93	43,18	5,34	0,37	0,19	-	100
<i>Mamak (24 km²)</i>	6,08	0,86	16,65	71,59	1,83	0,95	2,03	0,01	100

3.6. Ağlasun İlçesinde Eğim Özellikleri ile Arazi Kullanım Arasındaki İlişki

Araştırma sahasında eğim değerleri ile arazi kullanım özellikleri arasında ilişkinin dağılışına bakıldığında eğim derecesi arttıkça tarım arazisi olan sahaların alansal olarak daraldığı görülmektedir. Tablo 6 incelendiğinde tarım arazilerinin en fazla yoğunluk gösterdiği eğim aralığında (%0-1) %56 orana sahip olduğu belirlenirken en düşük orana sahip olduğu (%0,25) eğim aralığı ise %40-77 aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu duruma ters orantılı olarak çalılık arazi örtüsüne sahip sahaların oranı eğim derecesinin artışına paralel olarak artış göstermektedir. Benzer durum ağaç örtüsü ve çıplak/seyrek bitki örtüsü sınıfında da karşımıza çıkmakta, eğimin artışına paralel olarak ağaç örtüsü ve çıplak/seyrek bitki örtüsü sınıflarının alansal olarak artış gösterdiği görülmektedir. Bölgede yapılı (yerleşme) sahalarının

en yoğun olduğu sahalarda eğim derecesinin aralığı %1-5 iken tarımsal faaliyetin en yaygın olduğu eğim değeri aralığı ise %0 - 10 arasında yoğunluk göstermektedir (Tablo 6). Otsu sulak alanlar sadece %0-1 aralığındaki eğimli sahalarda %0,1 oranında bir alana sahipken otlak alanların dağılışı da eğimin artışına paralel olarak oransal bakımdan artmaktadır.

Tablo 6. Araştırma sahasında eğim aralıklarındaki arazi kullanım özelliklerinin oransal dağılımı

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ SINIFLARI									
Eğim Değerleri (%)	Ağaç Örtüsü (%)	Çalılık (%)	Otlak (%)	Tarım Arazisi (%)	Yapılı (%)	Çıplak/ Seyrek Bitki Örtüsü (%)	Kahçı Su Kütelleri (%)	Otsu Sulak Alan (%)	Toplam (%)
0-1	24,18	0,72	14,84	56,02	1,59	0,80	1,84	0,01	100
1,1-2	30,96	0,86	14,19	50,64	2,49	0,67	0,19		100
2,1-5	46,43	1,12	19,00	28,56	3,90	0,92	0,09		100
5,1-10	63,88	1,58	23,65	8,16	1,68	0,86	0,19		100
10,1-20	74,18	2,49	19,70	2,27	0,46	0,75	0,16		100
20,1-40	73,17	4,15	19,60	1,27	0,29	1,48	0,04		100
40,1-77	60,76	5,48	28,20	0,25	0,23	5,04	0,04		100

3.7. Ağlasun İlçesinde Yükselti Özellikleri ile Arazi Kullanım Arasındaki İlişki

Ağlasun ilçesinin yükselti değerleri 320-2270 metreler arasında değişim göstermekle birlikte yükseltinin doğudan batı ve kuzeybatı yönlerine doğru kademeli bir şekilde arttığı görülmektedir. 1100-1200 m seviyeleri dolayında varlık gösteren Ağlasun ve Mamak polyeleri dışında sahada yükselti merkezden çevreye doğru ilçeyi sınırlayan dağ kütlelerinin mevcudiyeti dolayısıyla artmaktadır. Yükseltiye bağlı olarak sahada varlık gösteren arazi örtüsü şekillerinin dağılışı da yoğunluk açısından yükselti basamaklarına göre değişim göstermektedir. Yükseltinin artması sahada ağaç örtüsüyle kaplı sahaların kademeli olarak azalmasında belirleyici olmuştur. 320-600 metreler arasında %89 ve 600-900 metreler arasında %84 oranında bir ağaç örtüsünün varlığı, araştırma sahasının bu yükseltilere karşılık gelen doğu kesiminin parçalı bir yüzey morfolojisine sahip olması ve dolayısıyla gerek beşerî faaliyetlere elverişsiz olması gerekse iklimatik faktörlerin yükselti dolayısıyla daha elverişli olmasıyla açıklanabilir. 1200-1500 metreler arasında görülen ağaç

örtüsündeki yaygınlığın temelinde ise Ağlasun Polyesi'ndeki tarımsal faaliyetler dolayısıyla meyve bahçelerinin varlığına ait orantısız değişimin bulunduğu değerlendirilmektedir. 900-1200 metreler arasında görülen orman örtüsündeki azalma Özellikle Mamak polyesi olmak üzere her iki polyenin tarımsal faaliyetler adına orman örtüsünden arındırılmasıyla açıklanabilir. Burada göz önünde bulundurulması gereken husus Mamak Polyesinin yükselti bakımından daha düşük ve alan bakımından ise daha geniş bir yüz ölçümüne sahip olması durumudur. Birbirine yakın irtifalarda orman örtüsünde görülen bu tezat durum meyve bahçelerinin Ağlasun Polyesi'nde çok daha geniş alanlı olarak yayılış göstermesi, buna karşılık Mamak Polyesi'nde daha çok kuru tarım faaliyetlerinin görülmesi ve yüz ölçümü olarak daha geniş sahaya sahip olmasıyla açıklanabilir. Orman örtüsü 1500-2100 metreler arasında %31 oranında bir paya sahipken 2100 m yükseltiden itibaren varlık göstermemektedir. Çalılık arazilerin dağılımı her yükselti aralığında ortalama %3,5 değerinde bir dağılım göstermektedir. Otlak araziler en az sahanın batı kesiminde %4 oranında varlık göstermekte ve yükseltiyle paralel olarak 1800-2100 metrelerden itibaren %80 üzerinde bir oransal dağılımla dağılım göstermektedir. Tarım arazilerinin en fazla oransal alana sahip olduğu yükselti kademesi %21'lik bir payla 900-1200 m aralığıdır. Yapılı araziler ise 320 ile 2500 metreler arasında ve yine en fazla polye sahalarını da kapsayan 900-1200 metreler arasında %1,5 oranla mevcudiyet sağlamaktadır. Çıplak/seyrekle bitki örtüsü sahaları yükseltiyle paralel olarak oransal bakımdan artış göstermekte ancak en fazla orana sahip olduğu yükselti kademesi 1800-2100 metreler arasında %18'lik oranla dikkat çekmektedir. Kalıcı su kütleleri ise Gölova döngüsüne sahip Mamak Polyesinin bu döngüsel durumu ve 900-1200 m aralığında bir yükseltiye sahip olmasına bağlı olarak en fazla bu yükselti kademesinde ve Mamak Polyesi içerisinde varlık göstermekte, yükselti kademesindeki oranı ise %0,5 oranına tekabül etmektedir. Otsu sulak alanlar sadece 900-1200 m

aralığında ve %0,1'lik bir pay oranıyla varlık göstermektedir. Yükselti kademelerinin artışıyla beraber kalıcı su kütlelerinde meydana gelen azalış geçici göl bölgesi olan Mamak Polyesisinin 90-1200 metreler basamağına tekabül etmesi dolayısıyla en fazla orana (%0,5) sahip olması dışında kademeli olarak azalış göstermektedir. 900-1200 metre kademesi dışında en fazla oranın 320-600 metreler arasında görülmesinin temel nedeni araştırma sahasının yükselti bakımından düşük seviyeler gösteren doğu bölgesinin akarsu ağı bakımından en yoğun bölgesi olmasından ileri gelmekte olup, yükselti artışıyla ters orantı bir şekilde akarsu yoğunluğu ve kalıcı su kütlesi olarak tespit edilen sahaların oransal değerleri düşmektedir (Tablo 7).

Tablo 7. Araştırma sahasının yükselti basamakları ile arazi kullanım oranları

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ SINIFLARI									
Yükselti Basamakları (m)	Ağaç Örtüsü (%)	Çalılık (%)	Otlak (%)	Tarım Arazisi (%)	Yapılı (%)	Çıplak/Seyrek Bitki Örtüsü (%)	Kalıcı Su Kütleleri (%)	Otsu sulak Alan (%)	Toplam (%)
320-600	89,08	3,45	4,38	1,05	1,07	0,89	0,09		100
600-900	84,01	6,60	7,73	0,5	0,62	0,43	0,05		100
900-1200	56,16	2,29	17,15	21,42	1,55	0,86	0,56	0,01	100
1200-1500	79,18	2,62	16,02	1,45	0,27	0,46	0,01		100
1500-1800	32,74	1,73	62,89	0,02		2,62	0,01		100
1800-2100	0,91	0,11	80,79	0,10		18,08	0,01		100
2100-2270			88,18			11,81	0,01		100

4. SONUÇ

Toplam yüz ölçümü 307 km² olan araştırma sahasında ESA (European Space Agency) tarafından hazırlanan 2021 yılı verilerine göre bölgede yayılım gösteren sekiz sınıfa ait (ağaç örtüsü, çalılık, otlak, tarım arazisi, yapılı, çıplak/seyyrek bitki örtüsü, kalıcı su kütleleri ve otsu sulak alan) arazi örtülerinden en yaygın sahaya sahip olan sınıf %64 oran ve 197 km² alanla ağaç örtüsüdür. Otlak araziler %19,5 oran ve 60 km² alanla en yaygın alana sahip ikinci sınıfı teşkil etmektedir. Bölgede tarım arazisi

31 km² alan ve %10 oranında, çalılık 8 km² alan ve %2,5 oranında, çıplak/seyrek bitki örtüsü 3,6 km² alan ve %1 oranında, yapılı bölgeler 3 km² alan ve yaklaşık %1 oranında, otsu sulak alan yaklaşık 3 km² alan ve %0,8 oranında kalıcı su kütleleri yaklaşık 1 km² alan ve %0,2 oranında bir alana sahiptir.

Bölge jeomorfolojisinin genel karakteristik yapısı göz önüne alındığında doğudan batıya doğru 300 metrelerden 2200 metrelere varan bir artışla yükselti kademelenmesi dikkat çekmektedir. Bu duruma istisna olarak mevcudiyet gösteren ve sahanın kuzey ve güneyinde doğu batı yönlü 1100 metre dolayında uzanım gösteren Ağlasun ve Mamak polyeleridir. Polye sahalarının sınırlarını takiben ilçe sahasını çevreleyen dağ silsilelerinin su bölüm çizgilerine kadar yükseltinin arttığı görülmektedir. Araştırma sahasının doğusu flüvyal etkenler nedeniyle parçalı ve yükselti bakımından alçak seviyede bir yapı göstermektedir.

Karst jeomorfolojisi ve flüvyal jeomorfolojinin arazi kullanım özellikleri üzerinde temel belirleyici olduğu Ağlasun ilçesinde jeomorfolojik birimlerin nitelikleri ile arazi kullanım özellikleri arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Nitekim saha içerisinde bölgenin kuzeyinde yer alan Ağlasun Polyasının %43'ü, güneyinde yer alan Mamak Polyesi'nin ise %72 si taban morfolojisinin elverişli olmasına bağlı olarak tarım arazisi sınıfı olarak değerlendirilmektedir. İki polye arasında oransal olarak farklılaşmanın sebebi Ağlasun Polyesi'nde yer alan meyve bahçelerinin de ağaç örtüsü olarak değerlendirilmesi sebebiyledir. Nitekim ESA 2021 verileri tüm ağaç formasyonlarını “ağaç örtüsü” olarak gruplandırmıştır. Ağlasun Polyesi'nde yaygınlık gösteren ikinci en yaygın sınıf olan arazi tasnifinin %44 oranla “ağaç örtüsü” Mamak Polyesi'nde ise %17 oranla “otlak” sahalarının bulunması bu görüşü destekler niteliktedir. Yüzey yapıları ve flüvyo-karstik vadiler üzerinde hâkim bitki örtüsü

ortalama %60 üzerinde bir değerle ağaç örtüsü ve %30 oranla otlak olarak dağılış göstermektedir.

Sahada eğim ve yükseltinin paralel artışlarıyla otlak ve çıplak/seyrekle bitki örtüsü sınıflarının artışı benzer yönde pozitif bir şekilde ilerlemektedir. Ancak eğimin artışına bağılı olarak ağaç örtüsü ve çalılık sahalarının yayılış alanı artarken yükseltinin artışıyla beraber kademeli olarak çalılık ve ağaç örtüsünde bir azalma görölmektedir. Bu hususta ise temel belirleyici durumun sahanın doğu kesiminde flüvyal etken ve süreçlerle parçalanmış ve yükseltisi alçak olan sahanın orman oluşumu yönünden elverişli ve beşeri faaliyetler bakımından arazi yapısı dolayısıyla elverişsiz olması ve orman örtüsünün deforme edilmemesi olduğı değerlendirilmektedir. Nitekim bölgede yükselti doğudan batıya artış göstermekte ve eğim değerleri ise parçalı yüzey yapısı dolayısıyla yüksek değerler göstermekte bu da oransal dağılış üzerinde etki etmektedir.

Asıl olarak karstik şekillenmenin temel yapıları olan polye ve flüvyo-karstik vadiler ile morfolojik kademelenmenin temel karakteristik şekilleri olan yüzeyler bakımından bugünkü görünümünü alan sahada polyelerin varlığı gerek tarımsal faaliyetler gerekse “yapılı” arazilerin dağılışında belirleyici olmuştur. Flüvyo-karstik vadiler ise ulaşılabilirlik ve dağılış bakımından negatif yönleri göz önünde bulundurulduğunda ağaç örtüsü ve çalılık sınıfı arazi örtüleriyle kaplı olmakla birlikte %16 oranında tarımsal faaliyetlerle değerlendirilmektedir. Bu analizler ışığında jeomorfolojik yapıların beşeri faaliyetlerin tesiriyle arazi örtüsü üzerinde meydana gelen değışim, gelişim ve yönelimlerde temel belirleyici olduğuna dair fikrin geçerliliğı kesinlik kazanmaktadır. Elde edilen veri ve analizlerin benzer çevre ve iklim koşullarına sahip alanlarda arazi kullanım bakımından el değmemiş sahaların gelecek süreçte ne gibi bir döngüden geçebileceğı hususu ve mevcut durumun değerlendirilmesi

yönünde yeni fikir ve öngörülerde yol gösterici konumda olacağı kanaatindeyiz.

KAYNAKÇA

- Ağlasun Kaymakamlığı (2025). İlçemizin tarihçesi. <http://www.aglasun.gov.tr/tarihce#> adresinden alındı.
- Arınç, K. (1991). Bitlis-Değirmenaltı köyünde araziden yararlanma ve başlıca sorunları. *Atatürk Ün. Fen-Edebiyat Fakültesi Edebiyat Bilimleri Araştırma Dergisi*, (19), 135-152.
- Bahadır, M., & Özdemir, M. A. (2008). Yalova ilinde arazi kullanımının zamansal değişimi (1992-2007). *İstanbul Ün. Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, (17), 1-15.
- Bayrak, M. (2023). GlobalCover 2021 ve Corine 2018 yılı verilerine göre Ege Bölgesi'nde arazi örtüsü tiplerinin dağılışının belirlenmesi ve karşılaştırılması. *Geographies, Planning and Tourism*, 3(2), 140-157. <https://doi.org/10.5505/gpts.2023.73745>
- Bulut, F. Ş., Ateşoğlu, A., & Acar, E. (2025). Türkiye için küresel arazi kullanımı/örtüsü haritalarının doğruluğunun değerlendirilmesi: Esa World Cover ve ESRI Land Cover karşılaştırması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 27(2), 223-238. <https://doi.org/10.24011/barofd.1666812>
- Canpolat, F. A., & Dağlı, D. (2020). Change in land use in Elazığ province (2006-2018) and the simulation of 2030. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, (42), 702-723. <https://doi.org/10.32003/igge.746668>
- Ceylan, S. (2015). *Ağlasun ilçesinin alternatif turizm kaynakları* (1. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Çolak, H., & Memişoğlu, T. (2018). Trabzon ilinde tarımsal arazi kullanımındaki zamansal değişimin CBS ile belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Ün. Fen ve Mühendislik Bilimleri*

- Dergisi*, (18), 946-958.
<https://doi.org/10.5578/fmbd.67647>
- Döker, M., & Gül, A. (2019). Adapazarı'nda şehirselleşme süreci ve arazi kullanım değişiminin izlenmesi (1985-2019). *Türk Coğrafya Dergisi*, (73), 67-78.
<https://doi.org/10.17211/tcd.616796>
- Durak, M., & Cürebal, İ. (2023). Jeomorfoloji ve arazi kullanım ilişkisinin analizi. Edremit Çayı havzası (Balıkesir). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 33(2), 567-581.
<https://doi.org/10.18069/firatsbed.1254405>
- EEA (European Environment Agency/Avrupa Çevre Ajansı) (2025). *Analysis and data*.
<https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/land-use> adresinden alındı.
- Ege, İ. (2008). *Bolkar Dağları'nın doğu kesiminde jeomorfolojik birimler üzerinde arazi kullanımı* (Yayın no: 218260). [Doktora Tezi, Ankara Ün. Sosyal Bilimler Enst.], YÖK Dökümantasyon Merkezi.
- Elmastaş, N. (2008). Kahta Çayı havzasında arazi kullanımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 6(2), 159-190.
- Erdoğan, M. (2013). *Burdur-Ağlasun havzasının hidrojeoloji incelemesi* (Yayın no: 350643). [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü], YÖK Dökümantasyon Merkezi.
- Erinç, S. (2015). *Jeomorfoloji I*. İstanbul: DER Kitabevi.
- Erol, O. (1979). Türkiye'de Neojen ve Kuvaterner aşınım dönemleri, bu dönemlerin aşınım yüzeyleri ile yaşıt (korelan) tortullara göre belirlenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi*, (8), 1-40.

- Erol, O. (1983). Türkiye'nin genç tektonik ve jeomorfolojik gelişimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, (11), 1-22.
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı jeomorfoloji haritaları çizim yöntemi. *Bülten (İstanbul Ün. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enst.)*, 10(10), 19-37.
- Erol, A. (2007). Türkiye'de arazi kullanımı ve havza yaklaşımı. *Süleyman Demirel Ün. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 21-25.
- Ersoy, Ş. (1990). Batı Toros (Likya) Naplarının yapısal öğelerinin ve evriminin analizi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, (37), 5-16.
- Gözenç, S. (1980). Arazi kullanma "Land Use" haritalarında standardizasyon ve Türkiye için bir öneri. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enst. Dergisi*, (23), 37-46.
- Gür, N., & Sağlık, E. (2024). Tarihin sıfır noktasında bir mekansal çözümleme çalışması: Göbeklitepe ören yeri. *GSI Journals*, 7(1), 76-91. <https://doi.org/10.53353/atrss.1327776>
- Hayli, S. (2002). Erzincan Ovasında genel arazi kullanımı. *Fırat Ün. Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 1-24.
- Hayli, S. (2002). Erzincan Ovasında genel arazi kullanımı. *Fırat Ün. Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 1-24.
- Kayan, A., & Mardinli, İ. (2020). Kentleşme-sosyal değişim ve ekonomik gelişim ilişkisinin değerlendirilmesi. *Gaziantep Ün. İslahiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 4(4), 256-271.
- Kurt, S., & Duman, E. (2016). Sakarya ilinde kentsel gelişim sürecinin arazi kullanımı ve jeomorfolojik birimler üzerindeki etkisinin zamansal değişimi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (34), 268-282.

- Nazik, L. (2018). Yeraltı karanlıklar Dünyasının gizemli oluşumları: Mağaralar. *Mavi Gezegen*, (24), 20-36.
- Nazik, L., & Poyraz, M. (2017). Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları Karst Kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (68), 43-56. <https://doi.org/10.17211/tcd.300414>
- Önalan, M. (1979). *Elmalı-Kaş (Antalya) arasındaki alanın jeolojisi* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Ün. Fen Fak. Monografileri, Sayı: 29.
- Özçağlar, A. (2009). *Coğrafyaya Giriş*. Ankara: Ümit Ofset Matbaacılık.
- Özçağlar, A. (2024). Coğrafyacılar tarafından yapılan arazi kullanım çalışmaları üzerine kavramsal ve yöntemsel öneriler. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, (22), 353-385. <https://doi.org/10.33688/aucbd.1486026>
- Özdemir, A. (1996). Türkiye'de büyük yerleşme alanlarının seçiminde jeomorfolojik esaslar. *Fırat Ün. Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 209-222.
- Özgül, M. (2003). Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile arazi kullanım haritalarının hazırlanması. *Atatürk Ün. Ziraat Fak. Dergisi*, 34(3), 293-297.
- Özoğul, A. (1989). Türkiye'nin fiziki özellikleri ile arazi kullanımı arasındaki ilişkiler. *Uludağ Ün. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(2), 85-92.
- Özşahin, E. (2010). Antakya'da (Hatay) yer seçiminin jeomorfolojik özellikler ve doğal risk açısından değerlendirilmesi. *Balıkesir Ün. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(23), 1-16.

- Özşahin, E. (2011). Gönen Havzasında jeomorfolojik birimlerle arazi kullanımı arasındaki ilişki (Balıkesir). *Adıyaman Ün. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(7), 187-205.
- Özşahin, E. (2015). Tekirdağ'da kentsel gelişim ve jeomorfolojik birimler arasındaki ilişkinin zamansal değişimi. *International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(1), 579-602. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.7811>
- Peker, E. A., Çalışkan, M., Bora, E., İnan, Ç., & Uçaner, M. (2025). Corine Level-2 land cover classification from Sentinel-2 Images Using U-Net Deep Learning Model. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 12(2), 34-44. <https://doi.org/10.26650/ijegeo.1644726>
- Petrişor, A., Sirodoev, I., & Ianoş, L. (2020). Trends in the national and regional transitional dynamics of land cover and use changes in Romania. *Remote Sensing*, 12(2), 230. <https://doi.org/10.3390/rs12020230>
- Quesada-Román, A., Castro-Chacón, J. P., & Boraschi, S. F. (2021). Geomorphology, land use, and environmental impacts in a densely populated urban catchment of Costa Rica. *Journal of South American Earth Sciences*, 112(1), 103560. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103560>
- Sarı, H., & Vapur, E. (2025). Corine arazi sınıflama sistemine göre Sivas ili arazi kullanım özelliklerinin incelenmesi. *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(1), 12-22. <https://doi.org/10.59125/bojans.1692156>
- Şenel, M. (1997a). *Türkiye jeoloji haritaları Isparta J10 (M-24) Paftası*. Ankara: MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Şenel, M. (1997b). *Türkiye jeoloji haritaları Isparta J11 (M-25) Paftası*. Ankara: MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi.

- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, Z. R., Şen, A. M., Karaman, T., Erkan, M., Kaymakçı, H., Örcen, S., & Bilgi, C. (1987). Likya Napları ön cephe özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri (ss. 8). Türkiye Jeoloji Kurumu.
- Şengün, T. (2000). *Uluova'da jeomorfolojik ana birimlerle arazi kullanımı arasındaki ilişkiler* (Tez no: 98966). [Yüksek Lisans Tezi, Fırat Ün. Sosyal Bilimler Enstitüsü], YÖK Dökümantasyon Merkezi.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2025). Arazi örtüsü istatistikleri. <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/files/metavari.pdf> adresinden alındı.
- Taş, B. (2006). Tosya ilçesinde jeomorfolojik birimlerin arazi kullanımı üzerine etkileri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(1), 43-66.
- Taş, B., & Yakar, M. (2010). Afyonkarahisar ilinde yükselti basamaklarına göre arazi kullanımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 8(1), 57-76.
- Tuncer, K. (2023). Likya Napları bölgesinde epijenik Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğu'nun (Tavas, Denizli) jeomorfolojik özellikleri ve gelişimi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (10), 91-109. <https://doi.org/10.46453/jader.1233907>
- Tuncer, K., & Deniz, K. (2023). Yeşilova (Burdur) ilçesinde arazi kabiliyet sınıflaması ve Corine verilerine göre 2018 yılı arazi kullanım özellikleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 28(49), 82-93. <https://doi.org/10.5152/EGJ.2023.221430>
- Türkan, O. (2013). Beypazarı ilçesinde jeomorfolojik birimler ile arazi kullanım ilişkisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11(1), 53-68.
- Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O.,

Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, N.E., Xu, P., Ramoino, F., & Arino, O. (2022). *ESA WorldCover 10 m 2021 v200*.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221>

TÜRKİYE'DEKİ KÜÇÜK BUZUL ÇAĞI'NA AİT PALEOKLİMATİK KAYITLAR VE ETKİLER

İlyas Sadık TEKKANAT¹

1. GİRİŞ

Küçük Buzul Çağı (KBÇ), yaklaşık MS 1300–1850 yılları arasında, özellikle Kuzey Yarımküre'de etkili olan, sıcaklıkların genel olarak düştüğü ve buzulların ilerlediği uzun süreli bir soğuk dönemdir (Fagan, 2000; Hu vd., 2022). Modern buzul çağlarıyla karıştırılmaması gereken bu dönem, "küçük" olarak tanımlansa da etkileri itibarıyla dikkat çekici bir iklim anomalisi niteliği taşımaktadır. Ortalama sıcaklıkların günümüzden yaklaşık 1 °C daha düşük seyrettiği bu süreç; düşük güneş aktivitesi (özellikle Maunder Minimumu), sık volkanik patlamalar, artan kar-albedo etkisi ve Arktik deniz buz örtüsündeki değişkenlik gibi bir dizi faktörün birleşimiyle ortaya çıkmıştır (Hu vd., 2022; Mann, 2003). Ayrıca, Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ve El Niño gibi atmosferik salınımlar, bu dönemde gözlemlenen sıcaklık değişimleri ve iklim örüntülerinin oluşumunda önemli rol oynamıştır (Mann vd., 2009).

Avrupa'da KBÇ, genellikle 16. yüzyıl ortalarından 19. yüzyıl sonlarına kadar süren belirgin bir soğuma dönemi olarak tanımlanmakta, ancak başlangıç ve bitiş tarihlerinin coğrafi bölgelere göre farklılık gösterdiği bilinmektedir (Pittock vd., 1978; Jones ve Bradley, 1992). Örneğin Kreutz ve diğerleri (1997), bu dönemi artan boylamsal atmosfer dolaşımı ile karakterize ederken; Reiter (2000), son 250–300 yılda

¹ Arş. Gör. Dr., Çankırı Karatekin Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, ORCID: 0000-0003-4338-684X.

sıcaklıklarda genel olarak istikrarsız bir ısınma eğilimi gözlemlendiğini, günümüz sıcaklıklarının ise Ortaçağ Sıcak Dönemi'ne (OSD) yaklaştığını belirtmiştir. Bu bulgular, KBÇ'nin küresel düzeyde tekdüze bir soğuma dönemi olmadığını, bölgesel ve dönemsel farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Bradley ve Jones (2003), KBÇ'nin farklı bölgelerde farklı zamanlarda etkili olan, sıcak ve soğuk evrelerin birbirini izlediği karmaşık bir süreç olduğunu vurgulamaktadır. Mann (2002), bu dönemin en şiddetli soğuma evrelerinin Avrupa'da 17. yüzyılda, Kuzey Amerika'da 19. yüzyılda ve And Dağları'nda 17.–18. yüzyıllarda yaşandığını ifade ederken; Wang, Chen ve Yang (2005), küresel ölçeğe 15., 17. ve 19. yüzyıllarda üç ana soğuk faz tanımlamaktadır. KBÇ'nin etkileri yüksek enlem ve yüksek rakımlı bölgelerde daha erken başlamış, Asya ve Güney Yarımküre'de ise daha geç hissedilmiştir.

Kuzey Yarımküre'de 15.–19. yüzyıllar arasında sıcaklıkların yaklaşık 0.6 °C düştüğü bildirilmektedir (Bradley ve Jones, 1993). Güney Çin Denizi'ndeki mercan kayıtları, MS 1680–1730 arasında belirgin bir soğuk faza işaret ederken (Deng vd., 2017), Kuzeybatı Çin'in Tarım Havzası'ndaki karbon izotop analizleri, MS 1490–1890 döneminde genel olarak nemli iklim koşullarının hâkim olduğunu ve MS 1560–1625 arasında özellikle belirgin nemli evrelerin yaşandığını göstermektedir (Liu vd., 2010). Bu bulgular, KBÇ'nin sadece sıcaklık düşüşleriyle sınırlı kalmadığını, aynı zamanda bölgesel hidrolojik döngülerde de kayda değer değişimlere neden olduğunu ortaya koymaktadır.

