



T.C.

SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE’DE KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ ÖRNEKLERİ İLE
FARKLI OLUŞUM ŞARTLARI ALTINDA GELİŞEN HEYELAN SET
GÖLLERİNİN JEOMORFOLOJİK İNDİSLERLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

HAZIRLAYAN

ONUR YAYLA

1940223004

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

PROF. DR. YILDIRIM ATAYETER

ISPARTA-2024

TEZ SAVUNMA TUTANAĞI





T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



YEMİN METNİ

Doktora tezi olarak sunduğum “**Türkiye’de Karadeniz Bölgesindeki Örnekleri ile Farklı Oluşum Şartları Altında Gelişen Heyelan Set Göllerinin Jeomorfolojik İndislerle Değerlendirilmesi**” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadar ki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.

İmza
Onur YAYLA
16/07/2024



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU
BEYAN BELGESİ



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
Adı-SOYADI	Onur YAYLA
Öğrenci Numarası	1940223004
Enstitü Ana Bilim Dalı	Coğrafya
Programı	Coğrafya
Programın Türü	() Tezli Yüksek Lisans (x) Doktora
Danışmanının Unvanı, Adı-SOYADI	Prof.Dr. Yıldırım ATAYETER
Tez Başlığı	Türkiye’de Karadeniz Bölgesindeki Örnekleri ile Farklı Oluşum Şartları Altında Gelişen Heyelan Set Göllerinin Jeomorfolojik İndislerle Değerlendirilmesi
Turnitin Ödev Numarası	2385468413

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam **295 (ikiyüzdoksanbeş)** sayfalık kısmına ilişkin olarak, 23/05/2024 tarihinde tarafımdan Turnitin adlı intihal tespit programından Üniversitemiz Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönergesininin 14 üncü maddesinde yer alan filtrelemeler uygulanarak alınmış olan ve ekte sunulan rapora göre, tezin/dönem projesinin benzerlik oranı;

Kaynakçalar hariç, alıntılar dahil, 10 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç;

% 6’ dır.

Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir:

☒ Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu’nun doğruluğunu onaylarım.

☐ Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu’nun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esasları’nda öngörülen yüzdelik sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.

Gerekçe:

Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlerin ışığı altında tarafımca yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim.

29/07/2024

Prof. Dr. Yıldırım ATAYETER

(YAYLA Onur, *Türkiye’de Karadeniz Bölgesindeki Örnekleri ile Farklı Oluşum Şartları Altında Gelişen Heyelan Set Göllerinin Jeomorfolojik İndislerle Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Isparta, 2024)

ÖZET

IPCC iklim raporlarına göre Türkiye’nin güneyinde yoğun sıcaklıklar orman yangınlarına neden olurken, artan sıcaklık ve buharlaşma kuzeyde ani ve yoğun yağışları tetiklemektedir. Bu senaryo, Akdeniz’deki orman yangınları ve Karadeniz’deki ani yağışlarla yaşanan sel ve taşkınlarla doğrulanmıştır. Bu bağlamda, Karadeniz Bölgesi’ndeki yoğun yağışların heyelan set gölleri üzerindeki etkilerini araştırmak bu tez çalışmasının amacını oluşturur. Çalışma, Karadeniz Bölgesi’nde seçilmiş sekiz heyelan set gölünün (Sülüklü, Sünnet, Boraboy, Zinav, Gaga, Sera, Uzungöl, Karagöl) jeomorfolojik indislerle değerlendirilmesini hedeflemektedir.

Araştırma, sekiz heyelan set gölünün jeolojik ve jeomorfolojik dinamiklerini değerlendirerek, göllerin oluşum süreçlerini, fiziki coğrafya özellikleri ve göllerin sürekli olma ve bozulma durumları ayrıntılı olarak incelemiştir. Bu durumları belirlemek için jeomorfolojik indisler kullanılmış ve arazi çalışmalarında farklı yöntemler uygulanarak veriler toplanmıştır.

Çalışma sonucunda her bir gölün kendine özgü oluşum süreçleri ve dinamikleri belirlenmiştir. Sülüklü, Sünnet, Boraboy ve Zinav Gölleri tektonik hareketler ve litolojik faktörlerle meydana gelmiştir. Gaga Gölü, farklı bir dinamik sistemin ürünü olarak yeni bir tipte gelişmiş heyelan set gölü olarak sınıflandırılmıştır. Gaga ve Sera Gölleri’nin oluşumunda ani yağışlar etkilidir. Uzungöl ve Karagöl’de ise kar yağışı ve kar erimeleri göllerin oluşmasında etken olmuştur. Sekiz göl arasında risk ve tehdit potansiyeli değerlendirildiğinde, en fazla risk Zinav’da, ardından Sera ve Uzungöl’de bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Heyelan set gölleri, heyelan, jeomorfolojik indisler.

ABSTRACT

According to the IPCC climate reports, intense heat in southern Türkiye is leading to forest fires, while increased temperatures and evaporation in the north trigger sudden and heavy rainfall. This scenario has been confirmed by recent forest fires in the Mediterranean and flash floods in the Black Sea region. In this context, the aim of this thesis is to investigate the impact of heavy rainfall on landslide-dammed lakes in the Black Sea region. The study focuses on the geomorphological evaluation of eight selected landslide-dammed lakes (Sülüklü, Sünnet, Boraboy, Zinav, Gaga, Sera, Uzungöl, Karagöl) in the Black Sea region.

The research evaluates the geological and geomorphological dynamics of eight landslide-dammed lakes, examining their formation processes, physical geography characteristics, and the stability and degradation conditions of these lakes. To determine these conditions, geomorphological indices were utilized, and various methods were applied during field studies to collect data.

The study identified the unique formation processes and dynamics of each lake. Sülüklü, Sünnet, Boraboy, and Zinav Lakes were formed by tectonic movements and lithological factors. Gaga Lake was classified as a newly identified type of landslide-dammed lake resulting from a different dynamic system. The formation of Gaga and Sera Lakes was influenced by sudden rainfall events. In contrast, snowfall and snowmelt were the primary factors in the formation of Uzungöl and Karagöl. Among the eight lakes, the highest risk and threat potential were found in Zinav Lake, followed by Sera and Uzungöl.

Key words: Landslide dammed lakes, landslide, geomorphological indices.

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Bölgesi'nin batısındaki Bolu ilinden doğusundaki Artvin iline kadar geniş bir alanda yer alan heyelan set göllerinin değerlendirilmesi üzerine hazırlanmıştır. Doğal barajlar olan heyelan set göllerinin sürekliliği ve bozulma durumlarını tespit etmeyi amaçlayan çalışma aynı zamanda sahada risk ve tehdit oluşturan dinamiklerin belirlenmesine yönelik olarak ortaya konulmuştur. 2022-2023 yılları içerisinde değişik tarihlerde gerçekleştirilen veri toplama sürecinde, Karadeniz Bölgesi'nde seçilen örnekler arasından riskli göller araştırılmıştır. Bu göllerin birçoğu beşerî müdahalelerle kontrol altına alınmış ve bu sahalarda olası afet durumlarının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ancak, bazı göllerin çevresinde yoğun insan faaliyetleri bulunması nedeniyle bu göllere çalışmada ayrıca dikkat çekilmiştir. Bu çalışmaya konu olan ve Karadeniz Bölgesi'nde bulunan sekiz heyelan set gölü arasında bu açıdan en kritik olanları; Zinav Gölü, Sera Gölü ve Uzungöl'dür.

Elbette ki tüm bu tespitler ve bu süreç içerisinde yapılan işlemler tek bir kişinin müstakil uğraşları sonucu gerçekleşmemiştir. Bu süreç içerisinde ve öncesinde lisans dönemlerinden beri her daim öğrencisi olmaktan şeref duyduğum, tez çalışmasının da başından sonuna kadar şahsımla ilmi birikimini paylaşan, arazi çalışmalarının soğuk dönemlerinde insani ve fikri sıcaklığımı bizlere yansıtan, tezin başından bugünlere gelmesinde kelimelerin ifade edemeyeceği sayısız destekleri olan kıymetli büyüğüm, hocam, danışmanın Prof. Dr. Yıldırım ATAYETER'e saygılarımı, hürmetlerimi ve teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesi üyelerimden Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemlerinde bu çalışmada ve ilmi gelişimimde büyük katkısı olan hocam Prof. Dr. Gülcan SARP'a ve tez çalışmamın şekillenmesinde başından beri önemli katkıları olan hocam Prof. Dr. Adnan PINAR'a teşekkürü borç bilirim.

Hem heyelan set göllerinin tez konusu olarak belirlemeyi düşündüğüm süreçte şahsımla Kop (Akburak) Gölüne arazi çalışması yaparak ilmi ve fikri mana da beni yönlendiren hem de tez savunma jürimde yer alarak beni onurlandıran Jeoloji Mühendisi, kıymetli hocam Doç. Dr. Serhat DAĞ'a teşekkür ederim. Yine tez savunma jürimde yer alarak tezimin beşerî coğrafya süreçleri boyutunda şekillenmesine katkı sağlayan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli hocam, SDÜ İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölüm Başkanı Prof. Dr. Kadir TEMURÇİN hocama da ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmada İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanımı farklı yöntem ve modellerin kullanımına olanak sağladı. Bu hususta İHA kullanımımızı mümkün kılan ve İHA'yı akademik çalışmalarımızda kullanmak üzere bize hediye eden AYDEM Enerji Yönetim Kurulu Başkanı Ceyhan SALDANLI beyefendiye ve Gümüşhane'li iş adamı kıymetli büyüğüm Hayrettin ÜÇÜNCÜ'ye teşekkür ederim.

Bu süreçte veri toplama aşamalarında (ki bazıları kesintisiz 14 güne varan süreleri almıştı), yılmadan, yorulmadan, batimetri çalışmalarında botta durmadan kürek çeken bana sürecin tamamlanmasında destek olan kıymetli kardeşim doktora öğrencisi Hasan AKPINAR’a çok teşekkür ederim. Uzun yılları birlikte geçirdiğimiz ve yine akademik çalışmalarımın da her döneminde olduğu gibi bu çalışmanın tamamlanmasında bana arazi çalışmalarında destek olan ebedi dost Öğr. Gör. Uğur TOZKOPARAN’a teşekkür ederim. İHA verilerinin işlenmesi, İHA verilerinin analizi ve Coğrafi Bilgi Sistemlerine entegre edilmesi sürecinde kıymetli zamanını benimle paylaşan Harita Mühendisi değerli hocam Dr. Efdal KAYA’ya teşekkür ederim.

Süreç içerisinde akademik olarak beni yönlendiren manevi desteklerini hiç eksik etmeyen uzun yıllar öğrencisi olmaktan şeref duyduğum hocam Prof. Dr. Zafer GÖLEN’e, yine bilgi teknolojileri alanında ihtiyacım olan veri ve kaynağa ulaşmamda desteklerini her daim hissettiğim kıymetli hocam İsmail ATICI’ya, manevi destekleri ile beni teşvik eden hocalarım, Prof.Dr. Mustafa ŞEVİK’e, Prof.Dr. Sadık Yüksel SIVACI’ya Doç.Dr. Kadir TUNCER’e, Dr.Öğr. Üyesi Ahmet TOKGÖZLÜ’ye, Dr. Öğr. Üyesi Çağan ALEVKAYALI’ya tezin okunması ve farklı bir göz olarak değerlendirilmesinde desteklerini sağlayan doktora öğrencisi Tuğçe BİLGİN’e yine arazi çalışmalarında şahsıma destek olan çocukluk arkadaşlarım Çağrı ALKAN’a ve Süleyman TAŞDELEN’e teşekkür ederim.

Çalışmada bütün göller üzerinde batimetri çalışmaları yapılmıştır. Yapılan batimetri çalışmalarında Gümüşhane Gençlik Hizmetleri ve Spor İl Müdürlüğüne ait rafting botu kullanılmıştır. Bu hususta rafting botunu ilmi çalışmalarda kullanmam için tarafıma tahsis eden İl Müdürü Sayın Mücahit ATALAY’a, Gençlik Hizmetleri Müdürü Sayın Beytullah CEBEL’e Torul İlçe Müdürü Sayın Veli YILMAZER’e teşekkür ederim. Milli Parklar Genel Müdürlüğü ve İl Şube Müdürlükleri çalışanlarına bu süreç içerisindeki bize yaptıkları yardımlar için teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından SDK-2020-8813 numaralı “Türkiye’de Karadeniz Bölgesindeki Örnekleri ile Farklı Oluşum Şartları Altında Gelişen Heyelan Set Göllerinin Jeomorfolojik İndislerle Değerlendirilmesi” isimli proje kapsamında desteklenmiştir. Bu kapsamda SDÜ BAP’a teşekkür ederim.

Şüphesiz bu çalışmayı hazırlamayı başarmam da en büyük pay kızım Asya’ya ve eşim Mine YAYLA’ya aittir. Onlar için hiç bitmeyecekmiş gibi gelen bu yoğun ve zorlu sürecin sonuna gelmenin müjdesini kendilerine armağan ederek bu günlere kadar yetişmem de emeği geçen çok kıymetli annem ve babama ayrıca desteklerini esirgemeyen kız kardeşime de teşekkürlerimi sunarım.

Onur YAYLA

Isparta-2024

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	ii
BEYAN BELGESİ	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR	xiv
TABLolar DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ.....	xxii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

ARAŞTIRMANIN GENEL ÇERÇEVESİ

1.1. Araştırmanın Problemi, Amacı ve Önemi.....	7
1.2. Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları.....	16

2. BÖLÜM

ÇALIŞMANIN KAVRAMSAL VE KURAMSAL TEMELLERİ

2.1. Heyelan Nedir? Oluşum Çeşitliliğine Göre Heyelanlar	18
2.1.1. Düşme Şeklindeki Heyelanlar	20
2.1.1.1. Kaya Düşmesi	21
2.1.1.2. Devrilme.....	21
2.1.2. Kayma Şeklindeki Heyelanlar	22
2.1.2.1. Dairesel/Eğrisel (Rotasyonel) Heyelanlar.....	22
2.1.2.2. Düzlemsel (Translasyonel) Heyelanlar	23
2.1.3. Yayılma Şeklindeki Heyelanlar.....	24
2.1.3.1. Yanal Yayılma Heyelanları.....	24
2.1.4. Akma Şeklindeki Heyelanlar	25
2.1.4.1. Moloz Akışları.....	26
2.1.4.2. Moloz Çığları	27
2.1.4.3. Toprak Akması (Earthflow).....	28
2.1.4.4. Sürünme (Krip)	28

2.1.4.5. Laharlar (Volkanik Moloz Akışı)	29
2.1.4.6. Permafrost Alanlardaki Akmalar	30
2.1.5. Karmaşık Heyelanlar	31
2.2. Heyelan Set Göllerinin Oluşumu.....	31
2.3. Heyelan Setlerinin Sürekliliği, Uzun Ömürlü Olup Olmama Durumları ve Bozulma Durumları.....	37
2.3.1. Heyelan Setinin Sürekliliği	37
2.3.2. Heyelan Setinin Uzun Ömürlü Olup Olmama Durumu.....	38
2.3.3. Heyelan Setlerinin Bozulma Durumları	40
2.4. Araştırma Konusu ile İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	41
2.4.1. Ulusal Tezler	42
2.4.2. Uluslararası Tezler	54
2.4.3. Ulusal Makaleler	56
2.4.4. Uluslararası Makaleler	60

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ

3.1. Materyal.....	73
3.1.1. Arazi Çalışmaları ve Çalışma Alanları.....	73
3.2. Metod.....	75
3.2.1. Verilerin Hazırlanması	75
3.2.2. Arazi Verilerinin Tasnif Edilmesi.....	78
3.2.3. Heyelan Set Gölü Jeomorfolojik Süreklilik İndisleri	81
3.2.3.1. Blokaj İndisi (Blockage Index: BI)	83
3.2.3.2. Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisi (<i>Impoundment Index: II</i>)	85
3.2.3.3. Boyutsuz Blokaj İndisi (Dimensionless Blockage Index: DBI)	87
3.2.3.4. Morfolojik Tıkanma İndisi (Morphological Obstruction Index: MOI).....	89
3.2.3.5. Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (Hydromorphological Dam Stability Index: HDSI)	90

4. BÖLÜM

KARADENİZ BÖLGESİNİN GENEL COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ VE ARAŞTIRMA SAHALARINDAKİ BULGULAR

4.1. Araştırma Sahasının Genel Coğrafi Özellikleri	92
4.1.1. Karadeniz Bölgesinin Genel Jeolojik ve Tektonik Özellikleri.....	92
4.1.2. Karadeniz Bölgesi'nin Genel Jeomorfolojik Özellikleri	99

4.1.3. Karadeniz Bölgesinin İklimi ve Bitki Örtüsü	101
4.1.3.1 Karadeniz Bölgesinde İklim.....	102
4.1.3.2. Karadeniz Bölgesinin Bitki Örtüsü	104
4.2. Araştırmadaki Göllerin Genel Fiziki Coğrafyası, Jeomorfolojik İndisler ve İnsan İlişkisi	106
4.2.1. Sülüklü Gölü (Mudurnu/Bolu).....	106
4.2.1.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri	106
4.2.1.2. Sülüklü Gölü (Göynük/Bolu) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular	114
4.2.1.2.1. Sülüklü Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular	114
4.2.1.2.2. Sülüklü Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular	116
4.2.1.2.3. Sülüklü Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular	118
4.2.1.2.4. Sülüklü Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları.....	120
4.2.1.2.5. Sülüklü Gölünün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular	121
4.2.1.3. Sülüklü Gölünün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Değerlendirmesi	123
4.2.1.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi	126
4.2.2. Sünnet Gölü (Göynük/Bolu).....	126
4.2.2.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri	127
4.2.2.2. Sünnet Gölü (Mudurnu/Bolu) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular	135
4.2.2.2.1. Sünnet Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular	136
4.2.2.2.2. Sünnet Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su (II) İndisine İlişkin Bulgular	137
4.2.2.2.3. Sünnet Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular	137
4.2.2.2.4. Sünnet Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları.....	138
4.2.2.2.5. Sünnet Gölünün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular	139
4.2.2.3. Sünnet Gölünün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Değerlendirmesi	141

4.2.2.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi	142
4.2.3. Boraboy Gölü (Taşova / Amasya).....	143
4.2.3.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri	143
4.2.3.2. Boraboy Gölü (Taşova/Amasya) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular	149
4.2.3.2.1. Boraboy Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular....	150
4.2.3.2.2. Boraboy Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular.....	151
4.2.3.2.3. Boraboy Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular	153
4.2.3.2.4. Boraboy Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları.....	155
4.2.3.2.5. Boraboy Gölünün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular.....	155
4.2.3.3. Boraboy Gölünün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Değerlendirme.....	157
4.2.3.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi.....	159
4.2.4. Zinav Gölü (Reşadiye/Tokat).....	160
4.2.4.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri	160
4.2.4.2. Zinav Gölü (Reşadiye/Tokat) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular	168
4.2.4.2.1. Zinav Heyelan Set Gölü'nde Blokaj İndisine İlişkin Bulgular	169
4.2.4.2.2. Zinav Heyelan Set Gölü'nde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular.....	170
4.2.4.2.3. Zinav Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular	172
4.2.4.2.4. Zinav Heyelan Set Gölünde Morfolojik Tıkanma İndisine İlişkin Bulgular	174
4.2.4.2.5. Zinav Heyelan Set Gölünde Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular	174
4.2.4.3. Zinav Gölünün Arazi Çalışmaları ve İndislere Göre Genel Değerlendirmesi	176
4.2.4.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi.....	182
4.2.5. Gaga Gölü (Fatsa/Ordu).....	183
4.2.5.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri	183

4.2.5.2. Gaga Gölü (Fatsa/Ordu)'ne İlişkin Genel Değerlendirme	190
4.2.5.3. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi	198
4.2.6. Sera Gölü (Akçaabat/Trabzon)	199
4.2.6.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri	199
4.2.6.2. Sera Gölü (Akçaabat/Trabzon) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular	206
4.2.6.2.1. Sera Heyelan Set Gölü'nde Blokaj İndisine İlişkin Bulgular.....	207
4.2.6.2.2. Sera Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular	209
4.2.6.2.3. Sera Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular	210
4.2.6.2.4. Sera Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları	211
4.2.6.2.5. Sera Gölünün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulguları.....	212
4.2.6.3. Sera Gölünün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Değerlendirmesi ..	214
4.2.6.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi	220
4.2.7. Uzungöl (Çaykara/Trabzon)	221
4.2.7.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri	222
4.2.7.2. Uzungöl (Çaykara /Trabzon) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular	231
4.2.7.2.1. Uzungöl Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular. 231	
4.2.7.2.2. Uzungöl Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular	233
4.2.7.2.3. Uzungöl Heyelan Set Gölü'nde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular	234
4.2.7.2.4. Uzungöl Heyelan Set Gölünde Morfolojik Tıkanma İndisine İlişkin Bulgular	235
4.2.7.2.5. Uzungöl Heyelan Set Gölünde Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular	236
4.2.7.3. Uzungöl'ün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Durum Değerlendirilmesi	238
4.2.7.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi	240
4.2.8. Karagöl (Borçka/Artvin).....	241
4.2.8.1. Genel Fiziki Coğrafya Özellikleri	241

4.2.8.2. Karagöl (Borçka/Artvin) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular.....	251
4.2.8.2.1. Karagöl Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular	251
4.2.8.2.2. Karagöl Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular.....	253
4.2.8.2.3. Karagöl Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular	254
4.2.8.2.4. Karagöl Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları.....	256
4.2.8.2.5. Karagöl'ün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular.....	256
4.2.8.3. Karagöl'ün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Değerlendirmesi	258
4.2.8.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi	260
SONUÇ	262
KAYNAKÇA	286
ÖZGEÇMİŞ	313

KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
HGM	: Harita Genel Müdürlüğü
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Paneli
İHA	: İnsansız Hava Aracı
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
QGIS	: Kuantum Coğrafi Bilgi Sistemleri
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UA	: Uzaktan Algılama
vd.,	: ve diğerleri

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Çalışmada kullanılan verilere ilişkin temel bilgiler	77
Tablo 2. Çalışmada kullanılan indisler.....	83
Tablo 3. Blokaj İndisine göre heyelan set göllerinin sınıflandırılması (Stefanelli vd., 2016).....	116
Tablo 4. Hapsolmuş (tutulmuş) su indisine göre heyelan set gölünün sınıflandırılması (Korup, 2004).....	117
Tablo 5. Boyutsuz Blokaj İndisine göre heyelan set gölünün sınıflandırılması (Ermini ve Casagli, 2002; Stefanelli vd., 2016)	119
Tablo 6. Morfolojik tıkanma indisine göre heyelan set gölünün sınıflandırılması (Stefanelli vd., 2016).....	120
Tablo 7. Hidromorfolojik set gölü süreklilik indisine göre heyelan set gölünün sınıflandırılması (Stefanelli vd., 2016).....	123
Tablo 8. Heyelan set göllerinin parametreler, indisler, tetikleyici unsurlar ve heyelan tipi özelinde gösterimi.	263

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Heyelan set göllerinin İtalya örneğine göre tetikleyici unsurları (Stafenelli vd., 2015).....	3
Şekil 2. Araştırma konusu olan heyelan set göllerinin lokasyonu	6
Şekil 3. Dünyada heyelan set göllerinin dağılımı (Peng ve Zhang, 2012).....	8
Şekil 4. Dünyada heyelan set göllerinin heyelan türüne göre dağılımı (Peng ve Zhang, 2012).....	10
Şekil 5. Başarısız olan heyelan set göllerinin 204 vaka uygulamasında yaşam süresi (Peng ve Zhang 2012'den düzenlenerek).....	11
Şekil 6. Heyelan set göllerinin (144 vaka) ve yapay göllerin başarısız olma durumlarının karşılaştırılması (Peng ve Zhang, 2012'den düzenlenerek.)	12
Şekil 7. Çalışmanın etkileşimli akış süreçleri.	14
Şekil 8. Bir heyelanda yaygın olarak kullanılan parametreler. Bu çizim bir toprak akışına dönüşen rotasyonel heyelanı göstermektedir (Varnes, 1978; Highland ve Bobrowsky, 2018'den yeniden düzenlenerek).	19
Şekil 9. a. Kaya düşmesi şeklindeki heyelan tipi. b. Devrilme şeklindeki heyelan tipi (Highland ve Bobrowsky, 2018).	22
Şekil 10. a. Rotasyonel kayma şeklindeki heyelan tipi. b. Düzlemsel (translasyonel) kayma şeklindeki heyelan tipi.	24
Şekil 11. Yanal yayılma şeklindeki heyelan tipi (Highland ve Bobrowsky, 2018).	25
Şekil 12. Akma şeklindeki heyelanlar. a. Moloz akışı şeklindeki heyelan tipi. b. Moloz çıkışı şeklindeki heyelan tipi. c. Toprak kayması (Earthflow) şeklindeki heyelan tipi (Highland ve Bobrowsky, 2018). d. Sürünme (krip) şeklindeki heyelan tipi (Özdemir, 2016).....	26
Şekil 13. Volkanik moloz akışı şeklindeki kütle hareketleri (Kaynak: https://www.ecologiaverde.com/lahar-que-es-y-como-se-forma-3639.html Son erişim: 16.12.2023).....	30
Şekil 14. Heyelan set göllerinin oluşum şekillerine göre sınıflandırılması a) Vadi tabanını kapatmayan heyelan gerisinde. b) Vadi tabanını kapatan heyelan gerisinde. c) Vadi ve vadi kollarının tıkanması ile heyelan gerisinde. d) İki yamaçtan gelen kütlenin gerisinde. e) Heyelanın farklı topuk noktalarında birden fazla tıkanma eksenini gerisinde. f) Aşınım yüzeyi gerisinde oluşan heyelan set gölleri (Costa ve Schuster, 1988; Yayla vd., 2021).....	36

Şekil 15. Heyelan set göllerinin bozulma durumları (Zhang vd., 2016'den düzenlenerek)	41
Şekil 16. Pix4DCapture Uygulamasının arayüzü. Burada ilgili arazide yapılan çalışmalarda uçuş parametreleri ifade edilmektedir (Kaynak: https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture/).....	76
Şekil 17. Çalışma süreci içerisinde kullanılan araçlar a) İnsansız Hava Aracı, DJI Mavic Pro 2 ve teknik özelliklerle özellikleri. b) Lazermetre Distro D510 ve teknik özellikleri...	77
Şekil 18. Pix4DMapper uygulaması kapsamında çalışma alanlarından Zinav Gölü ve heyelanının 3 boyutlu modellemesi.....	79
Şekil 19. Türkiye ve çevre alanlarının ana tektonik hatlarını ve kıtasal bloklarını gösteren harita (Okan ve Tüysüz, 1999)	97
Şekil 20. Orta Kretase türbiditlerinin ve Jura-Kretase yitim-yığışım komplekslerinin Orta Pontidler'deki dağılımını gösteren Karadeniz bölgesinin tektonik haritası (Okay ve Nikishin 2015'ten değiştirilerek). CPS; Orta Pontidler Süperkarmaşığı.	99
Şekil 21. Karadeniz Bölgesi'nin iklim özelliklerini yansıtan ve çalışma alanlarındaki Bolu, Amasya, Tokat, Ordu, Trabzon ve Artvin illerine ait aylık sıcaklık ve yağış grafikleri (1991-2020), (MGM,2023).	103
Şekil 22. Sülüklü Gölü lokasyon ve topoğrafya haritası.	107
Şekil 23. Sülüklü Gölü ve yakın çevresinin hidrografi haritası.....	108
Şekil 24. Sülüklü Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Gedik ve Aksay, 2002'den faydalanılarak yapılmıştır).	110
Şekil 25. Sülüklü Gölü ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık (°C) haritası (1970-2000 yılları arası, Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).	111
Şekil 26. Sülüklü Gölü ve yakın çevresinin toplam yağış (mm) haritası (1970-2000 yılları arası, Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).	112
Şekil 27. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi.	115
Şekil 28. Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisinde kullanılan batimetri noktalarının ve batimetri değerlerinin harita üzerinde gösterimi.	117
Şekil 29. Boyutsuz Blokaj İndisinde set yüksekliğinin görünümü (HGM Küre).	119
Şekil 30. Sülüklü Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası.	122
Şekil 31. Sülüklü Gölü'nün 1950, 1966, 1972, 1984, 2011, 2020 yıllarına ait kıyı kenar çizgisi ve göl aynasının alansal değişimi.	125
Şekil 32. Sünnet Gölü lokasyon ve topoğrafya haritası	128

Şekil 33. Sünnet Gölü'nün batimetri haritası.	130
Şekil 34. Sünnet Gölü ve yakın çevresinin hidrografi haritası	131
Şekil 35. Sünnet Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Gedik ve Aksay, 2002'den faydalanılarak yapılmıştır)	132
Şekil 36. Sünnet Gölü ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık haritası (1970-2000 yılı, Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).	133
Şekil 37. Sünnet Gölü ve yakın çevresinin toplam yağış (mm) haritası (1970-2000 yılı, Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).	134
Şekil 38. Blokaj İndisinin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi.	136
Şekil 39. Boyutsuz Blokaj İndisinde set yüksekliğinin görünümü (HGM Küre)	138
Şekil 40. Sünnet Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası.	140
Şekil 41. Sünnet Gölü'nün 1972,1998, 2011, 2020 yıllarına ait kıyı kenar çizgisi ve göl aynasının alansal değişimi.	142
Şekil 42. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası	144
Şekil 43. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin hidrografi haritası.	145
Şekil 44. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Aktimur vd.,1990'dan faydalanılarak yapılmıştır).	147
Şekil 45. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık haritası (1970-2000) (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).	148
Şekil 46. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin toplam yağış haritası (1970-2000) (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).	149
Şekil 47. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi.	151
Şekil 48. Boraboy Gölü'nün batimetri haritası.	152
Şekil 49. Boyutsuz Blokaj İndisinde set yüksekliğinin görünümü (Veri İHA görüntülerinden üretilmiştir).	154
Şekil 50. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası.	156
Şekil 51. Boraboy Gölü'nün 1953, 1966, 1973, 2015 yıllarına ait kıyı kenar çizgisi ve göl aynasının alansal değişimi.	158
Şekil 52. Zinav Gölü ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası	161
Şekil 53. Zinav Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Sümengen, 2013'ten faydalanılarak yapılmıştır).	162
Şekil 54. Zinav Gölü ve yakın çevresinin hidrografi haritası.	163
Şekil 55. Zinav Gölü ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık haritası.	165

Şekil 56. Zinav Gölü ve yakın çevresinin yağış haritası.	167
Şekil 57. Zinav Gölü'nde Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi.	169
Şekil 58. Zinav Gölü batimetri haritası.	171
Şekil 59. Zinav Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası	175
Şekil 60. Farklı tarihlerde (1958, 1962, 1972, 1990) heyelan set gölünün, setin devamında meydana gelen set göllerinin zaman içerisinde ortadan kaybolması ve topoğrafyanın değişimi.	180
Şekil 61. Zinav heyelan set gölünde zaman aralıklı uydu fotoğrafları üzerinde Zinav Gölü'nün kıyı kenar çizgilerinin değişimi ve 1958 yılından 2020'ye gölde biriken Zinav Deltası'nın alanı.	182
Şekil 62. Gaga Gölü ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası.....	184
Şekil 63. Gaga Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası.	185
Şekil 64. Gaga Gölü ve yakın çevresinin hidroğrafya haritası.....	187
Şekil 65. Gaga Gölü'nün batimetri haritası.....	188
Şekil 66. Gaga Gölü ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).	189
Şekil 67. Gaga Gölü ve yakın çevresinin toplam yağış haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).	190
Şekil 68. Gaga Gölü ve yakın çevresinin İHA ile 3 boyutlu modellemesi.....	195
Şekil 69. Gaga Gölü ve yakın çevresinin farklı zaman aralıklarındaki değişimi. Kara yolunun 1984 yılı öncesi gölün hemen kuzeyinden yapılması araç trafiği ve ağırlıktan ötürü Gaga Gölü'ne doğru kriş ve yanıl yayılmaları tetiklemiştir.	196
Şekil 70. Gaga Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası	198
Şekil 71. Sera Gölü ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası	200
Şekil 72. Sera Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası.....	201
Şekil 73. Sera Gölü ve yakın çevresinin hidroğrafya haritası	202
Şekil 74. Sera Gölü batimetri haritası.	203
Şekil 75. Sera Gölü ve yakın çevresinin sıcaklık haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).....	204
Şekil 76. Sera Gölü ve yakın çevresinin yağış haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).....	205
Şekil 77. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi.....	207