Avrupa'da KBÇ, sıcaklık düşüşüne ek olarak doğal çevrede belirgin dönüşümlere yol açmıştır. Alpler, İskandinavya ve Britanya Adaları gibi yüksek enlem ve rakımlı bölgelerde buzullar yeniden ilerlemiş; birçok vadide buzul dilleri alçak kotlara kadar ulaşmıştır. Alpler'deki buzullar, KBÇ sırasında Geç

Holosen'deki maksimum boyutlarına ulaşarak köylerin, tarım alanlarının ve yolların buzullar altında kalmasına neden olmuştur (Matthews ve Briffa, 2005). Norveç'te Jostedalsbre buzul örtüsünün vadilere kadar inmesiyle, bazı tarım arazilerinin terk edildiği ve vergi indirimlerine gidildiği rapor edilmiştir (Grove, 1972; Eide, 1955). Maritime Alpleri'nde MS 1685, 1690 ve 1825 yıllarına tarihlenen moren setleri, bu dönemin zirve soğuma evrelerini belgelemektedir (Federici ve Stefanini, 2001; Federici, Ribolini ve Spagnolo, 2017).

Türkiye, coğrafi konumu, farklı iklim kuşakları ve karmaşık topoğrafyası nedeniyle, KBÇ'nin etkilerini Avrupa ve Akdeniz havzası ile paralel ancak kendine özgü biçimlerde yaşamıştır. Bu kitap bölümünde, Küçük Buzul Çağı'nın Türkiye'deki etkileri; yüksek dağlık alanlardaki buzullaşma süreçleri, paleoklimatik ve dendrokronolojik veriler ile sosyo-ekonomik yansımalar üzerinden çok disiplinli bir yaklaşımla ele alınacaktır. Türkiye'nin KBÇ deneyimi, bu dönemin yalnızca küresel ölçekte bir soğuma değil, aynı zamanda yerel iklim dinamikleri, hidrolojik değişimler ve toplumsal sistemlerle etkileşim içinde şekillenen karmaşık bir iklim anomalisi olduğunu ortaya koymaktadır (Akkemik vd., 2005; Akkemik ve Aras, 2005; White, 2013; Yeşilyurt, 2025).

2. DAĞLIK ALANLARDA BUZULLAŞMA VE JEOMORFOLOJİK DEĞİŞİMLER

Mevcut iklim proxy verileri ve arşiv kaynakları, Küçük Buzul Çağı'nın (KBÇ) Türkiye'de etkili olduğunu güçlü bir şekilde desteklemekte olup, bu dönem, Avrupa ve Akdeniz havzasıyla paralel olmakla birlikte bölgesel özgünlükler de göstermektedir. Türkiye'de KBÇ'nin belirgin etkileri arasında yüksek dağlık alanlarda sıcaklıkların düşmesi, yağış rejimlerinin değişmesi ve buzulların yaygınlaşarak genişlemesi öne

çıkmaktadır (Akçar vd., 2008; Altınay vd., 2020; Hughes vd., 2018; Sarıkaya vd., 2009; Yeşilyurt, 2025).

Türkiye'nin doğusundaki yüksek dağlık bölgeler, özellikle Ağrı Dağı çevresi, KBÇ sırasında buzullaşmanın en yoğun yaşandığı alanlar olarak dikkat çekmektedir. Bu dönemde mevcut buzullar günümüze kıyasla çok daha geniş alanları kaplamış, ancak 20. yüzyıldan itibaren hızla küçülmüş ya da tamamen yok olmuştur. Toros Dağları, Aladağlar, Kaçkarlar ve Cilo Dağı gibi bölgelerde gözlemlenen bu dönüşüm hem küresel iklim değişikliği hem de yerel topografik ve iklimsel koşulların karmaşık etkileşiminin bir sonucudur (Altınay vd., 2020; Sarıkaya vd., 2009; Akçar vd., 2008; Yeşilyurt, 2025). Türkiye'nin karmaşık topoğrafyası ve farklı iklim kuşakları, KBÇ etkilerinin bölgesel olarak önemli çeşitlilik göstermesine neden olmuştur.

KBÇ, yaklaşık 1.000 ile 4.000 yıl önceki dönemi kapsar ve bu süre zarfında, özellikle yüksek dağlarda, buzul ilerlemeleri gözlemlenmiştir (Sarıkaya ve Çiner, 2015). Aladağlar, Erciyes, Kaçkar Dağları ve Yedigöller gibi dağlık bölgelerinde KBÇ'ye ait morenler, taş-buzullar ve buzul vadileri günümüze kadar korunmuştur (Altın, 2003b; Sarıkaya ve Çiner, 2015; Köse vd., 2021). Bu dönem, günümüz buzullarının ataları olarak kabul edilebilir. Erciyes Volkan'ındaki Aksu Vadisi'nde 3000 metrenin üzerindeki terminal morenler, 1.1 ile 4.2 bin yıl önceye tarihlenmiştir ve bu, bölgedeki ciddi soğuma sürecinin somut kanıtlarını sunar (Sarıkaya ve Çiner, 2015). Ayrıca, Kaçkar Dağları'nda da benzer morenler bulunmuş, bu bölgedeki KBÇ etkileri ise, buzul hareketlerinin Türkiye'nin iklimsel tarihindeki rolünü net bir şekilde ortaya koymuştur (Akçar vd., 2008). Türkiye'deki KBÇ etkileri, buzul jeomorfolojisi ve bölgesel iklim değişikliklerinin izlenmesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır ve buzul izlerinin korunmasında Türkiye'nin topografik çeşitliliği önemli bir rol oynamıştır.

Aladağlar'da KBC sırasında gözlemlenen buzul ilerlemeleri, özellikle 3000 metre üzerindeki yeni moren oluşumlarıyla, bölgedeki ciddi soğuma sürecinin somut kanıtlarını sunmaktadır. Karbonatlı kayalar üzerinde gelişen parabolik vadiler, geniş moren alanları ve taş-buzullar, bu dönemin jeomorfolojik mirasını oluşturmaktadır (Köse vd., 2021). Yedigöller Platosu'nda hâlâ varlığını sürdüren taş-buzullar ise KBC'nin bölgedeki uzun vadeli etkilerinin açık işaretlerindendir (Köse vd., 2021). Bölgenin geçirgen karbonat yapısı, buzul şekillerinin günümüze kadar korunmasında önemli bir rol oynamıştır. Aladağlar'daki Emli Vadisi'nin üst kısımlarındaki dar çukurlarda gözlemlenen KBC morenleri, buzul hareketlerinin ve iklim değişimlerinin izlerini somutlaştıran önemli örneklerdir (Altın, 2003a; Altın, 2003b).

Kaçkar Dağları'nda buzullaşma süreçleri, kaya buzullarının oluşumu ve gelişimi üzerinde doğrudan etkiler yaratmıştır. Buzul hareketleri, kaya buzullarının köklenme bölgelerinde basınç ve aşınmaya neden olurken, KBC sonrasında buzulların geri çekilmesi bu alanlarda çöküntülerin oluşmasına ve kaya buzullarının dengesinin bozulmasına yol açmıştır. Buzun hareket yönüne paralel sırt ve oluklardan oluşan flütler ve terminal morenler, buzul-kaya buzu etkileşiminin belirgin göstergeleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Yeşilyurt, 2025). Bölgenin karmaşık topoğrafyası ve yüksek yağış rejimi, Kaçkar Dağları'nda özgün bir jeomorfolojik yapının ortaya çıkmasında belirleyici faktörler olmuştur.

Cilo Dağı, KBC sırasında Türkiye'de buzullaşmanın en belirgin yaşandığı dağlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Buzulların ilerlemesiyle oluşan geniş moren alanları ve buzul şekilleri, KBC'nin sona ermesiyle birlikte hızlı bir çözülme sürecine girmiştir. Permafrostun erimesi, eğimli arazilerde heyelan ve toprak kaymalarını tetiklemiş, bölgenin jeomorfolojisinde önemli değişiklikler yaratmıştır (Azzoni vd.,

2022). Bu süreç, Cilo Dağı'nın jeomorfolojisinde hem buzullaşma dönemini hem de sonrasındaki hızlı erime ve arazi şekillerindeki dönüşümleri içeren kompleks bir iklim evresinin izlerini taşımaktadır.

Daha düşük rakıma sahip Akdeniz geçiş iklimi özelliği gösteren Kaz Dağları, KBC'nin etkisiyle periglasyal koşulların yaygınlaştığı bir diğer önemli bölgedir. Donma-çözülme süreçlerinin egemen olduğu zirve bölgelerinde donmuş toprak halkaları ve blok akıntıları gibi periglasyal şekiller oluşmuştur. Ancak sonraki iklim değişiklikleriyle birlikte bu şekiller erozyon ve aşınma süreçlerine maruz kalarak önemli değişimler göstermiştir (Türkeş vd., 2023). Soğuk iklimin tetiklediği donma-çözülme döngüleri, arazi formasyonlarını belirgin şekilde etkilemiş ve bölgesel morfolojik yapının şekillenmesinde doğrudan rol oynamıştır.

Türkiye'nin farklı bölgelerindeki buzul sistemlerinin gösterdiği değişken dirençler, yerel topoğrafya, iklim koşulları ve kar birikimini destekleyen morfolojik özelliklerin karmaşık etkileşiminin bir sonucudur. Karasal iklimin hâkim olduğu doğu bölgelerde buzullar daha hızlı gerilerken, nemli ve yağışlı alanlarda buzul izleri günümüze kadar korunabilmiştir (Hughes vd., 2018). Türkiye'deki buzullaşma alanlarının Avrupa Alpieri veya İskandinavya'ya kıyasla daha sınırlı ve lokalize kalması, bölgenin özgün iklim özellikleri ve topoğrafik yapısının doğal bir yansımasıdır (Sarıkaya ve Çiner, 2015). Bu bölgesel heterojenlik, KBC'nin Türkiye'de tekdüze bir süreç olmadığını, aksine yerel faktörlerin etkisiyle farklılaşan kompleks bir iklimsel olgu olduğunu göstermektedir.

3. GÖL KAYITLARI

Türkiye'de Küçük Buzul Çağı (KBC) ve KBC'nin iklimsel etkilerini anlamak için göl sedimentleri önemli bir

kaynak oluşturmaktadır. Çıldır, Beyşehir, Nar, Sünnet ve Van göllerindeki yapılan çalışmalar, bu dönemdeki iklimsel değişiklikleri yansıtan organik karbon oranlarında ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop kompozisyonlarında önemli değişiklikler tespit edilmiştir (Erginal vd., 2019; Gürbüz vd., 2014; Jones vd., 2008; Ocakoğlu vd., 2022; Şimşek ve Çağatay, 2018). Bu göl sistemlerinden elde edilen veriler, KBÇ'nin Türkiye'deki bölgesel iklimsel etkilerini anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Van Gölü'ndeki son 3500 yıla ait göl tortuları, KBÇ sırasında bölgedeki iklimin soğuk ve kuru koşullarla şekillendiğini ortaya koymaktadır. Çekirdek analizlerine göre, Günümüzden önce 500-350 ve 200-0 yılları arasındaki soğuk ve kurak dönemler, KBÇ'nin iklimsel etkilerine denk gelmektedir (Şimşek ve Çağatay, 2018). Bu dönemde göl sedimanlarında yağış seviyelerinde belirgin bir düşüş, organik karbon seviyelerinde azalma ve detrital elementlerin artan birikimi gözlemlenmiştir. Bu bulgular, KBÇ'nin Van Gölü'ndeki tortularda net bir şekilde izlendiğini ve bu iklimsel değişimlerin Kuzey Atlantik iklim sistemiyle bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Beyşehir Gölü'ndeki çalışmalar da Küçük Buzul Çağı'nda bölgedeki hidrolojik ve iklimsel değişiklikleri yansıtmaktadır. Bu dönemde, Beyşehir Gölü çevresinde daha az yağış alındığı, yaz aylarının kısa, kışların ise daha uzun ve soğuk geçtiği anlaşılmaktadır. Göl seviyesindeki düşüşler, yağışların azalması ve karstlaşmanın etkisiyle su bütçesindeki dengesizlikler, KBÇ'nin göl üzerindeki etkilerini göstermektedir. Ayrıca dendrokronolojik çalışmalar, KBÇ'nin bölgedeki iklimi soğutmuş ve kuraklık koşulları yaratmıştır (Gürbüz vd., 2014). Bu veriler, Beyşehir Gölü'nün hidroklimatolojik özelliklerinin zaman içinde benzer kaldığını, ancak KBÇ döneminde bölgedeki iklimsel değişikliklerin su döngüsünde önemli etkiler yarattığını ortaya koymaktadır.

Batı Karadeniz'deki Sünnet Gölü'nden alınan veriler, Küçük Buzul Çağı (KBÇ) döneminde, özellikle 1510-1750 yılları arasında soğuk ve kuru iklim koşullarının hâkim olduğunu göstermektedir. Bu dönemde, diatom florasında belirgin bir zayıflama ve ostrakod faunasının seyrekleşmesi gözlemlenmiştir. Özellikle 1640-1710 yılları arasında, çam türleri poleni ve ot poleni yüzdelerindeki artış, bu dönemin soğuk koşullarını yansıtmaktadır. Bu dönemin Maunder Minimumu'na denk gelmesi, bölgedeki iklimin daha da soğuduğuna işaret etmektedir. 1750'lerden sonra, göl seviyesindeki artış ve planktik diatomların oranındaki yükselme, sıcaklıkların arttığını ve çeşitlenen ağaç örtüsünün yayılmaya başladığını göstermektedir (Ocakoglu vd., 2022).

Türkiye'nin en soğuk bölgesinde yer alan Çıldır Gölü'ndeki paleoklimatik veriler, Küçük Buzul Çağı (KBÇ) süresince soğuk ve kuru koşulları açıkça yansıtmaktadır. Günümüzden önce 650 ile 130 yıl arasındaki dönemde, organik karbon ve manyetik duyarlılık göstergelerinde gözlemlenen belirgin düşüşler, organik üretkenlikteki azalma ve kimyasal ayrışma yoğunluğundaki düşüşü işaret etmektedir. Ayrıca, Zr ve Ti elementlerinin azalan eğilimleri, sedimanların tane boyutunun küçüldüğünü ve gölde sediman taşıma ile su akışının azaldığını, dolayısıyla bölgedeki kuraklığın arttığını göstermektedir. KBÇ'nin sonunda ise, sedimantasyon hızının düştüğü, göl seviyesinin azaldığı ve su girişinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, KBÇ'nin Çıldır Gölü'ndeki çevresel süreçler üzerinde uzun süreli etkiler bıraktığını ortaya koymaktadır (Erginal vd., 2022)

Nar Gölü'nden elde edilen veriler, Anadolu'daki kuraklık ve nemlilik döngülerini daha ayrıntılı incelememize olanak sağlamaktadır. Nar Gölü'ndeki $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine dayalı yağış/buharlaştırma (P/E) indeksi, 1400 yılından itibaren büyük kuraklık olaylarını ortaya koymaktadır. Bu verilere göre, Küçük

Buzul Çağı (KBÇ), Orta Çağ Sıcak Dönemi'ne ve günümüze kıyasla daha kurak bir dönem olarak karakterize edilmektedir. Özellikle 15. (1410–1495), 19. (1810–1900) ve 20. yüzyılın ortalarında (1920–1965) uzun süreli kuraklıklar gözlemlenmiştir. En dikkat çeken bulgu, 16. yüzyıldaki tek ciddi kuraklık döneminin hem ağaç halkası daralmaları hem de Nar Gölü izotop kayıtlarıyla belgelenmiş olmasıdır (Yiğitbaşoğlu vd., 2015).

Nar Gölü verileri, Kuzey Atlantik Salımı (NAO) ve muson iklimleriyle de ilişkilendirilmektedir. 1700 yıllık varvlı dizilerde yapılan oksijen-18 izotop analizi, yağış ve buharlaşma değişkenliklerini yüksek doğrulukla kaydetmiştir (Jones vd., 2008). İzotop verilerine göre, daha pozitif $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin görüldüğü dönemlerde aragonit çökmesinin arttığı, bunun da yaz kuraklığını ve kış-ilkbahar yağışlarının azalmasını işaret ettiği anlaşılmaktadır. Bu değişiklikler, Asya Musonu ve küresel iklim sistemleriyle olan bağlantıları ortaya koymaktadır.

4. DENDROKRONOLOJİK KAYITLAR VE BÖLGESEL KURAKLIK DÖNGÜLERİ

Dendrokronolojik çalışmalar, Türkiye'de Küçük Buzul Çağı (KBÇ) boyunca yaşanan kuraklıkların zamansal ve mekânsal özelliklerini anlamada önemli katkılar sağlamıştır. Özellikle Anadolu'nun yüksek rakımlı ormanlarında, 17. yüzyıl ortalarından itibaren ağaç büyümesinde belirgin daralmalar ve iklimsel stres izleri gözlemlenmiş olup, bu durum Avrupa'daki Maunder Minimumu (1645–1715) sırasında görülen düşük güneş aktivitesi ile ilişkili soğuma ve kuraklık koşullarıyla örtüşmektedir (Akkemik ve Aras, 2005; Bradley ve Jones, 1993; Touchan vd., 2003; Touchan vd., 2007). Toroslar'daki karaçam örneklerine dayalı rekonstrüksiyonlar, KBÇ boyunca kuraklıkların genellikle kısa süreli (1–3 yıl) ancak şiddetli olduğunu göstermektedir (Akkemik ve Aras, 2005; Akkemik vd.,

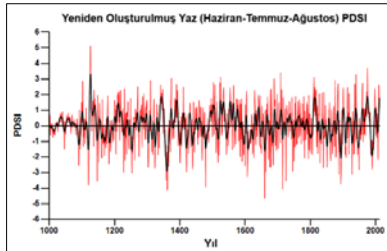
2005; Touchan vd., 2003). Bu bulgulara dayanarak, 1693, 1725, 1819, 1868, 1878, 1887 ve 1893 yılları, aşırı kuraklık dönemleri olarak öne çıkmakta; özellikle 1893 kuraklığının hem Anadolu'da hem de Avrupa genelinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Cook vd., 2015).

Bölgesel ölçekte yapılan dendrokronolojik analizler, Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinde kuraklık ve yağış rejimlerinin heterojen bir dağılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde, kurak ve yağışlı dönemlerin düzensiz bir dağılım gösterdiği; kuraklıkların genellikle 1-2 yıl sürdüğü, üç yıl ve üzeri uzun süreli kuraklıkların ise nadiren görüldüğü belirlenmiştir (Akkemik ve Aras, 2005). Akdeniz Bölgesi'nde 1745-1747 arasında üç yıl süren önemli bir kuraklık yaşanırken, 1770-1771 ve 1900-1902 yıllarında ise 2-3 yıl süren yağışlı dönemler kaydedilmiştir (Akkemik ve Aras, 2005). Son 350 yılda özellikle 1676, 1679, 1696, 1715, 1725 ve 1745-1747 yıllarında hem Akdeniz hem de Karadeniz bölgelerinde uzun süren kuraklıklar yaşanmıştır. Bu kuraklıklar genellikle bir veya iki yıl sürmüş olup, Akdeniz Bölgesi'nde üç yıl süren nadir kuraklık dönemleri de gözlemlenmiştir. Ayrıca, Kastamonu ve Konya gibi bölgelerdeki kuraklık dönemleri kısmen paralellik göstermektedir (Akkemik vd., 2005). Tüm bu bulgular, KBÇ boyunca Anadolu'daki iklim dalgalanmalarını ve kuraklıkların bölgesel çeşitliliğini ortaya koymaktadır (Akkemik ve Aras, 2005; Akkemik vd., 2005; D'Arrigo ve Cullen, 2001; Köse, 2011; Touchan vd., 2005).

Doğu Akdeniz ve Anadolu'daki geniş ölçekli dendroklimatik çalışmalar, son 600-750 yılda yaz yağışlarında yüksek doğal değişkenlik olduğunu ortaya koymaktadır. Uzun süreli kuraklıklar nadiren 2-5 yılı aşmakta; en uzun kurak dönem 1591-1595, en uzun nemli dönemler ise 1601-1605 ve 1751-1755 yıllarıdır (Touchan vd., 2005; Köse vd., 2011). Batı Anadolu'da ise 1607-1608 ve 1675-1676 yılları kurak, 1503-

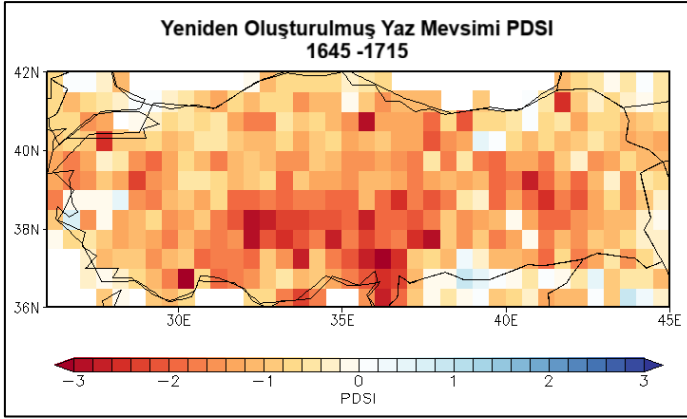
1504 ve 1629–1630 yılları nemli dönemler olarak tespit edilmiştir (Touchan vd., 2005). Ankara ve Eskişehir’den elde edilen verilere göre yalnızca 1878–1880 ve 1886–1887 dönemlerinde 2–3 yıl süren kuraklıklar yaşanmış, 1887 yılı ise Kastamonu çevresindeki meşe örneklerinde belirgin kuraklık sinyalleri vermiştir (Köse, Akkemik ve Dalfes, 2005; Akkemik vd., 2005).

Ağaç Halkası Kuraklık Atlası Portalı’ndan alınan yeniden yapılandırılmış Palmer Kuraklık Şiddeti Endeksi (PDSI) verileri, Türkiye’de 1350–1850 yılları arasındaki dönemin hem önceki (1000–1350) hem de sonraki (1850–2000) dönemlere kıyasla daha dalgalı ve istikrarsız bir hidroklimatik yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 1). Bu süreçte, özellikle 1400–1450, 1600–1650 ve 1700–1750 gibi alt dönemlerde şiddetli kuraklıklar ($PDSI \leq -3$) dikkat çekmekte; yer yer pozitif değerler ise nemli yılların varlığını ortaya koymaktadır. Maunder Minimumu (1645–1715) sırasında hem kuraklık hem de nemli koşulların birlikte gözlemlendiği, iklimde yüksek değişkenlik sergilendiği tespit edilmiştir. Buna karşılık, 1000–1350 dönemi daha nemli ve dengeli koşullar sunarken; 1850 sonrası dönem daha kısa süreli ve az uç değerli iklim dalgalanmaları ile karakterizedir. Bu durum, 1350–1850 dönemini Türkiye için hidroklimatik açıdan en belirsiz ve stresli evrelerden biri haline getirmektedir (D’Arrigo ve Cullen, 2001; Cook vd., 2015; Burnette, 2021).



Şekil 1. MS 1000–2012 yılları arasında Batı Anadolu için yeniden oluşturulmuş yaz mevsimi (Haziran–Temmuz–Ağustos) PDSI değerleri (Cook vd., 2015; Burnette, 2021).

Maunder Minimumu (1645–1715) dönemi, Türkiye genelinde yaygın ve belirgin kurak koşulların etkili olduğu bir evre olarak öne çıkmaktadır. Yeniden yapılandırılmış yaz mevsimi PDSI verilerine göre, bu dönemde değerlerin büyük çoğunluğu -1 ile -3 arasında seyretmiş ve ülkenin önemli bir bölümünde orta ila şiddetli kuraklık koşulları yaşanmıştır. Özellikle İç Anadolu'nun güneyi ile Toroslar'ın iç kesimleri en kurak alanlar olarak belirlenirken, Batı Anadolu'nun iç kesimleri de benzer şekilde kurak bir karakter göstermiştir (Şekil 2). Buna karşın, Karadeniz kıyıları ve Marmara Bölgesi nispeten daha nemli koşulların korunduğu alanlar olmuştur. Genel olarak bu dönem, güneş aktivitesindeki azalma ile bağlantılı olarak Türkiye'de hidroklimatik değişkenliğin ve bölgesel kuraklıkların belirgin biçimde arttığı bir süreci yansıtmaktadır (Cook vd., 2015; Burnette, 2021).



Şekil 2. Türkiye’de Maunder Minimum (1645–1715) dönemine ait yaz dönemi PDSI değerlerinin mekânsal dağılımı (Cook vd., 2015; Burnette, 2021).

5. SONUÇ

Küçük Buzul Çağı (KBÇ), Türkiye coğrafyasında yalnızca küresel iklim sisteminin yerel bir yansıması değil, aynı

zamanda ülkenin kendine özgü topografik, iklimsel ve sosyo-ekonomik özellikleriyle şekillenen çok boyutlu ve bölgesel olarak heterojen bir iklimsel süreç olarak ortaya çıkmaktadır. Bu dönem, düşük güneş aktivitesi, volkanik patlamalar ve atmosferik dolaşım sistemlerindeki değişimlerin etkisiyle oluşan karmaşık bir iklim anomalisi olup hem doğal hem de toplumsal sistemler üzerinde derin ve çok katmanlı etkiler bırakmıştır.

Jeomorfolojik veriler, özellikle yüksek dağlık alanlarda KBÇ'nin buzullaşma süreçleri yoluyla kalıcı izler bıraktığını göstermektedir. Morenler, taş-buzullar ve periglasyal şekiller gibi jeomorfolojik yapılar, geçmiş iklim koşullarının yeniden inşası açısından kritik öneme sahiptir. Bu izlerin korunması ve sistematik olarak belgelenmesi, yalnızca bilimsel araştırmalar açısından değil, aynı zamanda kültürel mirasın bir parçası olarak da değerlidir.

Paleoklimatik kayıtların çok disiplinli sentezi (göl sedimentleri, mağara sarkıt ve dikitleri, dendrokronolojik veriler ve tarihsel belgeler) KBÇ'nin Türkiye'de basit bir soğuma döneminden ibaret olmadığını, düzensiz kuraklık ve nemlilik döngüleriyle karakterize edilen doğrusal olmayan bir iklim dinamiği barındırdığını ortaya koymuştur. Özellikle kısa süreli ama yoğun kuraklık dönemleri, Türkiye'nin iklimsel karakterinin ayırt edici özelliklerinden biridir. Bu durum, su kaynakları yönetimi, tarımsal üretim planlaması ve kuraklık risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesinde dikkate alınması gereken hayati bir unsurdur.

Bölgesel heterojenlik, KBÇ'nin etkilerini Türkiye'nin farklı coğrafi alanlarında farklı yoğunluk ve biçimlerde göstermesine neden olmuştur. Bu çeşitlilik, ulusal ölçekli iklim politikalarının yanı sıra yerel bağlamı gözetken, çok ölçekli ve esnek stratejilere duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Akdeniz iklim kuşağının sağladığı tarımsal çeşitlilik, geniş alanlara

yayılmış kaynak aktarımı kapasitesi ve yerel adaptasyon stratejileri, Avrupa'daki benzer dönemlere kıyasla Türkiye'deki KBÇ deneyiminin daha sınırlı sosyo-ekonomik etkilerle atlatılmasında rol oynamış olabilir.