Şekil 78. a) İHA verisi ile üretilen 3B nokta bulutu modelinde alanın gösterimi. b) İHA fotoğrafı ile alanın gösterimi.	211
Şekil 79. Sera Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası.....	213
Şekil 80. Sera Gölü'nün 1955,1973,2015,2019 yıllarına ait kıyı kenar çizgisi ve alansal değişimi	217
Şekil 81. Sera Gölü'nün HGM tarafından elde edilen ortofotolarında (2015-2019) sediman hareketinin durumu.	218
Şekil 82. Uzungöl ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası	222
Şekil 83. Uzungöl ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Güven,1998'den faydalanılarak çizilmiştir).	224
Şekil 84. Uzungöl'ün batimetri haritası	225
Şekil 85. Uzungöl ve yakın çevresinin hidrografya haritası	227
Şekil 86. Uzungöl ve yakın çevresinin sıcaklık haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den yeniden faydalanılarak çizilmiştir.)	228
Şekil 87. Uzungöl ve yakın çevresinin sıcaklık haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den yeniden faydalanılarak çizilmiştir.)	230
Şekil 88. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi.....	232
Şekil 89. Uzungöl ve yakın çevresinin eğim haritası.	237
Şekil 90. Uzungöl üzerinde özellikle 3. ve 4. kot seviyeleri olan 1158 ve 1171 m seviyelerindeki sediman durdurma setleri. Her iki fotoğrafta da farklı sediman birikimi olduğu görülmektedir.	239
Şekil 91. Karagöl ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası	242
Şekil 92. Karagöl ve yakın çevresinin batimetri haritası.	243
Şekil 93. Karagöl ve yakın çevresinin hidrografya haritası	244
Şekil 94. Karagöl ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Keskin, 2013'ten faydalanarak çizilmiştir).	246
Şekil 95. Karagöl ve yakın çevresinin sıcaklık haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den düzenlenerek yeniden çizilmiştir).	248
Şekil 96. Karagöl ve yakın çevresinin yağış haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den düzenlenerek yeniden çizilmiştir).	249
Şekil 97. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi.....	252
Şekil 98. Boyutsuz Blokaj İndisinde set yüksekliğinin görünümü (HGM Küre)	255
Şekil 99. Karagöl ve yakın çevresinin eğim haritası	257

Şekil 100. Karagöl ve yakın çevresindeki sediman taşınımı ve kütle hareketlerini gösterir ortofotolar.....	260
---	-----



FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 1. Heyelan set göllerinin dolu savak inşa edilmesiyle göller kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. a) Boraboy, b) Uzungöl, c) Sera Gölü.....	38
Fotoğraf 2. Tez konusu kapsamında belirlenen göllerde soldan sağa sırasıyla (Sera, Zinav, Karagöl) göl yüzeyinde batimetri ölçümü yapılmıştır	74
Fotoğraf 3. İHA ile veri toplama işlemleri (DJI Mavic 2 Pro İHA ile Ortofoto ve nokta bulutu üretmek üzere uçuşlar yapılmıştır).....	75
Fotoğraf 4. Sülüklü Göl'ün kabul havzası içerisindeki Soğuksu pınarı kaynağında kamp alanı ve etrafındaki Şimşir (<i>Buxus sempervirens</i>) ağaçlarının küçük bir görünümü..	113
Fotoğraf 5. Sülüklü Gölü ve heyelanın genel görünümü.	124
Fotoğraf 6. Doğa Koruma ve Milli Parklar tarafından hazırlanan Sünnet Gölü bilgilendirme tabelası.	129
Fotoğraf 7. Sünnet Gölü kenarındaki Mavi Ladinler (<i>Picea pungens</i>) ve etrafında yoğun olarak Karaçamlar (<i>Pinus nigra</i>)'ın bir bölümü.....	135
Fotoğraf 8. Boraboy gölüne gelen Çatağın deresi üzerindeki setleme ve sedimanı tutma çalışmalarından örnekler, a) 1075 m rakımdaki setin durumu ve b) 1129 m rakımdaki setin durumu.	157
Fotoğraf 9. Boraboy heyelan set gölünden ve heyelan sahasından genel görünümeler	159
Fotoğraf 10. Zinav Gölü'nün doğusunda Bereketli üyesi (Krb) formasyonu üzerinde gerilme çatlakları ve meşe (<i>Quercus</i>) bitki örtüsünden görünümeler.	164
Fotoğraf 11. Zinav Gölü kenarında Doğa Koruma ve Milli Parklar tarafından inşa edilen rekreasyon alanı ve işletmeler.	166
Fotoğraf 12. Zinav Gölü'nün kuşbakışı görünümü; Fotoğrafta gölü çevreleyen bitki örtüsünün genel bir görünümü yer almaktadır. Alanda yoğun olarak (<i>Quercus</i>) ve sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i>), vadi yatağında ve gölün kıyı çizgisi kenarlarındaki alüvyon alanlarda söğüt (<i>Salix</i>) ve kavak (<i>Populus</i>) ağaçları yer almaktadır.	168
Fotoğraf 13. Zinav Gölü ve heyelan setinin yüksekliği	173
Fotoğraf 14. Zinav heyelan set gölünün set kütlesi üzerinde yapılan beşerî müdahaleler. Heyelan üzerindeki aktüel hareketler ve rotasyonel kayma'nın gösterimi.	178
Fotoğraf 15. Heyelan setinde meydana gelen farklı kütle hareketleri üzerinde gelişen gölün HGM ortofotolarına göre durumu (2020) ve İHA görüntüsü (2022).	179

Fotoğraf 16. Gaga Gölünü oluşturan heyelan kütlesi, Gaga Gölü ve Bolaman Çayının görünümü.	192
Fotoğraf 17. Gaga Gölünü oluşturan heyelan kütlesinin Bolaman Çayı üzerinde oluşturduğu eski göl yatağında akarsuyun aşındırma gücü.	193
Fotoğraf 18. a) Gaga Gölü’nden sızan suların Bolaman Çayı vadisi içerisinde regolit birimler arasından çıkışı. b) Gaga Gölü ayağının battığı en düşük 70 m kot alanı. c) Heyelan kütlesindeki tabaka durumu, en altta parçalanmış regolit birimler, üstte farklı zamanlarda kütle hareketiyle tabaka arasına giren turbalı formasyon.	194
Fotoğraf 19. a) Gaga Gölü’nün kuzeyindeki Fatsa – Aybastı karayolunda krip ve yanal yayılma etkisi ile yol kenarı koruyucu bariyerlerde eğilme. b - c) Yol üzerinde krip ve yanal yayılma sonucu deformasyonlar ve asfalt tamiri. d) Kütle hareketinin ağaçlar üzerindeki etkisi	197
Fotoğraf 20. a) Sera Gölü’nden gölün batısında Yeşil T. (443 m) üzerinde Sera Oteli, b) Göl’deki turizm faaliyetleri ve kopan kütlenin taş noktası, c) Sera Gölü turizm tesisleri, restuarant ve turizm faaliyetlerinin görünümü.	215
Fotoğraf 21. Yıldızlı Deresi Sera Gölü’ne ulaşmadan önce farklı kot seviyelerinde setlenmiş ve sediman buralarda tutulmaya çalışılmıştır. Bu set her yıl düzenli olarak temizlenip boşaltılmaktadır.	216
Fotoğraf 22. Sera Gölü’nü oluşturan heyelan kütlesi üzerinde vadi içerisine doğru gelişmiş kütle hareketleri ve kütle üzerinde tehdit altındaki meskenler.	219
Fotoğraf 23. Sera Gölü’nü oluşturan heyelan kütlesi üzerinde kaya düşme potansiyeline sahip alanlar ve heyelan taş noktası üzerinde yeni heyelan gelişmesi durumunda etkilenmesi olası otel ve yerleşme alanları.	220
Fotoğraf 24. Sera Gölü ve yakın çevresinin genel görünümü.	221
Fotoğraf 25. Uzungöl’e gelen Demirkapı Deresinin taşıdığı alüvyonları durdurmak için yapılan setler, derin vadiler ve yaygın bitki örtüsü.	226
Fotoğraf 26. Karastel Yaylısının yüksek rakımlı alanlarında temmuz ayı içerisinde kuzeybakı yamaçlarda ve vadi içlerinde kar görünümü.	229
Fotoğraf 27. Heyelan setinin yüksekliği.	235
Fotoğraf 28. Uzungöl’e gelen Demirkapı Deresi üzerindeki setleme ve sedimanı tutma çalışmalarından örnekler	238
Fotoğraf 29. Uzungöl’ü oluşturan heyelan seti üzerinde şev yenilmesine duyarlı alanlar ve heyelan risk durumu.	240

Fotoğraf 30. Karagöl içerisindeki heyelan sonra su içerisinde kalmış ağaç kütükleri	245
Fotoğraf 31. Karagöl ve yakın çevresindeki karışık (iğne ve geniş yapraklı) bitki örtüsünden görüntüler	250
Fotoğraf 32. Karagöl'e gelen Heba Deresi üzerinde setleme çalışmaları, gelen malzeme seti hızlıca doldurmaktadır	259



GİRİŞ

Göller, dünyanın farklı alanlarında bulunan ve suyun toplandığı doğal havza alanları olarak ifade edilebilmektedir. Esasen göller kendine has bulundukları ortamın topoğrafik özelliklerine göre geçici ya da duruma göre daimî kaide alanları olarak da karşımıza çıkmaktadır. Göller ve akarsular jeomorfolojide birbirleriyle ilişkili oluşumlardır. Bununla ilgili olarak yüksek dağlık topoğrafyalar akarsular tarafından parçalanarak derin ve dar vadiler meydana getirmektedir. Akarsuların aşındırma faaliyetleri, jeolojik süreçler, atmosfer kaynaklı olaylar ya da beşerî unsurların etkisiyle derin ve dar vadilerde meydana gelen kütle hareketleri vadi yataklarında akarsuların akış yönünü tıkamaktadır. Akarsuların akış yönünde, vadi tabanlarının tıkandığı alanların gerisinde doğal bir jeomorfolojik süreç olarak meydana gelebilen göller de jeomorfoloji literatüründe göller içerisinde heyelan set gölü olarak sınıflandırılmaktadır. Oluşan bu heyelan set gölleri bazı bölgelerde insanlar için tehditler oluşturabilmektedir (Costa ve Schuster, 1988; Ermini ve Casagli, 2003; Fan vd., 2012a; Hermanns vd., 2011; Hewitt, 1982; Korup, 2004; Korup ve Tweed, 2007; Stefanelli vd., 2016; Swanson vd., 1986, Yayla vd., 2021). Dünya çapında, set göllerinin oluşumları sadece flüvyal süreçlerden etkilenen heyelanlar sonucunda değil farklı şekillerde de oluşur. Örneğin; moren setler (Mason, 1929), volkanik set gölleri ve fay kırılmaları ile denüdayon süreçleri gibi çeşitli doğal faktörler (Shroder Jr, 1998) nedeniyle de heyelan set gölleri meydana gelir. Bu süreçler, farklı karakteristiklere sahip set göllerinin oluşmasına ve potansiyel riskler oluşturmaya neden olur.

Göllerin bu risk oluşturma durumlarının yanı sıra beşerî boyutta insanlar bu göllerden farklı alanlarda istifade etmektedirler.

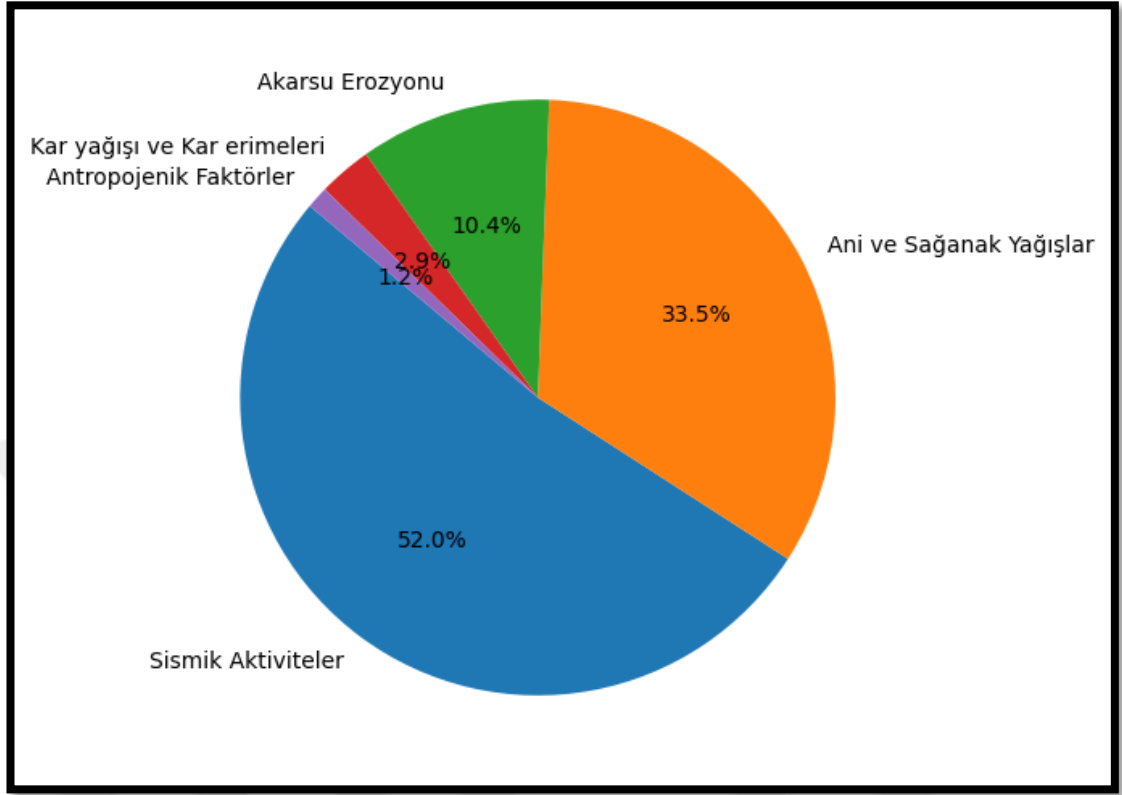
Göller insanların turizm ve rekreasyon alanları olarak kullanımının (James ve Graf, 2012) yanı sıra baraj gölleri gibi enerji üretimi de (Zhang vd., 2015) sağlamaktadır. Heyelan set gölleri olarak ifade edilen doğal göller doğal süreçler içerisinde geliştiği için büyük kütleli olan göller birtakım tehditler, riskler hatta afetleri de beraberinde getirmektedir (Davies ve Korup, 2010; Penna vd., 2013). Bu yüzden heyelan set göllerinin başarısız olup bozulma durumları araştırmacılar tarafından oldukça önemli görülmüş bir sorun olarak ortaya konulmuştur. Bir heyelan setinin

oluşum sürecinde önüne set koyduğu akarsuyun kaynaktan kaideye (membadan mansabına) kadar tüm alanları önemlidir. Zira bu bölgelerde jeoteknik ve sedimantolojik analizlerin gerçekleştirilmemiş olması, potansiyel tehditlerin ve risklerin ortaya çıkmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Yapılacak olan bu tür değerlendirmeler, gölün içerisinde yer aldığı bölgenin karşı karşıya olduğu doğal tehlikeleri anlamak ve uygun önlemleri almak için temel bir öneme sahiptir. (Fan vd., 2020).

Heyelan set göllerinin oluşum mekanizması aktifleşmiş bir kütlenin hareketi ile bir akarsuyun yatağının engellenme veya tıkanma ilişkisinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Hermans vd., 2011). Heyelanların meydana geldiği bölgelerde, kütlenin hareketini etkileyen ve heyelanın tetiklenmesine yol açan çeşitli parametreler bulunmaktadır. Bu parametrelerden bazıları; ani ve sağanak yağışlar, akarsu erozyonu, kar yağışı ve kış sonu kar erimeleri, sismik ve tektonik hareketler ve antropojenik etkenler olarak sayılabilir. İtalya'daki heyelan vakalarına ve bunların heyelan set göllerinin oluşumuna etki eden faktörlerin incelenmesi, önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu ülkede heyelan set göllerinin yarısından fazlası (%52) sismik hareketlerin tetiklemesi ile meydana gelen heyelanlar sonucu oluşurken, üçte biri (%33,5) şiddetli ve ani yağışlar sonrası meydana gelen heyelanlar sonucunda oluşmuştur. Ayrıca bu göllerin diğer oluşum nedenleri arasında, akarsu erozyonunun (%10,4) ve kar yağışı ve kar erimelerinin (%2,9) yanı sıra, antropojenik kaynaklı faaliyetlerin (%1,2) de etkili olduğu görülmektedir. Bu bulgular, aynı zamanda heyelan set göllerinin oluşumunda doğal ve insan etkilerinin karmaşık etkileşimini vurgulamaları açısından örnek oluşturmakta yani heyelan set gölleri tek bir parametreye bağlı olarak oluşmamaktadır (Stefanelli vd., 2015) (Şekil 1).

Yapılan araştırmalara göre, depremler ve ani sağanak şeklinde gerçekleşen yağışlar, heyelan set göllerinin meydana gelmesinde başlıca etkenler arasında yer almaktadır (Costa ve Schuster, 1988; Huang, 2009). Ayrıca, dünya çapında yapılan incelemeler, tektonik hareketlerin heyelan olaylarının tetiklenmesinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Özellikle güçlü tektonik aktivitenin hâkim olduğu alanlarda, vadi oluşum hızının yüksekliği ve zayıf kaya yapılarının varlığı, bu tür heyelanların ana nedenleri arasında sıralanmaktadır. Bu bulgular yapılan çalışmalarla da desteklenmiştir (Dai vd., 2005; Huang, 2009; Zhang vd., 2011;2016; Zhang ve

McSaveney, 2017). Bu çalışmalar, heyelan set göllerinin oluşum süreçlerini anlamada önemli bilgi ve referanslar sunmaktadır.



Şekil 1. Heyelan set göllerinin İtalya örneğine göre tetikleyici unsurları (Stafenelli vd., 2015)

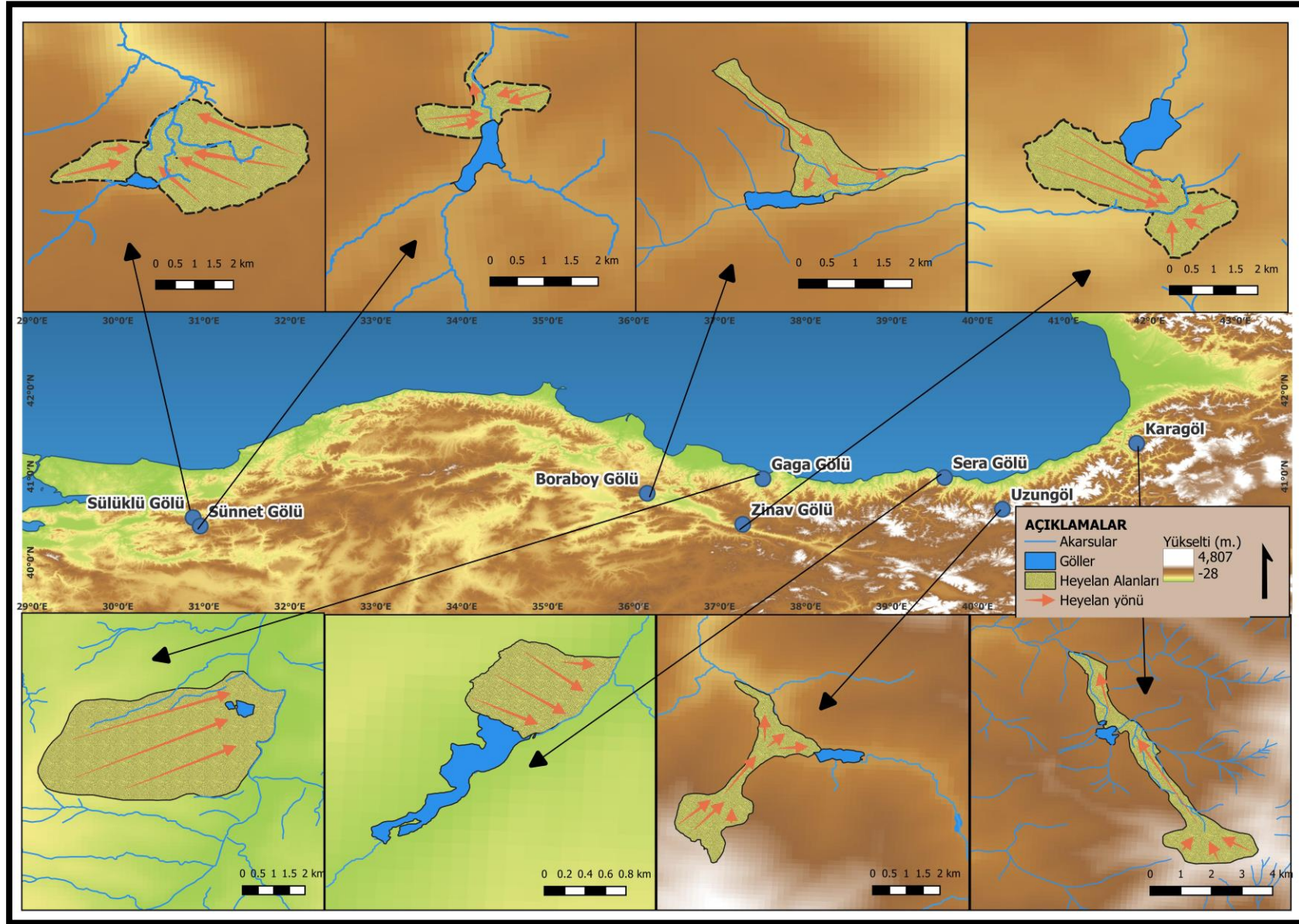
Heyelan set göllerini sınıflandırmada bu gölleri oluşturan faktörler sıklıkla kullanılmaktadır ve heyelan set gölleri oluşumları bakımından birbirleri arasında oluşumlarında gerçekleşen farklılıklara bağlı olarak sınıflandırılmıştır (Costa ve Schuster, 1988; Ermini ve Casagli, 1999). Bir heyelanın gerçekleşme süresi ve kapsamı içerisinde hareket eden kütlenin eğim durumu, vadinin eğim durumu, vadinin genişliği ve hareket eden kütlenin hacmi birbirinden farklı özellik ve şekillerde heyelan set göllerini meydana getirir (Costa ve Schuster, 1988). Bu farklı oluşum mekanizmalarına bağlı olarak gerçekleşen heyelanların kaynaklarına doğru gelişen jeomorfolojik süreçlere göre birbirinden farklı göller meydana gelmiştir (Yayla vd., 2021).

Heyelan set gölleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, dünya genelinde özellikle heyelan set göllerinin gelişim ve dağılımlarını gösteren, ayrıca bu göllere ait

jeomorfolojik parametrelerine de yer verilen bir veri tabanının oluştuğu görülmektedir (Yayla vd., 2021). Ancak  lkemizde bulunan heyelan set göllerinin yer aldđđ veya  alıřıldıđđ ayrıntılı bir veri tabanı henüz oluşmamıştır. Yapılan literatür taramalarına göre, Türkiye’de heyelan set gölleri üzerine yapılan araştırmalar oldukça sınırlıdır. Bu konuda dikkate değer bir  alışma, Duman (2009) tarafından yapılmış olup, bu çalışmada Türkiye’nin en büyük heyelan set gölü olan Tortum Gölü ayrıntılarıyla incelenmiştir. Tortum Gölü  zerine yapılan çalışmanın yanı sıra, Türkiye’nin heyelan set gölleri alanında bazı önemli örnekler de yer almaktadır. Örneğin, Batı Toroslar’da bulunan Yeşil G l heyelanı, Bayraktar ve Görüm (2012) tarafından incelenmiştir. Ayrıca, yakın bir tarihte Kop (Akburak) heyelan set gölü  zerine Yayla vd., (2021) tarafından bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların dışında, Türkiye’deki heyelan set gölleri üzerine farklı disiplinlerde ve çeşitli konularda (göllerin canlı varlığı ve su kimyası vb.) yapılmış diğer araştırmalar da bulunmaktadır. Ancak yukarıda da bahsettiğimiz gibi heyelan set göllerini bir veri tabanı oluşturacak şekilde ayrıntılı ve kapsamlı olarak araştırılmadığını söylemek yanlış olmaz. Bu çalışmanın çıkış noktası bu veri tabanının oluşmasına bir temel oluşturmak, bundan sonraki çalışmalara bir başlangıç noktası olmaktır.

Bu doktora çalışmasının **birinci bölümünde** araştırmanın amacı, araştırma problemi, önemi, araştırmanın temellendirildiği kapsam ve araştırmanın sınırlılıkları ele alınmış olup bu bölümde tezin genel  er evesi çizilmiştir. ** kinci bölümde**, araştırmanın kavramsal ve kuramsal temelleri ele alınmıştır. Bu bölümde heyelan set gölleri, heyelan set göllerinin oluşumu, heyelan set göllerinin setin yenilmesi, bozulma durumları ile sürekli olup varlığını sürdürme potansiyellerine ilişkin bilgiler verilmektedir. Ayrıca bu bölümde araştırmanın kavramsal ve kuramsal  er evesi içerisinde araştırma konusu ile ilgili ulusal ve uluslararası literatür bilgisi sunulmaktadır. Heyelan set göllerine ilişkin araştırma sahası olarak belirlenen sınırlar içerisinde g llerle ilgili farklı çalışmalar incelenmiş olup bilgiler verilmiştir. **   nc  bölümde** araştırmanın metodolojisi, materyali, arazi çalışmaları, verilerin toplanması, verilerin tasnif edilmesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve heyelan set gölleri s rekli  indisleri hakkında bilgiler sunulmaktadır. **Dördüncü bölümde** araştırma sahasının genel coğrafi özellikleri ele alınarak sahaların jeolojisi, jeomorfolojisi, iklimi, bitki örtüsü ve heyelan-insan ilişkisi hakkında bilgilere yer verilmiştir. Ayrıca

bu bölümde araştırma sahasında uygulanan indislerin sonucunda göllerin sürekli olma veya bozulma durumları ile ilgili olarak elde edilen bulgular hakkında bilgiler sunulmuştur. **Beşinci bölümde**, bir sonuç ve değerlendirme yapılmış, ayrıca söz konusu araştırmada ortaya çıkan çeşitli bulgulara dair tartışmalarda bu bölüm içerisinde yer bulmuştur. Bu bölümde risk ve tehdit oluşturan alanlara yönelik olarak ilgililere çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Elde edilen verilerin, ilgili alanlarda uygulanabilir ve pratik çözümler üretmek için nasıl kullanılabileceği hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bölümde, heyelan set gölü alanlarında risklerin azaltılması ve risklerin yönetimiyle ilgili öneri ve sonuçlar da yer almaktadır. Çalışmaya konu olan heyelan set gölleri Türkiye'nin batısından doğusunda kadar geniş bir alanda havza bazlı çalışılarak yukarıda bahsedilen değerlendirmeler yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırma konusu olan heyelan set göllerinin lokasyonu

1. BÖLÜM

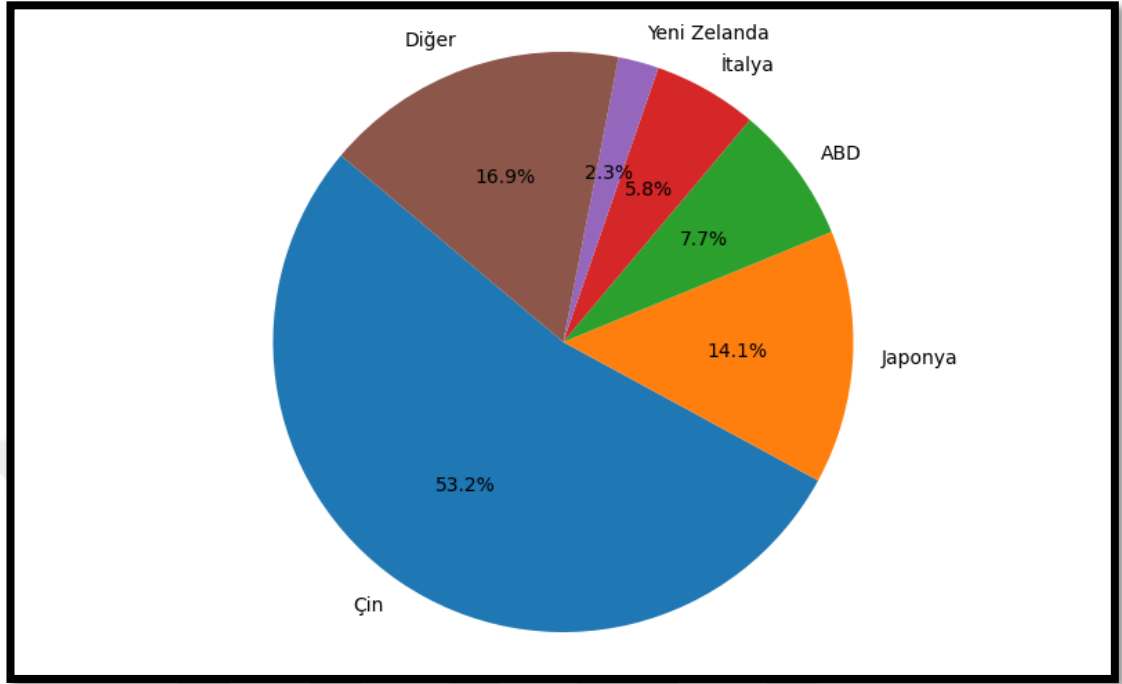
ARAŞTIRMANIN GENEL ÇERÇEVESİ

1.1. Araştırmanın Problemi, Amacı ve Önemi

Heyelan set gölleri dünyanın birçok ülkesinde oluşabilmekte olup limnolojik ve jeomorfolojik araştırmalar içerisinde kendilerine has farklı özellikleri ile dikkat çekmektedir. Bu yüzden dünyada akademik literatür içerisinde heyelan set göllerine ilişkin yapılmış birçok çalışma mevcuttur (Canuti vd., 1998; Casagli ve Ermini, 1999; Costa ve Schuster, 1991; Cui vd., 2009; Cui vd., 2021; Dai vd., 2005; Dong vd., 2011; Ermini ve Casagli, 2002, 2003; Evans vd., 2011; Fan vd., 2012; 2017; 2018; 2020; 2021; Hewit, 1982; Hewit ve Liu, 2010; Korup, 2002; 2004; Shan vd., 2020; Shen vd., 2020; Stefanelli, 2014; Stefanelli vd., 2015; 2016; 2018; Swanson vd., 1986; Wang vd., 2022). Ayrıca çok sayıda bilimsel araştırma sadece heyelan set göllerini değil dünya genelinde heyelan set göllerinin oluşumları ile yol açtığı önemli tehlikeleri de ele alarak incelemiştir (Chen vd., 2004; Iverson, 1997; Wang vd., 2022). Yapılan araştırmalar, setin yenilmesi ile heyelan set gölündeki suyun boşalarak kabul havzası içerisinde oluşturabileceği risklerle ilişkili sonuçları hafifletmek için etkili stratejilerin uygulanmasına yönelik dikkat çekmekte ve oluşabilecek afeti engellemeye çalışmaktadır. Kapsamlı önleyici tedbirlerin benimsenmesinin gerekliliğine dikkat çekmekte ve karar vericilerin bu hususları önemsemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu durum, doğal afetlerden kaynaklanabilecek olumsuz etkileri azaltmak için büyük öneme sahiptir (Peng ve Zhang, 2012).

Dünyada yapılan farklı heyelan set gölü çalışmalarında heyelan set göllerinin veri tabanları ve envanterleri oluşturularak bu parametreler üzerinden risk değerlendirmeleri yapılmıştır. Dünyanın farklı bölgelerinde 1239 heyelan set gölü vakası üzerinde bir derleme çalışması yapılmıştır (Peng ve Zhang, 2012). Ayrıca yapılan bu çalışmada özellikle 52 heyelan set gölü vakası içinde setin bozulma ve ihlal durumları hakkında ayrıntı ve detayları ile ilgili önemli bilgiler verilmiştir. Heyelan set göllerinin ülkelere göre dağılımları incelendiğinde, oluşan bu vakaların %53,2'si (659) Çin'de, %14,1'i (175) Japonya'da, %7,7'si (95) ABD'de, %5,8'i (72) İtalya'da,

%2,3'ü (28) Yeni Zelanda'da ve %16,9'u (210) dünyanın diğer farklı ülkelerinde gerçekleştiği görülmektedir (Peng ve Zhang, 2012) (Şekil 3).



Şekil 3. Dünyada heyelan set göllerinin dağılımı (Peng ve Zhang, 2012)

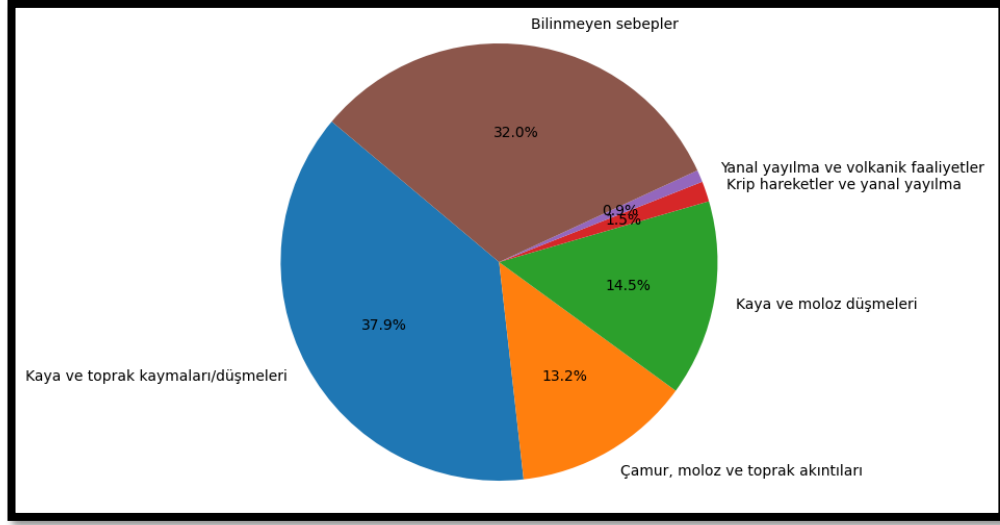
Heyelan set gölleri heyelan şartlarını da sağlayan dar ve derin akarsu vadilerinde eğim değerinin yüksek olduğu alanlarda sıklıkla karşılaşılan jeomorfolojik birimlerdir. Güneybatı Çin, Kuzey Amerika'nın batısı, İtalya, Japonya, Yeni Zelanda ülkelerinde çok miktarda heyelan oluşmasına ortam hazırlayacak alanlardaki akarsular üzerinde heyelan set göllerinin oluşumuna yönelik şartlar olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Costa ve Schuster, 1988;1991; Korup, 2002).

Heyelan set göllerinin oluşum süreçlerinde bu göllerin ve heyelanların yaklaşık (%82)'si yağış, kar erimeleri, depremler tarafından tetiklendiği ortaya konulmuştur. Bu skor değer içerisinde yağışların etki ölçüsü diğer bütün parametrelerin üzerindedir. Dünyada heyelan set göllerinin oluşumunda (%42) yağış ve kar erimeleri en olası etkenler olarak karşımıza çıkmaktadır (Peng ve Zhang, 2012).

Heyelan set göllerinin oluşumunda ikinci önemli diğer bir etken sismik hareketlerdir. Depremlerin etkisiyle meydana gelen heyelan set gölleri, özellikle yapılan çalışmalara göre, sismik hareketlerin olduğu bölgelerde sıkça görülmektedir.

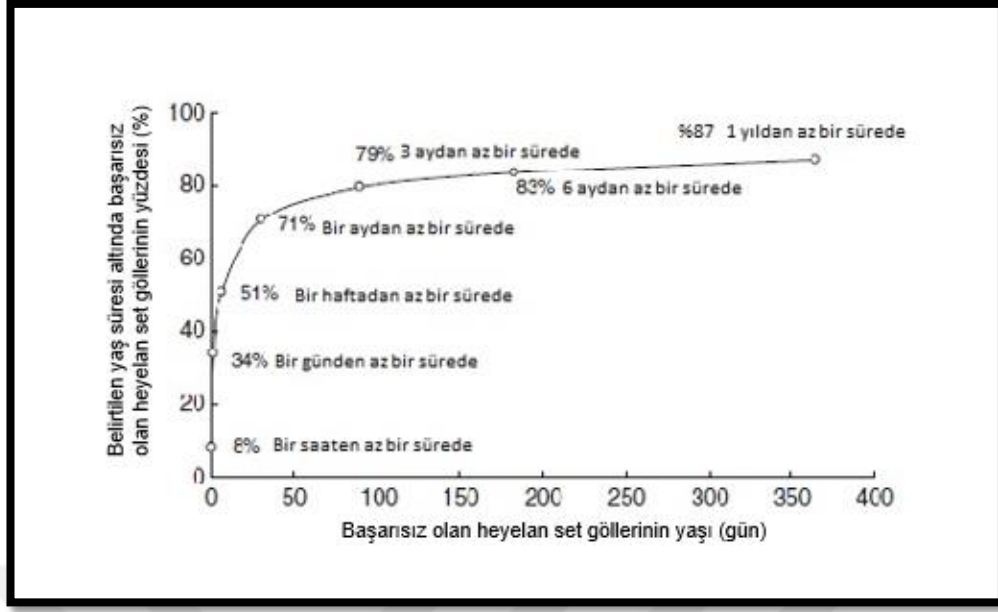
Bu göllerin %40'ı, depremler sonucunda meydana gelen heyelanlarla oluşmuştur ki bu oldukça yüksek bir orandır (Peng ve Zhang, 2012). Örneğin, 2008'de Çin'deki Wenchuan depremi sonrasında bu sahada sismik aktivitenin sonucunda birçok heyelan set gölü vakası oluşmuştur. Depremlerin etkisiyle meydana gelen heyelan set göllerinin Çin'de oluşan heyelan set gölleri arasındaki oranı %20 olarak hesaplanmıştır (Peng ve Zhang, 2012). Ayrıca, 2008 yılında gerçekleşmiş olan Wenchuan depremi hiposantr çevresinde oluşan pek çok heyelan set gölü üzerine araştırma yapılabilmesi için büyük bir fırsat sunmuştur. (Fan, vd., 2012a; Fan, vd., 2012b; Wang, vd., 2022; Xu, vd., 2009; Zhou vd., 2013;).

Vadi içi heyelan setleri genel olarak heyelan terminolojisinde kaymalar, akmalar, düşmeler ve kaya çığları gibi kütle hareketleri neticesinde meydana gelmektedir (Costa ve Schuster, 1988). Peng ve Zhang (2012) tarafından dünyadaki heyelan set göllerinin dağılımının araştırıldığı çalışmada, 1239 heyelan seti oluşum vakası incelenmiştir. İncelenen vakaların 469'u (%37,9), kaya ve toprak kaymaları veya düşmeleri sonucu oluşmuştur. Bunun yanı sıra, 164 heyelan set gölü vakası (%13,2), çamur, moloz ve toprak akıntılarının etkisiyle meydana gelmiştir. Ayrıca, 180 vaka (%14,5) kaya ve moloz düşmeleri sonucunda gelişen heyelan set göllerinden oluşmaktadır. Krip (yavaş akma) hareketler veya yanal yayılma süreçleri ile oluşan heyelan set gölleri vakası 19 (%1,5)'dur. Yanal yayılma ve volkanik faaliyetler sonucu gelişen 11 (%0,9) vaka da heyelan set gölleri oluşturmuştur. Bütün bunların dışında araştırmacıların halen oluşum nedenini tam anlamıyla tespit edemedikleri 396 (%32) adet heyelan set göllerinin varlığı da dikkat çekmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Dünyada heyelan set göllerinin heyelan türüne göre dağılımı (Peng ve Zhang, 2012).

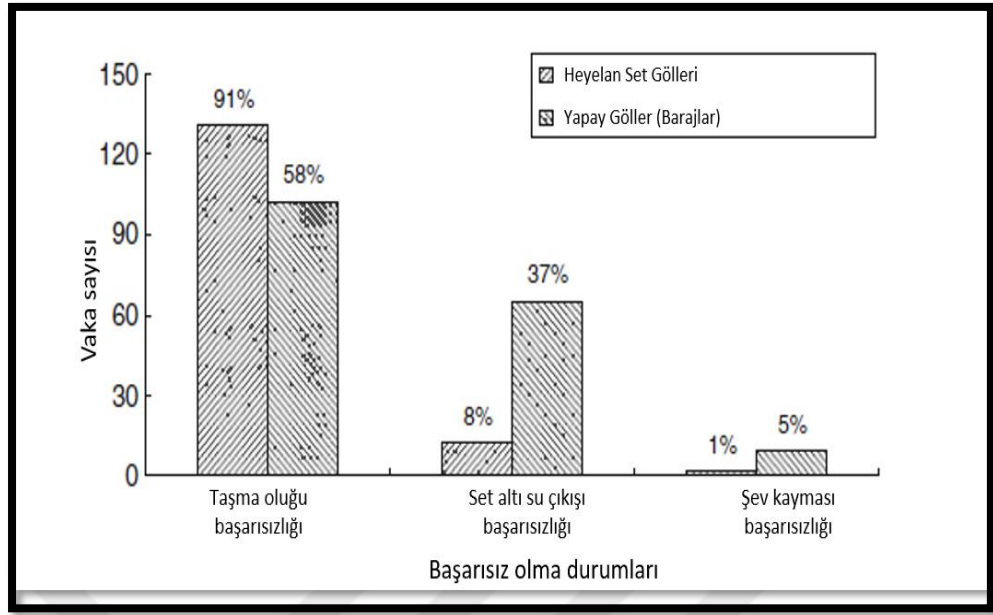
Heyelan set gölleri, göllerin jeomorfometrik parametrelerine (hacim, boyut, geometri, seti oluşturan malzemenin boyutu ve türü, setin tıkanma durumu, tıkanmanın ardından sızdırma oranı, yeni gölde biriken sedıman miktarı gibi) bağılı olarak, oluşumlarından birkaç dakika sonra bozulabildiğı gibi binlerce yıl boyunca da varlığını sürdürebilmektedir (Costa ve Schuster, 1988). Heyelan set gölleri ile ilgili olarak veri tabanı oluşturulan ilk çalışmada (Costa ve Schuster, 1988) heyelan set göllerinin ömürlerinden ya da sürdürülebilir olma durumlarından bahsedilmektedir. Yapılan çalışmalar 204 heyelan seti oluşma vakalarının ömür süreleri 6 dakika ile 20.000 yıl arasında geniş bir aralık değeri sunmaktadır. Elde olan veriler ışığında meydana gelen heyelan set göllerinin %87'si 1 yıldan az, %83'ü 6 aydan, %71'i 1 aydan, %51'i 1 haftadan, %34'ü 1 günden az varlığını sürdürmüştür (Şekil 5) (Costa ve Schuster, 1988; Peng ve Zhang, 2012, Yayla vd, 2021).



Şekil 5. Başarısız olan heyelan set göllerinin 204 vaka uygulamasında yaşam süresi (Peng ve Zhang 2012'den düzenlenerek)

Heyelan set göllerini oluşturan setin ortadan kalkması şu şekilde gerçekleşmektedir; Heyelan set göllerinde akarsuyun önünün heyelan kütlesi tarafından tıkanması sonucu, set gerisinde biriken su heyelan setinin maksimum yükseklik seviyesine ulaştıktan sonra taşma oluklarından (piping) taşarak akarsular bu esnada kaideye doğru akışını sürdürür. Bu süreç içerisinde akarsu ya kütle tabanında bulunduğu zayıf noktalardan çıkış gerçekleştirir ya da genel olarak taşma oluşu olarak nitelendiren alandan yani setin üzerinden aşarak akışını devam ettirir. Akarsuyun akışa devam ettiği alanda aşınım faktörü ile burada derine, yana ve geriye doğru aşındırma yapmaya devam eder (Erinç, 2015). Bu aşınım süreci seti oluşturan malzemenin yapısal durumuna göre farklılık göstermekle birlikte heyelan set gölünün başarısız olup bozulmasını da doğrudan etkilemektedir.

Heyelan set göllerinin başarısız olma, ya da bozulma durumları literatürde bilinen göçme ve bozulma durumlarına göre sınıflandırılmıştır (Şekil 6). 144 örnek heyelan set gölü üzerinde başarısız olup bozulma durumları %91'i (131 vaka) taşma oluşu başarısızlığı, %8'i (12 vaka) set altı su çıkışı başarısızlığı ve %1 (1 vaka) şev kayması başarısızlığı nedeniyle gerçekleşmiştir (Peng ve Zhang, 2012).



Şekil 6. Heyelan set göllerinin (144 vaka) ve yapay göllerin başarısız olma durumlarının karşılaştırılması (Peng ve Zhang, 2012’den düzenlenerek.)

Yapay göller olan barajların bozulması ve setlerinde meydana gelen zararlar, suyun boşaltılmasına neden olan durumlar ortaya koymaktadır. Heyelan set gölleri ve barajlar benzer şekillerde, bozulma ve çökme gibi olaylara maruz kalabilmektedir. Barajların başarısızlık durumlarına gelince, taşma oluşunun başarısızlığı %58 oranında en yaygın nedenken, bunu %37 ile set altı su çıkışı başarısızlığı ve %5 ile şev kayması başarısızlığı izlemektedir (Xu ve Zhang, 2009). Dünyadaki heyelan set göllerinin genel durumu bu şekilde iken ülkemizde, kütle hareketlerinin sonucu olarak oluşan göllerin bulunduğu bilinmektedir. Ülkemizdeki bu göller de bazı durumlarda tektonik aktiviteler, karların erimesi veya ani yağışlar gibi çeşitli doğal süreçler sonucunda meydana gelmiştir. Yurdumuzun birçok bölgesinde örnekleri olmakla beraber özellikle Karadeniz Bölgesi’nde birbirinden farklı etken ve süreçlere bağlı olarak oluşan heyelan set gölleri vardır (Akkan ve Gürgen, 1993; Akkan vd., 1993; Beret, 1956; Doğu vd., 1994, Duman, 2009; Zeybek, 2002;).

Giriş bölümünde de bahsedildiği üzere heyelan set gölleri üzerine farklı disiplinlerde ve konularda çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Ancak ülkemizde dünyadaki gibi heyelan set göllerinin envanteri ya da veri tabanı çalışmaları yapılmamıştır.

Bu doktora tezi, Karadeniz Bölgesi'ndeki çeşitli tetikleyicilerle aktive olan ve farklı topoğrafyalarda bulunan heyelan set göllerinin gelişim süreçlerini ve oluşum aşamalarından sonra meydana gelen bozulma durumlarını anlama ve bu durumlar hakkında sonuçlar çıkarma amacı da taşımaktadır.

Bu çalışma şu temel problemlerin cevabını aramaktadır;

- Seçilen örnek çalışma sahalarında heyelan set göllerinin oluşumuna neden olan genel fiziki durumlar, jeolojik ve jeomorfolojik süreçleri nelerdir?
- Heyelan set göllerinin oluşumundaki heyelanın davranışı ve gerçekleşme durumu farklı mıdır?
- Heyelan set göllerinin set yenilmesiyle bozulma olasılıkları var mıdır?
- Elde edilen veriler ışığında heyelan set göllerinin gelecekteki koşul ve durumları hakkında öngörüler nelerdir?

Bu başlıklar heyelan set göllerini anlamaya ve göllerin gelişimleri sonucunda gelecekte afet veya olası tehlike durumlarını belirlemeye yöneliktir.

Çalışmanın alt problemleri olarak aşağıdaki sorulara yanıtlar aranmaktadır:

- Çalışma alanındaki göllerin birçoğunu etkileme olasılığı bulunan tektonik aktivitelerin yani Kuzey Anadolu Fayı üzerinde oluşan heyelanların, heyelan set göllerinin oluşum mekanizmaları üzerinde etkisi var mıdır?
- Litolojik özellikler ve farklı atmosferik etkiler sonucu oluşan heyelanların heyelan set göllerinin oluşum mekanizmaları üzerindeki etkisi nedir?
- Örnek olarak seçilen heyelan set göllerinin jeomorfometrik parametrelerinin belirlenmesi ve envanter oluşturulmasındaki süreçler nelerdir?
- Örnek olarak seçilen heyelan set göllerinin başarısız olma ve bozulma durumu olanların risk, tehlike ve afet süreçleri açısından önemi nedir?

Yapılan bütün araştırmalar bir amaç doğrultusunda gerçekleştirilir ve araştırmanın problemlerin çözülmesi amaçlara ulaşmak için çalışmanın ilerlemesine ve sonuçlara ulaşılmasına imkân sağlar (Yıldırım ve Şimşek, 2016:82). Araştırmanın temel problem cümlesinden hareketle hedeflerin oluşturduğu soru işaretleri bu araştırmanın, hedeflediği alanlara doğru yönelmesine olanak sunmuştur. Bu yönelim etkileşimli akış şemasında da ifade edilmiştir (Şekil 7).

Bu çalışmanın hedefleri şu şekilde sıralanabilir;

- Dünyadaki örnekleri de dikkate alarak Türkiye’den seçilmiş heyelan set göllerinin oluşum ve gelişim mekanizmalarına göre sınıflandırılmalarını sağlamak,
- Karadeniz Bölgesi’ndeki seçilmiş örnekleri ile heyelan set göllerinin varlığını ve bu göllerin oluşumundaki jeomorfolojik parametrelerin tespitini sağlamak,
- Jeomorfolojik parametreler ile Türkiye’nin heyelan set göllerinin envanter bilgisini geliştirmek,
- Jeomorfometrik parametreler ile jeomorfolojik indisleri kullanarak örnek olarak seçilen göllerin süreklilikleri ile başarısız olma ve bozulma durumlarını ortaya koymak,
- Heyelan set göllerinin oluşmasında tetikleyici unsurların etkisini mekânsal olarak belirlemek,
- Göllerin oluşturabileceği risk, tehlike ve afet süreçlerine ilişkin tespitleri ortaya koymak ve bu olasılıklara yönelik öneriler sunmaktır.



Şekil 7. Çalışmanın etkileşimli akış süreçleri.

Bir fiziki coğrafya çalışması olan bu doktora tezinde, öncelikle gölü oluşturan heyelan setinin farklı açılardan gelişimi çok kısa bir şekilde belirlenmiştir. Devamında, bu göl sahasında gölleri oluşturan setlerin yenilme durumu veya göllerin uzun süre varlıklarını sürdürme süreçleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerle, olası olumsuz gelişmelerin gölle ilişkisi dikkate alınarak çevrede oluşturduğu sosyal ve ekonomik risklere de kısaca değinilmiştir. Çin, Japonya, Yeni Zelanda ve İtalya gibi ülkelerde heyelan set göllerinin bozulması ve patlaması sonucu, kabul havzası içerisinde yer alan yerleşimlerde sel ve taşkın afetleri meydana gelmiş ve bu durum sahada oldukça olumsuz sonuçlara yol açmıştır (Dong vd., 2011; Fan vd., 2012a; Fan vd., 2020; Fan vd., 2021; Li vd., 2021; Peng ve Zhang, 2012; Shen vd., 2020; Stefanelli vd., 2016;). Diğer ülkelerde yaşanan olumsuzlukların benzerlerinin Türkiye'de de yaşanabileceği ve bu durumun özellikle yerleşim yerleri ve tarım alanları üzerinde doğrudan negatif etkiler yaratma olasılığı yüksektir. Bu göllerin bulunduğu havzalarda yaşayan insanların ve ekonomik faaliyetlerin böylesi bir risk altında olduğu, bu çalışmada incelenmektedir. Ayrıca, buna göre Türkiye'nin diğer bölgelerindeki benzer durumlar için öncü bir çalışma olması, bu araştırmanın değerini daha da artırmaktadır. Çalışmadan elde edilecek çıktılar ülkemizin afet projeksiyonunda önemli bir boşluğu doldurması açısından önemlidir.

Bu bilgilerin iklim raporlarında ve gelecek iklim projeksiyonlarında da dikkate değer bir şekilde değerlendirilmesi ve çıktıların hesaba katılması gerektiği düşünülmektedir.

Çalışmada Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2022 yılı için yayımladığı AR6 Sentez Raporu'na göre, son yüzyılda meydana gelen iklim değişikliklerinin, gelecek 80-100 yıl içinde dünyada önemli değişimlere yol açacağı öngörülmektedir. IPCC'nin raporları, özellikle Avrupa'nın güneyinde (ki Türkiye bu coğrafya içinde ele alınmaktadır) küresel ısınma ve kuraklık sonucu artan buharlaşma süreçlerinin atmosfere önemli miktarda nem salımına neden olacağını belirtmektedir. Gerçekten de son yıllarda Türkiye'nin güney bölgelerinde görülen yüksek sıcaklıklar, kuzeyde ani ve şiddetli yağışlara yol açmıştır. Bu durum, yakın zamanda, 2021 yılında ülkemizde de sel ve taşkın felaketlerinin yaşanmasına sebep olmuştur. Son yirmi yılda, ani yağışlar sonucu özellikle Karadeniz Bölgesi'nde meydana gelen heyelanlar, büyük can ve mal kayıplarına yol açan felaketlere neden olmuştur (Dağ ve Bulut, 2012; Dağ

vd., 2020). Bütün bu iklimatik gelişmeler bu çalışmanın önemini bu boyutuyla ortaya koymaktadır. Sonuç olarak denilebilir ki Türkiye’deki bazı örnekleriyle heyelan set göllerinin incelenmesi, araştırılması, olması muhtemel afetlerin önceden tespit edilmesi ve bunlara yönelik tedbirlerin alınması açısından oldukça önemlidir.

1.2. Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları

Araştırmanın örneklemini Karadeniz Bölgesi’ndeki oluşum ve gelişim mekanizmaları açısından farklılık gösteren sekiz (8) heyelan set gölü oluşturmaktadır. Bu örnekler batıda Sülüklü (Göynük), Sünnet (Mudurnu), Boraboy (Taşova)’dan doğuda Zinav (Reşadiye), Gaga (Fatsa), Sera (Akçaabat), Uzungöl (Çaykara) ve Karagöl (Borçka) olarak sıralanabilir (Şekil 2). Çalışma bu göllerin havzaları ile sınırlıdır. Bu göllerin oluşumu, çokça tektonik hareketler, litolojik şartlar ve şiddetli yağışlar ile kar erimeleri sonucu tetiklenen heyelanlar neticesinde gerçekleşir. Bu olaylar, vadiyi takip eden akarsuyun vadi yataklarını tıkayan heyelan materyallerinin arkasında göllerin meydana gelmesiyle oluşur.

Türkiye’nin kuzeyini neredeyse tamamıyla kat eden dünya literatüründe de çokça bahsi geçen önemli bir fay hattı vardır. Bu fay hattı Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattıdır. Çalışma sahası içerisinde yer alan örnek göllerin birçoğu bu fay hattının ya da bu fay hattı ile ilişkili daha küçük çaplı fayların etkilediği bir alan içerisinde kalmaktadır. Tam da bu nedenle sahada depremlerin tetiklediği heyelanların vadi yataklarını tıkaması sonucunda oluşan heyelan set gölü örnekleri çalışmada yer almaktadır. Bu şekilde oluşan göllere örnek olarak Bolu ilinin Göynük ve Mudurnu ilçeleri arasında yer alan Sülüklü ve Sünnet Gölleri, Amasya ilinin Taşova ilçesinde Boraboy Gölü ve Tokat ilinin Reşadiye ilçesindeki Zinav Gölü verilebilir.

Ayrıca, heyelan set gölleri yoğun yağışlar sonrasında gelişen heyelanlar ile de oluşabilir. Nitekim yoğun yağışlar sonucu farklı litolojik birimlerin su ile teması neticesinde harekete geçen kütlelerin oluşturduğu ve Karadeniz Bölgesi’nin denize bakan yamaçlarında çokça oluşan heyelan kütlelerinin gerisinde farklı tipte göller de oluşmuştur. Bu tip set göllerine örnek olarak Ordu ilinin Fatsa ilçesindeki Bolaman çayı üzerinde oluşmuş Gaga Gölü, Trabzon ilinin Akçaabat ilçesindeki Yıldızlı Deresi üzerinde Sera Gölü örnekleri vardır. Araştırma bu örneklerle sınırlıdır.

Daha çok kar ve buz erimelerinin sonucunda oluşan heyelanlar ile bu kütle hareketlerine bağlı olarak oluşan yüzey gevşemesi de farklı aşınım süreçleri ile meydana gelen heyelan set göllerini oluşturmaktadır. Bu çalışmada bu göllerden Artvin ilinin Borçka ilçesindeki Heba Deresi üzerinde yer alan Karagöl ve Trabzon ilinin Çaykara ilçesindeki Haldizan Deresi üzerinde yer alan Uzungöl bu şekilde oluşmuş göllere örnek olarak seçilmiştir. Araştırma bu örneklerle sınırlıdır.

Bununla birlikte bu çalışma Karadeniz Bölgesi özelinde farklı oluşum süreçleri etkisiyle oluşan bu sekiz (8) heyelan set gölü örneğinin jeomorfolojik indisler yardımı ve jeomorfometrik parametrelerin kullanılması sonucunda heyelan setinin sürekli ya da setin yenilerek bozulma durumlarına göre değerlendirilmesi açısından da önemlidir.

Ayrıca bu çalışmada, toplanan veriler küresel iklim değişiklikleriyle ilişkilendirilmiş ve bu bağlamda, gelecekte oluşabilecek senaryoların bu örnekler üzerindeki muhtemel etkileri de incelenmiştir. Çalışma heyelan set göllerin patlama ve tahrip olma riskleri üzerine yapılan yorumları da içermektedir.

Çalışma, özellikle gelecekteki risk, tehlike ve afet durumlarına karşı Türkiye'nin heyelan ve afet yönetim sürecine bakış açısını geliştirmek açısından da önemli bir yere sahiptir. Bu araştırmanın kapsamı, belirli bir alan ve ilgili göl havzası ile sınırlıdır. Ülke genelinde yapılacak daha kapsamlı çalışmalara yönelik bir ön değerlendirme olarak görülebilir. Çalışma, bu tür durumları dikkate alarak çözüm önerileri sunmakta ve bu önerilere yönelik önlemleri de ifade etmektedir. Bu özellikleriyle, çalışma hem kamu yararına hem de kurumsal kimlik taşıyan birimler için birtakım önemli çıktılar ortaya koymaktadır.

2. BÖLÜM

ÇALIŞMANIN KAVRAMSAL VE KURAMSAL TEMELLERİ

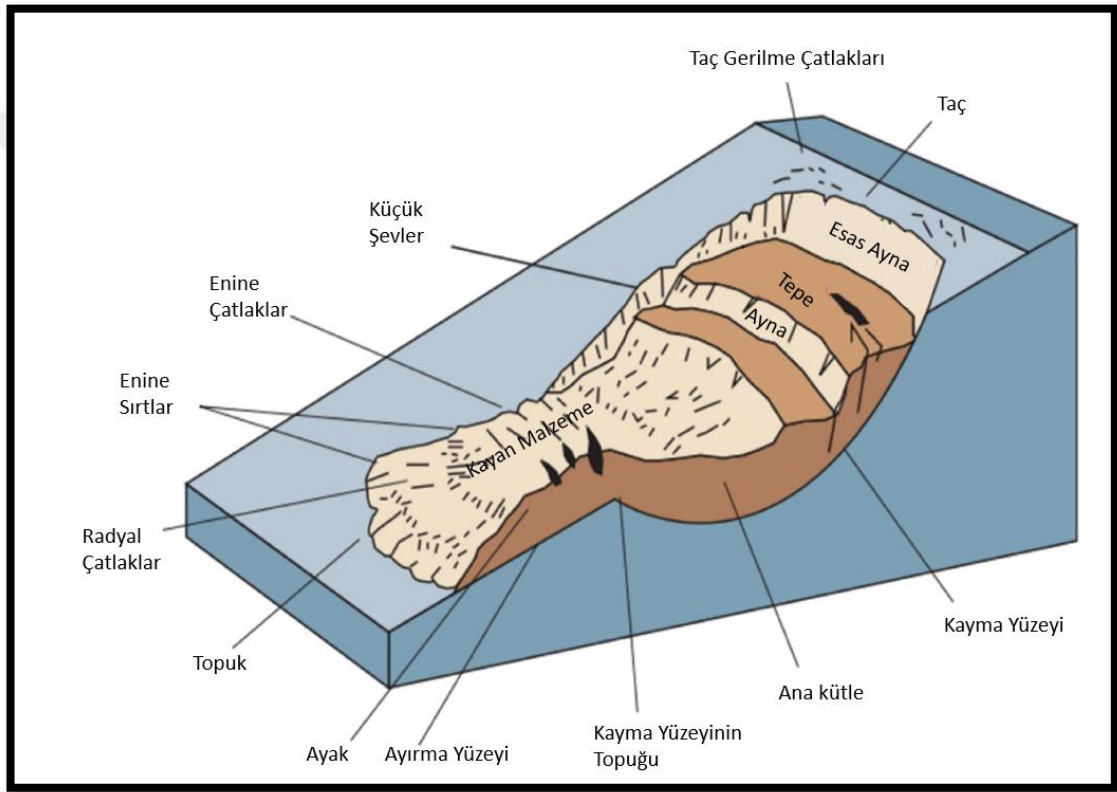
Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın kavramsal ve kuramsal temelleri üzerine bilgiler verilmiştir. Bölümde ilk olarak araştırmada heyelan kavramı üzerinde durulmuştur. Heyelan oluşumu, oluşumundaki karmaşık süreçler ve genel olarak heyelanların teknik mekanizmaları ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Ardından heyelan set gölleri üzerinde genel olarak heyelan ve flüviyal süreçlerin ilişkisi üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Esasen heyelan set gölünü oluşturan her ne kadar bir heyelan olsa da meydana gelmesinde akarsuyun da büyük bir öneminin olduğu bu çalışmada ortaya konulmuştur. Heyelan set göllerinin Dünya’da ve ülkemizde incelenme durumları ele alınmış ve veri tabanları ile yapılan çalışmaların önemi ortaya konulmuştur. Çalışmada heyelan set göllerinin oluşumu ve heyelan set göllerinin sürekli olduğu alanda kalma ya da bozulma durumları ile Dünya’dan örnekler ve önlem çalışmalarına yönelik yapılan deneysel çalışmalar hakkında bilgilere yer verilmiştir.

2.1. Heyelan Nedir? Oluşum Çeşitliliğine Göre Heyelanlar

Yer bilimleri içerisinde farklı disiplinlerde heyelanlar birçok araştırmacının dikkatini çekmektedir. Heyelanlar bu yüzden birbirinden farklı ve benzersiz olarak tanımlanmaktadırlar. Tanımlardaki bu çeşitlilik heyelan vakalarını inceleyen birçok farklı disiplinin karmaşık doğasını ortaya koyar. Heyelan genel olarak toprak, kaya veya organik maddelerin bir eğim yönünde, yüksek olan rakım değerinden düşük olan rakım değerine doğru yerçekiminin etkisiyle kütleli bir hareketin gerçekleştiği durumlar için kullanılan terimdir (Cruden, 1991; Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014; Sassa vd., 1996; Varnes, 1958;).

Heyelanların farklı sınıflandırmaları, yamaç duraysızlığının belirli mekanik ve kayma ya da bozulma tiplerinin özellikleri ve karakteristik durumları ile ilgilidir. Literatürde heyelan teriminin yerine birbirinden farklı ifade ve terimler de kullanıldığı görülmektedir. Bu ifade ve terimlerden bazıları özellikle kütle hareketleri, şev

yenilmesi, şev kayması ya da yamaç duraysızlığıdır (Cruden, 1991; Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Varnes, 1958). USGS'ye göre, "Heyelan" kavramı, şevi oluşturan kaya, toprak, yapay dolgu ya da bunların birleşiminden oluşan bütün malzemelerin, yamaç aşağı ve dışarı doğru hareketini içeren geniş bir süreç yelpazesini ifade etmektedir. Bu temel malzemeler, düşme, devrilme, kayma, yayılma veya akma gibi bir dizi farklı çeşitte hareket kabiliyetine sahiptir. Ancak genel olarak kabul edilen terminolojinin özelliklerini açıklayan bir heyelan grafik şekli vardır (Şekil 8).