Bu araştırma ayrıca, Türkiye'nin bazı bölgelerinde (özellikle Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu'nun belirli kesimlerinde) yüksek çözünürlüklü paleoklimatik kayıtların yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır. Bu eksikliklerin giderilmesi, KBÇ'nin Türkiye'deki etkilerinin daha ayrıntılı ve yerel düzeyde anlaşılmasını sağlayacaktır. Göl ve mağara kayıtlarının daha kapsamlı analizi, mevcut buzul kalıntılarının sistematik tarihlendirilmesi ve tarihsel belgelerin iklim bilimi perspektifiyle yeniden değerlendirilmesi, gelecek araştırmalar için öncelikli alanlar olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akkemik, Ü., & Aras, A. (2005). Reconstruction (1689–1994) of April–August precipitation in the southern part of central Turkey. *International Journal of Climatology*, 25(4), 537–548.
- Akkemik, Ü., Yurtseven, N., & Dalfes, N. (2005). Tree-ring based reconstruction of precipitation for the western Anatolia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(6), 479–486.
- Akkemik, Ü., D'Arrigo, R., Cherubini, P., Köse, N., & Jacoby, G. C. (2008). Tree-ring reconstructions of precipitation and streamflow for north-western Turkey. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 28(2), 173–183.
- Altın, B. N. (2003a). Aladağlar'da Preglasiyal dönem manzarası. *İçinde Sırrı Erinç Sempozyumu, Genişletilmiş Bildiri Özetleri* (ss. 16–21). İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü.
- Altın, B. N. (2003b). Aladağlarda Pleistosen buzullaşması ve jeomorfolojik sonuçları. *İçinde TURQUA IV, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü Kuvaterner Çalıştayı Bildiri Özetleri* (ss. 15–16). İstanbul.
- Akçar, N., Yavuz, V., Ivy-Ochs, S., Kubik, P. W., Vardar, M., & Schlüchter, C. (2008). A case for a downwasting mountain glacier during Termination I, Verçenik valley, northeastern Turkey. *Journal of Quaternary Science*, 23(3), 273–285.
- Altınay, O., Sarıkaya, M. A., & Çiner, A. (2020). Late-glacial to Holocene glaciers in the Turkish mountains. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2(1), 119–133.

- Azzoni, R. S., Bollati, I. M., Pelfini, M., Sarıkaya, M. A., & Zerboni, A. (2022). Geomorphology of a recently deglaciated high mountain area in Eastern Anatolia (Turkey). *Journal of Maps*, 18(2), 258–267.
- Bradley, R. S., & Jones, P. D. (1993). ‘Little Ice Age’ summer temperature variations: Their nature and relevance to recent global warming trends. *Holocene*, 3, 367–376.
- Burnette, D. J. (2021). The Tree-Ring Drought Atlas Portal: Gridded drought reconstructions for the past 500–2,000 years. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(10), 953–956.
- Cook, E. R., Seager, R., Kushnir, Y., Briffa, K. R., Büntgen, U., Frank, D., ... & Zang, C. (2015). Old World megadroughts and pluvials during the Common Era. *Science Advances*, 1(10), e1500561
- D’Arrigo, R., & Cullen, H. M. (2001). A 350-year (AD 1628–1980) reconstruction of Turkish precipitation. *Dendrochronologia*, 19(2), 169–177.
- Deng, W., Liu, X., Chen, X., Wei, G., Zeng, T., Xie, L., & Zhao, J. X. (2017). A comparison of the climates of the Medieval Climate Anomaly, Little Ice Age, and Current Warm Period reconstructed using coral records from the northern South China Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122(1), 264–275.
- Eide, J. (1955). The glaciation in Norway during the Little Ice Age. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 15(1), 1–30.
- Erginal, A. E., Çağatay, M. N., Selim, H. H., Karabıyıkoglu, M., Çakır, C., Yakupoğlu, N., ... & Kaya, H. (2019). Multi-proxy sedimentary records of dry-wet climate cycles during the last 2 ka from Lake Çıldır, east Anatolian

- Plateau, Turkey. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 42(1), 61–70.
- Fagan, B. (2000). *The Little Ice Age: How climate made history 1300–1850*. Basic Books.
- Federici, P. R., & Stefanini, B. (2001). Late Holocene glacier fluctuations in the Maritime Alps. *Quaternary International*, 86(1), 97–104.
- Federici, P. R., Ribolini, A., & Spagnolo, M. (2017). The Little Ice Age glacial advance in the Maritime Alps (Italy): New chronological data. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 40(1), 3–13.
- Grove, J. M. (1972). The incidence of landslides, avalanches, and floods in Western Norway during the Little Ice Age. *Arctic and Alpine Research*, 4(2), 131–138.
- Gürbüz, E., Kazancı, N., Arpe, K., Leroy, S. A., Yücel, T. O., Ataselim. ...& İleri, Ö. (2014). Beyşehir Gölü hidroklimatolojik özelliklerinin Küçük Buzul Çağı dönemi dendrokronoloji verileri ile karşılaştırılması. *İçinde 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı* (ss. 310–311). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 118.
- Hu, Hsun-Ming, Chuan-Chou Shen, John CH Chiang, Valerie Trouet, Véronique Michel, Hsien-Chen Tsai, Patricia Valensi, et al. (2022). Split westerlies over Europe in the early Little Ice Age. *Nature Communications*, 13(1), 4898.
- Hughes, P. D. (2018). Little Ice Age glaciers and climate in the Mediterranean mountains: A new analysis. *Cuadernos de Investigación Geográfica: Geographical Research Letters*, 44(1), 15–45.

- Jones, P. D., & Bradley, R. S. (1992). *Climatic variations over the last 500 years*. In R. S. Bradley & P. D. Jones (Eds.), *Climate since A.D. 1500* (pp. 649–665). Routledge.
- Jones, P. D., Briffa, K. R., Barnett, T. P., & Tett, S. F. B. (1998). High-resolution palaeoclimatic records for the last millennium: Interpretation, integration and comparison with General Circulation Model control-run temperatures. *The Holocene*, 8(4), 455–471.
- Köse, N., Akkemik, Ü., & Dalfes, H. N. (2005). Anadolu'nun iklim tarihinin son 500 yılı: Dendroklimatolojik ilk sonuçlar. *İçinde Türkiye Kuvaterner Sempozyumu-TURQUA-V, Bildiriler Kitabı* (ss. 136–142).
- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., & Özeren, M. S. (2011). Tree-ring reconstructions of May–June precipitation for western Anatolia. *Quaternary Research*, 75(3), 438–450.
- Köse, O., Sarıkaya, M. A., Çiner, A., & Yıldırım, C. (2021). Glacial geomorphology of the Aladağlar, central Taurus Mountains, Turkey. *Journal of Maps*, 17(2), 101–113.
- Kreutz, K. J., Mayewski, P. A., Meeker, L. D., Twickler, M. S., Whitlow, S. I., & Pittalwala, I. I. (1997). Bipolar changes in atmospheric circulation during the Little Ice Age. *Science*, 277(5330), 1294–1296.
- Liu, Y., An, Z., Linderholm, H. W., Chen, D., Song, H., Cai, Q., ... & Sun, J. (2010). Annual precipitation variation in the Tarim Basin, China, since AD 1880 based on tree rings. *International Journal of Climatology*, 30(5), 529–538.
- Mann, M. E. (2002). Little Ice Age. *Encyclopedia of Global Environmental Change* (Vol. 1, ss. 504–509). John Wiley & Sons.

- Mann, M. E. (2003). On past temperatures and anomalous late-20th century warmth. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 84(27), 256–258.
- Matthews, J. A., & Briffa, K. R. (2005). The ‘Little Ice Age’: Re-evaluation of an evolving concept. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 87(1), 17–36.
- Mann, M. E., Zhang, Z., Rutherford, S., Bradley, R. S., Hughes, M. K., Shindell, D., ... & Ni, F. (2009). Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*, 326(5957), 1256–1260.
- Ocakoğlu, F., Akbulut, A., Oybak Dönmez, E., Tuncer, A., Tunçoğlu, C., Açıklan, S., & Erayık, C. (2022). Lowstand lake conditions in NW Anatolia during the Little Ice Age: Multi-proxy evidence from Lake Sünnet. *The Holocene*, 32(9), 935–949.
- Phillippy, P. (2025). Climate and curiosity: Human and nonhuman in the Little Ice Age. *Early Modern Studies Journal*, 10, 63–96.
- Reiter, P. (2000). From Shakespeare to Defoe: Malaria in England in the Little Ice Age. *Emerging Infectious Diseases*, 6, 1–11.
- Sarıkaya, M. A. (2009). *Late Quaternary Glaciation and Paleoclimate of Turkey Inferred from Cosmogenic ^{36}Cl Dating of Moraines and Glacier Modelling*, Hydrology and Water Resources (Unpublished PhD thesis). University of Arizona, Tucson, AZ.
- Sarıkaya, M. A., & Çiner, A. (2015). Late Pleistocene glaciations and paleoclimate of Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 151(151), 107–127.
- Şimşek, F. B., & Çağatay, M. N. (2018). Late Holocene high-resolution multi-proxy climate and environmental records

- from Lake Van, eastern Turkey. *Quaternary International*, 486, 57–72.
- Touchan, R., Garfin, G. M., Meko, D. M., Funkhouser, G., Erkan, N., Hughes, M. K., & Wallin, B. S. (2003). Preliminary reconstructions of spring precipitation in southwestern Turkey from tree-ring width. *International Journal of Climatology*, 23(2), 157–171.
- Touchan, R., Funkhouser, G., Hughes, M. K., & Erkan, N. (2005). Standardized precipitation index reconstructed from Turkish tree-ring widths. *Climatic Change*, 72(3), 339–353.
- Touchan, R., Akkemik, Ü., Hughes, M. K., & Erkan, N. (2007). May–June precipitation reconstruction of southwestern Anatolia, Turkey during the last 900 years from tree rings. *Quaternary Research*, 68(2), 196–202.
- Türkeş, M., Dede, V., Dengiz, O., Şenol, H., & Serin, S. (2023). Periglacial landforms and soil formation on summit of the Mount Ida (Kaz Dağı), Biga Peninsula-Turkey. *Physical Geography*, 44(5), 531–580.
- Ülgen, U. B., Franz, S. O., Biltekin, D., Çagatay, M. N., Roeser, P. A., Doner, L., & Thein, J. (2012). Climatic and environmental evolution of Lake Iznik (NW Turkey) over the last ~ 4700 years. *Quaternary International*, 274, 88–101.
- Wang, J., Chen, F., & Yang, B. (2005). New advance in research on the international Little Ice Age climate change. In *International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'05, Proceedings* (pp. 5145–5149). IEEE.
- White, S. (2013). *Osmanlıda İsyen İklimi* (N. Elhüseyni, Trans.). İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

- Yeşilyurt, S. (2025). The role of Little Ice Age glaciation in shaping the rock glacier morphology of Mount Kaçkar, Turkey. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 1–22.
- Yiğitbaşıoğlu, H., Dean, J. R., Eastwood, W. J., Roberts, N., Jones, M. D., & Leng, M. J. (2015). A 600 year-long drought index for central Anatolia. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 84–88.

**VANGÖLÜ HAVZASINDA KESİN
KORUNACAK HASSAS ALANLAR
KAPSAMINA ALINAN BAZI GÖLLERİN
(KAZLI GÖLÜ, AKGÖL, DEĞİRMİGÖL VE TUZ
GÖLÜ) DOĞAL ORTAM ÖZELLİKLERİ VE
EKOSİSTEMİNİN COĞRAFİ AÇIDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bülent MATPAY¹

1. GİRİŞ

Yerküre suyunun %2,5'i tatlı su olup bu suyun %68,9' u buz formunda, %30,8'i yeraltı suyu, %0,3'ü ise akarsu ve göllerde bulunmaktadır. Geriye kalan %97,5 oranındaki su ise tuzludur (Wetzel, 2001; Kazancı, 2008: 366). Bu verilere bakıldığında tatlı su kaynaklarının çok az olduğu anlaşılmaktadır. Sahip olunan suyun iklimsel değişikliklerine karşı hassas olduğu ve su miktarındaki düşüşün tüm canlıları etkileyeceği açıktır. Su biliminin (hidroloji) önemli alt disiplinlerinden biri olan limnoloji göl bilimi anlamına gelmektedir. Göller çeşitli faktörlerin tesiriyle topoğrafyada meydana gelmiş çukurlukların suyla dolmasıyla gelişmektedir. Göl havzası ve yakın çevresinin jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerinin bilinmesi limnolojik araştırmalarda ve göl yönetim planlamalarında önem arz etmektedir. Bu sayede gölün oluşumu, suyun kalitesi, kıyı gerisinde göle su boşaltan akarsuların oluşum ve gelişimleri hakkında bilgi edinilebilir. Göller bir olayın (monojenik) veyahut birden çok olayın ortak etkisi sonucu (polijenik) meydana

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Van-YYÜ, Van GMYO, İş Sağlığı ve Güvenliği, ORCID: 000-0002-2938-8913.

gelebilir. Bir gölün göl olma özelliğini koruması ve sürdürmesi, onun beslenmesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple göllerin beslenmesi ve bunda etkili olan unsurların araştırılması önemlidir (Selçuk Biricik, 2009: 347). Türkiye sahip olduğu topografya ve jeoloji koşullarındaki zenginlik, farklı orjinlerde göl oluşumuna zemin sağlamıştır (Doğu vd., 1994: 243). Bu göller tektonik, heyelan set, alüvyal set, karstik vb. orjinli olduğu gibi birden çok unsurun etkisiyle oluşan göller de olabilir. Göller ekosistem içinde birçok canlının habitat alanı olduğu gibi çok uzak bölgelerde habitat alanı olan canlılar için de (örneğin kuşlar için göç yolu konaklama mekânı) önemlidir. Bu yüzden göllerin/sulak alanların korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması önemlidir. Küresel iklim değişimlerinin izlenebilir hale gelmesi, göz önünde yaşanan çevre kayıpları, yok olan flora-fauna türleri ve özellikle kitle turizm bölgelerinde yoğunlaşan ekolojik sorunlar, çevre konusundaki yaklaşımın yeniden şekillenmesine zemin hazırlamıştır (Ovalı, 2007: 66). Göllerin, doğa temelli turizm faaliyetlerinin gelişiminde birinci kaynaklar olarak düşünüldüğü (Daubariene, 2009: 77; Ceylan ve Bulut, 2019: 79) göz önüne alındığında doğal ortam, insan ve göl ilişkisinin doğru kurgulanması gereklidir. Mevcut kaynakların sürekli istifade edilebilecek şekilde kullanımını öngören yeni yaklaşımlar, çevre korumasına hizmet etmekle kalmayıp, turizm sektörünün geleceği açısından da hayati önem taşıdığı için her kesimden taraftar bulmuştur. Bu hususta Birleşmiş Milletler rehberliğinde alınan kararlarda da, turizm sektörünün faaliyetlerini kısıtlamak yerine sürdürülebilir kalkınma açısından; doğal kaynakların ve çevrenin koordineli bir biçimde korunması üzerine önemli vurgular yapılmıştır (Sevindi, 2014: 64). Türkiye’de göllerin önemi, korunması, turizm potansiyeli ve sürdürülebilirliği hususunda birçok bilimsel çalışma yapılmıştır (Akpınar ve Akbulut, 2007; Korkmaz ve Başkalkan, 2011; Sevindi,2013; Dinç ve Öztürk, 2013; Çavuş, 2014; Doğu ve Deniz, 2015; Ongun ve Türkoğlu, 2016; Meriç ve Bozkurt, 2017; Çetin vd.,2018;

Alaeddinoğlu ve Aydın, 2018; Temurçin vd., 2019; Çelik ve Üzümcü, 2020; Şeremet ve Cihangir, 2022) Bu doğrultuda doğal ortamı korumaya ve sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik birçok mevzuat düzenlemesi yapılarak uygulamaya geçilmiştir. Bu bağlamda göllerin ve sulak alanların korunması ve sürdürülebilirliği için Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca, “kesin korunacak hassas alanlar”, “nitelikli doğal koruma alanları” ve “sürdürülebilir koruma ve kontrollü kullanım alanları” tanımlanmıştır. Keza tescili yapılan bu alanlar için koruma ve kullanma koşulları belirlenmiştir. Bu durum 113 no’lu tabiat varlıklarını koruma merkez komisyonunun doğal sit alanları koruma ve kullanma koşulları ilke kararlarıyla uygulamaya alınmıştır. Ayrıca sulak alanların korunması ve yönetimi konusunda, Tarım ve Orman Bakanlığı-Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü’nün (DKMP) önemli mevzuatları da vardır. Kesin korunacak hassas alanlar, genel olarak insan etkisi olmaksızın gelişmiş ve insan faaliyetleri sonucu tahrip potansiyeli olan ve bozulma riski yüksek olan alanlardır. Bu alanları önemli kılan bölgesel, ulusal ve küresel ölçekte olağanüstü özelliklere (ekosistem, türler, habitat ve jeomorfolojik özellikler) sahip olmalarıdır. Nitelikli doğal koruma alanları; doğal yapısı az değişmiş veya hiç değişmemiş, doğal hayata dayalı geleneksel yaşam biçimlerinin korunduğu kara ve su yüzeyleridir. Sürdürülebilir koruma ve kontrollü kullanım alanı ise ekolojik değerleri, doğal peyzajı, doğal yapısı ve görünümüyle ayırt edici özelliklere sahip olan alanlardır. Bu alanlarda bölge komisyonu tarafından yapılacak değerlendirmeye sahanın doğal yapısına tehdit oluşturmayacak, yoğunluğu düşük faaliyetlere (yerleşimler, tarım, hayvancılık ve turizm tesisleri, güneş, rüzgâr ve hidroelektrik enerji santralleri (HES) vb) izin verilebilir (Keleş Eriçok ve Alp, 2022: 31).

Bu bağlamda Van Gölü havzasında da doğal sit kapsamına alınmış göl/sulak alanlar mevcuttur (Tablo 1). Van

Gölü havzasında yapı olarak farklı orjinlere sahip birçok önemli göl vardır. Bu göllerden bazıları; Erçek Gölü, Nemrut Gölü, Keşiş Gölü'dür. Bu çalışmada ise İran sınırında birbirine yakın mesafede olan göller tercih edilmiştir. Bu göller Erçek Gölü doğusunda bulunan Kazlı Gölü, Tuz Gölü, Değirmigöl ve Akgöl'dür. Bu göllerin tercih nedeni bu göllerin bu bölgede göller bölgesi niteliği taşımasıdır. Keza göllerin birbirine yakın olması sebebiyle kendi aralarında hidrolojik çevirim içinde olabileceğidir. Bunun yanında göllerin birbirine yakınlığı arazi çalışmalarını kolaylaştırmasıdır. Bunun yanında göllerin “kesin korunacak hassas alanlar”, “Nitelikli Doğal Koruma Alanı” ve “Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı” niteliğine sahip olmaları ve bu bölgede yaşayan flora, fauna için habitat alanı ve yöre insanı için önemli olmasından dolayıdır.

Tablo 1. Van’ da bulunan doğal sit göl/sulak alan ve nitelikleri (Keleş Eriçok ve Alp, 2022: 31).

DOĞAL SİT			
VAN İLİ	Kesin Korunacak Hassas Alan	Nitelikli Doğal Koruma Alanı	Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı
Akgöl	+	+	+
Değirmigöl	+	+	+
Erçek Gölü	+	+	+
Hıdırmentes ve Çiçekli Gölü Besleme Havzası	+	+	+
Kazlı Gölü Sulak Alanı	+	+	+
Turna Gölü	+	+	
Tuz Gölü	+	+	+

Topoğrafya ve yüzeyinde barındırdığı bitki örtüsü, hidroğrafya gibi unsurların korunması ve sonraki nesillere aktarılması önemlidir. Çünkü bu alan hem ulusal hem de uluslararası öneme sahip olan türleri, habitatı ve ekosistemi barındırmaktadır. Keza bu alan jeoloji, jeomorfoloji ve biyolojik özellikler bakımından da ekosisteme katkısı vardır. Bu sistem

insan aktiviteleriyle bozulma veya tahrip olma riski altına girebilir. Bu özelliklere sahip olan özel alanlar cumhurbaşkanlığı kararıyla koruma altına alınabilmektedir. Bu yerlerde olası doğal afet (yangın, su baskını, deprem, heyelan vb) durumlarında ihtiyaç olunan müdahaleler yapılabilir. Keza bu alana madencilik faaliyetleri yapılmaz toprak, taş, kum, cüruf, sanayi ve evsel atıklar dökülmez. Bu niteliğe sahip yerlerde kesin yapı yasağı olmakla beraber faaliyetlerin niteliğine, içeriğine ve zorunluluk haline ilişkin tabiat varlıklarını koruma bölge komisyonları tarafından yapılacak değerlendirmeye göre şartları/kapsamı ve süresi belirlenmek şartıyla aşağıdaki faaliyetlere izin verilebilir (URL 1, Tablo 2).

Tablo 2. Tabiat varlıklarını koruma bölge komisyonları tarafından yapılacak değerlendirmeye göre kesin korunması gereken hassas alanlarda yapılabilecek faaliyetler (URL, 1).

1- Bilimsel faaliyetler (araştırma, eğitim ve izleme).
2-Alanda taşınabilir/taşınmaz kültür ve tabiat varlığı bulunması veya denk gelmesi durumunda bilimsel kazı, ortaya çıkarma ve koruma çalışmaları Bakanlık izniyle gerçekleştirilebilir.
3- Bu alanların korunmasına, ıslah edilmesine, bakımına ve temizliğine yönelik bilimsel rapor sonucu teklif edilen faaliyetler yapılabilir.
4- İşaret Levhaları (Güvenlik, uyarı ve bilgilendirme amaçlı).
5-Orman yangın yolu açılması, ormanların bakım/onarımı, orman zararlılarıyla mücadele edilmesi amacıyla çalışmalar yapılmasına müsaade edilebilir.
6- Alan içerisinde bulunan; anıt ağaç, grup tescilli ağaçlar ve tescilli bulunmayan ağaçların ilgili kurumdan alınacak teknik rapor doğrultusunda bakım/onarımı yapılabilir.
7-Arıcılık faaliyetleri (ekolojik dengenin devamlılığı ve tozlaşmanın sağlanmasına katkı amaçlı).
8- Kuş gözlem kuleleri inşa edilebilir.
9- Kamu faydasının gerektirdiği hallerde yol güzergâhının kullanılması koşuluyla atık su, içme suyu, doğal gazla elektrik ve iletişim hattı kurulabilir.
10- “Kesin Korunacak Hassas Alan” tescili yapılmadan evvel mevzuata uygun olarak yapılmış ve faaliyeti devam etmekte olan alt yapı uygulaması veya tesisi varsa; mevcut uygulamaya veya tesise ilişkin ek bir hat, yapı veya benzeri yeni bir düzenleme yapılmaması şartıyla söz konusu mevcut uygulamalara yönelik asgari düzeyde bakım, onarım ve iyileştirme çalışmalarıyla zaman uzatımına izin verilebilir.
11- Ulusal güvenlik için ihtiyaç olunan tesis yapılabilir.
12- Dalyan ile lagün ekosistemi ile denizler, göller ve diğer iç sularda doğal dengenin devamlılığının sağlanması maksadıyla ilgili kamu kurumu görüşleri doğrultusunda ve herhangi bir yapı yapılmamak koşuluyla alanın özelliğinden kaynaklanan geleneksel avcılık yöntemleri ile yapılan balıkçılığa ve faaliyetlerin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla mevcutların rehabilitasyonuna, bakımına ve tamarine izin verilebilir.

Her ne kadar yukarıda ifade edildiği gibi, olası afetlerde gereken müdahalelerin yapılması gerektiğinden bahsedilse de,

önemli olan doğal çevre ortamı zarar gördükten sonra değil de proaktif bir yaklaşımla (mevzuatların uygulanması, yöre insanının bilgilendirilmesi, doğal kaynaklara zarar vermeden ve miktarınca kullanılması gibi) önleyici tedbirlerin alınmasıdır. Böylece doğal ortamın korunmasına yönelik kaynaktan çözüm üretilmiş olur. Bunlardan olası yangınlar için alınacak önleyici tedbirler örnek gösterilebilir. Keza Kazlı Gölü'nün çevresinde yakın zamanda meydana gelen yangına her ne kadar müdahale edilse de birçok canlı organizma ve bitki örtüsü hasar görmüştür. Bu durumdan sazlıkta doğal olarak yaşayan ve üreyen canlı habitatı olumsuz etkilenmiştir (Şekil 1). Bu olumsuzluklara neden olan unsur, insanların proaktif bir yaklaşım sergilememesidir.



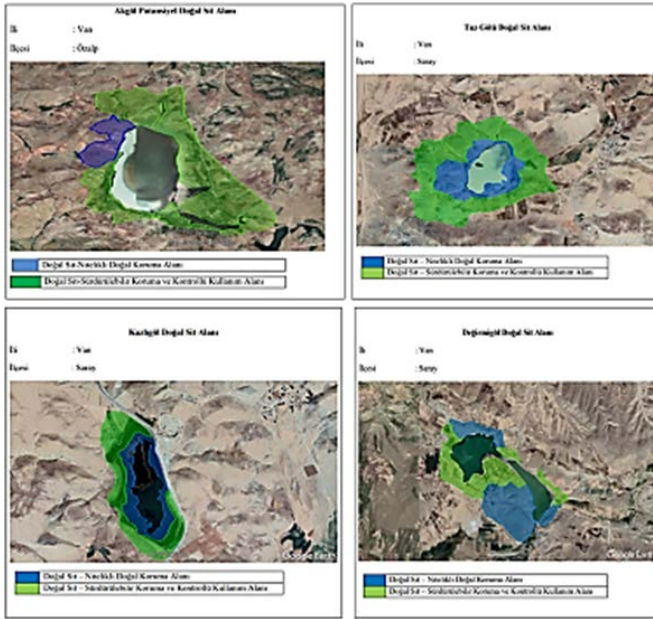
Şekil 1. Kazlı Gölü çevresinde çıkan yangına bağlı olarak etkilenen doğal çevrenin genel görünümü (URL, 2).

Çalışma alanı konumsal özellikleri bakımından insan faaliyetlerinin yoğun olduğu bir alanda yer alması nedeniyle insan müdahalelerine (tarımsal faaliyet, sulama, sondajlar gibi) açıktır. Alanın günü birlik turizm ziyaretlerine açık alanda olması, gölleri korumaya yönelik bilinç düzeyinin eksik olması (atık bırakma, göl çevresi köylerde yasa dışı sondaj kuyusu açma, sazlık tahribi, hayvanları aşırı ve erken otlatma faaliyetleri) göl ekosisteminin sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Çalışma alanına ait göller ve doğal çevresi kendine özgü flora, fauna bakımından zengin ve çeşitlilik göstermesi sayesinde ekosistemde önemli rolü vardır. Keza alanın bir rekreasyon alanı ve yöre insanı için su kaynaklarının önemli olduğu ve

sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekliliği göz önüne alındığında bu çalışmanın fiziki coğrafya ilke ve prensipleri çerçevesinde izah edilmesi gereklidir. Bunun yanında göllerin son yıllarda artan kuraklıktan etkilenecek kurumayla karşı karşıya kalması (Özellikle Tuz Gölü ve Akgöl yaz sonuna doğru tamamen kurduğu görülmüştür) çalışmayı önemli kılmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada ilk olarak çalışılması planlanan göllerin sınırları tanımlanmıştır. Bu kapsamda çalışma sınırı göllerin “nitelikli doğal koruma alanı” ve “sürdürülebilir koruma ve kontrollü kullanım alanı sınırları” dikkate alınarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanına ait göllerin “nitelikli doğal koruma alanı” ve “sürdürülebilir koruma ve kontrollü kullanım alanı sınırları (URL 3).

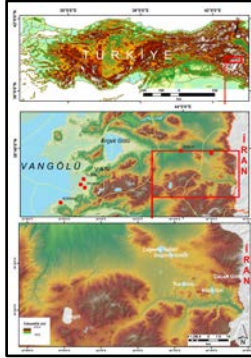
İkinci aşamada arazi gözlem ve çalışması, haritalar (jeoloji, topoğrafya), fotoğraflama, literatür araştırması, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) tekniklerinden faydalanılarak bulgular ortaya konulmuştur. Havzada bulunan göllerin limnolojisini ortaya koymak için arazinin kendine özgü coğrafi özellikleri dikkate alınarak daha önce yapılmış benzer çalışmalardan da faydalanılmıştır. Çalışmada Alaska Fairbanks Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü'nün web sitesinden temin edilen (ASF, 2024) 12,5 m yersel çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) (Digital Elevation Model (DEM)) CBS ortamında Arc GIS yazılımı üzerinden oluşturulmuştur. Elde edilen DEM verisinden faydalanılarak lokasyon, eğim, hidroğrafya, baki, yükseklik ve topoğrafya haritası üretilmiştir (Matpay, 2011; Duman ve Çiçek, 2012; Yılmaz, 2016; Alaeddinoğlu ve Aydın2018; Atıcı, 2020; Kale ve Duman, 2024; Matpay, 2022; Matpay ve Seyitoğulları, 2023). Bunun yanında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasından faydalanılarak göl ve yakın çevresinin jeoloji haritası düzenlenmiştir. Bu aşamadan sonra havzalarda SYM kullanılarak göllerin özellikleri analiz edilerek coğrafi perspektiften göllerin ekosistem içindeki önemi izah edilerek korunması ve sürdürülebilirliği hakkında nitel değerlendirme yapılmıştır. Eğim için Erol (1993:26)'un eğim sınıflandırması kullanılarak 7 gruba ayrılmış ve yeniden sınıflandırma (reclassify) işlemine tabi tutularak eğim gruplarının dağılımı ortaya konulmuştur. Çalışma alanına ait yağış, sıcaklık gibi iklim özellikleri (Tablo 3) ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait istatistiki verilerinden (1984-2019 arası Özalp İlçesi, yükselti: 2000 m ve enlem: 38.6573, Boylam: 43.9767 Yükseklik: 2000.0 m) faydalanılmıştır (MGM, 2019). Nihai olarak göllerin ve doğal çevresine ait doğal ortam özellikleri, sahip oldukları flora ve faunanın ekosistem içindeki önemi, ayrıca göllerin bazı nicel özellikleri ve yöre insanı için önemi bulgularla izah edilmiştir.

Tablo 3. Çalışma alanı yakın çevresine ait iklimsel veriler (MGM, 2019).

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Aylık ortalama sıcaklık (°C)	-9,6	-7,8	-1,4	5,9	11,0	16,3	20,9	20,6	15,3	8,5	1,1	-5,9
Aylık maksimum sıcaklık (°C)	12,5	12,1	21,2	26	30,3	34	37,6	38,8	35,9	27,9	20	18,8
Aylık minimum sıcaklık (°C)	-33,3	-36	-34	-19,4	-7	-0,4	4	2,4	-26	-8,6	-25,3	-35,8
Toplam yağış ort. (mm/kg/m ²)	55,5	56,0	59,1	72,1	73,0	34,5	24,4	13,6	16,6	43,1	50,6	52,9
Maks. yağış (mm/kg/m ²)	31,4	32,8	37,3	56,5	39,7	47,4	47,3	24,8	37,9	33,5	44,5	45,5
Maks. açık yüzey buharlaşma (mm)	--	--	--	--	9,80	16,30	18,70	19,90	14,50	10,30	3,40	--
Açık yüzey buharlaşma ort.(mm)	--	--	--	--	89,7	222,1	300,3	280,7	186,3	75,3	4,5	--

3. ÇALIŞMA ALANI

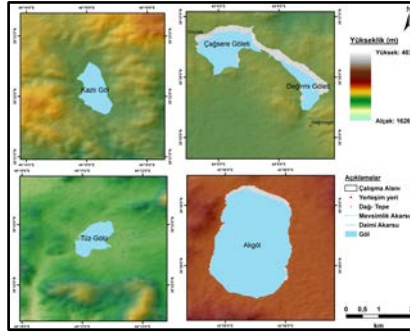
Çalışmaya konu olan göller (Kazlı Gölü, Tuz Gölü, Değirmigöl ve Akgöl) Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Van Gölü'nün doğu kesiminde İran sınırına yakın konumdadır. İdari bakımdan Van ili sınırları içinde olan bu göllere havza bazında bakıldığında; Akgöl, Van Gölü kapalı havzası içinde iken Kazlı Gölü, Tuz Gölü ve Değirmigöl Çaybağı Çayı havzası içinde yer almaktadır. Çaybağı Çayı havzası yüzeysel sularını Türkiye sınırlarını aşarak İran'a ait Urmiye kapalı havzasına taşımaktadır.



Şekil 3. Çalışma alanında yer alan göllerin konumunu gösteren harita.

Bu göller etrafı yüksek dağlık ve tepelik alan ile çevrilidir. Havzanın güney kesiminde yer alan Molasadi Dağları (2628 m), kuzeydoğu kesimde yer alan Beyazıt Dağları (2882 m) ve

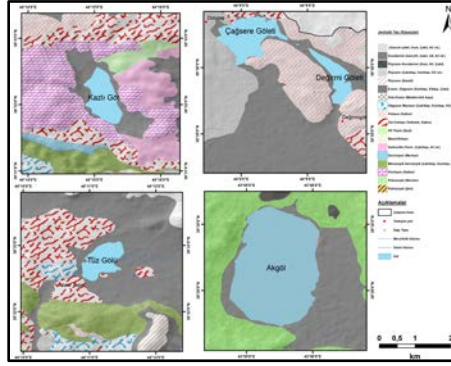
Akgöl'ün doğusunda yer alan Kırmızı Tepe (2622 m), Koç Tepe (2612 m) ve batısında Turnataşı Tepesi (2439 m), Sarıtaş Tepesi (2442 m) önemli yükseltilerdir. Bu göllerden Kazlı Gölü ve Tuz Gölü'nün deniz seviyesine göre bulunduğu yükseklik Değirmigöl ve Akgöl'e kıyasla daha azdır. Akgöl'ün bulunduğu yükseklik 2343 m olup yükseltisi en fazla konumda bulunan göldür. Keza bu gölün etrafında yükselen dağlık ve tepelik alan 3000 m' yi dahi aşmaktadır (Şekil 3). Bu göllerin deniz seviyesine göre yaklaşık yükseklikleri Kazlı Gölü 2160 m, Tuz Gölü 2190 m, Değirmigöl 2195 m ve Akgöl 2343 m'dir (Şekil 4). Bu göllerden Kazlı Göl haricindeki göller distrofik (derinliği 6 m. den az) özelliktedir.



Şekil 4. Çalışma alanına ait göl çevrelerinin yükseklik haritası.

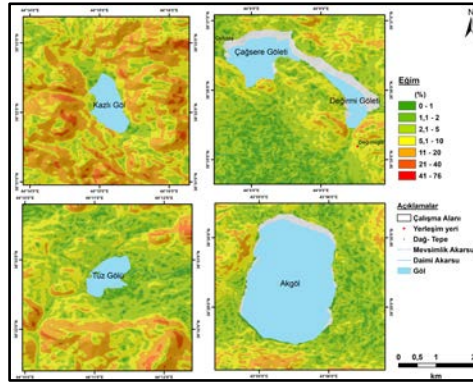
Çalışma alanının içinde bulunduğu Doğu Anadolu, Orta Miyosen'de gelişen kıta-kıta çarpışmasıyla, tektonik rejim değişikliğine giderek yeni bir morfolojik gelişim içine girmiştir. Jeomorfolojinin şekillenmesinde tektonik etkiler ön plandadır (Şaroğlu ve Güner,1981: 47). Bu doğrultuda çalışma alanı ve çevresinde tektonik hareketler sonucu yüksek dağlık alanlar ve bu dağlar arasında çöküntü alanları görülmektedir. Göller, bozulmuş ilksel stratigrafik yapılar üzerinde yer alan, farklı yaş ve kökene sahip magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaçlardan oluşan zemin üzerinde bulunmaktadır. Çalışma alanındaki bu jeolojik yapı jeomorfolojik özelliklerin kazanılmasında etkili olan bir unsurdur. Bu etki, bir taraftan arazide yerleşmiş bulunan litolojik birimlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden diğer taraftan

birbirlerine göre stratigrafik pozisyonlarından ve oluşum özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Matpay, 2022: 80). Çalışma alanında yapılan jeomorfolojik gözlemlerde topografyada öne çıkan yer şekilleri yapısal düzlükler, eğimli etek düzlükleri, birikinti konileri, vadi ve yamaçlar, aşınım yüzeyleri, tepelik ve dağlık alanlardır. Çalışma alanında bulunan dört gölün ve yakın çevresinin jeolojisi birbirinden farklılık göstermekte olup (Şekil 5) özellikleri aşağıda izah edilmiştir.



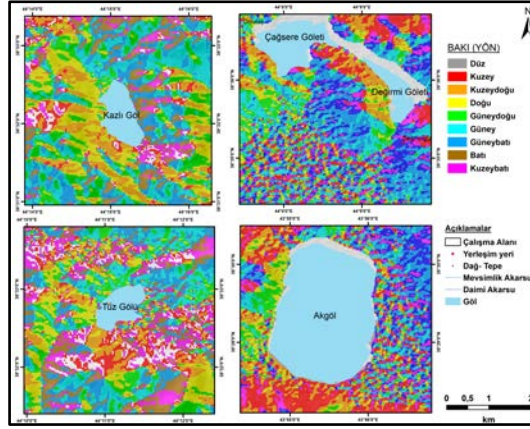
Şekil 5. Çalışma alanı jeolojisi (MTA, 2007; Sümengen, 2008; Matpay, 2011).

Bahsi geçen göllerin genel jeomorfolojisine bakıldığında, dağlar arasında yer alan tektonik kökenli çanaklarda geliştiği görülmektedir. Bu göllerden Kazlı Gölü'nün litolojik olarak temelini kireçtaşı (kalker) birimlerinin oluşturduğu zemin üzerinde geliştiği, gölün kuzeybatı kesiminde eğimli yamaçların fazla olduğu analiz edilmiştir. Keza bu alanda göl kıyısına doğru küçük ölçekte birikinti konisi geliştiği de gözlemlenmiştir. CBS verileri arazi gözlemlerine göre, göl kıyısından itibaren KB- GD doğrultusunda ilk 0-2 km'lik alanda eğimin 0° ile 5° arasında değiştiği analiz edilmiştir (Şekil 6). Bu doğrultular gölün yağış rejiminin artışına bağlı olarak gölün yükselim göstereceği, gölün gideğen eşiği ve yönü olacağı anlaşılmıştır.



Şekil 6. Çalışma alanına ait göllerin çevresel eğim haritası.

Bakı farklılıklarının mikroklimatik etkileri, karın yerde kalma süresi ve erimesi üzerinde önemli rolü vardır (Gnal, 2013:5). Bu durum buharlaşma süreci ve gl alanı değişikliğine de neden olmaktadır. Çalışma alanına ait gl çevresinde bakı koşullarının kısa mesafelerde değişkenlik gösterdiği ve homojen dağılım göstermediği görülmektedir (şekil 7). Morfolojide Kazlı Gölü ve çevresinde Doğu ve Kuzeydoğu bakı koşulları hâkimdir. Bakı koşullarının bu değişkenliğinden bazı yerlerde otsu bitki örtüsünün daha geç kuruduğu gözlemlenmiştir. Keza güney sektörlü bakının hâkim olduğu alanda kar erimesinin daha erken başladığı ve gle drene olduğu buna karşın kuzey sektörlü bakının hâkim olduğu dağlık ve tepelik yamaçlarda kar erimelerinin kıyasla daha geç olduğu ve gle drene olduğu anlaşılmaktadır. Göllerin bulunduğu alan Doğu Anadolu karasal iklim tipinin egemen olduğu bölgede yıllık ortalama yağış 460 mm/yıl iken yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 5,0  C civarındadır (MGM, 2019). Farklı yıllarda (2021, 2022, 2023 ve 2024) gerçekleştirilen saha çalışmalarında Akgöl, Tuz Gölü ve Değirmi Göleti'nin buharlaşma etkisiyle gl çanağında bulunan suyun iyice çekildiği hatta kuruduğu gözlenirken Kazlı Gölü'nde bu durumun çok olmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Çalışma alanına ait göllerin çevresel bakı haritası.

4. BULGULAR

Çalışmaya konu olan göller, alansal olarak küçük ve sığ olmasına rağmen kendine özgü doğal ortam özellikleri barındırması nedeniyle göl ekosistemi bakımından önemli bir konumdadır. Bu göller ulusal mevzuatlarla doğal sit bakımından “kesin korunacak hassas alan”, “nitelikli doğal koruma alanı” ve sürdürülebilir koruma ve kontrollü kullanım alanı” kapsamına alınmıştır. Bu bölümde yöre insanı, göl çevresinde ve içinde yaşayan bitkiler/hayvanlar ile göçmen kuşlar için önemi olan bu göllerin limnolojik özellikleri coğrafi açıdan izah edilecektir.

4.1. Kazlı Gölü

Kazlı Gölü ortalama 2160 m yükseklikte ve 71 Ha (0,7 km²) yüzey alanına sahiptir. Tuz Gölü'nün 5,6 km doğusunda bulunan Kazlı Gölü K-G uzanımlı kapalı bir çanak içerisinde yer alan doğal bir göldür. Mevsimsel dere ve kaynaklardan beslenen gölün serbest su yüzeyi çoğu zaman 3 Ha'dan daha azdır. Kazlı Gölü'nün jeolojisine bakıldığında; Kazlı Gölü Paleozoyik yaşlı şeyl (Kazlı Gölü Formasyonu) ile kristalize kireçtaşlarından oluşan Yamanyurt Formasyonu ile çevrilidir. Göl geniş çayırılık

alanlar ve dar bir kumluk alan ile çevrilidir. Göl içerisinde kısmı olarak sazlıklar mevcuttur. Gölü besleyen esas su kaynaklarının da geçirgen özelliği fazla olan bu litolojiden yüzeye sızıntı şeklinde çıktığı söylenebilir. Bunun yanında gölün kıyısından itibaren yükselen fazla eğimli dağlık alandan gelen kar ve yağış suları da emilime fırsat bulmadan yüzeyden gölü beslemektedir. Ayrıca jeoloji haritası ve arazi gözlemlerine bakıldığında gölün yakın kuzeydoğusunda Alt Triyas yaşlı şeyl, kuzey ve güneyinde karbonifer- permien yaşlı çakıltaşlarına rastlanmaktadır (ÇŞİDİM, 2023: 31). Gölün kıyısında aşınım ve taşınım faaliyetlerinin ürünü olan güncel çökellere rastlanmaktadır. Yağış rejimindeki değişikliğe bağlı olarak bu çökellerde bazen su altında kalmaktadır. Gölün yakın kuzeybatısında gölden bağımsız olan ve göle yaklaşık 1-1,5 km uzaklıkta bulunan KB-GD eksenli uzanan kalker zemin çukurlukta da su birikimi söz konusudur. Kazlı gölü Urmiye gölü ve Erçek Gölü arasında bulunma özelliğiyle kuş göç yolları için özel bir konaklama istasyonudur. Ekolojik temelli bilimsel araştırma raporuna göre, Kazlı Gölü sulak alanı floristik bakımdan 40 bitki türünü barındırması bakımından önemli bir sulak alandır. Keza fauna bakımından 3 amfibi türü, 14 sürüngen türü, 124 kuş türü, 7 memeli türü, ve 45 omurgasız türü olmak üzere 193 hayvan türünün tespit edildiği Kazlı Gölü önemli bir konumdadır. IUCN kategorisinde 6 türün yayılım durumuna göre 7 kritik türün varlığı tespit edilmiştir (URL, 4).



Şekil 8. Kazlı Gölü ve yakın çevresinin genel görünümü (URL 4).

4.2. Değirmigöl

Çimenova göllerinden (Tuz Gölü, Kazlı Gölü, Değirmigöl ve Çaçan Gölü) biri olan Değirmigöl'dür. Saray ilçesinin güneyinde bulunan Değirmigölü çevresinde gabro, bazaltik yastık lav ve aglomera, radyolarit, kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, kıltaşı, kumtaşı, konglomera ve resifal kireçtaşlarından oluşan Üst Kretase-Alt Eosen yaşlı Şehittepe Birimi yüzeilenmektedir. Göl seviye kuzeybatıdan Çağsere gölüne sınırlıdır. Değirmigöl 206 Ha (2,1 km²) yüzey alanına ve 9,4 km² drenaj alanına ve yaklaşık 4,76 km kıyı uzunluğuna sahip olup mevsimsel akarsu kollarından beslenmektedir. Geniş çayırılık alanlar ve dar bir kumluk alan ile çevrilidir. Göl içerisinde kısmı olarak sazlıklar mevcuttur. Alanı besleyen fazla bir kaynak bulunmamaktadır. Gölü besleyen en önemli kaynak yağışlar ve eriyen kar sularıdır. Alana akan önemli bir tatlı su kaynağı olmayan gölün etrafında sazlık/bataklık alan bulunmamaktadır. Göl özellikle kuş türlerinin beslenme alanlarında biridir. Göletin dışı drenajı güneyinde bulunan Yılanlitaş deresiyle gerçekleşmektedir (ÇŞİDİM, 2023: 31). İki ayrı noktada yapılan bentler ile gölete dönüştürülen Değirmi Göleti tarımsal sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır (Yılmaz,2016: 4; Matpay ve Seyitoğulları, 2023. 1436). Distrofik nitelikte olan göl birçok kuş türüne (Leylek, Martı gibi) ev sahipliği yapmaktadır (Şekil 9).Göl ortamında balık türü olarak aynalı ve pullu sazan türleri yaşamaktadır. Atıcı (2020) yılında Van doğusunda bulunan bazı göllerin su kalitesini ortaya koymak için yaptığı çalışmada Değirmi Göleti'nin tatlı su niteliğinde olduğunu tuzluluk oranının % 0,3 olduğunu hesaplamıştır. Keza gölün ağır metallerden kobalt bakımından oldukça yüksek olduğunu (496,5 ug/L) P^H değerinin 9 olduğunu analiz etmiştir.



Şekil 9. Değirmigöl ve yakın çevresinin genel görünümü (URL, 5).

4.3. Tuz Gölü

Saray ilçesinin sınırları içerisinde kalan Tuz Gölü 69 Ha ($0,7\text{km}^2$) yüzey alanına sahip ve çapı yaklaşık 1 km^2 dir. Yaklaşık olarak 19 km^2 kapalı drenaj alanına sahip olan göl mevsimsel derelerden kar ve yağmur yağışlarından beslenmektedir (ÇŞİDİM, 2023: 31). Sığ nitelikte olan göl çanağı yaz sonuna doğru tamamen kuruyabilmektedir. Keza 2024 Ağustos ayında yapılan arazi çalışmasında gölün tamamen kuruduğu görülmüştür. Göl çanağı alüvyon dolgulu olup, çanağı çevreleyen yükseltilerde farklı litolojiye sahip jeolojik birimler yüzey vermektedir. Tuz Gölü'nün batısında Mehmetalan Peridoditleri bulunurken gölün doğusu geniş alüvyon ile kaplıdır. Göl havzası morfolojik olarak yüksek dağlar, eğimi fazla olan taşlık yamaçlar ve derin vadilerden oluşan bir niteliktedir. Göl çevresinde mevsimsel ıslak çayırılık bulunmaktadır (Şekil 10). Bu doğal sit alanında toplamda 22 bitki türü tespit edilmiştir (ÇŞİDİM, 2023: 39). Göl isminden de anlaşılacağı üzere tuzluluğu oldukça yüksek olup bunda buharlaşmanın rolü vardır. Göl çevresinde tarımsal faaliyetler fazladır.



Şekil 10. Tuz Gölü ve yakın çevresinin genel görünümü (URL, 6).

4.4.Akgöl

Erçek Gölü kıyı ve sulak alanlarına ulaşmak için gelen çeşitli kuşlar (flamingo, angut, suna vb.) için konaklama istasyonu, göç yolu güzergâhı, beslenme ve üreme alanı olarak kullanılan Akgöl idari olarak Van ili Özalp ilçesi sınırlarında bulunmaktadır. Göl Van iline 80 km, Özalp ilçesine 21 km uzaklıkta bulunmaktadır. Akgöl'ün batı kesiminde; Turnataşı Tepesi (2439m.), Sarıtaş Tepesi (2442m.), doğu kesiminde; Deliktaş Tepesi, Kırmızı Tepe (2622m.), Koç Tepe (2612m), kuzey kesiminde; Alihasan Tepesi (2381m.), Şehitömer Tepesi (2535m.), güney kesiminde; Molasadi Dağları (2628m.) ve kuzeydoğusunda yükselen Beyazıt Dağı (2882m.) yer almaktadır. Yükseltisi fazla olan bu dağlar arasında gelişen gölün çanağı yaklaşık 2343 m yükseklikte olup 407 Ha yüzey alanına sahiptir. Neotektonik gelişim süresince oluşan tektonik orjinli göl çanağını besleyen kaynak sayısı sınırlıdır. Gölü besleyen esas kaynaklar yağış ve kar erimesidir. Göl sığ nitelikte olup buharlaşmadan çok etkilenmekte ve kış aylarında ise donmaktadır. Göl tabanı beyaz bir tortu ile kaplı olduğundan ak görünmektedir. Göl isminin bu ak görüntüden almaktadır. Tuzluluk özelliği fazla olan gölün batı kıyısı boyunca tuzcul bitkiler (Halofitler) çok yaygındır. Göl kuş türleri için önemli bir konaklama ve beslenme alanıdır. Bu yönüyle özellikle ilkbahar ve kısmen sonbahar aylarında ornitolojik bakımdan dinamiktir. Göl çevresinde genel olarak Üst Kratese yaşlı volkanik kayalar bulunurken, sulak alanın yakın

dolayında ise silt-kil-kum birimlerinden oluşan Kuvaterner alüvyonlar kaplamaktadır (Matpay, 2011; Matpay: 2022). Akgöl, yaklaşık 4,0 km² 'lik bir yüzeysel drenaj alanına sahiptir. Göl çevresinde yeraltı suyu seviye gözlemleri ile ilgili her hangi bir kayıt söz konusu değildir. Söz konusu göl hidrolojik bakımdan ele alındığında göl tabanından havza dışına yeraltı suyu katkısının olmadığı veya ihmal edilebilecek düzeyde olduğu düşünülmektedir. Alanın etrafında kısa bir şerit halinde kumluk kıyı ve devamında çayırılık alanlar gelmektedir. Akgöl buharlaşmanın etkisi ile suların kaybolması sonucu ilkbaharda mevcut göl sahası yaz sonuna doğru iyice daralmaktadır. Gölün seviyesi yükseldiğinde suyu dışa drene eden üç eşiği mevcuttur. En önemli eşiği gölün kuzeybatı kesiminde yer alan kanaldır. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından inşa edilen bu kanal göl seviyesinin uygun olmayışından faal değildir. Bunda son yıllarda kendisini iyice his ettiren kuraklığın rolü fazladır (Şekil 11).



Şekil 11. Akgöl'ün genel görünümü ve farklı yönlerde gelişebilen eşikleri.

Akgöl'e dökülen sular bulunduğu iklim kuşağından ötürü sıklıkla ilkbahar ve kış aylarında gerçekleşmektedir. Su toplama havzasındaki akarsular aracılığıyla göle su girişi, gölün doğu kesiminde Pars Tepe ve Ziyaret Tepe'den gelen mevsimler ile olmaktadır. Gölü besleyen diğer önemli bir kaynak ise gölün kıyısına yakın birikinti konisi önünde bulunan Ganimiran su çıkan ile gölü beslemektedir. Yine Yarımağıl köyünün

yamaçlarından itibaren birikinti konisi yakınlarında bulunan kaynaklardan çıkan sular da gölü beslemektedir. Akgöl'ün içinde yer aldığı beslenme havzası sentripetal bir drenaj ağı niteliğindedir. Flora ve Fauna için önemli bir konumda olan doğal sit alanı Akgöl ve kıyı çevresinde birçok canlı vardır. Doğal sit alanında, 1 amfibi türü, 9 sürüngen türü, 87 kuş türü, 12 memeli türü, 53 karasal omurgasız türü olmak üzere toplam 162 hayvan türü tespit edilmiştir. Fauna elemanlarından 8 tür, kritik tür olarak belirlenmiştir. Bu kritik fauna türleri, Sürüngen (*Testudo graeca*, *Iranolacerta brandtii*, *Ablepharus bivittatus*), Kuşlar (*Neophron percnopterus*), Memeliler (*Ursus arctos*, *Canis lupus*) ve Omurgasızlardan *Melanargia (Turcargia) hylata*'dır. Ayrıca omurgasızlardan biri olan *Plebejus (Kretania) carmon* bölgesel yayımlı endemik türlerdir (ÇŞİDİM, 2023: 122). Nihai olarak günümüzde göl ekosistemi bakımından özel bir konumda olan bu dört gölün hem iklimsel hem de beşeri faaliyetler tarafından olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu göllerin karşı karşıya kaldığı sorunlar yöre halkı ve kuruluşlar tarafından tam olarak anlaşılamaması korumaya yönelik önlemlerin alınmasını engellemiştir. Bu göller ekolojik özellikleri ve öneminin yanında yöre halkı için sosyo-ekonomik bakımdan da önemlidir. Bu göller üzerinde artış gösteren yoğun kirliliğin, göl kıyısının kuruyan kısımlarının tarıma açılmasının göl ekosisteminin bozulmasına neden olduğu/olacağı açıktır. Göllerin hem ekolojik hem de ekonomik sürdürülebilir kullanımı için halkın eğitilmesi göl ekosistemindeki değişimleri gözlemek için biyolojik izleme yöntemlerinin düzenli ve sürekli olarak uygulanması gereklidir. Ayrıca, kamu kurumları, üniversiteler ve özel kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen çalışma sonuçlarının tek elden toplanarak korumaya yönelik işlemlerin koordineli olarak yapılması faydalı olacaktır.

5. SONUÇ

Nihai olarak çalışma alanına ait göller sığ nitelikte olduğundan buharlaşmadan çok etkilenmektedir. Öyle ki buharlaşma mayıs ayından itibaren artarak devam ederek ağustos ayında maksimum değere ulaşmaktadır. Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de göller ekosistemin asli bir unsuru olup canlılığın idamesi için önemli role sahip olduğundan bu göllerin korunması önemlidir. Keza alternatif turizm aktiviteleri için önemli bir kaynak olan göllerin “doğal sit alanı” ilan edilmesi ve “ Kesin korunacak hassas alan” kapsamına dâhil edilmesi, doğal miras değerlerinin sonraki nesillere aktarılması ve korunması bakımında önemlidir. Bu doğrultuda Van Gölü kapalı havzasının doğu kesiminde bulunan Kazlı gölü, Tuz Gölü, Değirmi Göleti ve Akgöl’ün Doğal Sit alanı kapsamına alınması önemli bir gelişmedir. Ancak bu göllerin diğer koruma statüleri (ör. Ramsar Alanı, Yaban Hayatı Geliştirme Sahası, Sulak Alan Koruma Alanı) bakımından da dikkate alınması sürdürülebilirlik bakımından katkı sağlayacağı açıktır. Çalışmaya konu olan göller, doğal jeolojik süreçler sonucunda oluşmuş, sahip olduğu doğal çevre özellikleriyle temelde doğal çevre karakterindedir. Göller coğrafi konumu itibariyle Urmiye gölü, Erçek gölü ve Van Gölü arasında bulunması nedeniyle bir geçiş bölgesi (örneğin kuşların konaklama ve habitat istasyonu) konumundadır. Sahip olduğu biyoçeşitlilikle beraber endemik türlere ev sahipliği yapan göllerin önemli bir doğal alandır. Kısacası bu göller su döngüsündeki rolü, biyoçeşitliliğe katkısı, ekosistem hizmetleri gibi önemli rolleri vardır. Son yıllarda gitgide belirginleşen kuraklık izleri göller ve çevresinde değişimlere neden olmuştur. Sığ nitelikte olan bu göllerden Akgöl ve Tuz gölü yaz sonuna doğru kuruduğu görülmüştür. Bunun yanında göller diğer su havzalarında olduğu gibi doğal ortam-insan arasında dolaylı ve dolaysız etkileşimlerin fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanı gölleri tarımsal sulama ihtiyacını karşılama, hayvanların su

ihtiyacını temin etmede kullanıldığı görülmüştür. Bunun yanında göl çevresine yakın yerleşim yerlerinde yer altı sularının derin sondaj teknikleriyle yüzeye çıkarıldığı yöre halkınca ifade edilmiştir. Nitekim göl sahası içinde bulunduğumuz zamanda iklimsel değişimler, imarlaşma, gölleri besleyen su kaynaklarının önüne setler yapılması, yer altı su kaynaklarının derin sondajlarla yüzeye çıkarılarak kontrolsüzce ve aşırı kullanımı, günü birlik turizm baskısı, kuş ve balık avcılığı, evsel atıklar bu göllerin ekosistemini tehdit ettiği görülmüştür. Ayrıca göl sınırındaki çekilmeye bağlı yeni tarım sahalarının açılması, hayvan barınaklarının ve yerleşim yerlerinin inşa edilmesi göl ekosisteminde bozulmaya neden olduğu/olacağı açıktır. Bu göllerin korunmasında veya arzu edilen duruma gelmesinde veya mevcut durumunu korumasında doğal ortam (jeoloji, jeomorfoloji, iklim, hidrografya, toprak)-İnsan ilişkisinin doğru kurgulanarak uygulamaya alınması önerilmektedir. Bu doğrultuda göller için hazırlanacak yönetim planı rehberiyle göl çevresinin fiziksel, biyolojik, sosyo-ekonomik vb. özellikleriyle ele alınması gereklidir. Yörenin temel geçim faaliyetleri tarım ve hayvancılık olduğu dikkate alınırsa, tarımsal sulamada modern ve iktisadi sulama tekniklerinin kullanılması gereklidir. Keza çalışma sahası ve yakın çevresinde geniş alanda açılan sulama kuyularının hidrojeolojik özellikler dikkate alınarak kuyu dağılımı ve planlaması yapılmasında fayda vardır. Özellikle kontrolsüz ve kaçak olarak açılan sulama kuyularının önüne geçilmelidir. Saha modern tekniklerle donanımlı sulama için yeterli ve hepsi ruhsatlı kuyuların bulunduğu bir havza haline getirilmelidir. Keza çalışma alanına ait göl ve yakın çevresinde yaban hayatı korunmalı, özellikle kuşların avlanmasının önüne geçilmesi göllerin ekolojik dengesini bozabilecek yakın mesafelerde yapılaşmaya kısıtlama getirilmesi önerilmektedir. Sonuç olarak büyük bir ekosistemim içinde küçük bir alan kapsayan göllerin hem ekoturizm hem de doğal denge için önemli özelliklere sahip olduğu söylenebilir. Bu alana ait su kaynakları

bütüncül yönetimle, yerel halkın ve diğer paydaşların yönetim sürecine katılımıyla mümkündür.