Şekil 8. Bir heyelanda yaygın olarak kullanılan parametreler. Bu çizim bir toprak akışına dönüşen rotasyonel heyelanı göstermektedir (Varnes, 1978; Highland ve Bobrowsky, 2018'den yeniden düzenlenerek).

Heyelanları kendi içinde sınıflandırmak heyelanların karakteristik yapısına odaklanarak heyelanın türü onun potansiyel hareket hızını, olası yer değiştirme hacmini, taşma mesafesini, ayrıca heyelanın olası etkilerini ve dikkate alınacak uygun hafifletici önlemleri belirlemede ipuçları ve tahminler oluşturmaya imkân sunmaktadır (Rossi vd., 2018).

Heyelanlar, hareket şekline ve gerçekleştiği yerdeki topoğrafyanın jeolojisine göre farklı tiplerde sınıflandırılabilir (Cruden, 1991; Cruden ve Varnes, 1996; Varnes, 1958;). Bir heyelanda hareket eden temel malzeme kaya, toprak bazen de her ikisi birden olabilir. Toprak, eğer esas olarak kum büyüklüğünde veya daha küçük parçacıklardan oluşuyorsa heyelan bu şekilde adlandırılır. Daha iri parçacıklardan, yani molozdan oluşuyorsa, bu durumda heyelan moloz akması ya da moloz kayması olarak tanımlanır.

Hareket türü, heyelan kütesinin nasıl yer değiştirdiğinin gerçek iç mekaniğini tanımlar. Heyelan düşme, devrilme, kayma, yayılma veya akma gibi farklı mekanizmalarda harekete geçebilir. Bu nedenle, heyelanlar öncelikle sırasıyla malzeme ve hareketi ifade eden iki terim (yani, kaya düşmesi, moloz akışı vb.) kullanılarak tanımlanır. Heyelanlar ayrıca birden fazla türü kapsayan karmaşık bir süreç içerisinde gelişen kütle hareketleri oluşturabilir. Yani heyelanlar, birden fazla hareket tipini (örneğin kaya kayması ve moloz akışı) içerecek şekilde karmaşık bir heyelan vakası da meydana getirebilirler. (Cruden ve Varnes 1996, Highland ve Bobrowsky, 2018).

Literatürde heyelanlar, temelde sınıflandırıldığında üç farklı tipte sınıflandırılmıştır. Bunlar *kayma*, *düşme* ve *akma* tipindeki heyelanlardır (Varnes, 1958; Varnes, 1976). Literatürde son yıllarda farklı kaynaklarda bu sınıflandırma *düşme*, *devrilme*, *kayma*, *yanal yayılma*, *akma* ve *karmaşık heyelanlar* olarak 5 farklı kategoriye ayrılmaktadır (Highland ve Bobrowsky, 2018). Heyelanların anlaşılması ve hareketleriyle davranışlarının doğru şekilde belirlenmesi için, bu heyelanları detaylı bir şekilde incelemek önemlidir.

2.1.1. Düşme Şeklindeki Heyelanlar

Düşme, dik bir yüzey boyunca, kayma veya yer değiştirmenin çok az veya hiç olmadığı bir durumda, toprak veya kayanın zeminden ayrılmasıyla başlar. Bazı durumlarda toprakla birlikte kayalarda düşme süreci içerisine dahil olabilirler. Temel malzeme daha sonra yüksek bir eğim kırığından düşer, zıplayarak veya yuvarlanarak aşağı iner ve yeni bir eğim kırığı da meydana getirir. Bu durum yeni bir düşmenin

tekrar gelişmesi için sürecin başlangıcını oluşturur (Highland ve Bobrowsky, 2018) (Şekil 9). Düşme şeklindeki heyelanların farklı türleri şu şekildedir;

2.1.1.1. Kaya Düşmesi

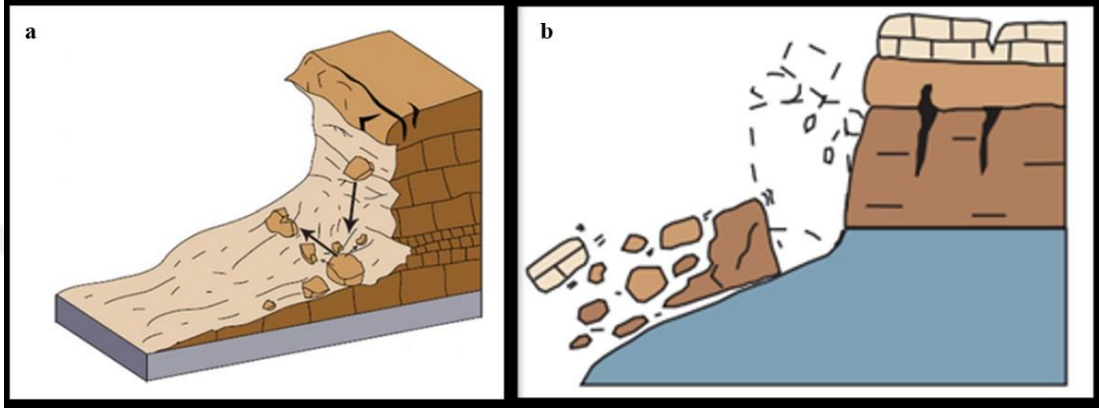
Kaya düşmeleri, dik eğime sahip alanlardan veya uçurumlardan ayrılan kaya veya toprağın veya her ikisinin birden yerçekiminin etkisi ile eğim yönüne veya aşağı doğru olan ani hareketleri olarak tanımlanabilir (Şekil 9a). Düşen malzeme genellikle alt eğime düşme açısından daha küçük açılarda çarparak sekmeye neden olur. Düşen kütle, çarpma anında kırılabilir, daha dik yokuşlarda yuvarlanmaya başlayabilir ve arazinin düzleştiği yere kadar veya bir yapı ya da diğer engellerle karşılaşınca kadar devam edebilir (Ağca vd., 2020; Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hutchinson, 1988; Şener, 2019; Varnes, 1958; Varnes, 1976; Varnes, 1978).

Kaya düşmelerinde malzeme litolojik özelliklerine bağlı olarak küçük parçalara ayrılabilmeyle birlikte büyük parçalar olarak ta gücünü azaltana kadar düşmeye devam eder. Düşme ile gelişen hareketler genelde hızlı bir şekilde yol alır ancak düşmenin gerçekleştiği alanın eğim değeri de önemli bir unsurdur. Akarsular ve nehirler gibi doğal süreçler veya farklı hava koşulları (donma/çözülme döngüsü gibi), yol yapımı veya bakımı sırasındaki kazılar gibi insan faaliyetleri ve sismik hareketler ya da diğer yoğun titreşim oluşturabilecek doğal süreçlerle eğimin kırılması da kaya düşmelerini tetikleyen parametrelerdendir. Kaya düşmeleri düştüğü mekân açısından risk, tehlike ve afet derecesinde insanları etkileme potansiyeline sahiptir (Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014).

2.1.1.2. Devrilme

Devrilme, bir toprak ya da kaya bloğunun, ağırlık merkezinin altında bulunan bir nokta veya eksene göre eğim yönünde ileriye doğru döndüğü bir süreç olarak tanımlanır (Şekil 9b). Bazen devrilme, kütledeki çatlaklarda su veya buz birikmesinden kaynaklanır. Devrilmeler kaya, moloz (kaba malzeme) veya toprak malzemelerden (ince taneli malzeme) oluşabilir. Devrilmeler karmaşık ve bileşik olabilir. Bunların Dünya’da birçok alanda meydana geldikleri bilinmektedir ve genellikle sütunlu eklemli volkanik arazilerde ve kıyıların dik olduğu nehir ve nehir

yataklarında çokça görülmektedirler. Devrilmelerin hareketleri oldukça yavaş ya da düşme ortamlarına göre hızlı da olabilmektedir. Devrilmeler yer çekiminin yanı sıra kütle içindeki çatlaklarda meydana gelen su veya buzla oluşan aşınım yüzeyleri içerisinde gelişebilirler. Ayrıca titreşim, alttan oyma, farklı ayrışma, akarsu erozyonu ve antropojenik kazılar devrilmeyi doğrudan etkileyebilecek diğer tetikleyici unsurlar olarak görülmektedir (Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014).



Şekil 9. a. Kaya düşmesi şeklindeki heyelan tipi. **b.** Devrilme şeklindeki heyelan tipi (Highland ve Bobrowsky, 2018).

2.1.2. Kayma Şeklindeki Heyelanlar

Kayma, bir toprak veya kaya kütesinin, kırılma yüzeylerinde ya da kaymaya hazır haldeki gerilme alanı olarak ifade edilebilecek nispeten ince bölgelerinde meydana gelen hareketin eğim aşağı yönlenmesidir (Şekil 10). Hareket başlangıçta, tüm kırılma yüzeyi üzerinde eş zamanlı olarak gerçekleşmez; yer değiştiren kütle hacmi, yerel bir başarısızlık noktasından itibaren genişlemeye başlar ve bu sürecin sonunda bütünüyle harekete geçerek heyelan gerçekleşir (Cruden ve Varne, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014; Varnes, 1976). Kayma şeklindeki heyelanların da farklı türleri vardır. Bunlar; rotasyonel ve translasyonel (düzlemsel) heyelanlardır.

2.1.2.1. Dairesel/Eğrisel (Rotasyonel) Heyelanlar

Kırılma yüzeyinin eğim yönüne doğru kaymaya başladıktan sonra yukarı doğru kıvrıldığı (kaşık şeklinde) ve kayma hareketinin şev izohips eğrisine paralel bir eksen etrafında az çok dönmeye başladığı bir heyelan şeklidir (Şekil 10a). Bu tip

heyelanlarda hareket eden malzemenin başı neredeyse dikey olarak aşağı doğru hareket edebilir ve hareket eden malzemenin üst yüzeyi kayalığa doğru geriye doğru eğim gösterebilir. Rotasyonel heyelanlar genel olarak litolojik açıdan homojen birimler üzerinde meydana gelebilirlerken dolgu alanlarında da rotasyonel heyelanlar oluşabilmektedir.

Rotasyonel heyelanlar son derece yavaş gelişmekle birlikte hızlı bir şekilde gelişenleri de vardır. Bunların hız değerleri, yavaş olanlar için her 5 yılda bir 0,3 m'den az orta derecede hızlı olanlar için ayda 1,5 m olarak tespit edilmiştir (Highland ve Bobrowsky, 2018). Rotasyonel heyelanlar yoğun ve sürekli yağış ya da hızlı kar erimeleri sonucunda yamaçların suya doygun hale gelmesi ve kütle içindeki yeraltı su seviyesinin artışı neticesinde oluşmaktadır.

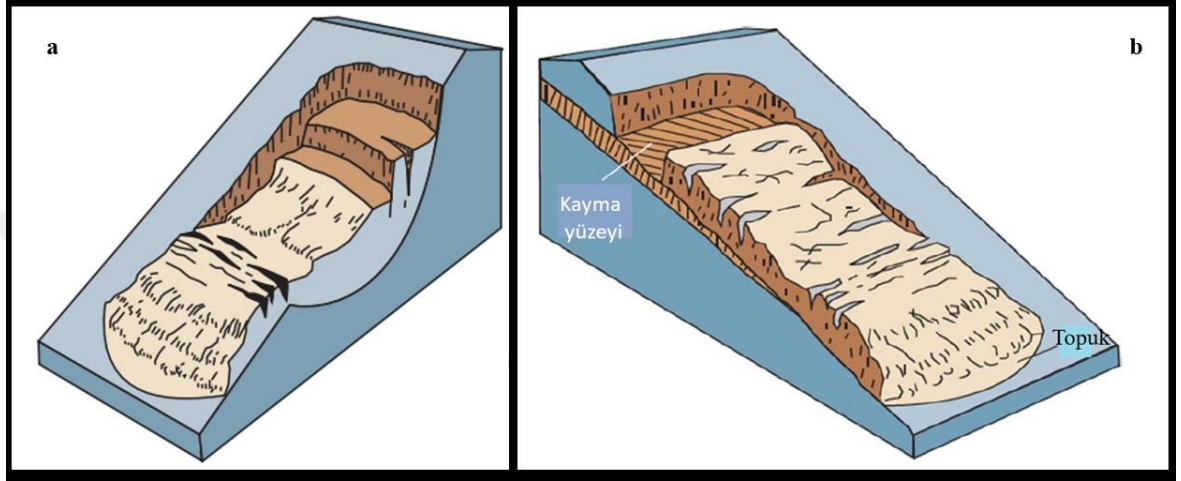
Ayrıca yine bir fay hattı üzerinde olan alanlarda da bu tip heyelanlar gelişebilmektedir (Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014; Varnes, 1976; Weiguo vd., 2021). Faylı alanlarda rotasyonel kaymalar heyelan topuğuna doğru yükselen kütle ile şev arasında bir akiferin kesilmesi ya da yine bu alanda şev ile yükselen kütle arasında birden çok kaynak olması sebebiyle bu ortamda oluşan küçük depresyon alanlarının gerisinden gelen kaynaklar tarafından doldurulmasıyla heyelan set göllerine dönüşebilir.

2.1.2.2. Düzlemsel (Translasyonel) Heyelanlar

Bir düzlemsel (translasyonel) heyelanda kütle, hareket ederek taç çatlaklarından ayrıldıktan sonra çok az bir dönme hareketi ve geriye doğru eğilme ile nispeten düzlemsel bir yüzeyde eğim yönüne doğru hareket eder (Şekil 10b). Bu tür bir hareket ile kırılma düzeyi de yeteri derecede eğimli ise uzun mesafeler boyunca kayma devam edebilir. Düzlemsel (translasyonel) heyelanlar genel olarak faylar, çatlaklar, tabakalanma yüzeyleri veya aralarındaki disloke alanlar ile jeomorfolojik süreksizliklerin olduğu ortamlarda meydana gelir (Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014; Highland ve Bobrowsky, 2018; Varnes, 1976; Weiguo vd., 2021).

Düzlemsel (translasyonel) heyelanlarda heyelanın hareket hızı başlangıçta yavaş olabilir (ayda 1,5 m), ancak bu tarz heyelanların da birçoğu orta hızdan (günde

1,5 m) aşırı hızlıya kadar da bir artış gösterebilmektedir. Bazı durumlarda artan hız ile heyelanın kayan kütlesi parçalanabilir ve bir moloz akışına dönüşebilir. Bu tip heyelanlar genellikle yoğun yağışlar, yağış nedeniyle kayma yüzeyindeki yeraltı suyunun yükselmesi, kar erimesi, sel veya antropojenik etkiler sonucu tetiklenerek gerçekleşmektedir (Highland ve Bobrowsky, 2018).



Şekil 10. a. Rotasyonel kayma şeklindeki heyelan tipi. b. Düzlemsel (translasyonel) kayma şeklindeki heyelan tipi.

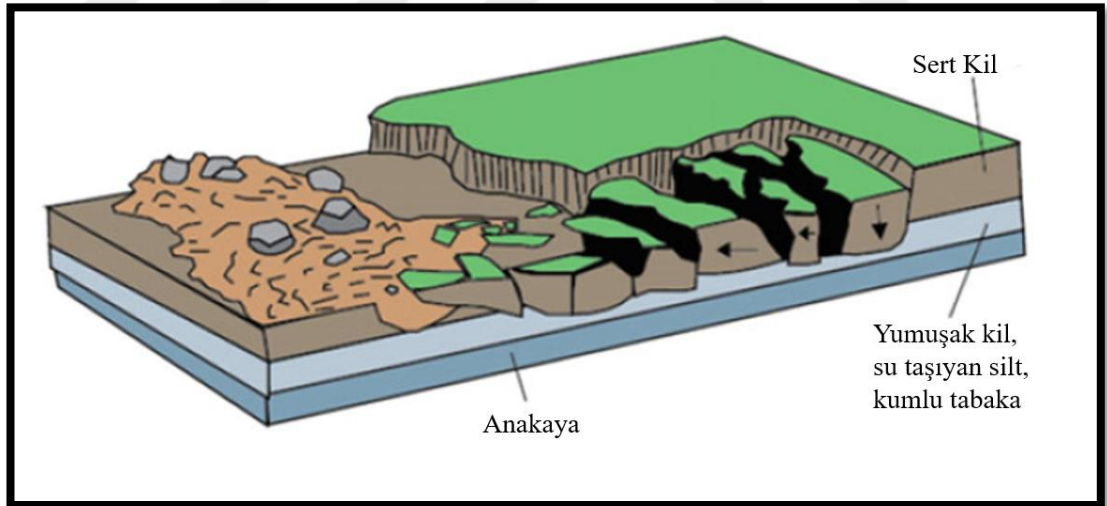
2.1.3. Yayılma Şeklindeki Heyelanlar

Yayılma heyelanları, birbirine bağlı toprak veya kaya kütlesinin çatlaması sonucu meydana gelir. Bu heyelan türünde, yüzeydeki kohezif birimler (birbirine bağlı), altlarındaki daha yumuşak ve hareketli malzemeye birleşerek kütlenin çökmesine neden olur. Yayılma heyelanlarının hareketi genellikle, alttaki malzemenin sıvılaşması veya akması sonucu gerçekleşir. Yayılma heyelan türleri, blok yayılmaları, sıvılaştırma yayılmaları ve yanal yayılmalar olarak sınıflandırılmaktadır (Highland ve Bobrowsky, 2018).

2.1.3.1. Yanal Yayılma Heyelanları

Yanal yayılma heyelanları, genellikle eğim değeri düşük olan ya da düz arazilerde meydana gelir. Bu durumda, daha güçlü ve ağır olan üst kaya veya toprak tabakası yanal olarak genişlemeye başlar. Bu durumun sebebi, üstteki kütlenin

altındaki daha yumuşak ve zayıf, sıvılaşmış tabakanın üzerinde hareket etmesidir (Şekil 11). Bu tür heyelanlar sıklıkla, alttaki zayıf birim ve tabakanın genel çöküntüleriyle birlikte gelişir. Kaya yayılmalarında, katı zemin genişler ve bu genişleme sırasında oluşan çatlaklarda kırılmalar meydana gelir. Bu kırılmalar, alttaki zayıf tabakanın yumuşak ve sıvılaşmış olması nedeniyle, üzerindeki ağır ve katı tabakayı kaydırarak hareket etmesine ortam hazırlar (Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014; Weiguo vd., 2021). Bu tür yüzeyde sert kütleli birimler olan altında ise yumuşak ve zayıf sıvılaşma gösteren birimlerin yer aldığı alanlarda deprem tetikleyici unsur olarak görülebilir. Bu durumda zemin önce yavaş ile orta bazen ise hızlı bir şekilde hareket gerçekleştirebilir. Oluşan bu zeminde daha sonra zaman içerisinde önce günde birkaç mm'den başlayarak onlarca metreye kadar ilerleyen yayılım gösterebilir. Bu durumda deprem, zemini sıvılaştırması açısından yanal heyelanların temel tetikleyicisidir. Ancak dengesiz bir eğim üzerindeki antropojenik etkenler, yağış ve kar erimeleri ya da tuz gibi kararsız bir birimin derinlikte plastik deformasyon oluşturmaları yanal heyelanların tetikleyici diğer unsurları olarak görülmektedir (Highland ve Bobrowsky, 2018).

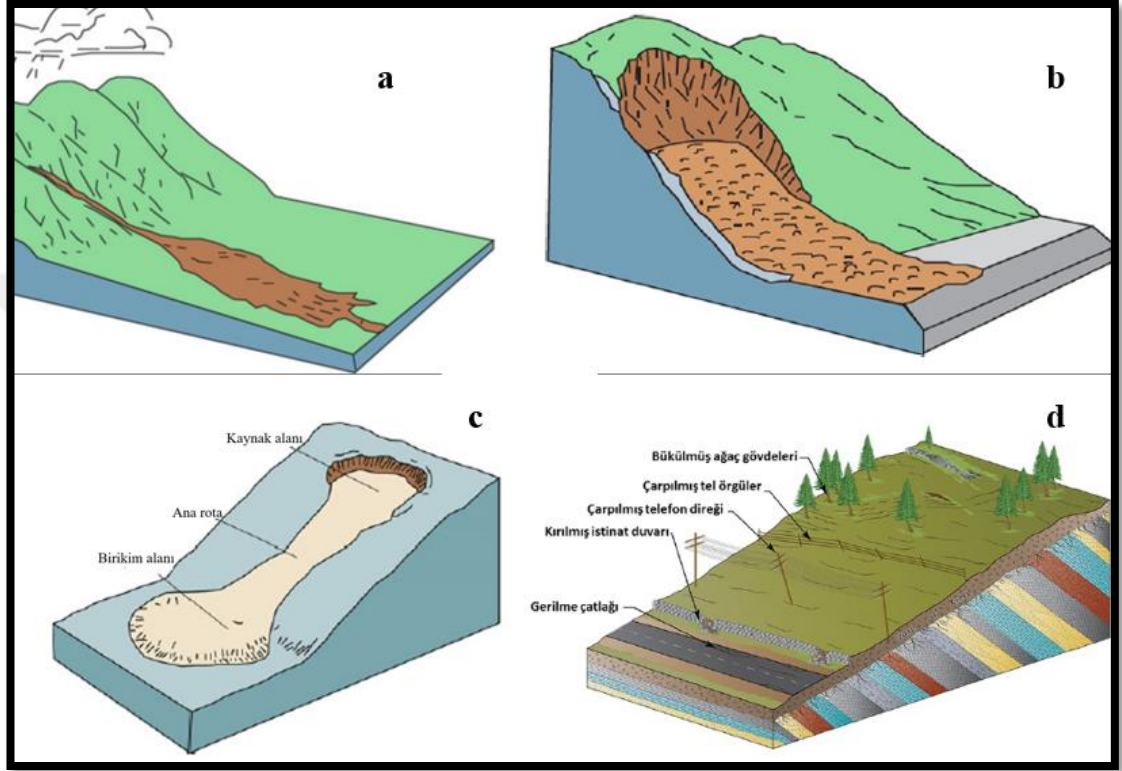


Şekil 11. Yanal yayılma şeklindeki heyelan tipi (Highland ve Bobrowsky, 2018).

2.1.4. Akma Şeklindeki Heyelanlar

Akma türündeki heyelanlar, genellikle kısa ömürlü kayma yüzeyleriyle zaman ve mekân açısından sürekli bir kütle hareketi olarak karakterize edilirler. Bu tür bir heyelanda hareket eden kütlenin bileşenlerinin hızları, viskoz bir sıvıya benzer şekilde

hareket eder (Şekil 12). Genellikle, kayma türündeki heyelanlardan akma türündeki heyelanlara doğru bir kütle hareketi geçişi görülür. Ancak, bu geçiş, kütlede su içeriği, hareket kabiliyeti ve kütle hareketinin gelişimine bağlı olarak dereceli bir şekilde gerçekleşir (Highland ve Bobrowsky, 2018). Akma şeklindeki heyelanlar; moloz akması, moloz çığları, toprak akması ve sürünme (krip) olarak sınıflandırılır.



Şekil 12. Akma şeklindeki heyelanlar. **a.** Moloz akışı şeklindeki heyelan tipi. **b.** Moloz çığı şeklindeki heyelan tipi. **c.** Toprak kayması (Earthflow) şeklindeki heyelan tipi (Highland ve Bobrowsky, 2018). **d.** Sürünme (krip) şeklindeki heyelan tipi (Özdemir, 2016).

2.1.4.1. Moloz Akışları

Moloz akışı, topoğrafyanın eğim değerlerine bağlı olarak malzemenin gevşek toprak, kaya ve bazen organik maddelerin de suyla birleşerek yokuş aşağı hareket eden bir bulamaç oluşturduğu hızlı bir kütle hareketi biçimidir (Şekil 12a). Bu heyelanlar bazen, rotasyonel veya düzlemsel (translasyonel) bir kayma hızı kazandıkça ve iç kütle kohezyonunu kaybetmesiyle birlikte bünyesine yoğun bir su kazandırdığında, bir moloz akışına dönüşebilir. Moloz akışları sıvı ve akışkan bir yapıda olmasından dolayı

son derece hızlı hareket edebileceğinden ve herhangi bir uyarı olmadan meydana gelme durumlarında ölümcül sonuçlar ortaya koyabilirler (Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014; Weiguo vd., 2021).

Moloz akışları, molozun yoğunluğu, kıvamı ve eğim açısına bağlı olarak çok hızlı hareket edebilirler. Bu hız, kütleyi saatte 35 mil veya saatte 56 km'ye kadar ulaştırabilmektedir. Moloz akışlarında genellikle, dik yamaçlardaki gevşek toprağı veya kayayı aşındıran, harekete geçiren yoğun yağış veya hızlı kar erimeleri yoğun yüzey suyu akışına neden olur. Moloz akışları, genellikle dik yamaçlarda meydana gelen heyelan türleridir. Buralarda silt ve kum boyutlu malzemenin ani taşınma kabiliyeti söz konusudur (Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014; Weiguo vd., 2021).

2.1.4.2. Moloz Çığları

Moloz çığları, genel olarak büyük bir kütleye sahip, oldukça hızlı hareket kabiliyeti olan açık şev akışları olarak görülmektedir (Şekil 12b). Dengesiz bir şev çöktüğünde oluşan parçalanmış moloz hızla şevden oldukça uzağa taşınır. Bazı durumlarda su ve kar molozla entegre olursa malzemeyi daha da yumuşak ve akışkan hale getirerek bir moloz akışına ya da bir lahara (volkanik moloz akışı) neden olabilir (Highland ve Bobrowsky, 2018).

Moloz çığları, dünya genelinde dik eğim değerlerine sahip arazi örtüsünde meydana gelir. Moloz çığları özellikle akarsu drenaj kanalları üzerinden şevleri genişleterek eğim yönünde hareket ederler. Bunlar çok dik eğim değerine sahip volkan konileri üzerinde de yaygın olarak gerçekleşmektedirler. Moloz çığlarının hareket hızı son derece yüksektir. Bunlar saatte 100 km/s hızlarda hareket edebilirler.

Genel olarak moloz çığları iki farklı şekilde meydana gelirler. Birincisi, soğuk moloz çığları ki bunlar genellikle, dik arazide yıpranmış şevlerin çökmesi sırasında ya da kayma tipi bir heyelanın yüksek hızda hareketinde ana kayanın farklı parçalara ayrılması şeklinde oluşabilir. İkincisi ise sıcak moloz çığlarıdır ki bunlar, volkanik depremler veya magma kaynaklı volkanik aktivitelerden kaynaklanan heyelanlardır. Bu heyelanlarda sıcak moloz çığları oluşmasına neden olabilir (Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014; Varnes, 1978).

2.1.4.3. Toprak Akması (Earthflow)

Toprak akması, az ve orta dereceli eğimlerde genellikle kil veya silt gibi ince taneli çok yıpranmamış toprak türleriyle kil içerikli ana kayada meydana gelebilir. Bir toprak akmasında hareket eden kütle, güçlü iç deformasyona sahip plastik veya viskoz bir akış olarak hareket eder (Şekil 12c). Deniz kili (hızlı kil) duraylılığı bozduğundan ötürü çok hassastır. Doğal nem içeriğindeki bir değişiklikte bütün makaslama mukavemetini kaybedebilir ve aniden sıvılaşıp potansiyel olarak geniş alanları yok eder, birkaç kilometre boyunca akış gösterir. Boyut genellikle heyelanın taç kısmındaki örtü gerilemesi yoluyla artar. Süreç içerisindeki kaymalar veya yanal yayılmalar da yokuş aşağı toprak akışlarına dönüşebilir. Heyelanın hız karakteri çok yavaş hareketler olmakla beraber çok hızlı ani hareketlerle de gerçekleşebilir. Toprak akması heyelanını tetikleyen unsurlar genel olarak uzun süreli veya yoğun yağış ya da kar erimesi nedeniyle toprak doygunluğunun artmasıdır. Bu şekilde heyelanlar aktif olmaya başlarlar. Bitişik su yüzeylerinin ani alçalmaları yeraltı su tablasının hızla düşmesi, bir şev tabanındaki akarsu erozyonu ve antropojenik etkenler de bu tarz toprak kaymasında etkili olan farklı parametrelerdir (Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungr vd., 2014; Varnes, 1978).

2.1.4.4. Sürünme (Krip)

Sürünme (krip), yavaş bir toprak akışı sürünme ismi ile isimlendirilmektedir. Eğim oluşturan toprak veya kayanın bir kayma veya düşme heyelanında olduğu gibi açık ve görünür hareketlerden ziyade, algılanamayacak kadar yavaş, sabit eğim yönüne doğru hareketinden oluşur. Bu hareket esasen, yüzeyde ağaçlarda, duvarlarda, elektrik hatlarında deformasyona neden olacak kadar yeterli, ancak şev bozulması oluşturacak kadar yetersiz olan iç kayma gerilmesinden meydana gelir (Şekil 12d).

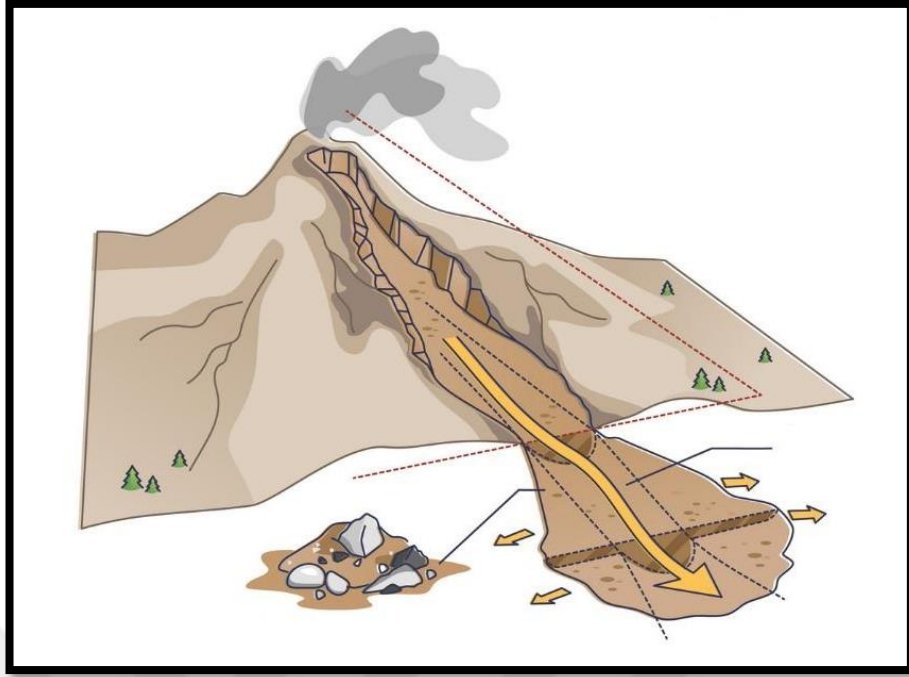
Üç sürünme (krip) türü vardır. Bunlar; (1) mevsimsel sürünme, burada hareket toprak nemi ve sıcaklığındaki mevsimsel değişikliklerden etkilenen toprak derinliği içinde gerçekleşen harekettir; (2) kırılma veya kesilme geriliminin sürekli olarak malzemenin dayanıklılık mukavemetini aştığı durumlarda gerçekleşen sürekli sürünme ve (3) eğimlerin diğer kütle hareketleri türleri için yenilme noktasına ulaştığı

aşamalı sürünmedir (Cruden ve Varnes, 1996; Highland ve Bobrowsky, 2018; Hungry vd., 2014; Varnes, 1978).

Sürünme (krip) heyelanları, kütle hareket hızı olarak son derece yavaştır. Bu tarz hareketler genel olarak her on yılda 1 m'den az kütle hareketi göstermektedir. Sürünme (krip) heyelanlarından özellikle mevsimsel sürünme için, yağış ve kar erimeleri tipik tetikleyici iken diğer sürünme tiplerinde kimyasal ve fiziksel ayrışma, yer altına sızma oluşturan diaklazlar, zayıf drenaj ve antropojenik etkenler tetikleyici unsurlar olarak söylenebilir (Highland ve Bobrowsky, 2018).