KAYNAKÇA

- Akpınar, E., & Akbulut, G. (2007). Hafık Gölü ve Yakın Çevresinin Turizm Olanakları. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(1), 1-24.
- Alaeddinoğlu, F., & Aydın, B. (2018). Van'da Sulak Alanların Mevcut Durumu ve Turizme Konu Olma Yeterlilikleri. *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 1, 370-381.
- Atıcı, A. A. (2020). Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl ve Dolutaş Göletlerinin (Van, Türkiye) Su Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(3), 348-355.
- Ceylan, S. ve Bulut, İ. (2019). Salda Gölü özel çevre koruma bölgesinde turizm baskısı, koruma ve sürdürülebilirlik. *Türk Coğrafya Dergisi* (73), 79-89. <https://doi.org/10.17211/tcd.637091>
- Çavuş, A. (2014). Trabzon'da doğa turizmi açısından değerlendirilmesi gereken turistik bir alan: Sera Gölü. *Türk Coğrafya Dergisi*, (63), 43-50.
- Çelik, A., & Üzümcü, T. P. (2020). Sürdürülebilir Eko-Turizm Destinasyonları Olarak Sulak Alanlar: Uluabat Gölü. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 335-346.
- Çetin, İ., Üzümcü, T. P., & Çelik, A. (2018). Erçek Gölü'nün Rekreatif Turizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırmaları Dergisi (IJLAR) E-ISSN: 2602-4322*, 2(1), 29-40.
- Daubariene, J. (2009). The Influence of Lakes on the Tourism Development in Utena County, *Sociālo Zinātņu Žurnāls* Nr. 1(2): 77-86. Dokulil, M.T. (2014). Environmental Impacts of Tourism on Lakes, Inside (Eds: A.A. Ansari,

- S.S. Gill) Eutrophication: Causes, Consequences and Control. Springer Science+Business Media, 81-88.
- Dinç, A., & Öztürk, R. (2013). Beyşehir gölü milli parkı'nın ekoloji ve turizm bakımından araştırılması. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 118-123.
- Doğu, A. F., & Deniz, O. (2015). Aygır Gölü'nün Morfolojik Özellikleri ve Turizm Olanakları. *Journal of International Social Research*, 8(41).
- Doğu, A. F., Çiçek, İ., & Gürgen, G. (1994). Borabay Gölü (Amasya). *Ankara Üniversitesi TÜCAUM Dergisi*, (3), 242-254.
- Duman, N., & Çiçek, İ. (2012). Erçek gölü havzasının jeomorfolojisi ve gölün oluşumu. *Journal of International Social Research*, 5(20).
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı Jeomorfoloji Haritaları Çizim Yöntemi. *İ. Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, Sayı: 10, İstanbul.
- Günel, N. (2013). Türkiye’de kar yağışı, karın yerde kalma süresi ve daimi kar sınırı. *Acta Turcica*, Yıl, 5, 1-13.
- Kale, M. M., & Duman, N. (2024). Bendimahi çayı (Van Gölü kapalı havzası) hidrolojik kuraklık analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 34(2), 499-516.
- Kazancı, N. (2008). Limnolojide Gelişmeler. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25(4), 365-369.
- Keleş Eriçok, A., Alp Ş. (2022). Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Güncel Tartışmalar, Editör: Prof. Dr. Latif Gürkan Kaya, *Duvar Yayınları*, İzmir, 25-40.
- Korkmaz, M., & Başkalkan, S. (2011). Eğirdir Gölü ve çevresinde turizm gelişiminin sürdürülebilirliği üzerine

- değerlendirmeler. *Turkish Journal of Forestry*, 12(1), 62-69.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), (2007). “Van İlinin Yerbilim Verileri”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdleri Dairesi*, Ankara
- Matpay, B. (2011). Akgöl ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Van: Van-Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Matpay, B. (2022). Akgöl (Özalp-Van) ve Çevresinin Doğal Ortam Özellikleri, Ekosistem İçindeki Önemi ve Korunması. *Van İnsani ve Sosyal Bilimler Dergisi*, (4), 74-96.
- Matpay, B., & Seyitoğulları, M. A. (2023). Çaybağı (kotur) havzasının (Van-Saray) eğim ve yükselti koşulları bakımından arazi kullanımının ortaya konulması. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 63(2), 1428-1453.
- Meriç, S., & Bozkurt, Ö. (2017). Van Gölü’nün rekreasyonel turizm potansiyelinin SWOT analizi ile değerlendirilmesi. *Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 154-167.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2019). Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Uzun Yıllar Tüm Parametreler Bülteni, Özalp.
- Ongun, U., & Türkoğlu, M. (2016). Isparta ili turizm potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik teorik bir çalışma. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 145-161.
- Ovalı, P.K. (2007), “Kitle Turizmi ve Ekolojik Turizmin Kavram, Mimari ve Çevresel Etkiler Bakımından

- Karşılaştırılması”, Megaron, *Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E-Dergisi*, Cilt.2, Sayı.2: 64-79.
- Selçuk Biricik, A. (2009). *Fiziki Coğrafya-Jeomorfoloji ile Hidroloji'nin Temel Prensipleri ve Araştırma Yöntemleri*, Gonca Yayınevi, Bayrak Matbaası, Cilt 1, İstanbul.
- Sevindi, C. (2013). Ekoturizm ve kuş gözlemciliği açısından Kuyucuk Gölü kuş cenneti (Arpaçay-Kars). *Türk Coğrafya Dergisi*, (61), 63-76.
- Sevindi, C. (2014). Ekoturizm ve kuş gözlemciliği açısından Kuyucuk Gölü kuş cenneti (Arpaçay-Kars). *Türk Coğrafya Dergisi*(61), 63-76.
<https://doi.org/10.17211/tcd.47003>
- Sümengen, M. 2008, 1:100 000 Ölçekli Jeoloji Haritaları, Başkale- K 51 paftası Jeoloji Etüdları Dairesi No: 64, Ankara
- Sümengen, M. 2008, 1:100 000 Ölçekli Jeoloji Haritaları, Başkale- L 51 paftası Jeoloji Etüdları Dairesi No: 62, Ankara.
- Şaroğlu, F., Y. Güner, 1981. Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler; jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24, 39-50.
- Şeremet, M., & Cihangir, E., (2022). Doğa-Temelli Turizm (DTT) Destinasyonları ve Sürdürülebilir Turizm: Tunceli/Ovacık Örneği. *Turizm ve Destinasyon Araştırmaları II* (pp.535-562), Çanakkale: Paradigma Akademi Basın Yayın Dağıtım.
- Temurçin, K., Atayeter, Y., & Tozkoparan, U. (2019). Salda Gölü ve çevresinin turizm potansiyeli ve Yeşilova ilçesi'nin sosyo-ekonomik yapısına etkisi. *Süleyman Demirel*

Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2(47), 40-63.

URL1.<https://webdosya.csb.gov.tr/db/tabiati/icerikler/113-sayili-ilke-karari-18.07.2022-20220801150025.pdf>

URL2.<https://vanolaycom.teimg.com/crop/1280x720/vanolaycom/files/uploads/news/default/vanda-kazligol-sazli-0daf9b79012ff1fa9f33.jpg>

URL3.<https://tvk.csb.gov.tr/van-ozalp-akgol-tescil-ilani-duyuru-406648>

URL4.<https://pbs.twimg.com/media/EXhfC4GWsAkkdPN?format=jpg&name=medium>

URL5.<https://isbh.tmgrup.com.tr/sbh/2020/07/15/650x344/vanin-saray-ilce-sinirlarinda-bulunan-degirmi-gold-1594795518427.jpg>.

URL6.https://cdnuploads.aa.com.tr/uploads/Contents/2022/04/19/thumbs_b_c_d1d07c9d04d42ab6b0d96bf33802735e.jpg?v=131133

Van Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü (ÇŞİDİM) (2023). Van ili 2023 yılı çevre durum raporu, ÇED ve çevre izinlerinden sorumlu şube müdürlüğü, Van. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/van_icdr-2023-20240913154708.pdf

Yılmaz, M. (2016). Çaybağı (Kotur) Çayı Havzası'nda (Saray, Van) Nüfusun Gelişimi, Yapısı ve Dağılışı. *Coğrafya Dergisi*(32), 1-18.

SULAK ALANLARDA TOPRAK KİRLİLİĞİ

Ekrem MUTLU¹

Dilara KIVANÇ²

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, teknolojik gelişmeler ve insanın doğa üzerinde üstünlük kurma isteği ile daha yüksek bir yaşam standardına ulaşma arzusu, toplumları yeni arayışlara yöneltmiştir. Yerleşim alanı olarak su kaynaklarına yakın bölgelerin tercih edilmesi, bireylerin hem geçim kaynaklarına erişebilme hem de estetik açıdan çekici doğal çevrelerde yaşama isteğiyle ilişkilidir. Ancak doğadan sürekli fayda sağlamayı hedefleyen bu yaklaşım, doğal ekosistemlerin tahrip olmasına ve pek çok doğal kaynağın geri dönüşü olmayan biçimde yok olmasına neden olmuştur. Günümüzde 21. yüzyılın en kritik sorunlarından biri, doğanın hızla kirletilmesi ve mevcut doğal kaynakların tükenme noktasına yaklaşmış olmasıdır (Cebe & Kardaş, 2018). Bu durum, çevresel sorunların hem küresel hem de yerel ölçekte daha görünür hale gelmesine neden olmuştur. Doğal kaynakların kontrolsüz biçimde tüketilmesi, ekosistemlerin dengesini bozmakta ve birçok canlı türü üzerinde baskı oluşturmaktadır. Ayrıca çevrenin hızla kirlenmesi, toplumların yaşam kalitesini olumsuz etkileyen temel çevresel riskleri de artırmaktadır. Bu nedenle, doğal çevrenin korunmasına

¹ Prof. Dr., Kastamonu Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, ORCID: 0000-0002-6000-245X.

² Yüksek Lisans Öğrencisi, Kastamonu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0001-2787-7756.

yönelik farkındalığın yükseltilmesi ve çevresel etkilerin azaltılması günümüzde önemli bir gereklilik haline gelmiştir.

1.1. Sulak Alanların Önemi

Sulak alanlar; yüksek biyolojik çeşitliliği desteklemeleri, hidrolojik rejimlerin sürekliliğini sağlamaları ve biyokimyasal döngüleri düzenlemeleri nedeniyle ekosistemlerde kritik işlevlere sahiptir. Karasal ve sucul ekosistemler arasında bir geçiş zone oluşturan bu alanlar, tortu, besin ve kirleticileri tutarak aşağı havzalara taşınan kirleticili yüklerini azaltmakta ve suya doymuş topraklarda organik maddenin birikimini teşvik ederek karbon tutulumuna önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Meza vd., 2018; Vymazal vd., 2010; X. Wang vd., 2019).

Kıyısız ve delta yakınındaki sistemlerde bu habitatlar, ağır metaller ve diğer kirleticiler için jeo-biyolojik (jeolojik ve biyolojik süreçlerin birlikte etkili olduğu) bir yutak (tutum ortamı) işlevi görür; taşkın sönümleme, habitat oluşturma ve besin maddelerini tutma gibi ekosistem hizmetlerini yerine getirirken, iç kesimleri su kalitesinde meydana gelebilecek hızlı bozulmalara karşı da koruyucu bir tampon görevi üstlenir (Hu vd., 2015; G. Zhang vd., 2016). Yapay ya da doğal oluşumlu sulak alanlar, hidrolojik alıkonma süreçleri, redoks (toprağın oksijen durumuna bağlı reaksiyonu) temelli kimyasal dönüşümler ve bitki-mikroorganizma etkileşimleri aracılığıyla kirleticileri uzaklaştırma veya immobilize etme kapasitesine sahiptir. Bu işlevleri sayesinde kirlenmenin azaltılmasında ve su kalitesinin korunmasında önemli bir rol üstlendikleri görülmektedir (Vymazal vd., 2010).

Sulak alanların kirleticili azaltımındaki önemi, özellikle kentsel ve kırsal-kentsel geçiş bölgelerinde, çevredeki peyzajlardan ağır metalleri alarak bünyelerinde yoğunlaştırmalarıyla daha da belirgin hale gelmektedir. Bu nedenle sulak alanların ekolojik bütünlüğü ve işleyişi, bölgesel

çevresel güvenlik ile doğrudan ilişkilendirilmektedir (Calijuri vd., 2011; Hong vd., 2020; Nahlik vd., 2019). Bu bilgiler ışığında değerlendirecek olursak sulak alanlar, ekosistemler arasındaki geçiş zonlarında yer almaları nedeniyle hem biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesinde hem de su ve toprak kalitesinin korunmasında önemli roller üstlenir. Özellikle ağır metal ve diğer kirleticilerin yoğunlaştığı kıyısal ve delta ortamlarında sulak alanlar, çevresel riskleri azaltan jeo-biyolojik bir tampon görevi görür. Ancak bu çok yönlü ekolojik hizmetlere rağmen sulak alanlar, dış kaynaklı stres faktörlerinden kolaylıkla etkilenebilen kırılgan sistemlerdir. Bu nedenle, sulak alanların yapısal bütünlüğünün korunması ve ekolojik işlevlerinin izlenmesi, bölgesel çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından kritik bir önem taşır.

1.2. Toprak Kirliliği ve Çevresel Sorunlar

Toprak kirliliği, insan faaliyetleri sonucunda toprağa karışan çeşitli kimyasal bileşiklerin, toprağın doğal işleyişini bozacak ve hem toprak organizmaları hem de toprakta yetişen bitkiler ile bu bitkilerle beslenen canlılar üzerinde toksik etki oluşturacak düzeylere ulaşması durumu olarak tanımlanabilir. Bu durum, toprağa eklenen kirleticilerin toprağın özümleme kapasitesini aşmasıyla ortaya çıkar ve bunun sonucunda toprağın verimliliği ile ekolojik işlevleri belirgin biçimde azalır (Tomar, 2014).

Toprak kirliliği, özellikle ağır metaller ve kalıcı organik kirleticiler gibi tehlikeli maddelerin ekosistem sağlığını, ürün verimliliğini ve insan sağlığını tehdit edecek düzeylerde toprakta birikmesi durumunu ifade eder. Sulak alanlarda görülen mevsimsel hidrolojik değişimler, redoks koşullarındaki dalgalanmalar ve sediment-su ara yüzeyinde gerçekleşen madde alışverişi süreçleri, kirleticilerin hareketliliğini ve biyoyararlanımını doğrudan etkiler. Bu nedenle sulak alan toprakları, kirleticiler için hem birincil bir depo hem de çevresel

koşullar değiştiğinde potansiyel bir ikincil kaynak olarak işlev görebilir (Hu vd., 2015; Vymazal vd., 2010; X. Wang vd., 2019). Bu çerçevede sulak alan toprakları, yalnızca kirleticilerin biriktiği pasif ortamlar değil aynı zamanda çevresel koşullardaki değişimlere bağlı olarak bu maddeleri yeniden dolaşıma sokabilen dinamik sistemler olarak değerlendirilmektedir.

Toprak kirliliğinin küresel ölçekte taşıdığı önem, madencilik, sanayi faaliyetleri, tarımsal uygulamalar ve kentsel yüzey akışları gibi antropojenik kaynaklı girdilerin sulak alan topraklarında metal birikiminin başlıca belirleyicileri olduğunu ortaya koyan çok bölgeli değerlendirmelerle daha açık şekilde görülmüştür (Calijuri vd., 2011; Hong vd., 2020; G. Zhang vd., 2016). Birçok çalışma, değişen hidrolojik ve kimyasal koşullar altında (örneğin pH dalgalanmaları ve biyokimyasal döngüler) kirleticilerin bağlı bulundukları formlardan ayrılarak gözenek suyuna ya da üst sulardaki dolaşıma yeniden katılabildiğini göstermektedir. Bu tür durumlarda sulak alanların, kirleticileri tutan bir yutak olmaktan çıkarak potansiyel bir ikincil kaynağa dönüşebildiği vurgulanmaktadır (Anthony, 2023; Vymazal vd., 2010). Pek çok metalin kalıcı ve biyolojik olarak parçalanamaz özellikte olması göz önünde bulundurulduğunda, sulak alanlardaki toprak kirliliğinin; gıda güvenliği, su güvenliği ve habitatların sürdürülebilirliği gibi daha geniş ölçekli çevresel sorunlarla doğrudan kesiştiği anlaşılmaktadır (Hu vd., 2015; X. Wang vd., 2019). Bu nedenle sulak alan topraklarının kirleticilere nasıl tepki verdiğinin anlaşılması yalnızca bu ekosistemlerin sağlığını korumak için değil aynı zamanda daha geniş çevresel riskleri zamanında belirleyebilmek ve yönetebilmek için de büyük önem taşımaktadır.

1.3. Sulak Alan Topraklarında Kirliliğe Duyarlılık

Sulak alanlar, sahip oldukları zengin biyolojik çeşitlilik nedeniyle dünyanın doğal miras alanları arasında

değerlendirilmekte olup hem doğal işlevleri hem de ekonomik değerleri açısından yeryüzünün en kritik ekosistemleri arasında yer alır. Bu alanlar; yeraltı sularını besleme veya boşaltma, taban suyunu dengeleme, sel sularını geçici olarak depolama, taşkınları kontrol etme ve kıyı bölgelerinde deniz suyunun iç kesimlere ilerlemesini engelleme gibi süreçlerle bölgenin su rejiminin düzenlenmesine katkıda bulunur. Ayrıca bulundukları çevrede nem oranını artırarak başta yağış ve sıcaklık olmak üzere yerel iklim elemanları üzerinde olumlu etkiler oluştururlar. Tortu ve zararlı maddeleri alıkoymaları ya da azot ve fosfor gibi besin maddelerini kullanmaları yoluyla suyun doğal olarak temizlenmesini sağlarlar (Ateş & Uzer, 2007).

Sulak alan toprakları; sürekli suya doymun olmaları, su tablasının sık sık değişmesi ve redoks koşullarındaki belirgin dalgalanmalar nedeniyle kirliliğe karşı özel bir duyarlılık gösterir. Bu çevresel özellikler, metallerin hangi kimyasal formda bulunduğunu, toprağa ne ölçüde bağlandığını ve ortam içinde nasıl hareket ettiğini birlikte belirler. Ayrıca değişken hidrolojik koşullarda gözenek suyu ile sediment arasındaki madde alışverişi artar ve bu durum ağır metallerin katı ve sıvı fazlar arasında yeniden dağılmasına yol açarak bitkiler ve mikroorganizmalar için biyoyararlanımı doğrudan etkiler (Vymazal vd., 2010; X. Wang vd., 2019). Sulak alan sedimanları, düşük enerjili ve oksijensiz koşullarda metaller için önemli bir yutak görevi görür; ancak indirgen koşullarda çözünme ya da ortamın asitleşmesi gibi durumlarda bu metaller serbestleşerek çözünmüş metal derişimlerinin artmasına yol açabilir. Bu yeniden mobilizasyon süreçleri, ekolojik risklerin daha da şiddetlenmesine neden olabilmektedir (Anthony, 2023; Vymazal vd., 2010).

Kıyı ve delta sulak alanlarından elde edilen bulgular, hidrodinamik koşulların, tuzluluk gradyanlarının ve gelgit etkilerinin sediman ve topraklardaki metallerin mekânsal dağılımını şekillendiren temel süreçler olduğunu ortaya

koymaktadır. Bu durum, sulak alan toprak sistemlerinin hem kirlilik girdilerine hem de hidrolojik rejimde meydana gelen değişikliklere karşı ne kadar duyarlı olduğunu açık bir şekilde göstermektedir (Sychra vd., 2011). Ayrıca sulak alan toprakları, kirleticileri alım ve sekestrasyon (kirleticinin çevrede serbest dolaşmak yerine toprağa, sedimana veya organizmalara bağlanarak etkisiz hale gelmesi) yoluyla bünyelerinde tutarak immobilize (sabit halde tutma) edebilen; ancak çevresel stres altında biyokimyasal süreçler aracılığıyla metallerin yeniden salınmasına da neden olabilen karmaşık mikrobiyal ve bitki-toprak etkileşimlerine ev sahipliği yapar. Bu çift yönlü işleyiş, sulak alanların kirlilik baskısına karşı hem kırılğan olduklarını hem de belirli koşullarda uyumsal tepkiler geliştirebildiklerini ortaya koymaktadır (G. Zhang vd., 2017; Y. Zhang vd., 2014).

2. SULAK ALANLARIN TOPRAK ÖZELLİKLERİ

Sulak alan toprakları, sürekli doyumluk koşulları ve hidrolojik süreçler tarafından yönlendirilen redoks ortamında oluşur; bu süreçler kök bölgelerinde demir plaklarının gelişmesi ile indirgen kükürt ve karbon bakımından zengin horizonların ortaya çıkmasına olanak tanır. Bu oluşum süreçleri, metalleri bağlayan ve onların hareketliliğini belirleyen temel kimyasal özellikleri şekillendirir (Hassanzadeh vd., 2021; Vymazal vd., 2010). Bu tür bir teknik değerlendirme, metallerin hangi çevresel eşiklerde sabitlendiğini veya hangi koşullar altında yeniden hareket kazanabileceğini ortaya koyarak sulak alanların kirlilik dinamiklerinin bilimsel olarak doğru şekilde modellenmesine katkı sağlamaktadır.

Kronosekanslar ve haliç sistemleri üzerinde yapılan ampirik çalışmalar, sedimentasyon süreçlerinin, bitki kökenli organik maddenin ve alanın fiziksel yapısının; toprağın dokusu, organik karbon miktarı ve metallerin farklı toprak bileşenleri

arasında nasıl dağıldığı üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Bu çalışmalar, sulak alanlarda kirleticilerin nasıl tutulduğunu, dönüştüğünü veya taşındığını belirleyen temel çevresel ve toprak özelliklerinin daha açık bir şekilde anlaşılmasına katkı sunmaktadır (Hu vd., 2015; G. Zhang vd., 2016). Gelgit ve haliç sulak alanlarında hidrodinamikler ve sediman arzı, yüzeysel ve daha derin horizonlardaki iz metal (düşük derişimlerde bulunan ve çevresel açıdan etkili metaller) dağılımlarını ayrıca düzenler; bu da sulak alan peyzajları boyunca toprak özelliklerinin heterojenliğini vurgular (Sychra vd., 2011; Vesali Naseh vd., 2012). Son olarak, kıyısız ve deltaya özgü sulak alan tipleri üzerinde yapılan çalışmalar, sulak alan topraklarının doğru şekilde sınıflandırılabilmesi için hidrolojik özelliklerin, jeokimyasal süreçlerin ve biyotik bileşenlerin birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bütüncül yaklaşım, kirleticilerin sulak alanlardaki davranışlarını ve dinamiklerini daha doğru yansıtmayı mümkün kılmaktadır (Yang vd., 2008; G. Zhang vd., 2016). Bu bulgular bir araya getirildiğinde, sulak alan topraklarının tek bir çevresel değişkenle açıklanamayacak kadar karmaşık ve çok boyutlu bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Her bir sulak alan tipinin kendine özgü hidrodinamik ve biyokimyasal özellikler taşıması, kirletici davranışının da mekansal ve zamansal olarak farklılaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle sulak alanlarda yürütülen değerlendirme çalışmalarının hem yerel koşulları hem de uzun dönemli ekosistem değişimlerini dikkate alan kapsamlı bir analiz yaklaşımı benimsemesi gerekmektedir.

2.1. Hidrolojik ve Kimyasal Özelliklerin Toprak Üzerindeki Etkileri

Hidrolojik koşullar, sulak alanlarda suyun varlığı ve hareketi yoluyla toprakta gerçekleşen süreçleri belirleyen temel bir etkidir. Su seviyesindeki dalgalanmalar, redoks potansiyelini, organik maddenin ayrışma hızlarını ve metallerin

kimyasal türleşmesi (metalin kimyasal formu) ile hareketliliğini doğrudan etkiler (Vymazal vd., 2010; X. Wang vd., 2019). Tuzluluk ve gözenek suyu kimyası özellikle gelgit etkisinin ve tuzluluk gradyanlarının belirgin olduğu kıyı sulak alanlarında, metalin sediman ile gözenek suyu arasındaki dağılımını ve kompleksleşme davranışını şekillendirir. Bu kimyasal koşullar hem adsorpsiyon (metallerin yüzeylere tutunması) kapasitesini hem de metal kompleksleşme süreçlerini doğrudan etkileyerek metallerin çevresel hareketliliğini ve ulaşılabilirliğini düzenler (Sychra vd., 2011). Buna ek olarak, komşu su kütleleriyle olan hidrolojik bağlantılar ve mevsimsel su tablası değişimleri, sulak alanlarda ve aşağı havza ekosistemlerinde metallerin yeniden süspansiyona geçmesine, yeniden dağılımına ve buna bağlı olarak ikincil kirlilik seviyelerinin artmasına neden olabilir (X. Wang vd., 2019). Bu durum sulak alanlardaki metal hareketliliğinin yalnızca bulunduğu bölgedeki koşullara bağlı olmadığını, aynı zamanda havza genelinde meydana gelen su akışı ve mevsimsel değişimler gibi daha geniş hidrolojik süreçlerden de etkilendiğini göstermektedir. Bu nedenle kirleticilerin davranışını doğru değerlendirebilmek için sulak alanların yerel ve bölgesel ölçekte ele alınması gerekmektedir.

2.2. Organik Madde Birikimi ve Redoks Süreçleri

Topraktaki organik karbon miktarının artması hem adsorpsiyon kapasitesini yükselterek hem de daha kararlı metal-organik komplekslerin oluşumunu destekleyerek metallerin toprakta sabit kalmasına yardımcı olabilir. Ancak indirgen koşullar (oksijenin az olduğu ve elektron alımının baskın olduğu ortamlar) altında demir oksit minerallerinin çözünmesi, bu minerallerle bağlı metallerin gözenek suyuna geçmesine neden olur ve böylece metal hareketliliği belirgin ölçüde artar (Hu vd., 2015; X. Wang & Xu, 2014).

Mevsimsel taşkınlar sırasında sulak alanlarda ortaya çıkan redoks salınımları (oksijenli ve oksijensiz koşullar arasında hızlı geçişler), metallerin katı faz ile çözelti fazı arasında yer değiştirdiği oldukça dinamik koşullar yaratır. Bu değişimler, metallerin çözünürlüğünü ve ortam içerisindeki hareketliliğini doğrudan etkilediği için mikroorganizmalar, bitkiler ve omurgasızlar açısından biyoyararlanım düzeylerini de önemli ölçüde değiştirebilir (Hong vd., 2020; Vymazal vd., 2010). Vejetasyon tipi, kök salgıları ve köklerde demir plak oluşumu; sulak alan bitki türlerinde metal alımı ve taşınım süreçlerini etkileyerek özellikle kök çevresine yakın topraklarda metal birikiminin mekânsal dağılımını şekillendiren önemli biyolojik etmenlerdir. Bu bitki-toprak etkileşimleri, metallerin hangi bölgelerde yoğunlaştığını belirleyerek sulak alanlarda kirlilik örüntülerinin oluşmasına doğrudan katkı sağlar (Xie vd., 2017). Bu nedenle sulak alanlarda bulunan bitki türlerinin özellikleri, topraktaki metal dağılımını ve metal hareketliliğini değerlendirmede kritik bir biyolojik gösterge olarak kullanılabilir; farklı vejetasyon yapıları, kirleticilerin toprak profili boyunca nasıl yayıldığını ve hangi bölgelerde yoğunlaştığını anlamaya yardımcı olmaktadır.

3. SULAK ALANLARDA TOPRAK KİRLİLİĞİNİN KAYNAKLARI

3.1. Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Kirlilik

Tarımsal faaliyetler; gübre uygulamaları, çiftlik gübresi yönetimi, pestisit kullanımı ve sulama drenajı yoluyla sulak alan topraklarına önemli miktarda metal girdisi sağlar. Tarımsal peyzajlara bitişik sulak alanlarda toprak ve sedimanlarda kadmiyum (Cd), bakır (Cu), çinko (Zn) ve kurşun (Pb) gibi metallerin yükselmiş düzeylerine sıklıkla rastlanır; bu durum hem doğrudan tarımsal girdileri hem de tarım topraklarından havza

ölçeğinde taşınan yüklemeleri yansıtmaktadır (Hong vd., 2020; Meza vd., 2018; X. Wang & Xu, 2014). Bu birikimler, sulak alanların tarımsal kaynaklı metallere daha fazla maruz kalmasına yol açarak metallerin toprak, su ve çökelti arasında hareket etme olasılığını artırabilir.

Karstik ve diğer kırılğan peyzajlarda, arazinin geçirgen yapısı ve yüksek erozyon hızları nedeniyle tarımsal kaynaklı kirleticiler sedimanla birlikte taşınarak sulak alan topraklarında kısa sürede birikebilir. Bitkiler tarafından gerçekleştirilen metal alımı ise bu kirleticilerin bir kısmının köklerden gövde ve yapraklara taşınmasına olanak tanıyarak toprak ile vejetasyon arasındaki madde transferine aracılık edebilir (Sun vd., 2020). Bu süreçler birlikte değerlendirildiğinde, tarımsal faaliyetlerin özellikle erozyona açık ve sediman taşınımının yoğun olduğu alanlarda sulak alanlara taşınan metal yükünü artırabildiği ve bu yükün hem toprak birikimini hem de bitki türleri arasındaki metal dağılımını etkileyebilmektedir. Bu girdilerin toprakta uzun süre kalabilmesi ve redoks ile pH koşullarında meydana gelen değişimler sonucunda yeniden hareket kazanabilme potansiyeli özellikle yoğun tarımın yapıldığı bölgelerde tarımsal kaynaklı katkıların izlenmesini gerekli kılmaktadır (Sun vd., 2020). Bu durum gösteriyor ki tarımsal uygulamalarla taşınan metallerin yalnızca birikim süreçleriyle sınırlı olmadığını, çevresel koşullar değiştiğinde yeniden hareket ederek sulak alan ekosistemleri üzerinde ek baskılar oluşturabileceğini göstermektedir.

3.2. Endüstri ve Madencilğe Bağlı Ağır Metal Birikimi

Endüstriyel emisyonlar ve madencilik etkinlikleri, sulak alan toprakları ile sedimanlarında ağır metallerin başlıca kaynakları arasında yer alır. Madencilik sahalarından, mineral işleme süreçlerinden, elektro-kaplama uygulamalarından ve metal üretim faaliyetlerinden kaynaklanan noktasal ve yayılı

deşarjlar; toprak ve sedimanlarda kadmiyum (Cd), krom (Cr), kurşun (Pb), çinko (Zn), bakır (Cu) ve cıva (Hg) gibi metallerin birikimine ve buna bağlı olarak ekolojik risk indekslerinin yükselmesine neden olmuştur (Sung-Duk Kim vd., 2015; Xu vd., 2018; G. Zhang vd., 2016). Örneğin madencilik ve metalürji (metallerin işlenmesi ve saflaştırılması süreçleri) bölgelerine yakın sulak alanlarda; atık akımlarına, cevher işleme kalıntılarına ve bozulmuş topraklara yakınlığın bir sonucu olarak daha yüksek metal yükleri ve belirgin mekansal heterojenlikler rapor edilmiştir. Bu alanlardan alınan sediman karotları ise metal birikimindeki derinlik boyunca değişimleri ve geçmiş dönemlere ait kirlilik girdilerini açık biçimde ortaya koymaktadır (Sung-Duk Kim vd., 2015). Endüstriyel gelişim ve kentleşmenin etkisi altındaki kıyı sulak alanlarında metal girdileri, hidrolojik ağlar ve atmosferik birikim yoluyla taşınarak sulak alan topraklarında geniş ölçekli risk örüntülerinin oluşmasına katkıda bulunabilir (G. Zhang vd., 2016). Kentsel ve endüstriyel bölgelerden kaynaklanan kirleticilerin yalnızca sınırlı bir alanda değil daha geniş kıyı ekosistemlerine yayılabileceğini ve bu metallerin toprak profili boyunca farklı derinliklerde birikim gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Bu sistemlerde metallerin hareketliliği, taşkın dönemlerinde ortaya çıkan indirgen koşullar altında artabilir; ayrıca asitleşme süreçleri sırasında metaller yeniden hareket kazanarak su kütlelerine ya da biyotaya taşınma olasılığını yükseltebilir (Vymazal vd., 2010).

3.3. Kentsel ve Evsel Atıkların Etkileri

Kentleşme ve evsel atıkdeşarjı, atıksu arıtma tesisi çıkışları, düzenli depolama sahalarından sızan sular, kentsel yüzey akışı ve yol tozu birikimleri aracılığıyla sulak alanlara metaller ve diğer kirleticileri taşır. Bu alanlardaki topraklar, özellikle yüzey horizonlarında yüksek metal içeriklerini tutan birer yutak olarak davranırken daha derin toprak katmanları geçmiş dönemlere ait kirlilik yüklemelerini yansıtır (Hong vd.,

2020; Hu vd., 2015; Nahlik vd., 2019). Bu durum, kentsel etkiler altındaki sulak alan topraklarının hem güncel kirleticileri hem de geçmiş yıllardan biriken metalleri birlikte içerdiğini bu nedenle toprak profilinin zaman içinde farklı kaynaklardan gelen yükleri yansıttığını göstermektedir.

Kentsel atıksu ve belediye yüzey akışı deşarjları, sulak alan toprakları ve sedimanlarında artmış metal derişimleri ile ilişkilendirilmiştir; bu girdilerde bulunan kirletici karışımları, metallerin biyoyararlanımını ve sulak alan biyotasının ekolojik tepkilerini birlikte etkileyebilmektedir. Bazı kentsel sulak alan sistemlerinde topraklardaki metal birikiminin, suda yaşayan omurgasız ve omurgalı türlerinde trofik aktarımı değıştirdiğı görölmüş; bu durum, kentsel atık kaynaklı sızıntılar ile ekolojik risk arasındaki doğrudan ilişkiyi açık biçimde ortaya koymuştur (Egwu vd., 2017). Bu bulgular, kentsel kaynaklı metal girişlerinin sulak alanlarda yalnızca toprakta birikmekle kalmadığını aynı zamanda besin zinciri yoluyla canlılara da aktarılabildiğini göstermektedir. Metallerin omurgasızlardan balıklara ve daha üst trofik düzeylere taşınması, bu türlerin sağlık durumunu ve yaşam döngülerini etkileyebilecek bir baskı oluşturabilir. Bu süreçlerin birikimli etkisi, sulak alan ekosistemlerinde türlerin dayanıklılığını azaltabilir ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olabilir.

4. KİRLETİCİLERİN TOPRAKTAKİ DAVRANIŞI

4.1. Kirleticilerin Fiziksel ve Kimyasal Süreçleri

Sulak alan topraklarındaki ağır metaller, mineral yüzeylerine ve organik maddeye adsorpsiyon (yüzeye tutunma), organik ligandlarla kompleksleşme (organik moleküllerle bağ oluşturma) ve değışen pH ile redoks koşulları altında çözünme (katı fazdan sıvı faza geçme) gibi çok sayıda fizikokimyasal süreçten geçer. Toprağın metaller için adsorpsiyon kapasitesi;

toprak dokusu, kil mineralleri, demir ve mangan oksitlerinin varlığı ile organik madde miktarı tarafından belirlenir. Bu bileşenler, metallerin katı fazda tutulmasını ve sulu faza geçerek hareket kazanmasını birlikte kontrol eder (X. Wang & Xu, 2014).

Taşkın ve kurak dönemlerin birbirini takip ettiği döngüler sırasında ortaya çıkan redoks salınımları, metallerin kimyasal türlerini değiştirir. Örneğin, demir oksitlerinin çözünmesiyle bu minerallere bağlı metaller serbestleşebilir ve gözenek suyuna ya da yüzey sularına epizodik olarak salınabilir; bu da metallerin biyoyararlanımını ve aşağı havzalara taşınımını artırabilir (Vymazal vd., 2010). Adsorpsiyon (yüzeye tutunma), desorpsiyon (yüzeyden çözünme) ve çözünme süreçleri arasındaki karşılıklı etkileşim; pH, Eh (redoks potansiyeli), tuzluluk ve ortamda bulunan rekabet eden iyonlar tarafından şekillenir. Bu özellikle tuzluluk gradyanlarının metal bölüşümünü ve kompleksleşme kimyasını değiştirdiği kıyı sulak alanlarında belirgin hale gelir (Sychra vd., 2011).

Sediman ile su arasındaki madde değişimi ve kirlenmiş sedimanların yeniden süspansiyona geçmesi (tanelerin su içinde tekrar dağılması), değişen hidrodinamikler veya bozucu olaylar sonucunda metallerin sucul ortama yeniden karışmasına neden olabilir (X. Wang vd., 2019; X. Wang & Xu, 2014). Birlikte değerlendirildiğinde bu süreçler, sulak alan topraklarında hem kirleticileri tutan bir yutak sistemi hem de belirli koşullarda kirleticiler salan potansiyel bir kaynak oluşturan dinamik bir tutma-salın dengesini tanımlar (Vymazal vd., 2010; X. Wang vd., 2019).

4.2. Biyolojik Süreçler ve Mikrobiyal Ayırışma

Biyolojik süreçler, bitki alımı, kök-toprak etkileşimleri ve metal türleşmesi (metalin kimyasal formu) ile hareketliliğini değiştiren mikrobiyal dönüşümler yoluyla metallerin çevresel akıbetini düzenler. Bitkiler, tür özellikleri, kök yapısı ve metalin

türüne bağlı olarak dokularında farklı düzeylerde metal biriktirebilir; böylece toprak ile biyotik bileşenler arasındaki kimyasal madde akışına katkıda bulunur. Typha türleri ve Phragmites australis gibi birçok sulak alan bitkisi özellikle yüksek metal biriktirme kapasiteleriyle dikkat çekmiştir (Meza vd., 2018; Yadav & Chandra, 2011; Yang vd., 2008).

Mikrobiyal topluluklar ise redoks dönüşümleri, siderofor üretimi (metalleri bağlayan organik bileşiklerin salgılanması) ve metal çözünürlüğü ile elverişliliğini değiştiren enzimatik aktiviteler aracılığıyla metal döngüsünü etkiler (Shi & Ma, 2017). Buna karşılık bazı mikrobiyal işlevsel gruplar, metalleri immobilize etme (sabit halde tutma) veya daha az biyoyararlanırlar formlara dönüştürme kapasitesine sahip olup belirli koşullarda metal birikimlerinin daha kararlı hale gelmesine katkıda bulunabilir (Vymazal vd., 2010).

Sulak alan bitkilerinin çevresindeki rizosfer (kök bölgesi), metal sekestrasyonunu (metalın tutulması) ve kök alım dinamiklerini etkileyen demir plak oluşumuna ev sahipliği yapar; bu durum bitkilerde metal translokasyonu (organlar arasında taşınması) ve birikim örüntülerini doğrudan şekillendirir (Xie vd., 2017). Genel olarak bitki-mikrop etkileşimleri ile mikrobiyal topluluk yapısı, metal stresine duyarlı bir şekilde tepki verir ve kirlenmiş sulak alan ekosistemlerinde süreç düzeyinde ortaya çıkan sonuçların belirlenmesinde önemli bir rol oynar (Y. Zhang vd., 2014).

4.3. Su-Toprak-Bitki Sisteminde Kirleticiler Döngüsü

Sulak alanlarda kirleticilerin akıbeti su, toprak ve biyota (canlı bileşenler) arasındaki karşılıklı etkileşime dayanan bağlı döngüler tarafından yönetilir. Toprağa depolanan metaller sedimanlarda birikebilir, organik maddeye veya mineral yüzeylerine bağlanabilir ya da redoks koşullarındaki ve pH değerlerindeki değişimler sonucunda yeniden çözünerek su

fazına geçebilir; bu şekilde sucul ortama geri döner veya bitkiler ile mikroorganizmalar tarafından alınabilir. Sedimanlar çoğunlukla ağır metaller için birincil yutak görevi görür; ancak fiziksel bozulmalar ya da mevsimsel hidrodinamik değişimler sırasında bağlı metalleri tekrar üst suya salabilir. Bu yeniden salınım, sulak alanlar ve onlarla bağlantılı su kütleleri için ikincil kirlilik risklerini ortaya çıkarır (G. Zhang vd., 2016).

Sulak alan bitkileri, toprak ve sudaki metalleri alabilir, farklı bitki dokuları arasında yeniden dağıtabilir ve yaprak dökümü ile ayrışma süreçleri aracılığıyla metalin biyokimyasal döngüsünü etkileyebilir. Bu bitki kaynaklı döngü, metallerin sulak alan çevresinde mekansal olarak düzensiz bir biçimde dağılmasına ve detrital yollar (ayrışan bitki materyaliyle taşınma) üzerinden başka bölgelere taşınmasına katkıda bulunur (Yang vd., 2008). Mikroorganizmalar, bitkiler ve hidrolojik süreçlerin metal döngüsündeki bu karmaşık ve karşılıklı etkileşimli rolleri, kirleticilerin akıbetinin yalnızca tek bir bileşen üzerinden değil, bütüncül bir ekosistem yaklaşımıyla değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koyar. Bu yaklaşım, çevresel koşullar değiştiğinde metal taşınımının ve buna bağlı risklerin nasıl gelişebileceğini öngörebilmek açısından büyük önem taşır (Hu vd., 2015; Vymazal vd., 2010).

5. SONUÇ

Sulak alanlarda toprak kirliliği, bitki topluluklarının bileşimini, yapısını ve işlevselliğini önemli ölçüde değiştirebilir. Ağır metaller, sulak alan bitkilerinin kök bölgelerinde ve bitki dokularında birikme eğilimindedir; türlere özgü alım kapasitesi ve tolerans düzeylerindeki farklılıklar ise rekabet ilişkilerinde değişimlere, üretkenlikte azalma veya artışlara ve duyarlı bitki türlerinde gerilemelere yol açabilir (Meza vd., 2018; Yang vd., 2008). Ağır metallerin neden olduğu kirlilik, organik maddenin

ayırışması, besin döngüsü ve redoks (indirgenme–yükseltgenme) temelli metal dönüşümleri gibi temel ekosistem süreçlerinde rol oynayan mikrobiyal çeşitliliği ve bu mikroorganizmaların işlevlerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Yüksek metal derişimleri, duyarlı mikrobiyal taksonlar üzerinde baskı oluşturarak topluluk bileşiminin metal toleransı yüksek gruplar yönünde değişmesine yol açmakta; bu durum özellikle sulak alan ekosistemlerinde mikrobiyal aracılı süreçlerin etkinliğinin azalmasıyla sonuçlanabilmektedir (Hou vd., 2023; Vymazal vd., 2010).

Yüksek seviyede kirlenmiş sulak alanlarda sedimanların ağır metalleri tutma kapasitesi aşılabılır; bu durum metallerin aşağı havzalara taşınma olasılığını artırarak havza ölçeğinde hem ekolojik hem de insan sağlığı açısından riskleri yükseltir. Bölgesel ölçekte yapılan birçok değerlendirme, sulak alan topraklarında kontrolsüz metal birikiminin ekosistem hizmetlerini aşındırdığını ve sulak alanların toplumsal-ekolojik işlevlerini zayıflattığını göstermektedir. Bu nedenle kaynak temelli kontroller ile saha içi biyokimyasal süreçleri birlikte dikkate alan bütünleşik yönetim ve arıtım stratejilerinin geliştirilmesi zorunludur (Hong vd., 2020; Hu vd., 2015; Meza vd., 2018; X. Wang vd., 2019).

Sonuç olarak sulak alan topraklarında ağır metallerin ve diğer kirleticilerin birikimi; suyun hareketi, taşınan sedimanlar, toprak yapısı ile bitkiler ve mikroorganizmalar arasındaki etkileşimlerin birlikte işlemesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu etkileşimler, sulak alanların kirleticileri tutabilen bir yutak işlevi görmesinin yanı sıra, belirli çevresel koşullar altında söz konusu kirleticileri yeniden ortama salabilen bir kaynak niteliği kazanmasına da neden olmaktadır. Tarımsal, endüstriyel ve kentsel girdilerle artan metal yükleri, bitki topluluklarının yapısını, mikrobiyal çeşitliliği ve ekosistem hizmetlerini olumsuz etkileyerek sulak alanların ekolojik dayanıklılığını azaltmaktadır.

Fitoremediasyon (bitki kullanarak kirleticilerin giderilmesi) ve ekosistem temelli restorasyon uygulamaları kirliliğin azaltılmasında önemli fırsatlar sunmakla birlikte bu müdahalelerin etkili olabilmesi için saha koşullarının doğru değerlendirilmesi, düzenli izleme yapılması ve uyarlanabilir yönetim yaklaşımlarının benimsenmesi gerekmektedir. Özetle sulak alanların gelecekte artması beklenen iklim ve insan kaynaklı baskılar karşısında korunabilmesi, mevcut bilgi boşluklarının giderilmesine ve disiplinler arası yaklaşımlarla geliştirilecek kapsamlı yönetim stratejilerine bağlıdır.

KAYNAKÇA

- Anthony, T. (2023). Assessment of Heavy Metal Contamination in Wetlands Soils Around an Industrial Area Using Combined GIS-Based Pollution Indices and Remote Sensing Techniques. *Air, Soil and Water Research*, 16. <https://doi.org/10.1177/11786221231214062>
- Ateş, H., & Uzer, Y. (2007, Eylül). Sulak Alan Projeleri ile Kırsal Kalkınmanın Uyumlaştırılması: Akşehir Gölü Rehabilitasyon Projesi Örneği. 38. (ICANAS) *Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi*.
- Calijuri, M. L., da Fonseca Santiago, A., Moreira Neto, R. F., & de Castro Carvalho, I. (2011). Evaluation of the Ability of a Natural Wetland to Remove Heavy Metals Generated by Runways and Other Paved Areas from an Airport Complex in Brazil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 219(1-4), 319-327. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0709-1>
- Cebe, M., & Kardaş, F. (2018). Doğa Koruma ve Çevre Eğitimi Açısından Sulak Alanların İşlevleri. *Menba Journal of Fisheries Faculty*, 4(1), 29-35.
- Egwu, G. N., Okunola, O. J., & Ugwoke, K. C. (2017). Evaluation of some heavy metals in wetland soils of Uguru, Yobe State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 22(6), 987. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i6.24>
- Hassanzadeh, M., Zarkami, R., & Sadeghi, R. (2021). Uptake and accumulation of heavy metals by water body and *Azolla filiculoides* in the Anzali wetland. *Applied Water Science*, 11(6). <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01428-y>
- Hong, Z., Zhao, Q., Chang, J., Peng, L., Wang, S., Hong, Y., Liu, G., & Ding, S. (2020). Evaluation of water quality and heavy metals in wetlands along the yellow river in Henan

- province. *Sustainability* (Switzerland), 12(4).
<https://doi.org/10.3390/su12041300>
- Hou, L., Wang, W., Song, L., Wang, Q., Liu, X., Zhang, Y., & Sun, Q. (2023). Phytoremediation Effect and Soil Microbial Community Characteristics of Jiulong Iron Tailings Area, Jiangxi. *Forests*, 14(9).
<https://doi.org/10.3390/f14091849>
- Hu, C., Deng, Z. M., Xie, Y. H., Chen, X. S., & Li, F. (2015). The Risk Assessment of Sediment Heavy Metal Pollution in the East Dongting Lake Wetland. *Journal of Chemistry*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/835487>
- Mao, C., Du, S., Zhang, G., Wang, Y., & Rao, W. (2022). Spatial Distribution and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in the Sediment of a Tropical Mangrove Wetland on Hainan Island, China. *Water*, 14(22), 3785.
<https://doi.org/10.3390/w14223785>
- Meza, V., Lillo, C., Rivera, D., Soto, E., & Figueroa, R. (2018). *Sarcocornia neei* as an indicator of environmental pollution: A comparative study in coastal wetlands of central Chile. *Plants*, 7(3).
<https://doi.org/10.3390/plants7030066>
- Nahlik, A. M., Blocksom, K. A., Herlihy, A. T., Kentula, M. E., Magee, T. K., & Paulsen, S. G. (2019). Use of national-scale data to examine human-mediated additions of heavy metals to wetland soils of the US. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191.
<https://doi.org/10.1007/s10661-019-7315-5>
- Shi, W., & Ma, X. (2017). Effects of heavy metal cd pollution on microbial activities in soil. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 24(4), 722-725.
<https://doi.org/10.26444/aaem/80920>

- Sun, C., Zhu, S., Zhao, B., Li, W., Gao, X., & Wang, X. (2020). Effect of land use conversion on surface soil heavy metal contamination in a typical karst plateau lakeshore wetland of southwest China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph17010084>
- Sung-Duk Kim, Hyon-Seung Dho, & Seung-Joo Lee. (2015). Contamination of soil with heavy metals drained out from abandoned mines in the south-west region of Korea. *Environment Protection Engineering*, 41(3). <https://doi.org/10.37190/epe150305>
- Sychra, J., Čelechovská, O., Svobodová, Z., & Sychra, O. (2011). Lead, mercury and cadmium content in bottom sediments, reed (*Phragmites australis*) beds and great pond snails (*Lymnaea stagnalis*) in fishponds and the role of littoral zones in their accumulation. *Acta Veterinaria Brno*, 80(3), 313-321. <https://doi.org/10.2754/avb201180030313>
- Tomar, A. (2014). Toprak ve Su Kirliliği ve Su Havzalarının Korunması. *TMMOB İzmir Kent Sempozyumu*.
- Vesali Naseh, M. R., Karbassi, A., Ghazaban, F., Baghvand, A., & Mohammadizadeh, M. J. (2012). Magnetic susceptibility as a proxy to heavy metal content in the sediments of Anzali wetland, Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/1735-2746-9-34>
- Vymazal, J., Švehla, J., Kröpfelová, L., Němcová, J., & Suchý, V. (2010). Heavy metals in sediments from constructed wetlands treating municipal wastewater. *Biogeochemistry*, 101(1), 335-356. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9504-8>

- Wang, D., Wei, Z., Lv, L., & Qi, Z. (2012). Comment on Assessing Methods for Arable Land Soil Heavy Metals Contamination. *2012 2nd International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*, 1-3. <https://doi.org/10.1109/RSETE.2012.6260437>
- Wang, X., Sun, Y., Li, S., & Wang, H. (2019). Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in soil from the Raoyanghe Wetland, China. *PLOS ONE*, 14(8), e0220409. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220409>
- Wang, X., & Xu, Y. (2014). Soil heavy metal dynamics and risk assessment under long-term land use and cultivation conversion. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 264-274. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3340-7>
- Xie, Z., Xiang, L., Du, Z., Jiang, Y., Zhang, H., Wu, Y., & Long, T. (2017). Accumulation of Heavy Metals in a Coastal Wetland Natural Reserve in the Estuarine Wetlands of Tianjin, China. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering, iccae*. <https://doi.org/10.12783/dtcse/iccae2016/7203>
- Xu, L., Yang, W., Jiang, F., Qiao, Y., Yan, Y., An, S., & Leng, X. (2018). Effects of reclamation on heavy metal pollution in a coastal wetland reserve. *Journal of Coastal Conservation*, 22(2), 209-215. <https://doi.org/10.1007/s11852-016-0438-8>
- Yadav, S., & Chandra, R. (2011). Heavy metals accumulation and ecophysiological effect on *Typha angustifolia* L. and *Cyperus esculentus* L. growing in distillery and tannery effluent polluted natural wetland site, Unnao, India. *Environmental Earth Sciences*, 62(6), 1235-1243. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0611-6>

- Yang, H., Shen, Z., Zhu, S., & Wang, W. (2008). Heavy metals in wetland plants and soil of Lake Taihu, China. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(1), 38-42. <https://doi.org/10.1897/07-089.1>
- Zhang, G., Bai, J., Zhao, Q., Jia, J., & Wen, X. (2017). Heavy metals pollution in soil profiles from seasonal-flooding riparian wetlands in a Chinese delta: Levels, distributions and toxic risks. *Physics and Chemistry of the Earth*, 97, 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2016.11.004>
- Zhang, G., Bai, J., Zhao, Q., Lu, Q., Jia, J., & Wen, X. (2016). Heavy metals in wetland soils along a wetland-forming chronosequence in the Yellow River Delta of China: Levels, sources and toxic risks. *Ecological Indicators*, 69, 331-339. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.04.042>
- Zhang, Y., Chang, H. J., & Liu, H. Z. (2014). Source of heavy metals in sludge of huoshaogou wetland park in xining. *Applied Mechanics and Materials*, 665, 412-415. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.665.412>

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE ICONA MODELİYLE POTANSİYEL EROZYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ: ÖZALP ÇAYI (MEMEDİK ÇAYI) HAVZASI ÖRNEĞİ

Bülent MATPAY¹

1. GİRİŞ

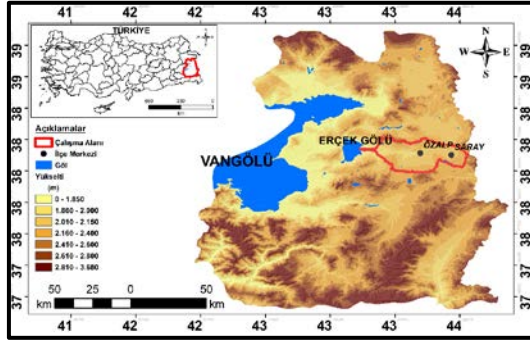
Yerkürenin en önemli doğal kaynaklarından biri topraktır (Duman ve İrcan, 2022). Binlerce yılın sonunda oluşan toprağın (Tunçdilek, 1985; Bahtiyar, 2000; Atalay, 2012) insan gruplarıyla kurmuş olduğu ilişki Neolitik çağ (Cıralı Taş Devri) ile beraber başlamıştır. Toprak örtüsü bulunduğu yerde durmayıp başta rüzgâr ve su olmak üzere dış etmen ve süreçlerle bir yerden başka bir yere taşınabilmektedir (Çelebi, 1963; Mater, 1998; Erkal ve Taş, 2013). Doğal gelişen bu sürece beşeri faaliyetlerin (yanlış arazi kullanımı, orman tahribatı, yamaç profilinin bozulması gibi) doğrudan veya dolaylı tesiri erozyonu hızlandırmakta olup buna “hızlandırılmış erozyon” denilmektedir (Çepel, 1997; Aykır ve Fıçııcı, 2022; Duman ve İrcan, 2022). Bu sebepten Neolitikten günümüze kadar geçen zaman zarfında toprak erozyonu, doğa üzerinde hesaplanamayacak kadar büyük zararlara yol açmıştır (Tunçdilek, 1985). Doğa üzerine zararları olan bu süreç, doğaya ait kaynaklardan faydalanan başta insan olmak üzere flora ve faunayı da olumsuz etkilemektedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003). Öyle ki doğal dengenin bozulması ve kaynakların azalması hatta yok olma riski söz konusu olur. Dünya’da erozyon büyük bir sorun olup bundan ötürü her yıl 75 milyar ton (Pandey vd., 2009)