2.1.4.5. Laharlar (Volkanik Moloz Akışı)

Laharlar, genelde volkanik moloz akışları olarak bilinirler. Bunlar volkan konilerinin yamaçlarından kaynaklanan ve bir tür moloz akışı olan kütle hareketleridir. Lahar, gevşek tefra birikimleriyle (volkan bacasından püsküren havadaki katı maddeler) ve yamaçlardaki farklı katı maddelerin beraberce yüzeysel olarak harekete geçmesi olarak tanımlanabilir. Laharlar özellikle yüksek volkan bacalarında kar yağışının yüzeyde kaldığı ortamlarda volkandan çıkan su buharı ile kar erimeleri neticesinde saatte 56 kilometre hıza ulaşabilmektedir (Şekil 13). Volkan çıkışındaki kar ve su buharına göre daha yavaş lahar akıntıları da olabilmektedir (Highland ve Bobrowsky, 2018).



Şekil 13. Volkanik moloz akışı şeklindeki kütle hareketleri (Kaynak: <https://www.ecologiaverde.com/lahar-que-es-y-como-se-forma-3639.html> Son erişim: 16.12.2023)

2.1.4.6. Permafrost Alanlardaki Akmlar

Permafrost ortamlarındaki kütle hareketleri tamamen diğer gelişen heyelan tiplerinden farklı olarak kendi bulunduğu özel iklim ortamlarında şekillenmektedir. Permafrost alanlarda ince taneli, daha önce buz ve don olayları bakımından zengin olan toprak hareketi yumuşak eğimli alanlarda meydana gelebilir. Donmuş zeminin üst kısımlarındaki mevsimsel çözülme, zemin buzunu eritir ve toprağın suya aşırı doygunluğuna ortam hazırlar, bu da kayma veya kütleli heyelan mukavemetini kaybeden birimlerin yüzeysel akışları başlatır (Highland ve Bobrowsky, 2018). Bu durum jeomorfolojik süreçler içerisinde soliflüksiyon olarak ifade edilir (Erinç, 2015). Soliflüksiyon, bir tür soğuk ortam sürünmesi (krip) olmasının yanı sıra yüzeyin çok yavaş deformasyonunu da içerir ve yokuş aşağı uzunlamasına sığ dilimler meydana getirir (Erinç, 2015; Highland ve Bobrowsky, 2018).

2.1.5. Karmaşık Heyelanlar

İlk şev kopuşundan ve taç çatlakları ile ayrılmaya başlayan kaymalarla devam eden kütleler, dairesel/eğrisel (rotasyonel) veya düzlemsel (translasyonel) hareketler ile devam ederek heyelanın farklı bir karmaşık hal alması durumuna dönüşür. Bu tip heyelanlar heyelanın karmaşık bir tipte geliştiği heyelanlardır (Highland ve Bobrowsky, 2018).

Heyelan, heyelanın ucunda bir moloz akışına dönüşmesi de dahil olmak üzere rotasyonel, düzlemsel (transrasyonel) ve akış mekanizmaları dahil olmak üzere karmaşık olaylar dizisini içermekte olup, bu nedenle moloz-çığ akışı olarak adlandırılabilir (Wartman vd., 2016). Karmaşık heyelanlar adından da anlaşıldığı gibi bir dizi çok karmaşık süreç içerirler ki bunların diğer heyelan tiplerinden ayırt edilmesi ayrıca bir inceleme konusudur.

2.2. Heyelan Set Göllerinin Oluşumu

Heyelan set gölleri, doğal göller arasında yer alır ve nehirlerin akışının, heyelan sonucu kopan kütlenin akarsu vadisini doldurarak engellemesiyle meydana gelirler (Evans vd, 2011). Araştırmalar, heyelan kütlelerinin yer değiştirmesi ve heyelanın başlamasına yol açan birçok etkenin olduğunu göstermektedir. Heyelan set göllerinin oluşumunda değişik faktörler etkilidir; bunlar arasında sismik aktiviteler, şiddetli yağışlar, akarsu erozyonu, kar erimesi ve antropojenik etkileri sayılabilir. Bu etkenler içerisinde özellikle depremler ve yoğun yağışlar, heyelan set gölleri oluşumunda başlıca iki tetikleyici unsur olarak dikkat çeker (Costa ve Schuster, 1988; Huang, 2009).

Sismik hareketlere bağlı olarak meydana gelen toprak kaymaları sonucu akarsuların akış gösterdiği vadi yataklarının engellenmesiyle oluşan göller, deprem riski taşıyan dağlık alanlarda sık karşılaşılan bir jeotehnik (Chai vd., 2022; Costa ve Schuster 1988; Dai vd., 2005; Kallen vd., 2006; Shang vd., 2003). Yapılan araştırmalara göre heyelan set göllerinin büyük bir çoğunluğu, yaklaşık %50'sinden çoğu, sismik aktiviteler neticesinde meydana gelmiştir. Bilindiği üzere sismik aktiviteler yer yüzeyinde şiddetli titreşim ve büyük sarsıntılar meydana getirmektedir. Neticede zayıf yüzey zonlarında yer alan bloklar, kaya düşmeleri ile büyük kaymalar

da meydana getirebilmektedir. Bu durumun dünya üzerinde en açıklayıcı örneklerinden biri M 7.9 büyüklüğündeki Wenchuan (Çin) depremidir (Wang vd., 2013). Topoğrafyadaki önemli değişikliklerle karakterize edilen bir bölgede meydana gelen Wenchuan depremi etkilediği sahada, sismik kaynaklı çok sayıda jeolojik tehlikenin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Wenchuan'da meydana gelen sismik aktivitenin güçlü ve yoğun ana şoku, artçı şokları ve önemli yüzey yer değiştirmeleriyle birleştiğinde, çok sayıda kaya düşmesine, toprak kaymasına ve moloz akmasına ortam hazırlamıştır (Cui vd., 2008). Wenchuan depremi üzerinde heyelan araştırmacıları heyelanın gerçekleştiği yıllardan günümüze kadar araştırmalarına devam etmektedirler. Bu alanda heyelan set gölleri ile ilgili yapılan bazı araştırmalarda sismik heyelanlar kaya, moloz çığları, moloz akıntıları, kaya/moloz kaymaları ve kaya düşmeleri olarak farklı heyelan tipleri tespit edilmiş ve bunlar sınıflandırılmıştır.

Heyelan set gölleri, seti oluşturan malzemeler ve sedimantolojik özellikleri açısından üç ana kategoriye ayrılmaktadır: Birincisi büyük kaya ve bloklardan oluşan heyelan setleri; ikincisi pekişmemiş ince döküntülerden oluşan heyelan setleri ve üçüncüsü büyük kayalar veya kaya parçaları içeren, toprakla kaplı ve kısmen sağlam kaya katmanlarına sahip, iki veya üç katmanlı çökelme yapısına sahip heyelan setleridir. Bu sınıflandırma, heyelan set göllerinin ve seti oluşturan ana kütlenin çeşitliliğini göstermektedir (Zhu vd., 2020).

Heyelan set göllerinin gelişmesinde sağanak yağış faktörü bir diğer önemli ana etkidir. Bu konuda yağışların şiddetli ve ani olarak gelişmesinin yanı sıra heyelanın gerçekleştiği arazinin koşulları da bu yağış ile ilişkilendirilerek değerlendirilmektedir. Özellikle heyelan set göllerinin gelişmesinde ani yağışların ana faktör olduğu alanlarda jeolojik özellikler de önemli bir parametre olarak görülmektedir. Dünya'da ani sağanak yağışlar sonrası gerçekleşen heyelan set göllerinin olduğu alanların topoğrafyaları incelendiğinde benzer durumlar ortaya çıkmaktadır. Özellikle yüksek rölyef topoğrafyası üzerinde akarsular tarafından parçalanmış derin vadilerde vadi yamaçlarının heyelan hareketine duyarlı olması sonucu heyelan set gölleri meydana gelmektedir (Cui vd., 2021).

Bu duruma örnek gösterilebilecek bir olay Çin'in Zhejiang eyaletinde meydana gelmiştir. Zhejiang eyaletinde büyük depremleri oluşturabilecek güçlü faylar bulunmamakta ancak bölge muson iklimi havzasında ve yoğun sağanak yağışlardan etkilenmektedir. Yoğun yağışlar toprağın taşıyabileceğinden fazla suyu bünyesinde tutmasına, ağırlığının artmasına ve duyarlılığının düşmesine ortam hazırlamaktadır. Tüm bu durumlar sonucunda burada heyelanın meydana gelmesi kaçınılmazdır. Özellikle yoğun yağış alan bu bölgeler akarsu drenajı açısından da zengin bir ortam sunmaktadır. Her vadi ortamı içerisinde ayrı ayrı akarsu hareketi olması vadilerde meydana gelen heyelanların heyelan set gölleri oluşturmalarına ortam hazırlamaktadır (Cui vd., 2021). Heyelan set göllerinin meydana gelmesinde heyelanı tetikleyen birbirinden farklı tetikleyici unsurlar vardır. Bu unsurlar dünyada farklı coğrafyalarda farklı yoğunluklarda gelişmektedir.

Heyelan ve heyelan set gölleri oluşumunu tetikleyen faktörler arasında kar yağışı ve erimesi, akarsu erozyonu, şiddetli yağmur, antropojenik etkiler ve depremler yer almaktadır. İtalya'da yapılan incelemeler göstermiştir ki, heyelan set göllerinin çoğunluğu (%52) sismik aktivitelerden kaynaklanırken, üçte biri (%33.5) yoğun yağışlar sonucu oluşmaktadır. Bu göllerin geri kalan kısmının oluşumunda akarsu erozyonu (%10.4), kar yağışı ve erimeleri (%2.9) ve antropojenik faaliyetler (%1.2) önemli rol oynamaktadır (Stefanelli vd., 2015). Ayrıca, dünya çapında yapılan araştırmalar, tektonik hareketlerin heyelanların oluşumunda önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu alanlarda, güçlü tektonik aktivitelerin, vadi yarılmasının sıklığı ve zayıf kaya yapısının, heyelanların başlıca nedenleri arasında olduğu ileri sürülmüştür (Cui vd., 2009; Dai, vd., 2005; Huang, 2009; Zhang vd., 2011, 2016, 2017).

Sismik aktiviteler sonrası moloz akması ve takip eden yağışların neden olduğu heyelan set gölü olaylarına da değinilmektedir. Yamaçlarda kalan büyük miktarda gevşek çökelti, gelecek yıllarda ağır moloz akışlarını ve yeni heyelan set göllerinin oluşumunu tetiklemeye devam edebileceğini göstermektedir (Fan vd., 2017)

Heyelan set gölleri ile ilgili çalışmalar gerçekleştiren araştırmacıların bir kısmı heyelan kütlesi üzerine yoğunlaşırken (Costa ve Schuster, 1988; Hewitt, 1982; Hewitt ve Liu, 2010), diğer bir kısmı ise heyelan setlerinin (barajların) zarar görmesi ve bu

durumların yol açabileceği risklere odaklanmıştır (Walder ve Costa, 1996; Winsemann ve Lang, 2020). Özellikle bazı çalışmalarda, heyelan set göllerinin barajlarının yıkılması sonucu büyük su kütlelerinin kontrolsüz bir şekilde hareket etmesi ve bunun doğal afetlere yol açabileceği riski üzerine değerlendirmeler yapılmıştır (Costa ve Schuster, 1988).

Son zamanlarda, heyelan set göllerinin set gövdelerinin hasar görmesi sonucu meydana gelebilecek sel ve taşkın tehlikeleri hakkında analitik çalışmalar yapılmaktadır (Wang vd., 2019). Normal şartlarda sabit bir heyelan set gölünün yüzlerce, binlerce yıl kalıcı manzaralar sunması heyelanlar açısından yaygın davranış olarak kabul edilir (Evans vd. 2011). Ayrıca, bazı heyelan set göllerini oluşturan heyelanların, malzeme yapısı ve diğer yardımcı etmenlerin etkisiyle çok kısa süre içinde bozulduğu tespit edilmiştir (Costa ve Schuster, 1988; Ermini ve Casagli, 2003; Korup, 2004). Bu hızlı bozulmalar, zaman zaman setlerin yıkılmasına ve hatta setler bozularak patlama benzeri olaylara yol açabilir. Bu gibi olaylar sonucunda, heyelan setlerinin yıkılmasıyla tetiklenen seller, insanlar ve yerleşim yerleri üzerinde derin ve yıkıcı etkilere neden olabilir (Chen vd., 2004; Dai vd., 2005; Evans vd., 2011). Örneğin, 1786 yılında Çin'de, Daru Nehri üzerinde sismik etkilerle oluşan bir heyelan set gölünde setin bozulması, tarihin en yıkıcı sel felaketlerinden birine sebep olmuş ve 100.000'den fazla kişinin ölümüne yol açmıştır (Dai vd., 2005).

Heyelan set göllerinin gelecekteki davranışları, onların oluşum koşullarına sıkı sıkıya bağlıdır. Bu bağlamda, bir heyelan set gölünün nasıl oluştuğunu kavramak, göl ve gölü oluşturan setin risk analizini yapmak açısından büyük önem taşır (Zhou vd., 2013).

Türkiye, bahsi geçen koşullar altında oluşan heyelanlara (Cihangir ve Görüm, 2016; Görüm, 2019; Uzun, 1992) ve heyelan set göllerine ev sahipliği yapmaktadır. Ülkemizin topoğrafyası, iklimi, bitki örtüsü, sismik aktiviteler ve insan etkileri göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye'nin heyelan set göllerinin oluşumuna elverişli ortamlara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye'deki heyelan set gölleri üzerine yapılmış literatür çalışmaları (Atayeter vd., 2020; Bayrakdar ve Görüm, 2012; Çavuş, 2014; Duman, 2009; Hoşgören ve Ekinci, 2004; Kopar ve Sevindi, 2013; Zeybek, 2002), bu alandaki temel referanslardan bazılarıdır. Bu çalışmalar, göllerin oluşumu,

jeomorfolojik evrimi ve çevresel koşulların detaylı analizini içermesi bakımından büyük öneme sahiptir. Çeşitli jeomorfolojik çalışmalarda sıklıkla morfometrik ilişkiler yöntemi kullanılmaktadır (Elbaşı ve Özdemir, 2018; Larsen vd., 2010; Öztürk ve Erginal, 2008; Strahler, 1957; Troiani ve Della Seta, 2008). Bunun yanı sıra, bazı araştırmalar heyelan set göllerinin oluşum ve evrim süreçlerini jeomorfolojik göstergeler aracılığıyla ve jeomorfolojik indeksler çerçevesinde değerlendirmiştir (Dong vd., 2011; Ermini ve Casagli, 2003; Fan vd., 2012; Korup, 2004; Peng ve Zhang, 2012; Stefanelli vd., 2016). Jeomorfolojik sınıflandırmaya göre, heyelan set göllerinin oluşumları altı farklı tipte olarak tanımlanabilir (Costa ve Schuster, 1988; 1991; Ermini ve Casagli, 2003;; Stefanelli vd., 2016; Swanson vd., 1986).

Costa ve Schuster (1988), heyelan set göllerinin oluşumunu aşağıdaki şekillerde sınıflandırmışlardır:

TİP I: Heyelan kütlesinin bir akarsu vadisine girerek vadinin diğer yamacıyla birleşemediği durumlarda oluşan set gölleridir. Bu tür heyelanlarda, kısmi bir göl oluşumu meydana gelir ve sonrasında bu göl bozularak akarsu yatağının yeniden şekillenmesine yol açar. (Şekil 14a.).

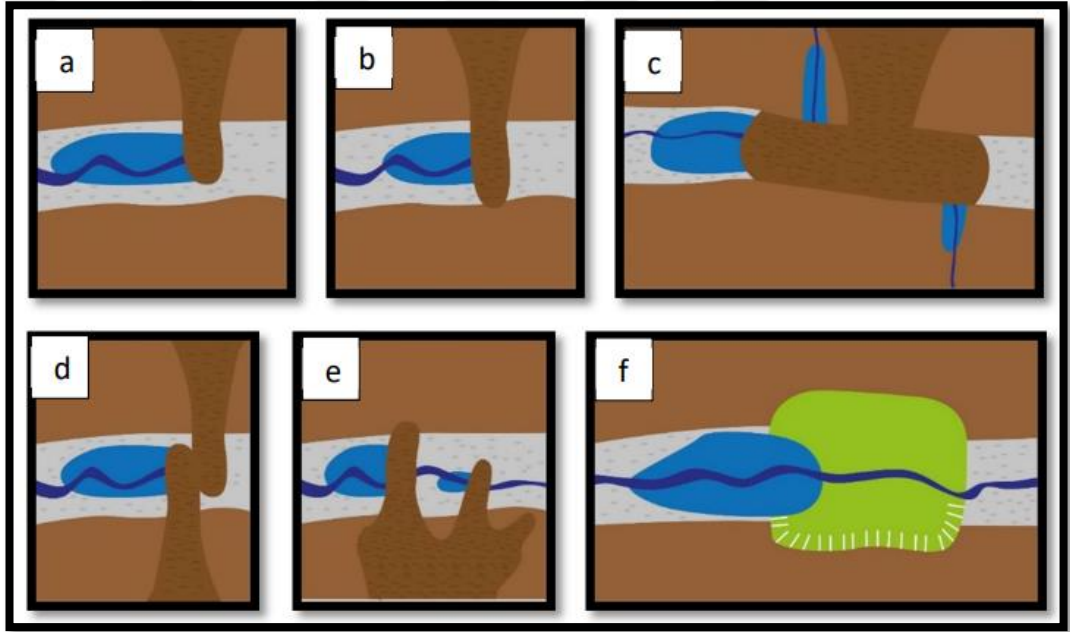
TİP II: Akarsu vadisinin bir yamacından kayan toprak ya da kaya kütlesinin diğer yamacıyla birleşerek akarsu yatağını tıkaması sonucunda oluşan heyelanlar ile nispeten küçük çaplı göller meydana gelir (Şekil 14b).

TİP III: Büyük akarsu vadilerinde, bir yamaçtan diğerine ulaşan ve hem vadinin üst hem de alt kısımlarına doğru farklı yönlerde ilerleyebilen geniş heyelanlar görülmektedir. Bu büyük heyelan kütlesinin, arazi eğimine karşıt yönde ilerlemesi sonucunda, setin ardında geniş alanlarda heyelan set gölleri meydana gelmektedir. (Şekil 14c).

TİP IV: Akarsuların oluşturduğu vadi yamaçlarının her iki tarafından başlayarak eş zamanlı olarak gelişen ve birbirine yakın sürelerde meydana gelen kütle hareketleri, zaman içinde vadide birikerek akarsuyun yolunu keser. Bu birikintiler sonucunda, setin arkasında bir set gölü oluşur. Araştırmalarda bu tür kütle hareketleri genellikle '1' ve '2' gibi tanımlayıcı numaralarla işaretlenir ve bu numaralar üzerinden heyelan set göllerindeki heyelanların değerlendirilmesi yapılır (Şekil 14d).

TIP V: Heyelan kütlelerinin akarsu vadisinde çeşitli noktalardan harekete geçerek yayılıp akarsu vadisini birçok farklı yerde doldurması sonucu oluşan göllerdir. Bu durumda, akarsu zamanla bazı heyelan setlerini aşarak, önündeki diğer setlerin gerisinde birikir. Bu süreç, vadiye birden fazla küçük gölün oluşmasına yol açabilir (Şekil 14e).

TIP VI: Bu tür heyelan set gölleri, vadi tabanına doğru yavaşça kayarak yayılan ve aşınım yüzeyi oluşturan kütlelerin arkasında oluşur. Göller, bu yavaş hareket eden aşınım yüzeyi parçalarının akarsu yatağını yükseltmesi ve suyun yatak gradyanını değiştirmesi sonucu meydana gelir. Bu süreç sonunda, söz konusu kütlelerin arkasında göller oluşur. Zamanla, diğer heyelan set göllerinde olduğu gibi akarsu bu seti de aşarak yoluna devam eder (Şekil 14f).



Şekil 14. Heyelan set göllerinin oluşum şekillerine göre sınıflandırılması **a)** Vadi tabanını kapatmayan heyelan gerisinde. **b)** Vadi tabanını kapatan heyelan gerisinde. **c)** Vadi ve vadi kollarının tıkanması ile heyelan gerisinde. **d)** İki yamaçtan gelen kütlelerin gerisinde. **e)** Heyelanın farklı topuk noktalarında birden fazla tıkanma ekseninde. **f)** Aşınım yüzeyi gerisinde oluşan heyelan set gölleri (Costa ve Schuster, 1988; Yayla vd., 2021).

2.3. Heyelan Setlerinin Sürekliliği, Uzun Ömürlü Olup Olmama Durumları ve Bozulma Durumları

Heyelan setlerinin sürekliliği, uzun ömürlülüğü ve bozulma durumlarının araştırılması, jeolojik, jeomorfolojik ve çevresel risk yönetiminin önemli bir aşaması olarak ifade edilmektedir. Heyelanlar nedeniyle nehirlerin ve akarsuların doğal olarak tıkanmasıyla oluşan heyelan set gölleri, genellikle öngörülemeyen doğaları ve çeşitli süreklilik durumları nedeniyle birtakım riskleri de taşımaktadır. Oluşan bu jeomorfolojik birimlerin sürekliliğini anlamak, bu göllerin ömürlerini, havza ortamlarını ve yakın çevresi için oluşturdukları potansiyel riskleri belirlemek adına önemli çıktılar sunmaktadır. Bu setlerin kademeli erozyondan ani ve yıkıcı bozulmalara kadar değişebilen durumları, jeolojik, hidrolojik ve fiziki coğrafya faktörlerinin karmaşık ilişkisi ile şekillenmektedir (Ming ve Mingzi, 2018; Song vd., 2022; Zheng vd., 2021; Zhou vd., 2022).

2.3.1. Heyelan Setinin Sürekliliği

Heyelan setleri doğal olarak sürekli bir durum sürdürebilir veya mühendislik önlemleriyle setler güçlendirilebilir. Schuster ve Costa (1988) dayanıklılık potansiyeline sahip çeşitli heyelan setlerini açıklamıştır. Bunlar;

Büyük boyutlu heyelan setleri, bazı toprak kaymaları sonucu oluşan heyelan setlerinden daha geniş bir alana yayılır ve daha büyük hacimlerde malzeme içeriği taşır. Akarsu önündeki büyük bir engelleme, çeşitli bozulma durumlarına karşı ancak bir dereceye kadar koruma ve süreklilik sağlayabilir (Schuster ve Costa, 1988).

Heyelan setlerinin sürekli olma durumlarında erozyona dayanıklı ana kaya ve seti oluşturan malzemenin iyi derecelendirilmiş olması önemlidir. Moloz akmaları veya moloz kaymaları sonucu meydana gelen heyelan setlerinde kalın ve iri bloklar ince malzemeler ile dereceli bir şekilde tıkanmayı gerçekleştirmektedir. Bu durum heyelan setinin erozyona karşı direncini güçlendirmekte ve setin yıkılmasını engellemektedir. Bu mukavemet, aynı zamanda setin üzerinden taşma yapması sonucu oluşacak aşınım veya içten sızma nedeniyle oluşabilecek erozyona karşı setin sürekliliğini sağlamaktadır (Zhang vd., 2016, s. 57).

Bazı durumlarda da heyelan setinin sürekliliğini devam ettirmek için antropojenik müdahaleler yapılmaktadır. Bu müdahaleler özellikle setlerin dolu savakları üzerinde olmaktadır. Dolu savakların kontrol altına alınması ve o kısımda yapılan mühendislik çalışmaları ile heyelan setleri sürekliliklerini uzun yıllarca devam ettirebilmektedir (Zhang vd., 2016). Bu duruma çalışma sahasındaki Boraboy Gölü (Amasya), Sera Gölü (Trabzon) ve yine Uzungöl (Trabzon) örnekleri verilebilir (Fotoğraf 1).



Fotoğraf 1. Heyelan set göllerinde dolu savak inşa edilerek göller kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. a) Boraboy, b) Uzungöl, c) Sera Gölü.

2.3.2. Heyelan Setinin Uzun Ömürlü Olup Olmama Durumu

Heyelan setlerinin kaderi gerçekleşen vakadan vakaya büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin, 2009 yılında Tayvan'ın güneyinde yoğun yağışla tetiklenen Hsiaolin heyelan set gölü, oluşumundan kısa bir süre sonra bozulmuştur (Dong vd., 2011). Bu set gölü, 44-68 m set yüksekliğine ve $9,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ göl hacmine sahip olup yaklaşık bir saat varlığını sürdürdükten sonra 8,4 dakika içinde taşarak bozulmuştur. Diğer yandan, bir başka örnek olan İtalya'nın güneydoğu Sicilya Bölgesi'nde bulunan Irminio nehrinin farklı bir kolunda oluşan ve yaklaşık 5000 yıl boyunca önemli bir

taşma olmadan varlığını sürdüren heyelan setleri gibi bazı vakalar ise uzun ömürlü olarak varlıklarını sürdürebilmiştir (Stefanelli, 2014). Türkiye’de de uzun yıllar varlığını sürdüren heyelan set gölleri vardır. Bu tip göllere örnek olarak Tortum Gölü gösterilebilir.

Heyelan set göllerinin meydana geldiği vadilerin içerisinde özellikle akarsuyun kaynak alanına doğru veya ağız kısmına doğru farklı heyelan set gölleri de meydana gelebilmektedir. Bu durumda göllerin bir tanesinin bozulması mansabında (aşağı) yer alan göle zarar vereceğinden göller arasında uzun ömürlü olup olmama durumlarıyla ilgili bir ilişki vardır. Bu duruma bir örnek vermek gerekirse, 2008’de Çin’de meydana gelen Wenchuan depremi sonrasında Jianjiang Nehri boyunca bir dizi heyelan set gölü oluşmuştur. Tangjiashan’da bulunan büyük bir heyelan set gölünün hemen akış aşağısında, Kuzhuba, Xinjie Köyü yakınları, Baiguo Köyü yakınları ve Yanyangtan’da yer alan dört küçük heyelan set gölü daha bulunmaktadır. Tangjiashan heyelan setinin yıkılması sonucu oluşan sel suları altında kalarak bu küçük göller yok olmuştur. Bu durum, heyelan set göllerinin ömrünün diğer yakındaki setlerin durumlarına ne kadar bağlı olduğunu göstermektedir. (Cui vd., 2009; Xu vd., 2009; Zhang vd., 2016).

Heyelan set göllerinin ömürleriyle ilgili elde edilen literatür bilgilerine göre heyelan set gölleri genel olarak kısa ömürlüdür. Çünkü bu göllerin oluşumuna neden olan malzemeler genellikle tam olarak konsolide olmamış veya zayıf bir şekilde konsolide olmuş farklı birimlerden meydana gelir. Bu aslında zeminin bütünleşmemiş, kendisini sabitleyememiş ve her an çözülüp hareket edebilecek bir durumda olduğunun ifadesidir. Bu tür göller, suyun geçişini engelleyen geçirimsiz bir bölge oluşturamamıştır. Bu durumda, heyelanın olduğu bölgede iç erozyonu önleyecek filtre alanlarından yoksun olması, gözenek basıncını kontrol altında tutamaması, drenajı kontrol altına alamaması ya da suyu serbest bırakacak bir dolu savak çıkışına sahip olmaması heyelan setlerinin tahrip olmasına ve aniden bozulmasına sebebiyet oluşturan durumlardır.

Boyut olarak küçük heyelanların büyük drenaj ağına sahip akarsular üzerinde olması veya drenaj ağı küçük olmasına rağmen yüksek debili akarsuların olduğu alanları setlemesi durumunda, heyelan set gölleri genellikle kısa ömürlü olma eğilimindedir. Ayrıca, ağırlıklı olarak gevşek malzemeden oluşan, düşük yoğunluklu,

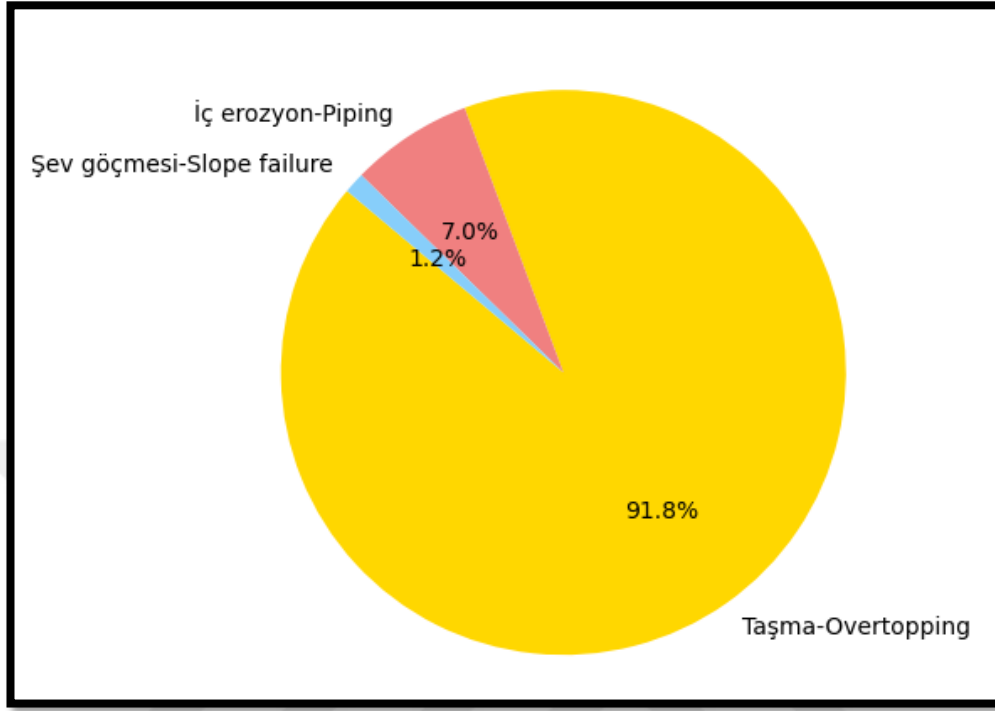
ince taneli heyelan kütleleri ile oluşan heyelan set gölleri, erozyona karşı direnç gösteremeyebilir ve bu nedenle uzun ömürlü olamayabilirler (Zhang vd., 2016).

2.3.3. Heyelan Setlerinin Bozulma Durumları

Heyelan set gölleri, akarsu akışının tıkanması sonucunda oluşan göllerdir. Bu göllerde set gerisinde dolan gölde, dolu savak ortamında ya da korumalı çıkışlar olmadığı alanlarda genellikle taşma nedeniyle bozulmalar meydana gelir. Yapılan araştırmalar sonucu bozulan 171 heyelan set gölü vakasında %91,8'i taşma, %7'si iç erozyon ve %1,2'si şev göçmesi sonucu set göllerinin bozulduğu ve taşkınlar oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 15). Bu oranlar, insan tarafından yapımı gerçekleştirilen mühendislik jeolojisi ve uygulamalı jeomorfoloji bilgisiyle inşa edilen toprak ve kaya dolgu barajlarının bozulma oranlarında farklılık gösterir. Xu ve Zhang'ın (2009) çalışmasına göre, insanlar tarafından yapılan 176 barajın bozulma vakalarında %58 taşma, %37 iç erozyon ve %5 şev göçmesi olduğu sonucu elde edilmiştir (Zhang vd., 2016).

Bu araştırmada heyelan set gölleri, insanlar tarafından inşa edilmiş dolgu barajlarla da kıyaslanmıştır. Yapılan çalışmalara göre, dolgu barajlarının sistematik sıkıştırma işlemine tabi tutularak gözeneklilik durumları azaltılmış ve su set gerisinde tutulmaya çalışılmıştır. Heyelan set göllerinde ise bir sıkıştırma işlemi yapılamamaktadır ve gözeneklilik baraj setlerinde malzemenin özelliklerine göre daha fazladır (Zhang vd., 2016). Zira baraj setlerinde beton dolgu daha sık kullanılmakta, toprak dolgu tipindeki barajlarda ise sıkıştırma işlemi uygulanmaktadır. Heyelan setleri, mühendislik yapıları olan dolgular ve toprak setlerinden farklı olarak, mekanik sıkıştırmaya başvurmada kayaların ve döküntülerin hızlı birikimiyle oluşur. Bu yapılar, insan yapımı barajlardaki gibi yoğun sıkıştırma süreçlerinden geçmezler (Zhang vd., 2022). Heyelan materyali, doğal yapısı gereği daha gevşek ve yüksek gözenekliliğe sahip olup, bu da bu setlerin kolayca bozulabileceği anlamına gelir (Iverson, 1997). Heyelan malzemeleri, büyüklükleri farklı rastgele dağılmış gözenekler içerir; bu da akış ve taşma süreçlerini karmaşık hale getirir (Zhang vd., 2022). Araştırmacılar, bu tür malzemelerin neden olabileceği problemleri belirlemek için deneysel çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda, heyelan malzemelerinin

gözenek yapılarının mikro ve makro ölçekteki akış özelliklerine olan etkilerini sistemli bir şekilde incelemiştir. (Simoni ve Houlsby, 2006).



Şekil 15. Heyelan set göllerinin bozulma durumları (Zhang vd., 2016'den düzenlenerek)

2.4. Araştırma Konusu ile İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Heyelan set gölleri, temel olarak bir heyelan kütlelerinin hareketi sonucu oluşmaktadır. Bu kapsamda, heyelanlar, heyelan set göllerinin oluşumunu ve evrimini anlamak için ele alınması gereken temel olgular olarak önem taşımaktadır. Son yıllarda, (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri kullanılarak, heyelanların oluşumu, oluşma durumları, duyarlılık analizleri ve oluşum sonrası set tahribatı nedeniyle meydana gelebilecek can ve mal kayıpları gibi afet durumları üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Heyelanlar sadece coğrafya disiplinin değil farklı birçok disiplinin (jeoloji, jeofizik, jeodezi, harita mühendisliği vb.) de inceleme alanı içerisinde olmuş disiplinler arası birçok çalışmaya ve de akademik tezlere konu teşkil etmiştir. Aşağıdaki başlıklarda heyelan set gölleri ile ilişkili olarak yapılmış çalışmalara değinilmiştir.

2.4.1. Ulusal Tezler

Burada heyelanlar ile ilgili olarak Türkiye’de yapılan ulusal düzeydeki lisansüstü heyelan çalışmaları ele alınarak geçmiş dönemden günümüze doğru bir alan yazın analizi yapılmıştır. Bu başlık altında genel anlamda coğrafya disiplinin hazırlamış olduğu heyelan çalışmalarına yer verilmiştir. Bu literatür listesinde heyelanları konu alan ve çevrimiçi olarak tez merkezinde kayıt altına alınan lisansüstü (yüksek lisans ve doktora) çalışmaları incelenmiş olup bu çalışmalar;

Görüm (2006)’ün CBS ve İstatistiksel yöntemler kullanılarak heyelan duyarlılık analizi isimli çalışmasında yazar, Melen Boğazı ve yakın çevresinin coğrafi bilgi sistemleri ve istatistik yöntemler kullanılarak heyelan duyarlılığını tespit etmiştir. Bu çalışmada CBS 1/25.000’lik haritalardan ürettiği veri setleri ile jeomorfolojik analizler yapmış ve bu analizlere göre sahanın heyelan duyarlılığını yorumlamıştır.

Akgün (2007) ’ün araştırmasında, Ayvalık ve çevresindeki 424 kilometrekarelik alanda erozyon ve heyelan hassasiyeti, arazi ölçümleri ve laboratuvar verileri desteğiyle incelenmiştir. Bu çalışmada CBS ve UA teknikleri kullanılmıştır. Analizlerde üç temel veri kaynağına başvurulmuştur: 30 metre çözünürlüklü Landsat TM/ETM+ ve 15 metre çözünürlüklü Aster 3A0 uydu görüntüleri, 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafları ve 1/25.000 ölçekli jeolojik ve topoğrafik haritalardır. Bölgenin heyelan envanteri, 1995 yılına ait hava fotoğrafları ile 1987, 2001 ve 2004 yıllarına ait uydu görüntülerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Dağ (2007) tarafından yapılan çalışmada, Çayeli (Rize) bölgesi ve civarı, istatistiksel analiz yöntemlerine dayanarak heyelan duyarlılığı açısından değerlendirilmiştir. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli bir jeoloji haritası saha gözlemleri ile kontrol edilmiştir. Araştırma alanında, iklimsel faktörlerin ön planda olduğu ve kayaçların yüzeysel ayrışmaya oldukça açık olduğu belirlenmiştir. 23 Temmuz 2002 tarihinde ve sonrasında birkaç gün boyunca yaşanan yoğun ve şiddetli yağışlar sonucu, özellikle aşırı derecede ayrışmış kayaçlarda çok sayıda heyelan aktivitesi gözlenmiştir. Bu heyelan olaylarına dair bir envanter haritası, saha çalışmaları sonucunda oluşturulmuştur. Çalışmada farklı kaynaklardan elde edilen veriler CBS ve UA teknikleri ile değerlendirilmiştir. İki değişkenli istatistiksel analiz

ve mantıksal regresyon yöntemleri ile inceleme alanının heyelan duyarlılık haritaları üretilmiştir. Son olarak üretilen haritaların performans analizleri gerçekleştirilmiştir.

Özdemir (2007)'in gerçekleştirdiği çalışmada, Balıkesir'in Havran Çayı Havzası'ndaki taşkın ve heyelan tehlikeleri CBS ve UA teknikleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu araştırma, havzada olası taşkın ve heyelan risklerini çeşitli senaryolar ışığında analiz ederek, bölgesel risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için bir çerçeve sunmaktadır. Araştırmada, havzanın doğal ve insan kaynaklı etmenlerinin risk oluşumundaki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiş, farklı doğal senaryolar altında risk analizleri yapılmıştır. Çalışma, CBS ve UA tekniklerinin yanı sıra, nicel ve nitel veriler ile desteklenen saha araştırmalarını kapsayan geniş bir coğrafi bakış açısı sağlamaktadır.

Erener (2009) 'in gerçekleştirdiği çalışmada, yerel ve bölgesel ölçeklerde CBS ve UA teknikleri kullanılarak bir heyelan risk değerlendirme metodolojisi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, riskin ana bileşenleri olan tehlike, duyarlılık ve zararın etkileri her bir ölçek düzeyinde niteliksel olarak incelenmiştir. Erener tarafından geliştirilen bu metodoloji, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Bartın iline bağlı Kumluca havzasında 330 km²'lik bir alanda uygulanmış ve test edilmiştir.

Hastaoğlu (2009)'nun gerçekleştirdiği çalışmada, "GPS Hızlı Statik Yöntemi Kullanılarak Heyelanların İzlenmesi: Sivas Koyulhisar Vakası" başlıklı çalışma ile, özellikle heyelan gibi doğal afetlerin izlenmesi için GPS Hızlı Statik yönteminin etkinliğini, bu yöntemin konum belirleme doğruluğu ve GPS'ten alınan hız verileri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu amaçla, Sivas'ın Koyulhisar ilçesinde bulunan bir heyelan bölgesinde, izleme faaliyetleri için toplamda on iki noktadan oluşan bir GPS ağı oluşturulmuş ve bu ağda çeşitli ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Akçalı (2011) 'nın "Heyelan Yağış İlişkisinin Modellenmesi ve Analizi; Trabzon İli Örneği" başlıklı çalışmada, Trabzon'un Türkiye'nin en yağışlı ve heyelan olaylarının sıkça meydana geldiği bölgelerden biri olduğu belirtilmiş ve bu durumun önlem alınmasının önemi vurgulanmıştır. Çalışmada, Trabzon için belirlenen yağış eşiği, erken uyarı sistemi oluşturulmasına yardımcı olacak veri tabanının temelini oluşturmuştur. İstatistiksel verilere dayalı deneysel bir yöntem kullanılarak,

Trabzon'un rezidüel zeminli yamaçlarında yağış eşiği saptanmış ve bu eşiklerin heyelanları tetikleme potansiyeli değerlendirilmiştir.

Demir (2011) 'in yılında yaptığı "Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Niksar-Suşehri Arasındaki Alanın CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi" isimli çalışmada, Kelkit Çayı Vadisi'nde, Niksar'ın güneydoğusu, Reşadiye, Koyulhisar ve Suşehri'nin kuzeybatısını kapsayan yaklaşık 1445 km²'lik bir alanda heyelan duyarlılığı analizi yapılmıştır. Araştırmada 1/25.000 ölçekli jeolojik ve topografik haritalar ana veri kaynakları olarak kullanılmış, heyelan envanter haritaları arazi çalışmaları ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden alınan verilerle hazırlanmıştır. Frekans oranı, lojistik regresyon ve bulanık mantık yöntemleriyle yapılan analizler sonucunda bölgenin heyelan açısından riskli alanları tespit edilmiş ve duyarlılık haritaları oluşturulmuştur.

Küçükönder (2012)'in "Heyelanlara İlişkili Arazi Değişimlerinin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Değerlendirilmesi" isimli çalışmasında Mersin'in Erdemli ilçesi kuzeyinde Gilindirez havzasında, optik ve SAR UA verileri kullanılarak heyelan kaynaklı yüzey değişimleri belirlenmiştir. Bölgede büyük, kalın ve derin kompleks heyelanlar ile bunların içinde yer alan güncel ikincil heyelanlar, çok zamanlı heyelan envanter haritaları ile ortaya konulmuştur. Bölgedeki heyelanların özellikle ofiyolit ve ofiyolitik melanj birimlerinin bulunduğu genç alt havzalarda yoğunlaştığı, CBS ortamında yapılan morfometrik analizlerle gösterilmiştir.

Çellek (2013)'in "Sinop-Gerze yöresinin heyelan duyarlılık analizi" isimli çalışmasında CBS ve UA teknikleri kullanılarak çeşitli kaynaklardan toplanan veriler analiz edilmiş ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) ile bir heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Harita, beş farklı duyarlılık seviyesine göre sınıflandırılmıştır. Literatür incelemesi ve arazi çalışmaları sonucunda, jeoloji, arazi kullanımı, yamaç eğriselliği, eğim, yükseklik, ana yola ve su kaynaklarına uzaklık gibi faktörlerin duyarlılık haritasının oluşturulmasında önemli olduğu tespit edilmiştir. Heyelan yoğunluk değerleri kullanılarak ve belirli parametrelere puan verilerek analitik hiyerarşi analizi ile harita hazırlanmıştır. Çalışma alanının yaklaşık %26'sının yüksek heyelan riski altında olduğu hesaplanmıştır.

Dağdelenler (2013)'in “Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Örneklem ve Doğrulama Stratejilerinin Değerlendirilmesi (Gelibolu Yarımadası'nın Doğu Kesimi)” isimli çalışmasında literatürde heyelan duyarlılık haritalaması için kullanılan örneklem stratejileri ve doğrulama metodları incelenmiştir. Kök hücre örneklem stratejisi ile tüm heyelan kütlesi (yer değiştirme ve birikme alanı) stratejileri kullanılarak oluşturulan modellerin doğrulama indeksleri değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Okalp (2013)'in “Kalitatif ve Yarı-Kantitatif Yöntemlerle Türkiye'nin Heyelan Duyarlılık Çalışması” isimli eserinde herkese açık veri setleri kullanılarak Türkiye genelinde ulusal ölçekte bir heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, kalitatif ve yarı-kantitatif teknikler kullanılarak, iki farklı ölçekte (1:2,000,000 ve 1:500,000) ve iki farklı hücresel çözünürlükte (500 m ve 90 m) Türkiye genelini kapsayan heyelan duyarlılık haritaları oluşturulmuştur.

Canoglu (2014)'nın “Heyelan Duyarlılığı Haritalamasında Yüzey Suyunun Etkisinin Araştırılması: Yenice (Karabük) Havzası Örneği.” Soil Moisture Distribution and Routing (SMDR) modeli ve Frekans oranı analizi kullanılarak, heyelan duyarlılığının alışlagelmiş parametrelerini içeren bütünleşmiş bir yaklaşım geliştirilmiştir. Doygunluk Derecesi İndeksi (SDI), hidrodinamik değişimlerin heyelan duyarlılığı üzerindeki zamansal etkilerini yansıtan yeni bir indeks olarak tanıtılmıştır. Heyelan duyarlılığı çalışmalarında su etkisi, genellikle Topoğrafik Nemlilik İndeksi (TWI) ile ifade edilmektedir. Bu yeni zamansal-mekânsal yaklaşım, Yenice Havzası'nda, Derebaşı Heyelanı'nın oluşumundaki toprak doymunluğunun tetikleyici rolünü analiz etmek için kullanılmıştır.

Tetik Biçer (2017)'in “Heyelan Risk Haritalaması Üzerine Yarı Sayısal Bir Değerlendirme” isimli çalışmasında Kahramanmaraş Merkez ilçesinde heyelan risk değerlendirmesi yapılmış olup, seçilen parametreler ve yöntemler bilimsel literatüre dayandırılmıştır. 1990 ile 2016 yılları arasındaki çalışmalarda en sık kullanılan parametrenin yamaç eğimi olduğu belirlenirken, diğer önemli parametreler arasında litoloji, bakı, topoğrafik yükseklik, drenaj özellikleri, arazi kullanımı, eğrisellik, tektonik unsurlara uzaklık ve NDVI yer almaktadır. Ayrıca, 2015 ve 2016 yıllarında incelenen 106 güncel çalışmada, en yaygın kullanılan analiz yöntemlerinin Lojistik

Regresyon (LR), Frekans Oranı (FR) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) olduğu tespit edilmiştir. Bu parametreler ve yöntemler kullanılarak Kahramanmaraş Merkez ilçesinin heyelan duyarlılık haritaları oluşturulmuştur.

Zeybek (2017)'in "Yüksek Çözünürlüklü Topoğrafik Veriler Yardımıyla Heyelanların İzlenmesi" isimli çalışmasında yüksek çözünürlüklü topoğrafik veriler kullanılarak heyelan izleme ve tespit çalışmaları, 3B analizlerle gerçekleştirilmiştir. İnsansız hava araçları (İHA), yersel ve mobil lazer tarama (YLT ve MLT) gibi yöntemlerle elde edilen yoğun nokta bulutları birleştirilmiş, düzenlenmiş, filtrelenmiş ve enterpolasyon uygulanmıştır. Ayrıca, deformasyon analizleri yapılarak heyelan izleme süreçleri yürütülmüştür. Bitki örtüsünün filtrelenmesi, sayısal arazi modelleri için enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması, yer değişimlerinin ve hacimsel hesaplamaların yapılmasıyla heyelanların özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Bayık (2018)'in 'Çok Zamanlı ve Çok Frekanslı SAR-GNSS Verileri ile Heyelanların Araştırılması' isimli çalışmasında, heyelanların doğal afetlerin önemli bir bileşeni olduğu ve belirlenmeleri ile izlenmelerinin hayati önem taşıdığı vurgulanmıştır. Bu çalışmada, Beylikdüzü-Esenyurt bölgesinde artan aktiviteler nedeniyle meydana gelen heyelanlar InSAR tekniği kullanılarak tespit edilmiş ve elde edilen veriler, GNSS ölçümleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmada, heyelanın mevcut durumu ve zaman içindeki hareketlerinin izlenmesi için farklı dönemlerdeki koşulların (alansal genişlik, hareket hızı, yüzey topografyası, yağış miktarı, toprak nemi) karşılaştırılması yapılmıştır."

Cihangir (2018)'in 'Kelkit Çayı Vadisinde (Umurca-Koyulhisar Arası) Heyelan Riskinin Belirlenmesi' isimli çalışmasında, Kelkit Çayı Vadisi'nin Umurca-Koyulhisar arasındaki bölümünün, Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisi altında keskin litolojik geçişler, yüksek topoğrafik röliye ve eğime sahip olduğu belirlenmiştir. Bu özelliklerin, bölgenin iklim ve tektonik koşulları ile birleşerek vadiyi kütle hareketlerine karşı hassas kıldığı vurgulanmıştır. Tez çalışmasında, bölgedeki heyelanların nedenleri, tetikleyici faktörleri ve gelişimi jeomorfolojik bir perspektifle incelenmiş; ayrıca, Kelkit Vadisi'nin aşağı kesiminde gelecekte meydana gelebilecek heyelan kaynaklı zararların azaltılması hedeflenmiştir.

Çavuş (2018)'un "Erkilet Taşhan Mahallesi (Kocasinan\Kayseri) Heyelanının Coğrafi Analizi" isimli çalışmasında Taşhan Mahallesi'nin heyelan analizi coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak coğrafi bir bakış açısı ile değerlendirilmiştir.

Çömert (2018)'in 'İnsansız Hava Aracı Verilerinden Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımı ile Sığ Heyelanların Tespiti' adlı çalışmasında, İHA ile veri toplama ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak heyelan envanteri oluşturulmasının, diğer yöntemlere göre hız ve maliyet avantajı sağladığı vurgulanmıştır. Bu çalışma, Karadeniz Bölgesi'nde ani yağışlar sonucu oluşan heyelanlar, İHA ile toplanan veriler kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile hızlı bir şekilde haritalanmıştır. Araştırma için Bartın - Kurucay ile ve Rize - Çayeli bölgeleri seçilmiş, bu alanlarda geliştirilen haritalama modelleri test edilmiş ve başarıları değerlendirilmiştir. Modellerle elde edilen heyelan haritaları, uzmanlar tarafından üretilen haritalarla sayısal ve alansal olarak karşılaştırılmıştır.

Eker (2018)'in "Heyelan ve Kar Kaynaklı Doğal Afetlerin İzlenmesi ve Haritalanmasında Modern Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanılması" isimli çalışmasında İHA sistemleri, hava ve yersel lazer tarama sistemleri, Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) interferometri (InSAR) ve optik sayısal fotogrametri gibi modern UA teknikleri, Türkiye, Avusturya ve İsviçre'deki beş farklı çalışma alanında heyelan ve kar/çığ analizleri için kullanılmıştır. Avusturya'da Gallenzerkogel ve Gschliefgraben, Türkiye'de Himmetoğlu ve Devrek bölgelerinde heyelan çalışmaları yapılmış, İsviçre'deki Dischma vadisinde ise kar derinliği haritalaması ve kar erimesi takip edilmiştir.

Çırak (2019)'ın "Babadağ (Denizli) Heyelan Afeti ve Coğrafi Etkileri" isimli çalışmasında öncelikle çalışma alanı için bir heyelan envanteri oluşturulmuştur. Ardından, arazi gözlemleri yapılarak heyelanı tetikleyen faktörler incelenmiş ve bu veriler heyelan duyarlılık analizine dahil edilmiştir. AHP yöntemi kullanılarak Babadağ ilçesinin heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirilmiş, ayrıca eğim ve yükseltinin arazi kullanımı ve arazi kabiliyet sınıfları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Fidan (2019)'ın "Türkiye'deki Ölümüne Sebep Olan Heyelanların CBS ile Değerlendirilmesi" isimli çalışmasında internet ve yazılı medya araçları kullanılarak Türkiye'deki ölümcül heyelanlar tespit edilmiş ve "Türkiye Ölümcül Heyelan Arşiv

Envanteri" CBS ortamında oluşturulmuştur. Bu envanter sayesinde, ölümcül heyelanların Türkiye'deki mekânsal ve zamansal dağılımı ile hazırlayıcı koşullar ve tetikleyici faktörler analiz edilmiştir. 1929-2018 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen 357 heyelan olayında 1291 kişi hayatını kaybettiği vurgulanmıştır.

Kaçka (2019)'nın 'Karamürsel (Kocaeli) Güneyi ve Güneybatısındaki Heyelanların Sismik Deformasyon Analizi' isimli çalışmasında, Kocaeli'nin Karamürsel ilçesine bağlı Oluklu, Hayriye, İhsaniye ve Yalakdere köylerinde yerleşim alanlarını, yolları ve tarım arazilerini etkileyen toplam 38 heyelan incelenmiştir; bunlardan 12'sinin duraklamış, 26'sının ise aktif durumda olduğu belirlenmiştir. Bu heyelanların, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile ilişkili ikincil fay hatlarının yakınında, dere yataklarının yanındaki yamaçlarda, Eosen ve Kretase dönemlerine ait fliş bölgelerinin ayrışma alanlarında ve Pliyosen dönemi çökellerinde olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen heyelanlar için yapılan detaylı arazi çalışmaları sonucunda, 1/25.000 ölçekli topografik haritaları kullanılarak heyelan envanteri ve duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

Sayın (2019)'ın "Van Gölü Havzasının Doğusunda Heyelan Duyarlılık Analizi" isimli çalışmasında Heyelan duyarlılığı haritası oluşturulması ve değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, heyelan yoğunluğu yüksek olan Van ilinin kuzeyi seçilmiştir. Yapılan analizlerde, yükselti, eğim, bakı, yamaç eğriselliği, ana faylara yakınlık, akarsu aşındırma gücü, arazi örtüsü, litoloji ve toprak parametreleri gibi faktörler, mevcut heyelan envanter haritasına göre incelenmiş ve parametre haritaları yeniden sınıflandırılmıştır. Bu parametrelerden haritalar üretilmiş ve arazi çalışmalarıyla doğrulanmıştır. Sonrasında, her bir parametre için frekans oranları hesaplanarak heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir.

Tekin (2019)'ın 'Göksu Nehri Havzasının CBS Tabanlı Jeomorfometrik Analizi ve Niceliksel Heyelan Olası Tehlike Değerlendirmesi' isimli çalışmasında, akarsu havzalarının iklim, jeoloji, hidroloji ve biyolojik çeşitlilik gibi yeryüzünü şekillendiren temel doğal süreçlerde kritik rol oynadığı belirtilmiştir. Bu çalışmada, 11.213 km² büyüklüğündeki Göksu Nehri havzasında, hidrolojik süreçlerin incelenmesi amacıyla jeomorfometrik analizler ve nicel heyelan tehlike değerlendirmeleri yapılmıştır.

Havzada, özellikle kayma ve kaya düşmesi türündeki heyelanların yaygın olduğu ve ciddi sosyal ve ekonomik zararlara neden olduğu tespit edilmiştir.

Zorba (2019)'nın “Devrez Çayı Havzası'nın Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Yardımıyla Taşkın ve Heyelan Risklerinin Belirlenmesi” isimli çalışmada Devrez Çayı havzasında, AHP kullanılarak taşkın ve heyelan riski taşıyan alanlar tespit edilmiştir. Bu çalışmada, Kızılırmak Nehri'nin büyük bir kolu olan ve Çankırı, Kastamonu, Çorum illerini kapsayan Devrez Çayı havzasına odaklanılmaktadır. Çalışmaya bu illerden Çankırı'nın Kurşunlu ve Ilgaz, Kastamonu'nun Tosya ve Çorum'un Kargı ilçeleri dahil edilmiştir.

Akın (2020)'ın 'Trabzon-Ortahisar İlçesi Güneyindeki Heyelanlı Alanların Zemin Özelliklerinin Aktif ve Pasif Yüzey Dalgası Yöntemleriyle İncelenmesi' isimli çalışmada, jeofizik yöntemler Trabzon'un Ortahisar ilçesine 10 km mesafedeki çalışma alanında zeminlerin statik ve dinamik yükler altındaki davranışlarını ve zemin-yapı etkileşimini belirlemek için kullanılmıştır. Yüzey dalgası tekniklerinin aktif ve pasif formlarıyla, kesme dalgası hızları, zeminin baskın periyotları ve büyütmeleri ile anakaya derinliği tespit edilmiştir. Ayrıca, tek istasyon mikrotremor analizleri ve Rayleigh dalgası eliptikliği üzerinden yapılan ters çözümleme sonuçları, zemin kayma gerilmeleri gibi heyelan duyarlılığına etki eden faktörlerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Yöntemlerin doğruluk ve güvenilirlik açısından karşılaştırılması yapılmıştır.

Derin Cengiz (2020)'in “Farklı Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemlerinin Heyelan Duyarlılığı Haritalamalarındaki Etkinliğinin Araştırılması” isimli çalışmada heyelan duyarlılık haritalarının geliştirilmesi için Muğla'nın Seydikemer ilçesinde yaklaşık 300 km²'lik bir alanda veri tabanlı bir model üzerinde çalışılmıştır. Bölgenin güncellenmiş heyelan envanter haritası, CBS'ye taşınmış ve topoğrafik yükseklik, yamaç eğimi gibi on farklı çevresel faktör dikkate alınarak parametre haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca, heyelan riskini daha objektif bir şekilde değerlendirmek amacıyla, AHP bulanık mantık entegre edilmiş ve bu yeni yöntem (FR-AHP) ile analizler yapılmıştır.

Saygın (2020)'in “Orta Karadeniz Koşullarında CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Modeli Oluşturulması ve Model Geçerliliğinde Nokta Koordinat

Değişimlerinin İzlenmesi ve Analizi” isimli çalışmasında Samsun'un İlkadım İlçesi'nde 1522.8 hektarlık bir alanda yapılan toprak araştırmasında, 10 farklı toprak serisi tanımlanıp entisol, inceptisol ve vertisol olarak sınıflandırılmıştır. Toprakların fiziksel, kimyasal, mineralojik ve morfolojik özellikleri incelenmiş, çoğunda montmorillonit tipi kil minerallerinin hakim olduğu görülmüştür. Arazi eğimi, kullanımı, derinlik, jeoloji, yapı, geçirgenlik, aktivite ve erozyon riski gibi sekiz faktör incelenmiş ve bu faktörlere dayanarak CBS ile haritalar oluşturulmuştur. AHP kullanılarak faktörlere ağırlıklar verilmiş ve doğrusal kombinasyon tekniği ile bölgenin heyelan duyarlılık haritası dört farklı risk sınıfını gösterir şekilde çıkarılmıştır.

Taşkanat (2020)' ın “Evrimsel Algoritmalar Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi” isimli çalışmasında heyelan duyarlılık haritaları oluşturulurken kullanılan faktörlere dair bir parametrik analiz yapılmıştır. Başlangıçta, 100'den fazla atıf alan ve 2019'a kadar yayımlanmış çalışmalar incelenerek, bu çalışmalarda hangi faktörlerin sıklıkla tercih edildiği belirlenmiştir. Ardından, 2019 yılına ait 100 yayın daha detaylı incelenmiş ve eğim faktörünün en yaygın kullanılan parametre olduğu tespit edilmiştir. Kayseri'nin Özvatan ilçesinde yapılan çalışmada, heyelan duyarlılık haritalarının iyileştirilmesi için Yapay Sinir Ağlarına (YSA) dayalı modellere evrimsel algoritmalar entegre edilmiştir; bu algoritmalar arasında Geri İzleme Algoritması (BSA), Bernstein Arama Diferansiyel Gelişim (BSD) Algoritması, Diferansiyel Gelişim (DE) Algoritması, Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve Ağırlıklandırılmış Diferansiyel Gelişim (WDE) bulunmaktadır. Çalışma için 13 farklı faktör kullanılmış ve oluşturulan haritaların doğruluk analizi İşlem Karakteristik Eğrisi (ROC), Eğri Altında Kalan Alan (AUC), Karesel Ortalama Hata (KOH), Ortalama Mutlak Hata (OMH) gibi ölçütlerle değerlendirilmiştir. Bu modeller arasında, YSA'nın başlangıçta %49,63 olan doğruluk oranı WDE-YSA modeliyle %72,82'ye kadar iyileştirilmiştir.

Taşoğlu (2020)'nın “Devrek İlçesinin (Zonguldak) YSA ile Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi” isimli çalışmasında Devrek İlçesi'nin heyelan duyarlılığı, YSA kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, ilçe sınırları içindeki 952,5 km²'lik alan üzerinden 115 aktif heyelan tespit edilmiş ve bu alanın %2'si, yani 20,6 km², heyelan bölgesi olarak saptanmıştır. İlk olarak, heyelan envanterinde belirlenen

alanlar veriye dönüştürülerek analiz için hazırlanmıştır. Analizde, toprak tipleri, litoloji, fay hatlarına ve akarsulara olan mesafeler, drenaj yoğunluğu ve çeşitli topoğrafik özellikler dahil olmak üzere toplam 21 farklı parametre kullanılmıştır. Bu parametreler, beş ana grup altında toplanmış ve her grup, Bayesian Regularization Backpropagation (BR) ve Scaled Conjugate Gradient Backpropagation (SCG) eğitim algoritmaları ile ayrı ayrı eğitilmiştir. Model eğitimi için, toplamda 500 örnek alan belirlenmiş, bunların yarısı heyelan alanlarından, diğer yarısı heyelan olmayan sahalardan seçilmiştir. Eğitilen ağlar, sunulan veri setinin %70'ini eğitim, %15'ini test ve %15'ini doğrulama amaçlı kullanarak performanslarını sergilemiştir.

Uçar (2020)'ın “Zaman Atlamalı Elektrik Özdirenç Yönteminin (tl-ERT) Heyelan Aktivitesinin Modellenmesinde Kullanımı: Batı Antalya'dan Örnek Uygulamalar” isimli çalışmasında Antalya'nın Kemer-Kumluca bölgesinde, heyelan riskine karşı duyarlı olan alanlarda, çok elektrotlu elektrik özdirenç görüntüleme (ERT) yöntemi kullanılarak zaman atlamalı ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerle, ERT değerlerindeki zamanla değişimler izlenmiş ve analiz edilmiştir. Çalışma, Kumluca-Altinyaka-Antalya yolunun 52. kilometresinde, Üçoluk bölgesinde belirlenen iki potansiyel heyelan alanında uygulanmıştır.

Kadakci Koca (2021)'nin “Manisa ilinin Akhisar ilçesindeki Çağlayan Barajı Göl Alanındaki Heyelanların Çok Zamanlı Stabilitésinin İncelenmesi” isimli çalışmasında yerinde yapılan jeoteknik ve jeofizik çalışmalar, statik ve dinamik laboratuvar testleri, zaman serisi hava fotoğrafları üzerinden fotogrametrik analizler, stereografik projeksiyon ve nümerik modelleme teknikleri bir arada kullanılarak heyelan hacminin doğruluğu artırılmıştır. Fotogrametrik çeşitli yöntemlerin birleştirilmesi önerilmiştir. 1953 ve 2017 yılları arasında tekrar etkinleşen kütle hareketlerinin, daha önceki küçük ölçekli olayların tekrarları olduğu ve tetikleyici faktörlerle yakın ilişkili olduğu saptanmıştır. Kaya kütlesi ve süreksizliklerin yeniden değerlendirilmesi için sonlu elemanlar metodu (FEM) ile jeoteknik şev analizlerine yeni bir bakış açısı getirilmiş, gelecekteki şev duraylılığı senaryoları için deterministik analizler yine FEM ile gerçekleştirilmiştir.

Koç (2021)'un 'Kahramanmaraş ilindeki Erkenez Havzası Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi' isimli çalışmasında, Erkenez Havzası'nın Kahramanmaraş'taki

heyelan olaylarının sık görüldüğü bölgelerden biri olduğu belirlenmiştir. Bu havzada, heyelan envanteri temel alınarak çok değişkenli haritalama birimlerini değerlendiren GISMatrix modeli kullanılarak heyelan duyarlılık analizi yapılmıştır. Modelde, sayısal yükseklik, heyelan envanter haritası, litolojik birimler, arazi kullanımı, eğim, yön, topoğrafik nem indeksi ve normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi gibi çeşitli parametreler dikkate alınmıştır.

Tezel (2021)'in “Beşikdüzü (Trabzon) Yöresi Heyelan Tehlike Analizleri” isimli çalışmasında Google Earth uydu görüntüleri kullanılarak ilk olarak heyelan bölgelerinin envanter haritası çıkarılmış ve ardından saha çalışmaları ile bu bölgeler denetlenmiştir. Çalışma alanından toplanan 11 farklı heyelan lokasyonundaki zemin örnekleri üzerinden yoğunluk, kıvam limitleri ve kayma direnci gibi parametreler incelenmiştir. Harita Genel Müdürlüğü'nün 1:25.000 ölçekli sayısal topoğrafik haritaları temel alınarak, CBS ile 10 m çözünürlüklü bir sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuş ve bu modelden ikincil topoğrafik veriler elde edilmiştir. Yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınarak, yağışa bağlı heyelanların zaman içindeki tekrarlanma olasılıkları ve alansal dağılımları istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Fiziksel temelli Shalstab modeli ile yapılan duyarlılık değerlendirmeleri, Lojistik Regresyon ve Destek Vektör Makineleri yöntemleri ile üretilen duyarlılık haritalarıyla karşılaştırılmıştır.