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Van-YYÜ, Van GMYO, İş Sağlığı ve Güvenliği, ORCID: 0000-0002-2938-8913.

toprak kaybı gerçekleşmektedir. Dünya geneline bakıldığında tarım yapılabilir verimli topraklar sınırlı bir alan kaplamakta, birçok noktada da verimsiz bir şekilde kullanılmaktadır (Aykır ve Fıçırcı, 2022). Bunun yanında sürekli artan nüfus nedeniyle bu topraklar büyük bir baskı altındadır. İnsan-toprak ilişkisi doğru kurgulanmadan gerçekleştirilen yanlış uygulamalar “hızlandırılmış erozyonun” en önemli sebeplerinden biridir. Birleşmiş Milletler tahminine göre gelecekte dünyada, yılda 24 milyar ton toprak yok olacak ve bu durum insanlığı bekleyen önemli çevre sorunu olacaktır (United Nations, 2019). Türkiye’de de benzer biçimde erozyon büyük bir sorundur. Öyle ki ülke yüzölçümünün yaklaşık %21’i orta, şiddetli, çok şiddetli erozyonun etkisindedir (Erpul vd., 2018). Türkiye’nin bu denli erozyon riskine hassas olmasının sebeplerinden biri jeolojik ve morfolojik yapısı (genç ve ortalama yükseltinin fazlalığı), diğeri iklim özellikleri (büyük ölçüde yaz aylarının kurak geçmesi, yağış düzensizliği) ve bunlara bağlı gelişen pedolojik özellikleridir (Duman ve İrcan, 2022). Buna yanlış arazi kullanımı ve bitki örtüsü tahribatı gibi faktörler eklenince toprak-su-flora arasındaki doğal denge bozulmakta, erozyon riski ve şiddeti artmaktadır (Çepel, 1997; Duman ve İrcan, 2022). Bu sebeple toprak erozyonunun, meydana geldiği alanlar ve bu alanlar dışındaki etkilerini azaltmak için toprak ve su koruma önlemlerinin planlanması, uygulanması ve izlenmesi oldukça önemlidir (Issaka ve Ashraf, 2017; Patıl vd., 2023). Toprak ve su koruma için öncelikle toprak erozyonu riski taşıyan alanların ortaya konulması gerekir. Böylece daha iyi yönetim uygulamaları yapılabilir. Erozyonu etkileyen doğal ortam şartları havzadan havzaya değişmektedir. Bu sebeple erozyon sorununun belirlenmesi ve çözülebilmesi için havza tabanlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Hatipoğlu ve Uzun, 2020). Toprak erozyonu bakımından riskli alanların tanımlanmasında birçok nitel ve nicel model kullanılmaktadır. Bu modellerden biride İspanya Doğa Koruma Enstitüsünün geliştirmiş olduğu ICONA

modelidir. Bu model havza bazında erozyon risk düzeyinin tahmin edildiği nitel karar matrisine dayalı bir modeldir (MAPA/ICONA, 1983). ICONA modeli CBS ve uzaktan algılama verilerinden destek alınarak kullanılmakta olup çoğu Akdeniz ülkesi ve Avrupa’da etkin olarak kullanılmaktadır (Gholzom vd., 2020; ICONA, 1991,1997). Türkiye’de de erozyona duyarlı alanların ortaya konulması için yapılan/yapılmakta olan birçok çalışmada ICONA modeli kullanılmıştır (Aytaş, 2017; Bayramin vd., 2003; Dengiz vd., 2014; Dilek vd., 2008; Ediş vd., 2021; Kanar ve Dengiz, 2015; Reis vd., 2017; Şahin vd., 2016; Şahin ve Kurum, 2002; Terzi vd., 2020; Tombuş vd., 2012; Uzun vd., 2012; Uzun ve Gültekin, 2011). Bu model genellikle havza bazlı çalışmalarda kullanılmaktadır. Modelde potansiyel erozyon risk haritasının ortaya konulması için jeoloji, eğim, arazi kullanımı, kayaç sınıflandırması, toprak koruma ve aşınabilirlik değişkenleri kullanılmaktadır (Bayramin vd., 2003). Bu çalışma ile Van Gölü kapalı havzası içinde, İran sınırlarında bulunan alanın potansiyel erozyon riskinin ortaya konulması için ICONA modeli kullanılarak erozyona duyarlı alanların belirlenmesi ve toprak erozyon risk haritalarının oluşturulması amaç edinilmiştir. Toprak erozyonunun tarım arazilerinin bozulması, besin yönünden daha zengin yüzey toprağının taşınması, su baskınları, baraj ve göllerin dolması, alt ve üst yapıların zarar görmesi gibi zararlı etkileri mevcuttur (Bai vd., 2020; Cheng vd., 2021; Crowder, 1987; Saygın vd., 2014). Tüm bu unsurlarla beraber erozyonun dolaylı olarak insan sağlığına da olumsuz etkileri vardır. Bu çalışma, havzada erozyon bakımından sorunlu bölgelere müdahale edilmesi, yönetim planları oluşturulması ve sürdürülebilir politikaların belirlenmesi noktasında bir altlık oluşturmaktadır. Çalışmanın erozyon hassasiyetinde kullanılan diğer model ve tekniklerden elde edilecek çıktılar da dikkate alınarak ve multidisipliner bir yaklaşım sergilendiğinde erozyonla ilgili çalışmalara destek sağlayacağı açıktır. Çalışma

alanı olarak belirlenen Özalp Çayı Havzası, Türkiye'nin doğu kesiminde Van Gölü kapalı Havzası sınırları içinde İran sınırı ile Erçek Gölü arasında bulunmaktadır. Havzada Özalp ve Saray ilçeleri ile beraber birçok köy bulunmaktadır. Havzada yükseklikler 1810 m ile 2858 m arasında değişmektedir (Şekil 1).

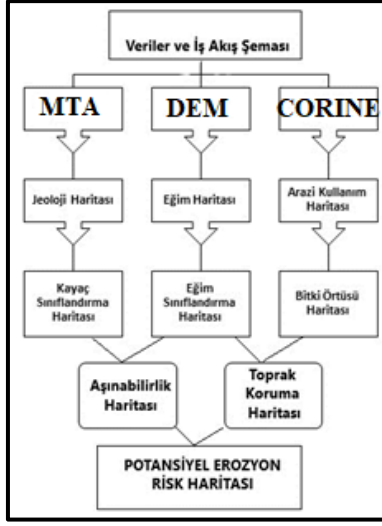


Şekil 1. Çalışma alanı haritası.

Havzada farklı jeolojik zamanlara ait mermer, serpantin, radyolarit gibi ofiyolitik melanjlara yanında, aşınmaya karşı dirençsiz olan kumtaşı, kıltaşı ve güncel çökellerden oluşan depolar da mevcuttur (Seyitoğulları, 2012). Havzada bulunan morfolojik unsurlar yüksek aşınım düzlüğü alçak aşınım düzlüğü, yamaçlar, birikinti konisi, sırtlar, boğazlar ve alüvyal düzlüklerdir (Seyitoğulları, 2012). Çalışma alanında genel olarak iklim şiddetli karasal ve kuraktır. Dağ arası depresyonlar daha ılımlı ve sahanın iklimi yarı kurak son derece soğuk bir iklimin tesirindedir. Havzanın yıllık ortalama sıcaklığı 6,2°C dir. Ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu ay 20,9 °C ile temmuz ayı iken en düşük ortalama sıcaklık ise -9,6 °C ile ocak ayıdır. Havzada en fazla yağış ilkbaharda en az yağış yaz aylarında gerçekleşmekte olup, yıllık ortalama toplam yağış miktarı 551,4 mm'dir. Yaz aylarında yağışın 35 mm'nin altına düştüğü görülmektedir. Günlük en çok yağış miktarı nisan ayında gerçekleşmesine karşın, en az yağış ocak ayındadır (Matpay, 2011; Seyitoğulları, 2022; Matpay, 2022). Havzada kestane renkli

topraklar ile alüvyal toprakları geniş yer kaplamaktadır. Çıplak kayalık alanlar ve kireçsiz kahve renkli topraklar ise nispeten daha az bulunan toprak türleridir (Seyitoğulları, 2012). İran-Turan fitocoğrafik bölgesine giren araştırma alanında Bozkır formasyonu hâkimdir. Orman formasyonu yoktur. Step sahalarında seyrek olarak kimi çalı türlerine rastlanmaktadır. Havzada *Astragalus* (Geven), *Salix* (Söğüt), *Rosa canina* (Yaban gülü), *Triple urospermum transcouacium* (Papatya), *Populus tremula* (Titrek kavak) gibi bitkiler mevcuttur (Seyitoğulları, 2012). Çalışma alanı beşeri / idari bakımdan değerlendirildiğinde, yörenin doğal olarak korunaklı bir yapıda olmasından ötürü tarih boyunca yerleşme için hep tercih edilmiştir. Bunda ulaşım ağlarının kolaylığı etkilidir. Keza eski dönemlerde Anadolu'yu İran'a bağlayan yollardan biri Erçek Gölü Havzası'ndan geçmektedir. Havzada geniş düzlükler ziraatı, dağlık sahalar ise hayvancılığı etkilemektedir. Yerleşmeler genel olarak ova ve dağları kesiştiği alanlardadır. Bu da nüfusun ekonomik hayatını devam ettirebilecek unsurlara (tarla ve mera), paralel bir dağılışı ve yoğunlaşma sergilediğini göstermektedir. Çalışma alanının bulunduğu Erçek Gölü havzasının nüfusu 60.000'nin üzerindedir. Havzadaki toplam nüfusun % 23,4'ü kasabalarda, % 76,6'i ise kırsalda yaşamaktadır. Havzada alçak düzlüklerde egemen ekonomik faaliyet tahıl tarımıdır. Dağ eteği köylerinde, tarım ve hayvancılık birlikte yapılırken sahanın yüksek kesimlerinde kurulmuş yerleşmelerde hayvancılığın başlıca geçim kaynağı olduğu görülür. Havzada ekonomik faaliyetleri belirleyen önemli etmenler, iklim ve topoğrafya gibi fiziki coğrafya faktörleridir. Vejetasyon süresinin kısa olması, yörede tahıl ve bazı yem bitkilerinin haricindeki tarım ürünlerini yetiştirmeyi güçleştirmektedir. Bu durum yöre insanının kazancını ve sürdürülebilir ekonomik yaşantıya sahip olmasını neredeyse imkânsız hale getirmektedir (Yılmaz, 2013: 5). CBS ve Uzaktan algılama tarım, ulaşım, ekoloji, jeoloji, planlama vb. birçok alan ve disiplinde kullanılmaktadır (Kaynarca vd., 2020; Coşkun ve

Toprak, 2023). Çalışma alanına ait potansiyel erozyon riski taşıyan yerlerin ortaya konulmasında İspanya’da Tarım Bakanlığı Doğa Koruma Genel Müdürlüğü (MAPA-DGCONA; (MAPA-ICONA) tarafından geliştirilen ICONA modeli havzaya uyarlanmıştır. Bu kapsamda arazinin kendine özgü coğrafi özellikleri dikkate alınarak yöntemin uygulama aşamalarında daha önce yapılmış benzer çalışmalardan (Cebel ve Doğan, 1998; MAPA/ICONA, 1983; MAPA/ICONA, 1991; Şahin ve Kurum, 2002; Dilek vd., 2008; Uzun vd., 2012; Şahin vd., 2014; Uzun vd., 2015; Hatipoğlu ve Hatipoğlu, 2020; Durak, 2022) faydalanılmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında konuya özgü literatür taraması yapılarak yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Daha sonra CBS ve tekniklerinden, çeşitli haritalardan, arazi gözlemleri, fotoğraflardan faydalanılmıştır. Alaska Fairbanks Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü’nün web sitesinden temin edilen (ASF, 2024) 10 m çözünürlüğe sahip Alos Palsar uydusundan elde edilmiş Sayısal Yükseklik Modeli (*SYM*) (*Digital Elevation Model (DEM)*) verisinden faydalanılarak lokasyon, eğim, fiziki ve topoğrafya haritası üretilmiştir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’nden temin edilen 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasından faydalanılarak litoloji haritası üretilmiştir. CORINE (Coordination of Information on the Environment-Çevresel Bilginin Koordinasyonu) arazi örtüsü/kullanımı verisi ile arazi çalışma ve gözlemlerinden faydalanılarak bitki örtüsü haritası üretilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. İş akışı diyagramı.

Çalışmanın ikinci aşamasında eğim, litoloji ve arazi kullanım haritaları yeniden sınıflandırılarak (reclassification) eğim sınıflandırma haritası, kayaç sınıflandırma haritası ve bitki örtüsü haritası üretilmiştir. Eğim ve erozyon derecesi ilişkisi 6 sınıfta incelenmiştir (Tablo 1). Eğimin %6'nın olduğu koşullar erozyon başlangıcından daha düşük koşulları, %6-30 'arasında olduğu koşullar erozyon başlangıcı ve tamamen erozyona uğramış koşulları, %30'un üzerinde olduğu koşullar ise tamamen erozyona uğrama potansiyeli olan araziye temsil etmektedir (Uzun vd., 2015).

Tablo 1. Eğim sınıfları ve açıklamaları (Uzun vd., 2015).

Eğim (%)	Açıklama	Kodu	Erozyon Derecesi
0-2	Çok az-Düz	1	Erozyon başlangıcından daha düşük eğim
2-6	Düz	2	
6-12	Orta Eğim	3	Erozyon başlangıcı ve tamamen erozyona uğramış eğim derecesi
12-20	Dik Eğim	4	
20-30	Çok Dik Eğim	5	
>30	Sarp	6	Tamamen erozyona uğramış arazi eğim derecesi

Kayaç sınıflandırma haritasını ortaya koymak için jeoloji haritasından faydalanılarak litolojik özellikler gruplandırılmıştır. Bu gruplandırmada kayaçların aşınabilirliğe karşı dayanımı

dikkate alınmıştır. Çalışma alanında kayaçların sınıflandırılması yapılırken yapılmış çalışmalardan, arazi gözlemlerinden ve uzman jeologlardan görüş alınmıştır. Bu minvalde çalışma alanında yer alan kayaçların ICONA sınıflandırmasına sadık kalınarak 6 gruplu haritalama yapılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. ICONA kayaç sınıflandırması (Şahin ve Kurum, 2002).

Litolojik Grup	Kodu
Masif kayaçlar/çok sert kayaçlar	1
İyi pekişmiş kalker kayaçlar	2
Kompakt olmuş silisli kayaçlar	3
Az konsolide kayaçlar	4
Yumuşak formasyonlar	5
Kuvaterner depozitler	6

Arazi kullanımı haritasını ortaya koymak için daha önce yapılmış ilgili çalışmalar (Şahin ve Kurum, 2002; Uzun vd., 2015) CORINE verileri ve arazi gözlemleri dikkate alınmıştır. Bitki örtüsü toprağı erozyona karşı koruyan, durağan hale getiren peyzaj bileşeni olarak eğimle ilişkilendirilir. Bu yöntemle toprak koruma derecesi düşük alanlar, korunacak yerler ve erozyonu önlemede bitkilendirilecek alanlar belirlenir (Şahin ve Kurum, 2002, Uzun vd., 2015). Çalışmada MAPA/ICONA (1983)-IFIE-Sección de Hidráulica Torrencial del Antiguo Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias tarafından 1968 yılında geliştirilen arazi örtüsü toprak koruma dereceleri sınıflandırması (Durak, 2022) kullanılmıştır (Tablo 3). Ancak aşağıda verilen tabloda yoğun ağaç örtüsü, bozunuma uğramamış çalı örtüsü çalışma alanında olmadığından, seyrek ağaç ve çalı formasyonları tüm eğim gruplarında aynı koruma indisine dâhil edilmiştir.

Tablo 3. IFIE tarafından geliştirilmiş arazi örtüsü toprak koruma dereceleri (Şahin ve Kurum, 2002; Uzun vd.,2015; Durak, 2022).

Örtü türü	Durumu	Eğim	Toprak koruma indisi	Koruma düzeyi
BİTKİ ÖRTÜSÜ	Yoğun ağaçlık (kapalılık >%70)	Tüm eğimler	1	Çok yüksek
	Seyrek ağaçlık (kapalılık <%70)	Tüm eğimler	1	Çok yüksek
	Bozunmamış çalı örtüsü	Tüm eğimler	1	Çok yüksek
	Bozunmuş çalı örtüsü	3	0,2	Çok düşük
		2	0,6	Orta
		1	0,8	Yüksek
	Otsu örtü (iyi korunmuş)	<%30	0,9	Çok yüksek
TARIM	Bozuk otsu örtü	Tüm eğimler	0,3	Düşük
	Toprak koruma tedbiri olmayan kültivasyon	3	0	Çok düşük
		2	0,5	Orta
	Toprak koruma tedbirleri alınan kültivasyon	1	0,9	Çok yüksek
		1 ve 2	1	Çok yüksek
	Çıplak Alanlar	3	0,3	Çok yüksek
		2	0,5	Orta
		1	0,9	Çok düşük

Çalışma alanına ait yeniden sınıflandırılmış eğim, kayaç ve bitki örtüsü haritaları ortaya konulduktan sonra haritaların birleştirme işlemine geçilmiştir. Bunun için karşılaştırma matrisinden faydalanılarak kayaç ve eğim haritaları çakıştırılmış aşınabilirlik haritası elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Eğim / kayaç matrisi (Şahin ve Kurum, 2002; Durak, 2022).

Yeniden sınıflandırılmış litoloji	Eğim				
	0-6	6-12	12-20	20-30	>30
Masif kayaçlar/Çok sert kayaçlar	1	1	1	1	1
İyi pekişmiş kalkerli kayaçlar	2	3	3	4	5
Kompakt olmuş silisli kayaçlar	2	3	3	4	5
Az Konsolide Olmuş Kayaçlar	2	3	4	5	5
Yumuşak formasyonlar	2	3	4	5	5
Kuvaterner depozitler	2	3	4	5	5
1. Çok az aşınabilir, 2. Az aşınabilir, 3. Orta aşınabilir, 4. Şiddetli aşınabilir, 5. Çok şiddetli aşınabilir kayaçlar					

Aşınabilirlik haritası hazırlandıktan sonra ise toprak koruma haritası üretilmiştir. Bunun için nihai hali verilen bitki örtüsü haritası ve eğim sınıflandırma haritasından

faaydalanılmıştır. Bu iki haritanın CBS ortamında birleştirilmesi sonucunda toprak koruma haritası üretilmiştir. Buna ait puanlama matrisi ise daha önce yapılmış çalışmalardan (şahin ve Kurum, 2002; Durak, 2022) faaydalanılarak çalışma alanına uyarlanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Eğim / arazi örtüsü matrisi (şahin ve Kurum, 2002; Uzun vd., 2015).

Arazi rts tipi	Eğim (%)				
	0-6	6-12	12-20	20-30	>30
Seyrek bitki alanı, ağaç formasyonu (> %70)	1	1	1	1	1
Sulanmayan ekilebilir alan ve zayıf otsu bitki	0.9	0.5	0.5	0.5	0.0
Bitki değişim alanları	0.9	0.5	0.5	0.5	0.0
Doğal bitki örtüsü ile karışık tarım alanları	1	1	1	1	0.3
Mera, doğal çayırılık (doğal otlak alan, diğer)	0.9	0.5	0.5	0.5	0.0
Yerleşim ve çıplak alanlar (ıplak kayalıklar)	0.9	0.5	0.5	0.5	0.0
Açıklamalar: (1: Y: Çok yüksek / 0,9-08: Y: Yüksek / 0,7-0,6: O: Orta / 0,5-0,3: D: Düşük / 0,2-0:D: Çok Düşük) koruma derecesi.					

Aşınabilirlik haritası ve toprak koruma haritası elde edildikten sonra bu haritaların çakıştırılması ile potansiyel erozyon riski haritası üretilmiştir. Bu haritanın yorumlanmasında potansiyel erozyon riski çakıştırma çizelgesinden faaydalanılmıştır. Böylece potansiyel erozyon riski ortaya konulmuştur (Tablo 6).

Tablo 6. Aşınabilirlik/Toprak koruma riski birleştirme (union) matrisi.

Erozyon Riski	Toprak Koruma Düzeyi			
Aşınabilirlik	ok Düşük	Orta	Yüksek	ok Yüksek
Çok şiddetli (5)	Y	Y	Y	Y
şiddetli (4)	Y	Y	O	O
Orta (3)	O	O	D	D
Az (2)	O	O	D	D
Çok Az (1)	Y	D	D	D
Risk düzeyi: (Y: Çok yüksek erozyon, Y: Yüksek erozyon, O: Orta erozyon, D: Düşük erozyon, D: Çok düşük erozyon)				

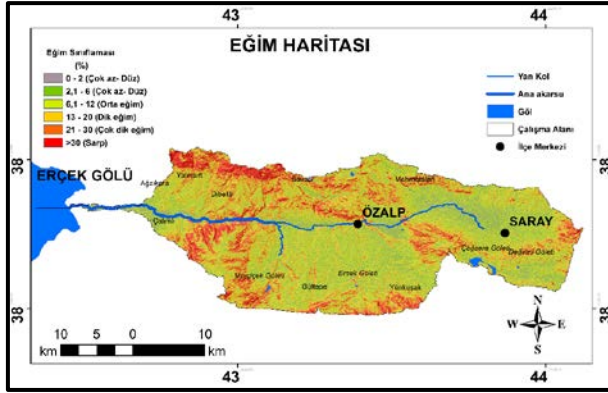
2. BULGULAR VE TARTIşMA

Çalışmada ICONA modeli kullanılarak potansiyel erozyon risk haritası üretilmiştir. Bu doğrultuda ihtiyaç duyulan

eğim, arazi kullanımı, kayaç sınıflandırması, aşınabilirlik ve toprak koruma haritaları hazırlanarak yorumlamaları yapılmıştır.

2.1. Eğim

Erozyon üzerinde en etkili faktörlerden biri eğimdir (Pandian vd., 2023). Eğim arttıkça erozyon şiddeti artmaktadır (Ekinci, 2005; Duman,2011). Eğim, biriken yağış miktarını ve akış hızını etkilediği için sel ve taşkınların oluşumunda önemli bir etken olduğu gibi malzeme taşınımını sağladığı için erozyon riskini arttıran en önemli faktörler arasında yer almaktadır (Özcan, 2008; Duman ve İrcan, 2022; Partigöç ve Dinçer, 2024). Eğim değerinin yüksek olduğu yerlerde toprağın su tutma kabiliyeti, eğim değerinin az olduğu yerlere oranla daha düşüktür. Yamaç eğiminin fazla olduğu yerlerde çözünen malzemeler hızlı bir biçimde uzaklaşarak erozyonun şiddetlenmesine neden olmaktadır. Eğimin azaldığı yerlerde ise malzeme taşınımından çok birikimi söz konusudur (Biricik, 1985; Duman, 2011; Hatipoğlu ve Hatipoğlu, 2020). Yapılan bazı çalışmalarda, eğimin % 5'ten % 10'a çıkması halinde erozyon miktarında 3 kat oranında, % 15'e çıkması halinde ise 5 katı bir artış olduğu hesaplanmıştır (Yılmaz, 2006; Sönmez vd., 2013). Bu yüzden eğimin fazla olduğu koşullar erozyonu tetiklemektedir. Çalışma alanına ait eğim sınıflaması ICONA modeli ve Tarım Orman Bakanlığı tarafından oluşturulan ve toprak haritalarında kullanılan eğim sınıflandırılmasına göre yapılmıştır. Hesaplamalara göre havzada “çok az–düz” alanın oransal dağılımı %15 civarında, “orta eğim” %40, “dik eğim” %24, “çok dik eğim” %13 ve sarp yerlerin ise en az oranla %8 olduğu görülmüştür. Sınıflandırılmış eğim haritasına bakıldığında D-B eksenli uzanan Özalp Çayı'nın kuzey kesiminin eğimi fazladır. Bu verilere göre havzada eğime bağlı erozyonun yüksek olduğu söylenebilir (Şekil 3).

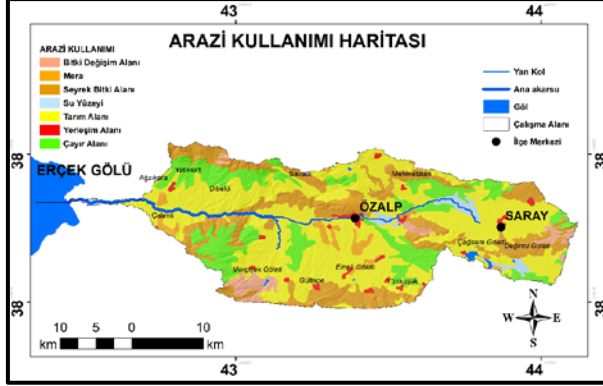


Şekil 3. Çalışma alanına ait sınıflandırılmış eğim haritası.

2.2. Arazi örtüsü

Bir havzanın bitki örtüsü, toprağı erozyona karşı durağan hale getiren ve koruyan peyzaj bileşeni olması bakımından önemlidir. Bitki örtüsü yağış tesiriyle toprak materyalinin taşınımını önlediği/azalttığı gibi suyun yer altına yavaş emilimine de katkı sunmaktadır (Şahin vd., 2014:). Çalışma alanında arazi örtüsü genel olarak 7 sınıftan oluşan bir tanımlama yapılmıştır (Şekil 4). Bunlar seyrek bitki alanı (ağaç, çalı vb. formasyonlar), bitki değişim alanının, çayır, mera, tarım su yüzeyi ve yerleşim alanıdır. Tarım alanının %27, yerleşim alanı ve su yüzeyinin %26, çayır alanının %14, bitki değişim alanının %8, seyrek bitki alanının ise %13 ve meranın ise %12 alan kapladığı hesaplanmıştır. Bu haliyle tarım alanının fazla olduğu görülmektedir. Ancak havzada erozyonu önlemede rolü çok olan bitki örtüsünün yetersiz olduğu söylenebilir. Keza tarım alanlarının nadasa bırakıldığı süreçte erozyona fazlaca maruz kaldığı görüldüğü gibi bu alanın işletilmemesi, kullanılmaması ve yanlış sürülmesi gibi problemleri de fazladır. Şekil 4' yer alan haritaya bakıldığında sahada en fazla yer kaplayan tarım alanlarının homojen dağılım göstermediği ve eğimin çok az olduğu Saray ovasında yoğunlaştığı görülmektedir. Yüksekliğin az olduğu Erçek Gölü çevresinde tarım faaliyetleri kuru ve sulu

tarım olarak yapılmaktadır (Duman, 2011). Eğim koşullarının az olduğu bu morfolojik özellikler erozyonu azaltmada bir avantajdır.

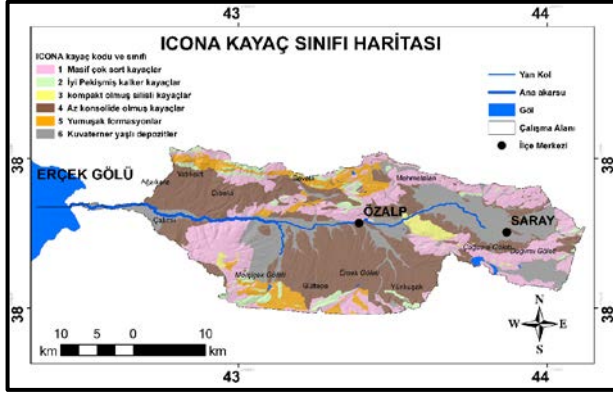


Şekil 4. Çalışma alanına ait arazi kullanımı haritası.