Yüregir (2021)'in “Kirazlık (Gümüşhane) Heyelanından Kaynaklanacak Olası İtki Dalgalarının Torul Baraj Gölündeki Yayılımının Değerlendirilmesi” isimli çalışmasında Torul Barajı'nın rezervuarını çevreleyen yamaçlardan kaynaklanabilecek kütle hareketleri sonucu oluşacak itki dalgalarının, rezervuar içindeki dalga yüksekliği, hızı ve karşı kıyı ile baraj gövdesine ulaşma süreleri farklı senaryolar altında değerlendirilmiştir. Bu etkiler, çeşitli deneysel formüller ve iki boyutlu nümerik analizlerle hesaplanmıştır. DSİ 22. Bölge Müdürlüğü'nün paleo-heyelanlar üzerine yaptığı sondaj temelli jeolojik ve jeoteknik çalışmalar incelenmiştir. Ayrıca, heyelan malzemesinin yatay ve dikey devamlılığını ve özelliklerini anlamak için jeofizik ölçümler yapılmış, araştırma çukurlarından alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan deneylerle malzemenin indeks ve dayanım özellikleri belirlenmiştir.

Ersayın (2022)'ın “Heyelan Duyarlılığı Analizine Bir Örnek: İyidere Havzası (Rize)” isimli çalışmasında İyidere Havzası'ndaki heyelan duyarlılık durumunu ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma sürecinde, havzaya özgü bir orta ölçekli heyelan envanteri oluşturulmuş ve 15 çevresel faktör (litoloji, toprak yapısı, yükselti, bakı, eğim ve diğerleri) detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, istatistiksel yöntemler ve makine öğrenmesi teknikleri ile değerlendirilerek heyelan duyarlılık haritaları üretilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, havzanın yaklaşık dörtte birinin yüksek heyelan riski taşıdığı belirlenmiştir ve bu alanların genellikle havzanın alt kısımlarında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Heyelan riski yüksek olan bölgelerdeki faaliyetler için detaylı değerlendirmeler yapılması ve düşük riskli alanların tercih edilmesi önerilmektedir.

Kadı (2022)'nın “Heyelanların Jeodezik Deformasyon Analizleriyle Araştırılması: Trabzon-Esiroğlu Örneği” isimli çalışmasında, jeodezik ve jeofiziksel ölçüm yöntemleri bir arada kullanılarak kütle hareketleri izlenmiş ve değerlendirilmiştir. Özellikle sismik kırılma ve elektrik öz direnç gibi jeofizik yöntemler kullanılarak başlanmış, ardından jeodezik ölçümler yapılmıştır. Ağ-RTK ölçüm yöntemi ile iki periyotluk topoğrafik alım ve statik ölçüm yöntemi ile bir deformasyon ağı kurularak toplam beş periyot boyunca hareketler takip edilmiştir. Her periyodun sonuçları serbest ağ dengelemesiyle değerlendirilmiş ve dinamik deformasyon modelleri aracılığıyla yağış miktarı gibi parametrelerle hareketler modellenmiştir. Tüm ölçüm ve modelleme yöntemlerinin birbirleriyle uyumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, kaya düşmesi risk analizinin yerleşim yerlerindeki konutların %80'inin ve çeşitli tarım alanlarının ve yolların risk altında olduğunu ortaya koyduğu belirlenmiştir.

Kaya Topaçlı (2023)'nın “Havza Ölçeğinde Heyelandan Kaynaklanan Zararların Azaltılmasına Yönelik Metodoloji ve Yöntemlerin Geliştirilmesi (Bolaman Mikro Havzası, Ordu)” isimli çalışması Bolaman Çayı Alt Havzası'nda, Ordu'nun Fatsa ilçesine bağlı Bolaman Havzası'nda, heyelan zararlarını azaltma yöntem ve metodolojilerini geliştirmeyi amaçlamıştır. Bölgenin heyelan envanter haritası çıkarılmış ve heyelan duyarlılık haritaları Lojistik Regresyon ve Rastgele Orman yöntemleri ile oluşturulmuştur. Heyelan tehlike haritaları, yağış gibi tetikleyici faktörlerin Genelleştirilmiş Uç Değer dağılımı analizi ve Pearson 5 olasılık yoğunluğu

fonksiyonu kullanılarak değerlendirilmiştir. Alan-hacim ve hacim-yayılma ilişkileri ampirik olarak incelenerek risk altındaki unsurlar belirlenmiş ve uzmanlar tarafından hasar dereceleri puanlandırılmıştır. İki farklı metodoloji ile risk haritalarının hazırlandığı belirtilmiştir: birincisinde tehlike ve hasargörebilirlik haritalarının çarpımı kullanılmış, ikincisinde ise Mamdani Bulanık Mantık yöntemi uygulanmıştır. Sonuç olarak, hazırlanan risk haritaları üzerinden, yüksek riskli bölgelere yönelik ekonomik ve çevre dostu stabilizasyon tekniklerinin önerildiği tespit edilmiştir.

2.4.2. Uluslararası Tezler

Nash (2003)'ın *“Engineering Geological Assessment of Selected Landslide Dams Formed from the 1929 Murchison and 1968 Inangahua Earthquakes”* 1929 Murchison ve 1968 Inangahua Depremlerinden Oluşan Seçilmiş Heyelan Barajlarının Mühendislik Jeolojik Değerlendirmesi isimli çalışmasında Yeni Zelanda'nın Güney Adası'nın kuzey kesiminde 1929 Murchison ve 1968 Inangahua depremlerinden oluşan 26 bozulan ve bozulmadan varlığını devam ettiren heyelan set göllerinin (Murchison veri seti) özelliklerini araştırmıştır. Veri seti, mühendislik jeolojisinde haritalama, saha araştırmaları, hava fotoğrafçılığının yorumlanması ve mevcut literatürün gözden geçirilmesi ile derlenmiştir. İncelenen heyelan set gölleri, setin uzun süre sonra gelişimini (veya 'evrimini') doğru bir şekilde tahmin etme durumlarını değerlendirmek için mevcut analiz teknikleri uygulanmıştır.

Atallah (2013)'ın 'An Investigation of The Origin Of Rock City and Cause of Piping Problems at Mountain Lake, Giles County, Virginia' (Kaya Kenti'nin Kökeni ve Dağ Gölü, Giles, Virginia'daki Taşma Sorunlarının Nedeninin Araştırılması) isimli çalışmasında, Mountain Gölü ele alınmıştır. Bu göl, Virginia eyaletindeki iki doğal gölden biri olup, kökeni tam olarak belirlenememiştir. Araştırmacı, gölün oluşumu ile ilgili farklı varsayımlar üzerinde durmaktadır. Gölün, ya doğal bir çökme havzasında ya da kuzeybatıdan akan Gölet Drenajı vadisinin bir heyelan tarafından set oluşturulması veya kuzeybatı-güneydoğu doğrultusundaki bir fay çizgisinden kaynaklanan kırıklar sonucu oluştuğu varsayılmaktadır. Gölün, daha geniş bir vadinin ve bir antiklinalin kuzeybatı tarafında hafif eğimli bir sırtın parçası olarak konumlandığı belirtilmiştir. Son zamanlarda gölün neredeyse tamamen boşaldığı, tabanının görünür hale geldiği ve kuzeydoğu ile kuzeybatı kıyılarında düden benzeri

dört farklı çöküntü ve su çıkışı olan alanların belirlediği gözlemlenmiştir. Bu çalışma, 'Kaya Kenti' olarak bilinen bölgedeki gölün kuzey ucunda bulunan büyük kumtaşı bloklarının muhtemel kökenine odaklanmış, blokların yerleşimlerinin haritalandırılması ve maruz kaldıkları yer değiştirmenin boyutunun analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Ling (2015)'in "*Landslide damming in Western Sichuan Province, China, with special reference to the 1786 Dadu River and 1933 Diexi events*" 1786 Dadu Nehri ve 1933 Diexi Olaylarına Özel Atıfta Bulunarak Çin'in Batı Sichuan Eyaletindeki Heyelan Set Gölü isimli çalışmasında heyelanlar ve heyelan set gölü olayları çeşitli süreçler tarafından tetiklenebilir ve ayrıca yıkıcı hasarlara neden olabildiği konusu vurgulanmıştır. Tarihi belgeler ve CBS yardımıyla, yeni veri ve bilgiler elde etmek için Batı Sichuan'daki tarihi heyelan set gölleri araştırılmıştır. Bu çalışma Çin'deki heyelanlara ve heyelan set göllerine geniş yer verilmiştir. Bu olayların zararları ve dağılımı incelenerek, heyelanları tetikleyen faktörler, heyelan set göllerinin uzun ömürlülüğü de kısaca ele alınmıştır. 1786 Dadu Nehri, 1933 Diexi, 1967 Tanggudong ve 2008 Tangjiashan vakaları dahil olmak üzere Sichuan'daki birkaç büyük toprak kayması sonucu oluşan heyelan set gölleri olayı örnek olarak incelenmiştir.

Wetherell (2018)'in 'Quantifying Sedimentation Patterns of Small Watersheds In The Central Oregon Coast Range Using Landslide-Dammed Lakes' (Heyelan Set Gölleri Kullanılarak Orta Oregon Sahil Sıradağlarındaki Küçük Havzaların Sedimentasyon Modellerinin Ölçülmesi) isimli çalışmasında, Orta Oregon Sahil Sıradağları'ndaki heyelan set göllerinde yapılan araştırmaların, bu göllerin kaynak alanlarındaki akıntılarda 250 yıla kadar uzanan detaylı sedimentasyon örüntülerini koruduğu gösterilmiştir. Çalışmada, hem insan kaynaklı hem de doğal etkilerin tortu birikim oranlarını artırdığı ve bu değişikliklerin yüksek çözünürlüklü kömür stratigrafisi ve hava fotoğrafları aracılığıyla tortul kayıtlarda mekânsal ve zamansal olarak fark edilebilir olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, heyelan set gölüne düşen ve su altında kalan köknar ağaçlarında dendrokronoloji yöntemi kullanılarak heyelanın tarihinin belirlendiği tespit edilmiştir.

2.4.3. Ulusal Makaleler

Türkiye’de başta coğrafyacılar olmak üzere yerbilimciler sıklıkla heyelanları konu alan çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar;

Beret (1955)’in “Sera Heyelanı” adlı çalışmasında, 21 Şubat 1950 tarihinde Trabzon’un Akçaabat ilçesine bağlı Yıldızlı Mahallesinde, Yıldızlı Deresi vadisinde meydana gelen büyük bir heyelan olayı ele alınmıştır. Bu heyelan neticesinde vadi içerisini tıkayan setin gerisinde 6 milyon m³ suyun biriktiği bir heyelan set oluşmuştur. Bu birikim 10 Mart 1950 tarihine kadar heyelan setinin tepe noktasından suyun taşması ve set kütlesinin altından çıkışlar verene kadar devam etmiştir. Son olarak 4 km uzunluğunda en geniş yerinin 150 m olduğu bir heyelan set gölü meydana gelmiştir.

Akkan ve Gürgen (1993)’in “Gaga Gölü (Ordu)” isimli çalışmasında Gaga Gölü’nün oluşumu, Ordu’da gerçekleşen bir heyelan sonucu meydana gelmiştir. Bolaman Çayı ile Yassıtaş mevki arasında yaklaşık 6 km²’lik alanda, Üst Kretase dönemine ait flişler (kalker, kumtaşı, marn, kil, aglomera, tüfit) kuzeydoğu yönüne doğru yaklaşık 25° eğimle kaymış ve oldukça engebeli bir yüzey oluşturmuştur. Bu bölgede birçok göl oluşmuş; ancak çoğu zamanla kurumuş veya insan müdahalesiyle kurutulmuştur. Gaga Gölü ise, Karadeniz Bölgesi’nde sıkça rastlanan tipik heyelan setti göllerine benzemeyen bir yapıdadır. Göl, heyelan enkazının ön kısmında kalan ve karşı tarafında yapısal bir yükseltinin bulunduğu çukur alanın su toplanmasıyla oluşmuştur.

Akkan vd., (1993)’nin “Uzungöl” isimli çalışmasında Uzungöl’ün oluşumunda temel rol, gölün kuzey tarafındaki eski bir heyelan kütlesi oynamış olabilir. Bölgenin nemli iklimi sebebiyle bu heyelanın orijinal kopma noktası ve heyelan materyalinin izleri büyük oranda yok olmuştur. Göl havzasını meydana getiren ve şu anda Haldizan Deresi tarafından ayrıştırılmakta olan doğal set içerisinde bulunan iri, köşeli taş bloklar, muhtemelen bu heyelanın kalıntılarıdır. Ancak, göl havzasının şimdiki şeklini almasında asıl belirleyici faktör, heyelan kütlesini kaplayan ve Haldizan Deresi’nin güney yamacında oluşan alüvyon konisidir. Uzungöl, bu birikinti konisinin arkasında kalan doğal bir set gölü olarak formunu almıştır.

Doğu vd. (1994)’in ‘Borabay Gölü (Amasya)’ isimli çalışmasında, Borabay Gölü’nün üst kısmında, 1300-1400 metre yüksekliklerde genişleyen bir aşınım

yüzeyinin, Çatağın Dere adı verilen Borabay Deresi tarafından derinlemesine kesilerek bir vadi oluşturduğu belirtilmiştir. Bu vadide, yamaç eğimi %80'e varan kesimlerde birçok yan derenin bulunduğu tespit edilmiştir. Vadide, Kaleboynu Tepe ile Ardıç Boğazı arasındaki bölgede meydana gelen bir heyelanın, vadinin kuzey yamacında kayan topraklarla dolarak tıkanmaya neden olduğu belirlenmiştir. Bu topografik değişikliklerle oluşan çukurlukta biriken sular sonucunda Borabay Gölü'nün meydana geldiği ifade edilmiştir.

Zeybek (2002)'in 'Sinan (Zinav) Gölü (Reşadiye / Tokat)' isimli çalışmasında, gölün oluşum bakımından bir heyelan set gölü olduğu belirtilmiştir. Gölün oluşumunda rol oynayan heyelana, marn, çamurtaşı, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmasına sahip formasyonun yol açtığı ifade edilmiştir. Bu formasyonun Üst Mestrihtien ve Alt Paleosen yaşlı olduğu belirtilmiştir. Gülen deresinin batı yamacında meydana gelen heyelanlar sonucu kopan kütlelerin doğuya doğru kaydığı ve akarsuyu da doğuya doğru ittiği tespit edilmiştir. Akarsuyun bu hareketine bağlı olarak vadinin doğu yamacının alttan aşınarak oyulduğu ve doğu yamaçtan daha büyük bir heyelanın gerçekleştiği belirtilmiştir. Bu heyelan ile akarsu yatağının tıkanarak Zinav Gölü'nün oluştuğu tespit edilmiştir.

Hoşgören ve Ekinci (2004)'nin 'Heyelan Seti Göllerine Tipik Bir Örnek: Sünnet Gölü' isimli çalışmasında, Sünnet Gölü'nün tipik bir heyelan set gölü olduğu belirtilmiştir. Gök Dere Vadisi'nin karşılıklı yamaçlarında meydana gelen ve yazarlar tarafından 'Sünnet Heyelanları' olarak adlandırılan heyelanlar sonucunda, vadi içindeki suların heyelan setinin arkasında birikmesiyle bir heyelan set gölü oluştuğu ifade edilmiştir.

Kopar ve Sever (2008)'in 'Karagöl (Borçka-Artvin)' isimli çalışmalarında, Karagöl heyelan gölünün, güneydeki Karaşalvar Tepe (2333 m) ile bölgenin en yüksek noktası olan Verketil Tepe (2429 m) arasında yer alan tepelik bir alanda meydana geldiği belirtilmiştir. Yamaçtan kopan binlerce tonluk materyalin, eğimli bir yatak boyunca hızlanarak güneyden kuzeye doğru akan Savgule Vadisi'ni tıkadığı ifade edilmiştir. Bu heyelanın, Savgule Deresi'nin yakınında oluşturduğu set üzerinde, 1480 metre yükseklikte, en derin noktası 25 metre olan ve toplamda yaklaşık 50,000 m²'lik alana yayılan iki gölün, biri büyük diğeri küçük, oluştuğu tespit edilmiştir.

Duman (2009)'ın 'Türkiye'nin En Büyük Heyelan Barajı: Tortum Heyelanı' isimli çalışmasında, devasa Tortum heyelanının Tortum Nehri'ni tıkararak 8500 m uzunluk, 2500 m genişlik ve 6.77 km² yüzey alanı ile Türkiye'nin en büyük heyelan set gölünü oluşturduğu belirtilmiştir. Tortum Vadisi'ndeki dik yamaçlar boyunca geniş ve derin yerleşimli heyelanların yaygın olduğu ifade edilmiştir. Erzurum'un 90 km kuzeyinde yer alan Tortum heyelanının, bölgedeki tipik örneklerden biri olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, Tortum heyelanının özellikleri, yaşı, olası nedensel faktörleri, tane boyutu dağılımı ve çevresel etkileri ile heyelan seti ve gölün hacmi araştırılmıştır.

Bayrakdar ve Görüm (2012)'ün 'Yeşil Göl Heyelanının Jeomorfolojik Özellikleri ve Oluşum Mekanizması' isimli çalışmasında, Türkiye'nin Batı Akdeniz bölgesinde, Akdağ Kütlesi'nin doğu yamacında, 2000 metre yüksekliklerde meydana gelen bir heyelanın gerisinde Yeşil Göl'ün oluştuğu belirtilmiştir. Akdağ Kütlesi'nde birçok heyelan bölgesi olmasına karşın, içerisinde göl barındıran tek heyelanın Yeşil Göl olduğu vurgulanmıştır. Gölü besleyen kaynakların genel olarak karstik kökenli olduğu ve gölün doğal formunu günümüze kadar koruduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmada, arazi tatbikatları, CBS ve UA yöntemleri kullanılarak Yeşil Göl'ün mekânsal ve morfometrik analizlerinin yapıldığı belirtilmiştir. Bu analizlerle, Yeşil Göl heyelanının, kireçtaşı-konglomera ve kiltası katmanlarının bulunduğu noktada, bir düşey atımlı fay hattı boyunca düzlemsel bir kayma şeklinde meydana geldiği ortaya konulmuştur.

Kopar ve Sevindi (2013)'nin 'Tortum Gölü'nün (Uzundere-Erzurum) Güneybatısında Aktüel Sedimentasyon ve Siltasyona Bağlı Alan-Kıyı Çizgisi Değişimleri' isimli çalışmasında, arazi gözlemleri ve fotogrametri teknikleri kullanılarak Tortum Gölü'nü etkileyen sedimentasyon sürecine ve bu problemin net bir şekilde tanımlanmasına odaklanıldığı belirtilmiştir. Çalışmada, öncelikle güncel sedimentasyon ve alüvyal formasyon süreçlerine dikkat çekilmiştir. Ardından, 1947 ile 2010 yılları arasındaki 63 yıllık dönemde siltasyon nedeniyle delta alanının göle doğru genişlemesi ve kıyı çizgisinde meydana gelen değişikliklerin detaylı bir şekilde incelendiği belirtilmiştir.

Çavuş (2014)'un 'Trabzon'da Doğa Turizmi Açısından Değerlendirilmesi Gereken Turistik Bir Alan: Sera Gölü' adlı çalışmasında, Sera Gölü'nün Trabzon'un Akçaabat ilçesine bağlı Yıldızlı Mahallesi'nde bulunduğu ve 1950 yılında meydana gelen bir heyelan sonucunda oluştuğu belirtilmiştir. Başlangıçta 4 km uzunluğa sahip olan gölün, zamanla sedimanlar tarafından dolarak seviyesinin düştüğü ve alanının küçüldüğü ifade edilmiştir. 2014 yılı itibarıyla, gölün uzunluğunun 1,2 km, en geniş yerinin 250 m ve en derin yerinin 20 m olduğu belirtilmiştir. Gölün, deniz seviyesinden 100 m yüksekte yer aldığı ve Sera Dere'sinden gelen tatlı sularla beslendiği vurgulanmıştır. Trabzon'a 10 km, Akçaabat'a 8 km ve sahile 2,5 km uzaklıkta olan Sera Gölü'nün bölgenin önemli doğal güzelliklerinden biri olduğu ifade edilmiştir.

Görüm (2019)'ün 'Anadolu Platosu'nun Kuzey Kenarındaki Büyük Heyelanlar Üzerinde Tektonik, Topografik ve Kaya Türü Etkileri' isimli çalışmasında, Türkiye'nin kuzey kesiminde birleşik bir tektonik varlığı temsil eden doğu-batı yönlü bir orojenik kuşak olan Batı, Orta ve Doğu Pontidlerin karşılık geldiği üç ana bölgede büyük heyelanların kümелendiği belirtilmiştir. Büyük heyelanların yaklaşık %80'inin, bu üç bölgedeki heyelanların hâkim olduğu ve ortalama > 1000 m'lik bir tepe eğimi kabartması olan arazide meydana geldiği ifade edilmiştir. Bölgesel karşılaştırmaların sonuçlarının, Anadolu Platosu'nun kuzey kenarları boyunca yamaç kabartması ve dikliğine ek olarak, litotektonik farklılıkların büyük ölçüde heyelan bolluğunu kontrol ettiğini ortaya koyduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda, büyük heyelanların mekânsal dağılımı ve bolluğunun, yamaç erozyonu üzerindeki litolojik ve tektonik kontrollerin iklimden daha önemli olduğu bir peyzajı ifade ettiği vurgulanmıştır. Çalışmada, heyelanların drenaj ağının yönüne göre paralel veya dikey konumunun, plato kenarlarının akarsu diseksiyonuna yanıt olarak pozitif veya negatif geri besleme olarak etkili olduğu gösterilmiştir. Öte yandan, büyük heyelanların Anadolu Platosu kenarlarının erozyona bağlı bozunma hızına katkısını anlamak için daha kapsamlı radyometrik tarihleme çalışmalarına ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, bu dinamik arazide büyük heyelanların varlığı ve türetilmiş tortuların, geçmişteki iklimsel ve sismik olayların deşifre edilmesi için eşsiz bir fırsat sunduğu ifade edilmiştir.

Atayeter vd. (2020)'ın 'Tekeli Gölü'nün (Kop Dağı/Bayburt) Fiziki Coğrafyası ve Turizm Potansiyeli Açısından Önemi' isimli çalışmasında, Tekeli Gölü'nün Kandiltaş tepe eteklerinde yer aldığı ve yakın zamanda oluşmuş bir heyelan set gölü

olduğu belirtilmiştir. Bu heyelanın, ana kayadan ayrılan enkazın düşmesiyle oluştuğu ifade edilmiştir. Heyelanın gerçekleşmesine katkıda bulunan birkaç faktör olduğu, ancak en belirgin sebebin karların erimesiyle kireçtaşı tabakasının harekete geçmesi ve bu hareketin Göller Deresi'nin yolunu tıkararak vadide su birikintisi oluşturması olduğu belirtilmiştir.

Yayla vd., (2021)'ın “Heyelan Set Göllerinin Oluşum ve Gelişim Şartlarının Jeomorfolojik İndislerle Değerlendirilmesi: Kop (Akburak) Gölü (Bayburt) Örneği” isimli çalışmalarında Bayburt-Aşkale arasında Kop dağı üzerinde gerçekleşmiş heyelan kütlelerinin bir akarsu yatağının önünü keserek oluşturduğu Kop (Akburak) Heyelan Set Gölü topografik, iklimatik ve vejetatif şartları itibarıyla hem ülkemizdeki hem de yakın çevredeki set göllerinden farklı özellikler sunduğundan bahsetmektedir. Bu gölün oluştuğu saha ve yakın çevresinde literatürde yer alan bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı Kop (Akburak) Heyelan Set Gölünü literatüre kazandırmak ve bundan sonra yapılacak çalışmalara öncülük etmektir. Bu çalışmada gölün bu günkü durumu, oluşum şartları, topoğrafyanın hareketliliğine göre gölün kalıcı olup olmayacağı üzerine de değerlendirmeler yapılmıştır.

2.4.4. Uluslararası Makaleler

Dünya genelinde heyelan set gölleri üzerine çok sayıda araştırmanın yapıldığı bilinmektedir. Burada heyelan set gölleri ile ilgili uluslararası bilimsel makalelerin çalışma konusu ile ilişkili olanları seçilerek listelenmiştir;

Costa ve Schuster (1988)'ın 'Doğal Barajların Oluşumu ve Yıkılması' isimli çalışmasında, heyelan set göllerinin çok çeşitli fizyografik ortamlarda meydana geldiği belirtilmiştir. Bu göllerin oluşumuna yol açan en yaygın kütle hareketi türlerinin kaya ve moloz çığları, kaya ve toprak çökmeleri ve kaymaları, çamur, enkaz ve toprak akmaları olduğu ifade edilmiştir. Heyelan göllerinin oluşumuna en yaygın olarak yol açan tetikleyici etmenlerin aşırı yağış, kar erimesi ve depremler olduğu vurgulanmıştır. Heyelan set göllerinin bu çalışmada farklı tipler altında sınıflandırıldığı belirtilmiştir.

Cruden ve Varnes (1996)'ın “Heyelan Çeşitleri ve Süreçleri” isimli çalışmasında araştırmacılar heyelanların gelişim süreçlerini sınıflandırmaktadır. Bu kapsamda temelde bir hız ölçeği ele alarak heyelan hızının tespiti üzerine

yorumlamalar yapılmaktadır. Heyelan hızını oluşturan süreçlerde morfolojik süreçler, heyelanın ilk hareketleri, hızı, hacmi, verdiği zararlar gibi parametreler üzerinden sınıflandırması yapılmaktadır.

Casagli ve Ermini (1999)'ın “Kuzey Apenin'deki Heyelan Set Göllerinin Jeomorfik Analizi” isimli çalışmasında Kuzey Apenin dağlarındaki heyelan set göllerinin jeomorfolojik analizleri yapılmıştır. Bu göller üzerinde göllerin hidrografyası, morfometrisi, heyelanın sınıflandırılması, heyelana sebep olan tetikleyici unsurlar üzerinden bir genel sınıflandırma ölçeği geliştirilerek bu ölçek nezdinde heyelanların veri seti ortaya konulmuştur.

Ermini ve Casagli (2002)'nin “Heyelan Set Göllerinin Gelişiminin Ön Değerlendirme Kriterleri” isimli çalışmada heyelan set göllerinin evrimini inceleyerek bu göllerin sınıflandırılması için, göller üzerinden toplanan veriler kullanılarak başlangıçta bir ön değerlendirme yapılmıştır. Bu sınıflandırma sürecinde, gölleri belirlenen kriterlere göre ayırt etmek için ilk defa bir blokaj indisi kullanılmıştır.

Ermini ve Casagli (2003)'nin “Jeomorfolojik Boyutsuz Blokaj İndisi Kullanılarak Heyelan Set Göllerinin Davranışının Tahmini” isimli çalışmasında göllerin süreç içerisinde süreklilik durumları tespit edilmesi ve bunun için de yeni jeomorfolojik parametrelerin kullanılıp değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada araştırmacılar boyutsuz blokaj indisini blokaj indise alternatif yorumlamalar yapabilmek adına geliştirerek kullanmışlardır.

Chen vd. (2004)'un 'Heyelan Set Göllerinin Bozulması Nedeniyle Oluşan Moloz Akışı – Mansap Tehlikeli Alanların Tasvir Edilmesine İlişkin Bir Vaka Çalışması' isimli çalışmasında, modelin taşma noktası boyunca moloz karışımları ile kaplanmış ve akış aşağısında su altında kalmış yelpaze şeklindeki alanları etkilediği belirtilmiştir. CBS analizinde, topografya ve eğimin moloz kütlelerinin biriktirme mekanizmasına hâkim olduğu varsayılmıştır. Yaklaşımın, salgı mesafesi, moloz kütlelerinin büyüklüğü ve su altında kalan alanlar gibi parametrelerin etkilerini dikkate aldığı ifade edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının, kural tabanlı yaklaşımı kullanan CBS sürecinin, erken uyarı ve ön su baskını tehlikeli haritalamaya uygulanabilecek tehlikeli bölgelerin tanımlanması ve değerlendirme sürecini hızlandırdığı ortaya konulmuştur.

Korup (2004)'un 'Yeni Zelanda Heyelan Set Göllerinin Jeomorfometrik Özellikleri' isimli çalışmasında, Yeni Zelanda'daki 232 heyelan set gölünün yeni bir envanterinin nicel analiz sonuçları sunulmuştur. Daha önce yayınlanmış veriler, son olayların belgelenmesi ve güneybatı Güney Adası'nın yayla bölgelerine odaklanan bölgesel bir hava fotoğrafı keşfinden elde edilen kanıtlarla genişletilmiştir. Heyelan set gölleri, ilişkili göller ve katkıda bulunan havza özellikleri hakkında ek jeomorfometrik veriler, sınırlı zemin doğrulaması ile desteklenmiş ve 25 m SYM kullanılarak CBS tabanlı bir envanterde derlenmiştir.

Dai vd., (2005)'ın 'Güneybatı Çin'deki Dadu Nehri'nde 1786 Depreminin Tetiklediği Heyelan Barajı ve Ardından Gelen Baraj Yıkılması Taşkını' isimli çalışmasında, Çin tarihi belgelerinde, 1 Haziran 1786'da Çin'in güneybatısındaki Sichuan, Kangding-Luding bölgesinde Dadu Nehri'ne düşen büyük bir heyelanla sonuçlanan güçlü bir $M = 7.75$ depremin meydana geldiği kaydedilmiştir. Bu olayın sonucunda bir heyelan set gölü olduğu belirtilmiştir. On gün sonra, setin ani ihlali, havzanın aşağı kesimlerinde feci bir sel baskınına neden olduğu belirtilmektedir. Tarihi kayıtlarda, bu sel nedeniyle 100.000'den fazla kişinin öldüğü belgelenmiştir. Bu durum, dünyadaki heyelan set göllerinin süresizliği sonucu meydana gelen en feci olaylardan biri olarak kaydedilmiştir.

Dong vd., (2009)'ın 'Heyelan Barajlarının Jeomorfik Özellikleri ve Stabilitésinin Diskriminant Analizi' isimli çalışmasında, önerilen 'DBI' indisi tabanlı grafik yaklaşımı ile karşılaştırıldığında, log-dönüştürülmüş su toplama alanını, set yüksekliğini ve set hacmini ilgili değişkenler olarak kullanan diskriminant modeli AHP'nin, heyelan setlerinin stabilitesini değerlendirmede daha iyi sonuçlar gösterdiği belirtilmiştir. Bu diskriminant modellerinin yalnızca Japonya veri seti kullanılarak oluşturulmasına rağmen, çok değişkenli istatistiksel yaklaşımın, dünya çapında daha eksiksiz olarak belgelenmiş heyelan set gölleri verileri mevcut olduğunda genişletilmiş bir veri kümesi için herhangi bir zorluk olmaksızın uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Dong vd., (2011)'ın "Heyelan Setinin Yıkılma Olasılığının Tahmin Edilmesine Yönelik Lojistik Regresyon Modeli" isimli çalışmasında heyelan set göllerinin stabilitesini etkileyen pik akış (veya toplama alanı), set yüksekliği, genişlik ve uzunluk

gibi önemli jeomorfolojik değişkenleri belirlemek için lojistik regresyon yöntemi ve jack-knife tekniği kullanılmıştır. Ortaya çıkan yüksek genel tahmin gücü, önerilen lojistik regresyon modellerinin doğruluğunu göstermektedir. Buna göre, bir heyelan setlerinin yıkılma olasılığı da bu yaklaşıma dayalı olarak değerlendirilebilmektedir. Bütün set geometrisi kayıtları olan on heyelan setlerinin (1999 Chi-Chi Depremi, 2008 Wenchuan Depremi ve 2009 Typhoon Morakot'tan sonra oluşmuş) bozulma olasılığının değerlendirilmesi için örnek olarak kabul edildiği ifade edilmektedir.