2.3. Kayaç sınıflandırması

Toprağın köken aldığı ana kaya farklı litolojik özelliklere sahiptir. Her litolojik unsurun aşınma ve taşınma karşı dayanımı ve eğilimi aynı değildir (Mater, 1998: Atalay, 2008, Tomuş vd., 2012). Bu doğrultuda ICONA (Institute for Conservation of the Nature) tarafından tanımlanan belirli bir sınıflandırmadan faydalanılmaktadır. Kayaçların erozyona karşı hassasiyetlerinin dikkate alındığı sınıflandırma materyal ve yöntemde izah edilen altı (6) gruptur. Çalışma alanının bölgede yaşanan neotektonik rejim değişikliğine (Şaroğlu ve Güner, 1981) bağlı olarak litopedolojik özellikleri karmaşıktır. Çalışma alanında masif çok sert kayaçlar (% 38) fazla olsa da az konsolide olmuş kayaçlar (% 29) da az değildir. Keza kuvaterner yaşlı depozitler (%4), yumuşak formasyonlar (%3), iyi pekişmiş kalkerler (%23) ve kompakt olmuş silisli kayaçlar (%3) havzanın litolojik unsurlarıdır. ICONA kayaç sınıfı haritasına bakıldığında Özalp Çayı'nın Erçek Gölü'ne bağlandığı ağız kısmına doğru eğimli yamaçlarda ve Emek, Yünkuşak ve Gültepe çevresinde erozyona müsait az konsolide olmuş kayaçların fazlalığı dikkat

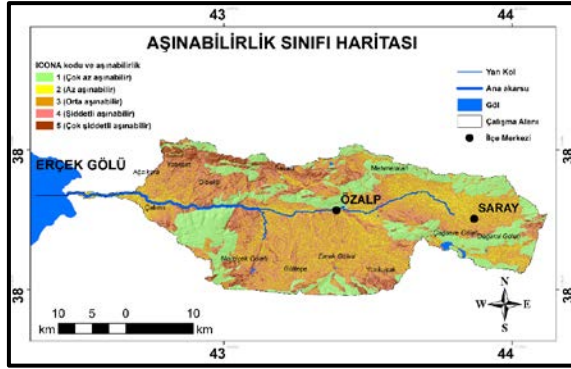
çekmektedir(Şekil 5). Keza bu alan bitki formasyonu bakımından oldukça zayıftır.



Şekil 5. Çalışma alanına ait ICONA kayaç sınıflandırma haritası.

2.4. Aşınabilirlik

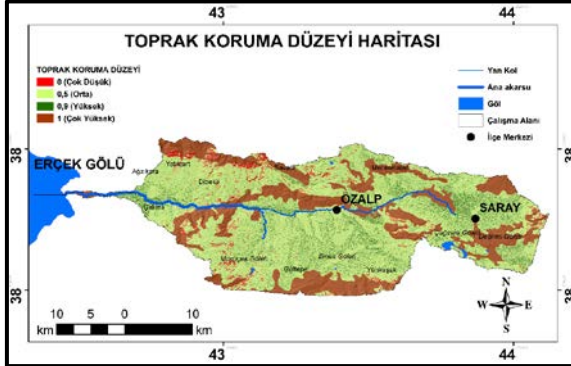
Potansiyel erozyon analizinde aşınabilirlik haritasına ihtiyaç vardır. Bunun için yöntemde tanımlanan eğim haritası ve kayaç sınıflandırma haritasından faydalanılmıştır (Durak, 2022: 124). CBS desteğiyle geoprocessing üzerinde birleştirme (Union) yöntemiyle eğim değişkeni ve kayaç yapı değişkenleri birlikte analiz edilebilmiştir. İki değişken arasındaki çözümleme materyal ve yöntemde belirtildiği gibi karar matrisiyle yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda “çok az aşınabilir” (%25), “az aşınabilir” (%13), “orta aşınabilir” (%35), “şiddetli aşınabilir” (% 17), çok şiddetli aşınabilir” alanlar ise (%10) yer kaplamaktadır. Haritaya bakıldığında (Şekil 6) aşınabilirlik düzeyi yüksek yerlerin Özalp Çayı’nın kaynak kısmından itibaren güney kesiminde fazla olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 6. Çalışma alanına ait aşınabilirlik sınıfı haritası.

2.5. Toprak koruma

Potansiyel erozyon risk haritasını ortaya koymada ihtiyaç olunan diğer veri Toprak Koruma Düzeyi haritasıdır. Bunun için eğim haritası ve bitki örtüsü değişkenleri birlikte analiz edilmiştir (Durak, 2022: 124). İki değişken arasındaki çözümleme materyal ve yöntemde belirtilen karar matrisiyle yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda “çok düşük” (%4), “orta” (%62), “yüksek” (%10) ve “çok yüksek” alanlar ise (%24) yer kaplamaktadır. Haritaya bakıldığında toprak koruma düzeyinin kısıtlı olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 7).

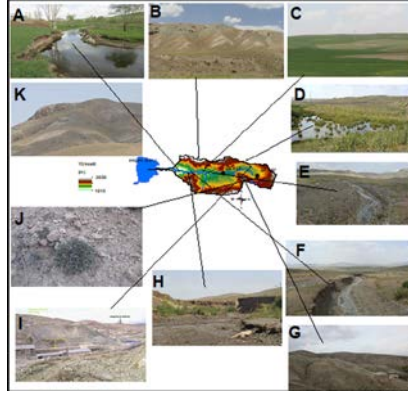


Şekil 7. Çalışma alanına ait toprak koruma haritası.

Yukarıda izah edilen bulgular ışığında havzaya uygulanan parametrelerin erozyon bakımından risk düzeyinin yüksek olduğu

anlaşılmaktadır. Bu durum arazi çalışmaları ile doğrulanmıştır (Şekil 8). Duman (2011) Erçek Gölü yakın çevresinin fiziki coğrafyası isimli doktora tezinde havzada erozyon ve buna karşılık birikim hızının Holosen başlarından itibaren günümüze doğru sürekli olarak azaldığını ifade etmiştir. Araştırmacı Erçek Gölü'nden aldığı örnekleri yaşlandırmış olup erozyon hızı hakkında önemli bulgular ortaya koymuştur. Yörede farklı noktalarda aldığı örneklerden 0,8 mm/yıl, 1,4 mm/yıl ve 0,3 mm/yıl olan erozyon hızları hesaplamış olup günümüzden 8000 yıl önce yoğun bir erozyon sürecinde olduğunu ifade etmiştir. Bu alan çalışma alanında eğimin azaldığı ve Özalp Çayı'nın aşağı çığırına denk gelen kısımdır. Bu bilgiden hareketle Erçek Gölü'nün doğusunda yer alan çalışma alanı geçmiş zamanda yoğun bir erozyon sahası olduğu ve bunun günümüzde de devam ettiği düşünülebilir. Özvan vd., (2022)' de çalışma sahasının kuzey kesiminde bulunan Bendimahı alt havzasında erozyon riskini belirlemek ve karşılaştırma yapmak için CORINE ve ICONA modellerini kullanmıştır. Çalışmada ICONA modelinin CORINE modeline göre daha az girdi verisiyle aynı doğrulukta sonuç üretebilme yeteneğinden dolayı daha verimli çalıştığını ifade etmiştir. Küçük nitelikli havzalarda ICONA modelinin CORINE modeline kıyasla avantajlı ve hızlı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Bendimahı alt havzasında ciddi bir erozyon riski olduğunu söylemiştir. Ayrıca Van Gölü'ne yakın yerlerdeki verimli toprakların korunmasıyla ilgili tedbir önerileri sunmuştur. Çalışma sahasında bu alana yakın ölçekte olduğundan güvenilir veri sunduğu ve Bendimahı havzasına benzer sorunlar taşıdığı belirlenmiştir. Ayrıca Karaca vd., (2019)'da yaptıkları çalışmada Van ilinin, topoğrafya şartlarından dolayı toprak erozyonuyla karşı karşıya olduğunu tespit etmiştir. Bu alanlarda özel toprak koruma önlemlerine ihtiyaç olduğunu ifade etmiştir. Çalışma alanına ait eğim ve erozyon risk haritasına bakıldığında benzer bulgulara rastlanmaktadır. Ayrıca Çiftçi vd., (2013)'te "Van Gölü Havzasının Çevre Jeolojisi" isimli çalışmada Van Gölü

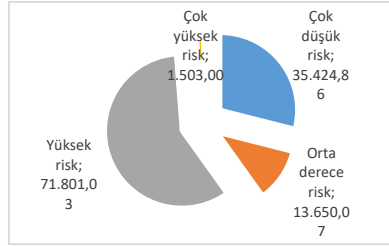
çevresindeki tarım arazilerinin yaklaşık %90'ında erozyon probleminin olduğunu bunun esas nedeninin yanlış arazi kullanımı ve eğimi yüksek olan arazilerin tarım sahası olarak kullanılmasından kaynaklandığını izah etmiştir. Bunun yanında yörenin başlıca gelir kaynağı olan hayvancılık faaliyetleri olduğu göz önüne alınırsa, otlatmaya açık arazilerde aşırı ve erken otlatma da doğal örtü tahribatına neden olmakta ve erozyonu hızlandırdığını tespit etmiştir. Benzer bulgular çalışma alanında yapılan analiz ve arazi gözlemleriyle örtüşmektedir. Buna ek olarak erozyonu önlemedeki rolü çok olan ve eğimli yamaçlarda sıkça görülen geven bitkisinin kışlık yakacak amaçlı tahribatı da mevcut erozyonu tetiklemektedir. Nihai olarak çalışma alanının önemli sorunlarından biri olan erozyon üzerine etkin önlemlerin alınması gerektiği bu çalışma ve diğer çalışmalarla birlikte dikkate alınması gerektiği anlaşılmıştır. Bunda biyolojik onarım faaliyetlerinin doğru analiziyle ve erozyon alanlarının rehabilitasyonu ile mümkündür.



Şekil 8. Çalışma alanına ait görseller (A: Özalp Çayı, B: Ofiyolitler, çıplak arazi, C: Çayır, D: Sucul bitkiler, E: Yan kol ile taşınan malzeme F: Eğimin azaldığı sahada biriken malzeme, G: Bitki örtüsünden yoksun yamaçta aktif erozyon, H: Akarsu tarafından derin yarılmış toprak katmanı ve taşınım malzemesi, I: Yamaçlarda antropojenik müdahale J: Erozyonu önlemede etkili gevenler.

3. SONUÇ

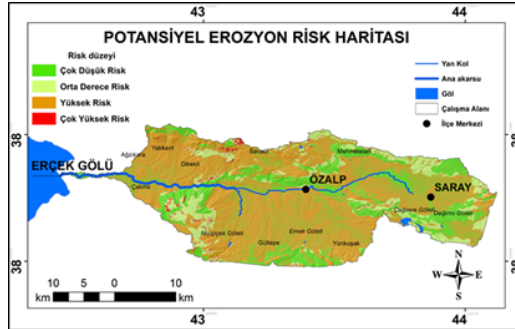
Bu çalışmada ICONA modeli kullanılarak toprak koruma düzeyi ve aşınabilirlik haritalarına birleştirme (Union) işlemi uygulanmıştır. İki değişken arasında çözümleme (karar matrisi) yapılarak çalışma alanına ait potansiyel erozyon risk haritası üretilmiştir. Buradan yapılan hesaplamalara göre risk düzeyi azdan çoğa sırasıyla %29, %11, %59 ve %1 oranındadır (Şekil 9). Bu işlem sonucunda “Çok düşük risk”, “Orta derece risk”, “Yüksek risk” ve “Çok yüksek risk” olmak üzere 4 sınıf belirlenmiştir (Şekil 10). Buna göre havzada toprak kaybının fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 9. Çalışma alanı potansiyel erozyon riski alansal dağılımı (Ha).

Haritaya göre çalışma alanının yarısından fazlası yüksek riskli alandır.

Şekil 10. Çalışma alanı potansiyel erozyon riski oransal dağılımı (%).



Şekil 10. Çalışma alanı potansiyel erozyon risk haritası.

Bu alanlar genellikle Doğu- Batı eksenli uzanan Özalp Çayı'nın orta kesiminde güneye bakan eğimli yamaçlarda fazladır. Bu alan bitki örtüsünden yoksun olduğu gibi arazi gözlemlerinde tespit edildiği gibi yoğunlukla erozyonu önlemede kıymetli rolü olan *Astragalus*'un tahrip edildiği yerlerdir. Kökü toprağın derinliklerine kadar uzanan bu bitki yöre halkı tarafından kışlık yakacak amaçlı tahrip edilmektedir. Yüksek riskli alanda gözlemlenen diğer sorun ise aşırı ve erken hayvan otlatma sorunudur. Bu sorunlar ağaç çalı ve ot formasyonu bakımından zayıf olan havzada erozyonu tetiklemektedir. Ayrıca bitki örtüsünden yoksun bu havzada ani yağışlarla derin yarılmış vadilerce erozyon şiddetlidir. Ancak eğimin azaldığı yan kolların vadi tabanına doğru erozyon azalmaktadır. Keza Havzada son yıllarda kendini belirgin biçimde gösteren kuraklık izleri ve seyrek ağaçlıkların erozyonu önlemede yetersiz olduğu görülmüştür. Çalışma alanında jeoloji, jeomorfoloji, hidrografya ve değişen iklim ve bitki örtüsü koşullarının yanında yanlış arazi kullanımı, yerleşmeye açılan çayır ve mera tahribi erozyonu arttırmaktadır. Keza son yıllarda dünyada etkisini gösteren iklim değişikliğinin çalışma alanı ve çevresinde de erozyon bakımından tehdit etkisini artıracığı açıktır. Bu yüzden iklim değişikliğine bağlı artan/artacak erozyon riski için planlama yapılması önemlidir.Özet olarak erozyon havza topraklarının incelenmesine neden olmaktadır. Bunun için havza tabanlı bir yönetim planı oluşturularak mevcut bitki örtüsünün korunmasıyla beraber özellikle “yüksek riskli” alanda iyileştirme (ağaçlandırma gibi) çalışmaları yapılmalı, yöre halkı bilinçlendirilerek havza yönetimine katılımı ve aktif rol almaları sağlanmalıdır. Özalp Çayı Havzası'nda mevcut toprak örtüsünün sürdürülebilirliği için proaktif (önleyici) bir bakış açısıyla erozyon önleyici çalışmaların yapılması gerektiği anlaşılmıştır. Erozyonla taşınan toprağın kısa zamanda tekrar gelişmesi, insanın çabalarıyla tekrar geri getirilmesi hem zor hem de ekonomik olmayan bir işlemdir. Doğru olan ise toprağı daha yerinde iken korumaktır. Bu sayede

havzanın sahip olduğu ekosistem korunmuş olacaktır. Bu bakımdan çalışma alanında toprak koruyucu önlemlerin alınması toprağın sürdürülebilir bir şekilde işletebilmesinin temel şartı olup jeolojik miras olan toprağın gelecek nesillere aktarımı önemlidir.

KAYNAKÇA

- ASF (Alos Palsar). (2023). *Alaska Uydu Tesisi-Dağıtılmış Aktif Arşiv Merkezi*. Erişim Tarihi: 16.12.2023, <https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar/>
- Atalay, İ. (2008). Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası, *Meta Basım ve Matbaacılık Hizmetleri*, 4. Baskı, İzmir.
- Atalay, İ. (2012). Genel Fiziki Coğrafya, *Meta Basım ve Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir.
- Aykır, D. ve Fıçıcı, M. (2022). Çıldır Gölü Havzasında Erozyon Risk Analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* , (9) , 38-49. Doi: 10.46453/jader.1144699
- Aytaş, İ. (2017). *Çankırı Kentsel Açık-Yeşil Alan Sisteminin Belirlenmesi*. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bahtiyar, M. (2000). *Toprak Erozyonu, Oluşumu ve Nedenleri*. İçinde G. Kuran ve E. G. Sevinç (Ed.), *Erozyonla Mücadele Tema Eğitim Semineri Notları*.
- Bai, L., Wang, N., Jiao, J., Chen, Yixian, Tang, B., Wang, H., Chen, Yulan, Yan, X., Wang, Z. (2020). Soil erosion and sediment interception by check dams in a watershed for an extreme rainstorm on the Loess Plateau, China. *Int. J. Sediment Res.* 35, 408–416. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2020.03.005>.
- Bayramin, I., Dengiz, O., Baskan, O. ve Parlak, M. (2003). *Soil erosion risk assessment with ICONA model ; Case study : Beypazarı Area*, Turkish Journal of Agriculture and Forest, 27, 105-116 <https://doi.org/10.3906/tar-0211-3>.

- Biricik, A. S. (1985). *Sarayköy Civarında Erozyon ve Önlemleri (Konya)*, İstanbul Üniversitesi Edebiyat. Fakültesi Coğrafya Dergisi, I, s. 173-181, İstanbul.
- Cebel, H. ve Doğan O. (1998). Türkiye’de erozyon probleminin durumu ve Dalaman havzası erozyon haritalama çalışması sonuçları, afet zararlarının azaltılması ve fiziksel planlama faaliyetlerinde uzay teknolojilerinin sunduğu olanaklar. *T.C Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü ve Avrupa konseyi Büyük Doğal Teknolojik Afetler (STRIM) ile Ortak Sempozyum*, Yayın No:101, Ankara.
- Cheng, Y., Li, P., Xu, G., Wang, X., Li, Z., Cheng, S., Huang, M. (2021). Effects of dynamic factors of erosion on soil nitrogen and phosphorus loss under freeze-thaw conditions. *Geoderma*, 390, 114972. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114972>.
- Coşkun, M., & Toprak, F. (2023). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı orman yangını risk analizi: Bartın İli örneği. *Geomatik*, 8(3), 250-263. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1192219>
- Crowder, B.M. (1987). Economic Costs of Reservoir Sedimentation: a Regional Approach to Estimating Cropland Erosion Damage. *J. Soil Water Conserv.* 42, 194-197.
- Çelebi, H. (1963). Hızlandırılmış Toprak Erozyonu, (Soil Survey Manual’den tercüme edilmiştir.), *Topraksu Dergisi*, 16, 32-37.
- Çepel, N. (1997). Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. *Tema Vakfı Yayını No: 14*, İstanbul.

- Çiftçi, Y., Işık, M. A., Alkeveli, T., & Yeşilova, Ç. (2008). Van Gölü havzasının çevre jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 32(2), 45-77.
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S., Doğan, A., 2014. İnebolu Havzası'nın ICONA Modeli ile Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *Anadolu J. Agric. Sci.* 29, 136. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.2.136>- 142.
- Dilek, E.F., Şahin, Ş., Yılmaz, I. (2008). Afforestation areas defined by GIS in Gölbaşı specially protected area Ankara/Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 144, 251-259. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9985-7>.
- Duman, N. (2011). Erçek gölü yakın çevresinin fiziki coğrafyası (Yayınlanmamış doktora tezi), *Ankara Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara.
- Duman, N., İrcan, M. R. (2022). *Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Tabanında Çankırı Merkez İlçesinin Erozyon Risk Analizi*. *Coğrafi Bilimler Dergisi/ Turkish Journal of Geographical Sciences*, 20 (1), 220-245, doi: 10.33688/aucbd.1074770
- Durak, M.Ö. (2022). Artvin Merkez İlçe ve Yakın Çevresinde Peyzaj Karakter Değerlendirmesi ile Peyzaj Planlama Rehberlerinin Geliştirilmesi (Yayınlanmamış doktora tezi), *İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul.
- Ediş, S. & Aytaş, İ. & Özcan, A. U. (2021). ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 15-22.
- Ekinci, D. 2005. CBS Tabanlı Uyarlanmış Rusle Yöntemi İle Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi. *Coğrafya Dergisi*, 109-119.

- Erkal, T. ve Taş, B. (2013). Jeomorfoloji ve İnsan. İstanbul: Yeditepe Yayınevi.
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M. A., Demirtaş, İ., Çetin, E.(2018). *Türkiye Su Erozyonu Atlası*. Günay Erpul, Suat Şahin, Evren Çetin (Ed.). Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Fıçııcı, M. (2016). Kapıdağ Yarımadası'nda Erozyon ve Arazi Kullanma İlişkisi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi.
- Gholzom, H.E., Ahmadi, H., Moeini, A., Motamed, V.B., (2020). Erosion risk assessment and identification of susceptibility lands using the ICONA model and RS and GIS techniques. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 1–18. <https://doi.org/10.5194/nhess-2020-85>.
- Hatipoğlu, İ. K., & Hatipoğlu, Ş. C. (2020). Harşit Çayı Havzası'nda ICONA ve Alternatif Olarak Geliştirilen MICONA Modellerinin Karşılaştırılması. Journal of Social Sciences and Humanities, 4(2), 108-135.
- Hatipoğlu, İ. K., & Uzun, A. (2020). Melet Irmağı havzası'nda erozyon riskinin Micona modeli ile değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*(74), 17-31. <https://doi.org/10.17211/tcd.644135>
- ICONA, (1991). Plan Nacional de Restauracion hidrologico-forestal para el Control de la Erosion. Ministerio de Agricultura, Pescay Alimentacion, Madrid.
- ICONA, (1997). Guidelines for mapping and measurement of rainfall-induced erosion processes in the Mediterranean coastal areas, Priority Actions Programme, Priority Actions Programme Regional ActivityCentre Split, Croatia.

- Issaka, S. and Ashraf, M.A. (2017) Impact of Soil Erosion and Degradation on Water Quality: A Review. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1, 1-11. <https://doi.org/10.1080/24749508.2017.1301053>
- Kanar, E., Dengiz, O. (2015). Madendere Havzasında Potansiyel Erozyon Risk Durumunun İki Farklı Parametrik Model Kullanarak Belirlenmesi ve Risk Haritalarının Oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Derg.* 2, 123–134.
- Karaca, S. D. Y. D., Sarğın, B., & Türkmen, F. (2019). Investigation of some land and soil properties by geographical information system analysis: Van province land and soil properties.
- Kaynarca, M., Demir, N., & San, B. T. (2020). Yeraltı Suyu Kaynaklarının Uzaktan Algılama ve CBS Teknikleri Kullanarak Modellenmesine Yönelik bir Yaklaşım: Kırkgöz Havzası (Antalya). *Geomatik*, 5(3), 241-245. <https://doi.org/10.29128/geomatik.649221>
- MAPA/ICONA, (1983). Paisajes erosivos en el sureste español: Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación. proyecto LUCDEME, 66, España.
- MAPA/ICONA, (1991). Metodologia para el diseño de actuaciones agrohidrologias en las cuencas del ambito mediterraneo. Proyecto LUCDEME, 1-31.
- Mater, B. (1998), Toprak Coğrafyası, *Çantay Kitabevi*, İstanbul.
- Matpay B. (2011). Akgöl ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi, *Van YYÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Van.
- Matpay, B. (2022). Akgöl (Özalp-Van) ve Çevresinin Doğal Ortam Özellikleri, Ekosistem İçindeki Önemi ve

- Korunması. *Van İnsani ve Sosyal Bilimler Dergisi*(4), 74-96.
- Özcan, O. (2008). Sakarya Nehri Alt Havzası'nın taşkın riski analizinin uzaktan algılama ve CBS ile belirlenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi (Doktora Tezi)*.
- Özvan, H., Arık, B., Şatır, O., Bostan, P. (2022). Bendimahı alt havzası potansiyel erozyon riskinin CORINE ve ICONA modelleri kullanılarak haritalanması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(3), 389-404. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1128828>
- Pandey, A., Mathur, A., Mishra, S. K., Mal, B. C. (2009). Soil erosion modeling of a Himalayan watershed using RS and GIS. *Environmental Earth Sciences*, 59, 399-410. doi: 10.1007/s12665-009-0038-0.
- Pandian, R. S., Sidesh, U., Prasanna, B.K., Lakshmi, N.R. (2023). Identification of groundwater potential for urban development using multi-criteria decision-making method of analytical hierarchy process. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(3),318-328. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1190998>
- Partigöç, N.S. & Dinçer, C. (2004). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı afet risk analizi: Denizli ili örneği, *Geomatik*, 9(1), 27-44. <http://doi.org/10.29128/geomatik.1261051>
- Patıl, M., Saha, A., Pingale, S. M., Rathore, D. S., Goyal, V.C. (2023). Identification of potential zones on the estimation of direct runoff and soil erosion for an ungauged watershed based on remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(3), 224-238. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1115608>
- Reis, M., Dutal, H., Bolat, N., Savacı, G. (2017). Soil Erosion Risk Assessment Using GIS and ICONA: A Case Study

- in Kahramanmaraş, Turkey Mahmut. J. Agric. Fac. Gaziosmanpasa Üniversitesi 34, 64–75. <https://doi.org/10.13002/jafag4208>.
- Saygın, S.D., Ozcan, A.U., Basaran, M., Timur, O.B., Dolarslan, M., Yılman, F.E., Erpul, G. (2014). The combined RUSLE/SDR approach integrated with GIS and geostatistics to estimate annual sediment flux rates in the semi-arid catchment, Turkey. Environ. Earth Sci. 71, 1605–1618. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2565-y>
- Seyitoğulları M.A. (2012). Özalp ilçesi ve yakın çevresinin fiziki coğrafya özellikleri, Van YYÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi, Van
- Seyitoğulları M.A. (2022). Yukarı Karasu Havzasının Fiziki Coğrafya Özellikleri, Van YYÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Van
- Sönmez, M.E., Çelik M.A., Seven, M. 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Kilis Merkez İlçesinin Erozyon Risk Alanlarının Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 10 (1): 1-21.
- Şahin, C., Sipahioğlu, Ş. (2003). Doğal Afetler ve Türkiye. Genişletilmiş 2. Baskı, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara.
- Şahin, Ş. and Kurum, E. (2002) “Erosion risk analysis by GIS in environmental impact assessments: a case study – Seyhan Köprü Dam construction”, The Journal of Environmental Management, vol 66, 239-247
- Şahin, Ş., Perçin, H., Kurum, E., Uzun, O. ve Bilgili, B. C. (2014). Bölge - Alt Bölge (İl) Ölçeğinde Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirmesi Ulusal Teknik Kılavuzu, Müşteri Kurumların T.C. İçişleri Bakanlığı, T.C. Çevre ve

Şehircilik Bakanlığı ve T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı olduğu, T.C. Ankara Üniversitesinin Yürütücü Kurulu olduğu ve TÜBİTAK KAMAG 1007 Programı 109G074 No'lu PEYZAJ-44 Projesi Çıktısı, Ankara.

Şaroğlu, F. ve Güner, Y. (1981). Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler: Jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24(2), 39-50.

Terzi, F., Tezer, A., Turkey, Z., Uzun, O., Köylü, P., Karacor, E., Okay, N., Kaya, M., 2020. An ecosystem services-based approach for decision-making in urban planning. *J. Environ. Plan. Manag.* 63, 433–452. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1591355>.

Tombuş, F.E., Yüksel, M., Coşar, M., Ozulu, İ.M. (2012). ICONA erozyon risk belirlenme yönteminde zamansal olarak NDVI etkisinin incelenmesi, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.

Tunçdilek, N. (1985). Türkiye'de Relief Şekilleri ve Arazi Kullanımı, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğr. Enst. Yay. No:3, İstanbul Üniversitesi Yayınları No:3279, İstanbul

United Nations. (2019). 24 billion tons of fertile land lost every year, warns UN chief on World Day to Combat Desertification. <https://news.un.org/en/story/2019/06/1040561> Erişim Tarihi: 22.02.2024

Uzun, O. ve Gültekin, P. (2011) Process analysis in landscape planning, the example of Sakarya/Kocaali, Turkey” *Scientific Research and Essays (SRE)*, 6(2), 313-331.

Uzun, O., Gültekin, P., 2011. Process analysis in landscape planning, the example of Sakarya/Kocaali, Turkey. *Sci.*

Res. Essays 6, 313–331.
<https://doi.org/10.5897/SRE10.716>.

- Uzun, O., İlke E.F., Çetinkaya G., Erduran, G., F., Açıksöz, S., (2012). *Peyzaj Planlama: Konya İli Bozkır-Seydişehir-Ahırlı-Yalıhüyük İlçeleri ve Suğla Gölü Mevkii Peyzaj Yönetimi Koruma ve Planlama Projesi*, Editör: Osman Uzun, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Uzun, O., Müderrisoğlu, H., Demir, Z., Kaya, L., G., Gültekin, P., Gündüz, S. (2015) *Yeşilirmak Havzası Peyzaj Atlası*, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü adına AKS Planlama Mühendislik Limited Şirketi, Ankara.
- Yılmaz, E. (2006). *Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi*, Ankara Üniversitesi Sosyal bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yılmaz, M. (2013). *Erçek Gölü Havzasının Coğrafi Etüdü*, Atatürk Üniversitesi Sosyal bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Erzurum.

TÜRKİYE VE DÜNYADA
FİZİKİ COĞRAFYA

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com