Hermanns vd., (2011)'nin "Kaya Kayması Heyelan Set Göllerinin Sınıflandırılması" isimli çalışmasında kaya kaymalı- kaya çıgı heyelan set gölleri, mevcut heyelan set gölleri sınıflandırmalarında kabul edilen sınıflandırmalardan daha karmaşık olduğu ileri sürülmektedir. Heyelan yatağının vadi morfolojisi ile üç boyutlu ilişkilerini vurgulayan bir sınıflandırma sistemi önerilmiştir. Bu sistem, aşağıdakileri dikkate alarak üç aşamalı bir sınıflandırmayı birleştirir. Bu sınıflandırmalar şunları içermektedir; (a) vadi morfolojisi ve su birikintileri ile ilgili olarak tortunun plan görünümü dağılımı, (b) gömülü olanla ilgili olarak heyelan yatağının çapraz vadi profilli vadi morfolojisi ve (c) kaya kayması enkazının profili ve vadinin talvegi boyunca alttaki katmandır.

Zhang vd., (2011)'un "Bir Pleistosen Heyelan Set Gölü Jinsha Nehri, Yunnan, China" isimli çalışmasında Çin, Yunnan'ın kuzeybatısındaki Benzilan, Deqen yakınlarındaki Jinsha Nehri Vadisinin her iki tarafında, dördüncü taraçanın altında bir dizi çeşitli göl yatağı keşfedildiğini ifade edilmektedir. Göl çökellerinin altında, Jinsha Nehri'ne set çeken bir heyelanın heyelan set gölü oluşturduğu ve geçici kaide seviyesi olan bu alanda göl çökeltilerine neden olduğunu gösteren heyelan molozları ve göl çökelleri tespit edilmiştir. Sağ sahildeki göl yataklarının üst ve orta kısımlarının yaşlarının sırasıyla 55.4 ± 3.5 ve $82,1 \pm 6,6$ bin olduğu belirlenmiştir.

Fan vd. (2012)'nin '2008 Wenchuan Depremi Nedeniyle Oluşan Heyelan Set Göllerinin Analizi' isimli çalışmasında, depremlerin neden olduğu heyelan set göllerinin, yüksek topografyadaki nehirlerin su ve tortu akışını aşırı derecede tehlikeli hale getirdiği belirtilmiştir. Bu göllerin, mansap bölgelerini harap edebilecek büyük taşkınlarla yol açabileceği vurgulanmıştır. Çin'deki Mw 7.9 büyüklüğündeki 2008 Wenchuan tektonik depremi tarafından tetiklenen ve haritalanan > 60.000 sismik şev

yenilmelerinin %1,4'ünü oluşturan 828 heyelan set gölünün envanterinin analiz edildiği belirtilmiştir. 501 heyelanın nehirleri tamamen bloke ettiği, geri kalanının ise sadece kısmi set gölleri veya yatak sapmalarına neden olduğu tespit edilmiştir.

Peng ve Zhang (2012)'ın 'Heyelan Set Göllerinin İhlal Parametreleri' isimli çalışmasında, araştırmacılar 12 Mayıs 2008 Wenchuan depremi sırasında oluşan 257 vakayı içeren 1.239 heyelan set gölünden oluşan bir veri tabanı derlemiştir. Veri tabanında taşma bilgisi bulunan 52 heyelan set gölü vakasına dayalı olarak, heyelan set göllerinin taşma parametrelerinin tahmin edilmesi için deneysel modeller geliştirilmiştir. Ayrıca, heyelan set gölleri ile insan yapımı toprak ve kaya dolgu barajlar arasında bir karşılaştırma çalışması yapılmış ve insan yapımı toprak ve kaya dolgu baraj modellerinin, heyelan set göllerinin ihlal parametrelerinin tahmin edilmesi için uygun olmadığını göstermiştir.

Zhou vd. (2013)'ın 'Wenchuan Depremi, Çin'in Tetiklediği Yangjiagou Heyelan Set Gölü Oluşumunun Dinamik Süreç Analizi' isimli çalışmasında, 12 Mayıs 2008'de meydana gelen Wenchuan depreminin tetiklediği tipik ikincil jeolojik tehlikelerden biri olan heyelanların nehirlerle set yaparak göl oluşumuna neden olduğu ifade edilmiştir. Depremden hemen sonra yağmur mevsiminin beklendiği belirtilmiştir. Heyelan set göllerinin oluşumundaki dinamik süreçlerin anlaşılmasının, hafifletme önlemlerinin planlanmasında yardımcı olacağı vurgulanmıştır. Yangjiagou heyelan set gölü, set gölü oluşumunun tipik süreçlerini araştırmak için bir vaka çalışması olarak seçilmiştir. Yangjiagou heyelan set gölünün oluşumunun dinamik simülasyonu iki adıma ayrılmıştır: heyelan basamağı ve taşma/taşma adımı. Yangjiagou heyelanının mekanizmasını araştırmak için iki boyutlu FEM kullanılmıştır. Heyelan sürecinin, FEM modellerinin bağ kuvveti ve artık sürtünme katsayısı tarafından kontrol edildiği bulunmuştur. Hesaplama sonuçları, heyelan setinin oluşumunun yaklaşık 35 saniye sürdüğünü göstermektedir. Tipik bir parçacığın maksimum hızının yaklaşık 26,8 m/s olduğu belirlenmiştir. Heyelan set gölünün taşma sürecinin hidrodinamik mekanizmalarını analiz etmek için sıg su denklemi ve sonlu farklar yöntemi kullanılmıştır. Hesaplama sonuçları, taşmanın nehir bloke edildikten 15,1 saat sonra meydana geldiğini ve su akışının yeterince büyük olduğu yağmur mevsiminde heyelan setinde taşma hatasının meydana geldiğini ve büyük bir felakete neden olduğunu göstermektedir.

Dong vd. (2014)'ın 'Setin Taşma Tehlikesine İlişkin Kritik Parametrelerin Hızlı Değerlendirilmesi için Uzaktan Algılama Görüntülerinden Heyelan Set Gölü Geometrisinin Çıkarılması' isimli çalışmasında, sel taşkınlarına neden olan set göllerinin ihlallerinin, aşağı havza için tehlikelere yol açabileceği ifade edilmiştir. Heyelan set göllerinin oluşumundan hemen sonra kırılabileceğinden, acil önlem alınmasını sağlamak için gölün devamlılığını hızlı bir şekilde değerlendirmenin önemi vurgulanmıştır. Ancak, tehlike değerlendirmesinin önemli bir bileşeni olan heyelan setinin geometrisinin çoğu durumda mevcut olmadığı belirtilmiştir. Araştırma, belirli bir heyelan setinin geometrisini tahmin etmek için heyelan sonrası ortorektifiye edilmiş (UA) görüntülerini ve CBS'de heyelan öncesi Dijital Arazi Modelini (DAM) kullanan bir prosedür önermektedir.

Stefanelli vd., (2015)'nin “Heyelan Set Göllerinde Jeomorfolojik Araştırmalar” isimli çalışmasında İtalya'da daha geniş sistematik envanterin geliştirilmesine yol açan heyelan set gölleri üzerine kapsamlı bir bibliyografik çalışmanın ve jeomorfolojik araştırmanın sonuçlarını sunmaktadır. Bilimsel çalışmaların ve tarihi raporların gözden geçirilmesi ve güncellenmesiyle Alpler 'den Güney Apenin ve Sicilya'ya kadar 300 heyelan seti tespit etmiştir. İncelemeler sırasında, kartografik ve hava fotoğraflarının yorumlanması yoluyla, heyelanın, set gövdesinin, vadinin ve varsa gölün çeşitli jeomorfolojik parametreleri belirlenmiş veya tarihi ve bibliyografik belge analizi kullanılarak tahmin edilmiştir. Toplanan veriler, sezgisel kullanılabilirlik ve gelecekteki uygulama için toplanması ve ölçülmesi kolay 57 bilgi alanından oluşan bir veri tabanında yeniden kaydedilmiştir. İtalya'daki heyelan barajlarının özelliklerini tanımlamak için farklı heyelan hareketleri, türleri ve bunların hacmi, setin ömrü, ana tetikleyiciler ve bunların coğrafi dağılımı hakkında bazı özel analizler yapılmıştır.

Stefanelli vd., (2016)'nin “Heyelan Set Göllerindeki Gelişimin Jeomorfik İndislenmesi” isimli çalışmasında toplanan yaklaşık 300 heyelan set gölü olayı İtalya'da analiz edildi ve ulusal ölçekte set gölü vakalarını karakterize etmek için bazı son teknoloji jeomorfolojik indisler uygulandı. Bu indislerden bazı sınırlamalarının üstesinden gelmek için iki yeni indis çalışması bu çalışmada sunulmuştur: Morfolojik Tıkanma İndisi ve Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi. İlki nehir genişliğini ve heyelan hacmini birleştirir ve bir heyelan setinin oluşturulduğu ve oluşturulmadığı

durumlar arasında durumu belirleyerek set gölü oluşumuyla ilgili koşulları tespit etmek için kullanılabildiği ifade edilmiştir. İkincisi, nehir enerjisini hesaba katmak için basitleştirilmiş bir akış gücü formülasyonu (yukarı akış havza alanını ve yerel eğim gradyanını birleştirerek) kullanılan bir indis önerilmiştir. Bu indis, bir set gölünün duraylılığını, meydana gelir gelmez neredeyse gerçek zamanlı olarak değerlendirmeye izin verir ve duraylı ve duraysız heyelan setleri arasında ayırım yapmak için kullanılabilmektedir.

Zhang, ve McSaveney (2017)'in “Kaya Çığ Birikintileri, Akma Sırasında İç Makaslamaya İlişkin Nicel Kanıtlar” isimli çalışmasında farklı normal gerilmeler, kayma şekil değiştirmeleri ve kayma şekil değiştirme hızlarında özdeş kum numuneleri üzerinde 38 makaslama deneyi vasıtasıyla, kaya çığı akışı sırasında iç kesmenin tane kırılması üzerindeki niceliksel etkisini araştırılmıştır. Numune tane boyutu özelliklerini kesmeden önce ve sonrası karşılaştırılmıştır. Normal gerilme ve kayma gerilmesindeki artışla tane boyutunun azaldığı tespit edilmiştir. Tane boyutundaki azalmanın, gerinim sırasında güçlü kuvvet zincirlerindeki tane etkileşimleri ile ilişkili tane kırılması yoluyla meydana geldiği sonucuna varılmıştır. Sonuçlar, hem derin kaya çığ maruziyetlerinde ters dereceli yapı gözlemleri hem de artan kaya çığ hareket mesafesi ile parçacıkların inceltilmesi ve derecelendirilmesi gözlemleriyle tutarlı sonuçlar ortaya koymuştur.

Stefanelli vd. (2018)'nin 'Peru, Cordillera Blanca'daki Heyelan Set Göllerinin Morfolojik Analizi ve Özellikleri' isimli çalışmasında, çevresel değişikliklerin nehirlerin ve setlerin dengesini etkileyerek felakete yol açan moloz akışları veya set arızalarından kaynaklanan taşkınlar gibi potansiyel sonuçlara neden olabileceği ve bu durumun bölgede büyük tehlikeler meydana getirebileceği ileri sürülmüştür. Bu araştırmada, Cordillera Blanca Dağları'ndaki heyelan set göllerinin evrimini sunan 51 vakalık bir veri tabanı kullanılmıştır. Heyelan, setin gövdesi, vadi ve varsa gölün ana morfometrik parametreleri ve bilgileri doğrudan ve dolaylı araştırma teknikleri ile belirlenmiştir. Büyük olasılıkla bölgesel tektonik ve buzul tarihine bağlı çevresel kontroller nedeniyle, bazı ana morfometrik parametre dağılımlarında (vadi genişliği ve heyelan hacmi) düşük değişkenlik tespit edilmiştir.

Wang vd. (2019)'nın 'Heyelan Set Göllerinin Oluşumuna Yönelik Dinamik Modellemede Birleştirilmiş DDA-SPH Yönteminin Pratik Uygulaması' isimli çalışmasında, nehir kenarlarındaki heyelanların kalıcı veya geçici heyelan setlerine ve set göllerine neden olarak insanların canını ve malını tehdit ettiği belirtilmiştir. Heyelan setinin oluşum sürecinin araştırılmasının, acil müdahale ve etki azaltma planlaması için çok önemli olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, pratik bir durum için oluşum sürecinin modellemesinin genellikle büyük ölçekli olduğu ve geometriyi karmaşıktırdığı ifade edilmiştir. Hesaplama karmaşıklığının üstesinden gelmek ve verimliliği artırmak için bir dizi pratik teknik önerilmiştir. İlk olarak, bir nehir akışını doğal olarak üretmek için Sabit Akışlı Açık Kanal Modeli (OCMSF) geliştirilmiştir. Daha sonra, büyük ölçekli pratik modellemeyi gerçekleştirmek için üç aşamalı bir simülasyon stratejisi önerilmiştir. Spesifik olarak, birinci aşamada, SPH yöntemi kullanılarak sabit bir açık kanal akışı oluşturulmuştur. İkinci aşamada, kütlenin nehre ulaşana kadar heyelan hareketini simüle etmek için DDA yöntemi kullanılmıştır. Üçüncü aşamada, heyelan-nehir etkileşimi ile oluşum süreci, birleştirilmiş DDA-SPH yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Pratik uygulama olarak Yangjiagou heyelan setinin oluşum süreci seçilmiştir. Simülasyon sonuçları, Yangjiagou heyelanının yaklaşık 8 saniyede 22 m/s ön hızla nehre ulaştığını ve saha araştırması ile tutarlı olarak tahmini hacmi 500.000 m³ olan bir set oluşturduğunu göstermiştir. Böylece, pratik heyelan set gölleri örneğinin modellenmesinde birleştirilmiş yöntem ve sayısal tekniklerin uygulanabilirliği ve performansı gösterilmiştir.

Fan vd. (2020)'nin 'Heyelan Setlerinin Oluşumu ve Etkileri' isimli çalışmasında, Costa ve Schuster (1988) ve Korup'un (2002) kıyaslama değerlendirmelerinin yayınlanmasından bu yana, heyelan set göllerinin oluşumu, stabilitesi ve kısa vadeli etkilerine odaklanan artan sayıda çalışmanın bulunduğu belirtilmiştir. Bu derlemede, tüm bu çalışmaların içgörülerinin bir araya getirildiği, heyelan set göllerinin mevcut kavramları üzerine inşa edildiği ve terminolojileri ile sınıflandırmaları birleştirmenin yollarının önerildiği ifade edilmiştir. Ayrıca, literatür verilerinden derlenen dünya çapında yeni bir veri tabanının sunulduğu belirtilmiştir.

Hartvich vd. (2020)'nin 'Su Kaynaklı ERT ve SONAR Profili Kullanılarak Heyelan Set Gölü Sediman Hacminin Hesaplanması' isimli çalışmasında, ERT gibi su kaynaklı, invazif olmayan jeofizik araştırmaların, sesli navigasyon menzili (SONAR)

su derinliği ölçümleri ile birleştirildiğinde ve yardımcı kaynaklardan gelen bilgilerle desteklendiğinde eksik verilerin elde edilmesinde nasıl çok etkili olabileceği ifade edilmektedir. Bununla birlikte, Mladotice Gölü alışması örneği ile, su ortamında ERT araştırmasının özel yaklaşımlar gerektirdiği belirtilmiştir. Gölün, Mayıs 1872'de bir heyelan sonucu olduğu ve oluşumundan bu yana sediman taşınımı nedeniyle derinliğinin giderek azaldığı vurgulanmıştır. Orijinal yüzey yeniden oluşturularak tortu hacminin hesaplandığı ve kalan ömrünü tahmin etmek için tortullaşma hakkında bilgilerin derlendiği ifade edilmiştir.

Liao vd. (2020)'nın 'Güneybatı Çin'deki Jinsha Nehri Boyunca Ardışık Heyelan Set Göllerinden Kaynaklanan Tehlike Yükselişi' isimli çalışmasında, Baige köyünde gerçekleşen heyelanlar incelenmiştir. Bu heyelanların birinci ve ikinci blokaj öncesi set yerindeki akarsu vadisi koşullarına bağlı olarak, farklı hacimlerdeki heyelanların oluşturduğu setin yüksekliğinin tahmin edildiği ve daha sonra bu heyelan set göllerinin duraylılığı ve setin üzerinden taşma durumunun değerlendirildiği belirtilmiştir. Hesaplama sonuçlarının, ardışık heyelanlarda sonraki kayma olayının tetiklediği heyelan set gölü tehlikesinin önemli ölçüde artabileceğini gösterdiği ifade edilmiştir. Ayrıca, sonraki heyelan setlerinin tehlike artışının nedenleri de tartışılmıştır. Bu vaka çalışmasında elde edilen deneyimlerin, benzer heyelan set göllerinin tehlike özelliklerinin daha iyi anlaşılmasını ve sonraki potansiyel heyelanlar tarafından oluşturulan heyelan gölünün tehlikesini azaltmak için mühendislik kontrollerinin önceden planlanmasını kolaylaştırabileceği belirtilmiştir.

Shan vd., (2020)'ın “Lojistik Regresyon Yöntemi Kullanılarak Heyelan Set Göllerinin Duraylılığının Hızlı Tahmini” isimli çalışmasında dünyanın dört bir yanından duraylı olma ya da setin yenilme durumları da dahil olmak üzere, belgelenmiş 1434 tarihi heyelan set göllerine dayalı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Lojistik regresyon yöntemi, heyelan setlerinin morfolojik özelliklerini ve parçacık bileşimini ve ayrıca memba setli gölün hidrodinamik koşullarını dikkate alabilen, heyelan setinin duraylılığını hızlı tahmini ederek yeni yöntemler geliştirmek için kullanılmıştır. Heyelan molozları partikül bileşimi hakkında mevcut bilgilere göre, yeni önerilen hızlı tahmin yöntemleri, sırasıyla 27 ve 150 vakaya dayalı olarak ayrıntılı veya basitleştirilmiş olarak sınıflandırılmıştır.

Shen vd., (2020)'ın "Heyelan Set Göllerinin Uzun Ömür Analizi" isimli çalışmasında heyelan set göllerinin toplam ömrünü daha doğru tahmin etmek amacıyla, bu süreç üç faza (doldurma, taşma ve gedik açma) bölünmüştür. Heyelan setlerinin karakteristik özellikleri olan tetikleyici faktörler, set malzemeleri ve geometrik/hidrolojik parametreler, set göllerinin başlangıcından yıkımlarına kadar geçen tam ömürleri ve bu üç aşamanın her birine olan etkileri çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Winsemann ve Lang (2020)'ın 'Kuzey Almanya Taşkını: Orta Pleistosen Buzul Gölü Patlaması Taşkınlarının Etkileri ve Büyüklükleri' isimli çalışmasında, Kuzey Almanya'daki buzla kaplı göllerin mekânsal ve zamansal evrimi ile drenaj geçmişine genel bir bakış sunulmaktadır. Glasiyal set göllerin tekrarlanan drenajının, buz marjının istikrarsızlaşmasına katkıda bulunduğu ve buz akışını veya yerel yeniden ilerlemeleri tetiklediği belirtilmiştir. Sel ile ilgili başlıca kanalların, Orta Pleistosen (Saalian) buz tabakalarının çürümesi sırasında buz-marjinal drenaj sisteminin bir parçası haline geldiği ifade edilmiştir. En yakın göl taşması taşkın drenaj yollarının, derin dalma havuzları, kanallar, mega oluklar, oyulma havuzları ve Pleistosen çökellerine ve Senozoyik ile Mezozoik anakayaya kesilmiş aerodinamik tepeler ile karakterize edildiği belirtilmiştir. Biriktirme özelliklerinin, büyük kum ve çakıl çubuklarını ve kritik üstü ile kritik altı akışlar tarafından biriktirilen kumlu yatak formları alanlarını içerdiği ifade edilmiştir.

Zhong vd. (2020)'ın 'Baige Heyelan Setinin Yıkılma Sürecinin Geçmişe Dönük Analizi' isimli çalışmasında, heyelan set göllerinin nasıl bir tehdit oluşturduğu ortaya konulmaktadır. 10 Ekim ve 3 Kasım 2018'de, Çin'in Sichuan Eyaleti ile Tibet Özerk Bölgesi arasındaki sınır olan Baige köyünde ardı ardına iki toprak kayması meydana gelmiş ve bu olaylar Jinsha Nehri'ni tamamen setlenmiştir. Heyelan set gölünde su seviyesinin hızlı yükselmesi nedeniyle, 12 Ekim'de heyelan set gölü, yaklaşık 10.000 m³/s'lik en yüksek su seviyesine ulaşarak set doğal olarak yarılmıştır. Kalan heyelan seti, 3 Kasım'da yeni bir heyelan tarafından desteklenmiş ve daha büyük bir heyelan set gölü meydana getirmiştir. Neyse ki, göldeki su seviyesinden setin tepesine kadar olan yükseklik, set gölündeki suyu nispeten düşük bir seviyede tahliye etmek için bir dolusavak inşa edilmesini mümkün kılmıştır. 12 Kasım'da drenaj süreci, 31.000 m³/s'lik en yüksek seviyesi ile dolusavak'tan akışa başlamıştır. Bu çalışmada,

Baige heyelan setinin yenilme sürecinin ayrıntılı kayıtlarına dayanarak ve geliştirilen fiziksel tabanlı sayısal yöntem kullanılarak bir geri analiz yapılmıştır. Sayısal yöntem, heyelan barajlarının taşma kaynaklı yenilme mekanizmasına dayalı olarak geliştirilmiştir. Setin yenilmesinin gelişimini ve hidrograf eşleşmesini simüle etmek için yinelemeli bir zaman adımı algoritması kullanılmıştır.

Fan vd. (2021)'nin 'Heyelan Set Göllerinin İncelenmesine Yönelik Son Teknolojik ve Metodolojik Gelişmeler' isimli çalışmada, çok yöntemli tarihleme kampanyalarının set oluşumu ve yıkılmasının zaman çizelgelerine ilişkin anlayışımızı geliştirdiği belirtilmiştir. Tek tarihleme yöntemlerine kıyasla, farklı malzemeler kullanarak belirsizliğin azaltıldığı, her yöntemin avantajlarının kolaylaştırıldığı ve tortu ile kaynak alanının dikkate alındığı ifade edilmiştir. Tarihlendirme kampanyalarının durgun su çökellerinin dahil edilerek göl drenajının zamanına tarih atabildiği ve böylece set gölünün ömrü hakkında bilgi sağladığı belirtilmiştir.

Liu vd. (2021)'in 'Ardışık Heyelanlardan Kaynaklanan Yerel Taşkın Riskinin Değerlendirilmesi: Baige Heyelan Baraj Gölü, Yukarı Jinsha Nehri, Doğu Tibet Örneği' isimli çalışmada, birinci ve ikinci yarılmış heyelan setlerinin nehir kanalı üzerindeki daraltıcı etkisinin olduğu belirtilmiştir. Bu etkilerin sırasıyla 0,35 ve 0,5 civarında olduğu tespit edilmiştir. Tahliye kanalı ve toprak kayması birikintilerinin, yerel nehir bölümünü daraltarak ve kaldırarak yerel sel riskini artırdığı ifade edilmiştir. Sonuç olarak, daha sonraki küçük bir toprak kaymasının daha feci bir sel hadisesini tetikleyebileceği belirtilmiştir. Ardışık heyelanların mekânsal süperpozisyon olgusunun yerel sel riskini artırdığı vurgulanmıştır. Bu çalışmada, ardışık heyelanların neden olduğu setlerin geometrisinin taşkın patlaması süreci ve risk üzerindeki etkisi nicel olarak analiz edilmiştir.

Argentin vd. (2022)'nin 'Heyelan Set Gölü Su Tutma ve Tortu Yakalama Üzerinde Akış Biliminin Etkisi: Hintersee Heyelan Set Gölü'nün Derinlemesine Analizi' isimli çalışmada, Güneydoğu Almanya'da bulunan Hintersee heyelan set gölünün oluşumu ve heyelanın akış bilim özelliklerinin gölün hacmi ve sediman tutma kapasitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Heyelan set gölleri önündeki deltaların, nehir sedimanlarını biriktirebileceği ve bu deltaların büyüklüğü ile şeklinin heyelanın akış bilimine bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan

Voellmy akış bilim modelinin, μ ve ξ olmak üzere iki parametre ile ifade edildiği ve bulguların, heyelan akış biliminin sediman tutma üzerinde önemli bir etkisi olduğunu gösterdiği belirtilmiştir. Özellikle, μ parametresinin göl hacmi ve sediman tutma arasında doğrusal olmayan bir ilişki sergilediği, ξ parametresinin etkisinin ise daha az olduğu ifade edilmiştir. Hintersee heyelan setinin, set gölünün hacminin üç katına kadar sediman tutabileceği ve bunun da göl hacminin sediman tutma kapasitesi için yetersiz bir gösterge olduğunu ortaya koyduğu belirtilmiştir. Araştırma, sürtünmenin sediman tutma ve göl hacmi üzerindeki belirgin etkisini, hızın ise daha az etkili olduğunu bulmuştur.

Wang vd. (2022)'nin 'Purlung Tsangpo'daki Heyelan Set Göllerinin Mekânsal ve Zamansal Dağılımı' isimli çalışmasında, arazi şekilleri ve sedimanlardaki izleri kullanarak tarihsel büyük olayların yaşlarını ve büyüklüklerini yeniden belirlemenin, bu olayların tekrarlama sıklığını ve boyutlarını doğru bir şekilde tahmin etmeye olanak tanıdığı ifade edilmiştir. Doğu Himalaya Sintaksisi ve çevresi, nehir setlenmelerine meyilli bölgeler arasında yer almaktadır. Daha önce yapılan çalışmalar, Yurlung Tsangpo vadisindeki üç buzul set gölünü tanımlamıştır: Gaga Gölü, Dazhuka–Yueju Gölü ve Jiedexiu Gölü. Bu çalışmada ise, Purlung Tsangpo'nun alt kısmında beş heyelan set gölüyle ilişkili sediman kanıtları tespit edilmiştir: Lulang, Dongjiu, 102, Jialong ve Zedang gölleri. Bu göllerin seviyelerine ilişkin minimum ve maksimum tahminlerin, ilk felaketin ardından en yüksek maruz kalma ve orijinal set yükseklikleri kullanılarak yapıldığı belirtilmiştir. Göl hacimlerinin, Lulang için 4.3×10^9 m³'ten Zedang için 1.1×10^8 m³'e kadar değiştiği ifade edilmiştir. Karbon-14 tarihlemesi, Lulang Gölü için 24,2 bin yıldan 15.4 bin yıla, Dongjiu için 11.5 bin yıldan 7 bin yıla, Jialong için 4.9 bin yıldan 2.7 bin yıla, Zedang için ise Holosen başından 5.8 bin yıla kadar uzanan zaman dilimlerini belirlemiştir. Çoğu, buzul çağının sona ermesiyle meydana gelmiştir. Fluvial aşındırma oranlarının mekansal desenini belirlemek için düşük sıcaklık termokronolojik verilerin kullanıldığı, iklim değişiklikleri ve yağış yoğunluğu gibi faktörlerin bu heyelanların oluşumuna zemin hazırladığı belirtilmiştir.

Argentin vd. (2023)'nin 'Heyelan Set Göllerinin Ölçeklendirilmesi' isimli çalışmasında, dünya yeryüzü süreçleri ve arazi şekillerinin belirli ölçek aralıklarında sabit kalan güç yasası ölçeklemesiyle tanımlandığı belirtilmiştir. Bu ölçeklemenin, heyelanların anlaşılmasını ve tahmin edilmesini geliştirdiği ifade edilmiştir. Ancak,

nehirlerde heyelan birikintileri ile oluşan göller ve bu göllerin nehir yatakları üzerindeki etkileri, setin çökmesiyle ilişkili doğal tehlikeler görece daha az incelenmiştir. Veri eksikliğini gidermek amacıyla, dünya genelinde sekiz dağ zincirinde sekiz milyon heyelan ve 50 binden fazla set gölü simüle edilmiştir. Bu simülasyonların, heyelan başlangıç noktalarının ve hacimlerinin eğim geometrisine ve olasılık analizlerine dayalı olarak belirlenmesi, heyelan akışlarının ve arazi yüzeyindeki çukurların doldurulmasının modellenmesi süreçlerini içerdiği belirtilmiştir. Elde edilen modellerin, saha gözlemleriyle uyumlu olduğu ve iklimin heyelanlar üzerindeki etkisinin flüvyal ve buzul dinamikleri aracılığıyla önemli olduğunu gösterdiği vurgulanmıştır. Heyelan set göllerinin de güç yasası ölçeklemesi izlediği, fakat heyelanların ölçeklemesinden farklılık gösterdiği ifade edilmiştir. Göl dağılımlarının iklimle doğrudan bir bağlantısının kesin olarak saptanamadığı, bu durumun vadilerin kesitsel ve boyuna şekillerinin büyük göllerin oluşumuna olanak sağladığı gerçeğiyle ilişkilendirildiği belirtilmiştir.

Morgenstern vd. (2024)'in 'Yeni Zelanda Heyelan Seti Veritabanı, v1.0.' isimli çalışmasında, heyelan setlerinin bir heyelanın su yolunu kesmesiyle oluştuğu ve bu yapıların yamaç-akarsu sistemlerinin kritik unsurları olduğu belirtilmiştir. Bu setlerin aniden çökebileceği ve nehir aşağısındaki topluluklar için büyük riskler oluşturabileceği vurgulanmıştır. Bu nedenle, bu setlerin nerede ve ne kadar süreyle var olabileceğini, ayrıca çökme durumunda olası su baskını alanlarını anlamının büyük önem taşıdığı ifade edilmiştir. Bu bağlamda, Yeni Zelanda'da NZLDD (Yeni Zelanda Heyelan Seti Veritabanı) 1.0 sürümü sunulmuştur. Bu veritabanının, 2016 Kaikōura Depremi de dahil olmak üzere, 1036 heyelan setini içerdiği ve bu setlerden 265 tanesinin detaylı analiz için seçildiği belirtilmiştir. Veritabanının, setlerin yapısını, özelliklerini ve istatistiklerini kapsamlı bir şekilde sunduğu, çoğunlukla Griwacke kayalıklarında, depremlerle tetiklenen çeşitli hareketler sonucu oluştuğu belirtilmiştir. Bu setlerin çoğunun küçük ölçekli olup artık nehirleri tıkamadığı veya su tutmadığı ifade edilmiştir. NZLDD'nin, global olarak bilinen ve incelenen heyelan setlerinin sayısını neredeyse iki katına çıkardığı ve bu olayların anlaşılmasına büyük katkı sağladığı belirtilmiştir.

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ

3.1. Materyal

3.1.1. Arazi Çalışmaları ve Çalışma Alanları

Araştırmanın analizlerinin yapılabilmesi için çalışma alanı içerisinde kalan örnek sahalarda farklı zaman aralıklarında arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İlk arazi çalışması 13.07.2022-13.08.2022 tarihleri arasında yapılmıştır. Arazi çalışmalarında lazermetre yardımı ile morfometrik ölçümler yapılmıştır. İnsansız Hava Aracı (İHA) ile yüksek çözünürlüklü veri üretme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca su yüzeyinde yüzen araçla (şişme bot, tekne) her bir göl alanının net derinliği şerit metre yardımı ile ölçülmüştür. Gölün derinlik ölçümünün yanı sıra gölün taşıdığı su kütlesini belirlemek için farklı ve çoklu noktalardan derinlik ölçümü yapılmış olup her bir göl için batimetri haritaları hazırlanmıştır. Zaman zaman arazi çalışmalarında hava muhalefatinin olması sebebiyle örneğin; Bolu ilindeki Sülüklü ve Sünnet Göllerinde İHA verileri elde edilememiştir. Bu yüzden Bolu'ya 24-28 Mayıs tarihlerinde ikinci bir arazi çalışması daha gerçekleştirilmiştir. Bu tarihlerde Bolu'da İHA ile veri toplama işlemleri yapılmıştır. Son olarak 26 Haziran 7 Temmuz tarihleri arasında Zinav, Gaga, Sera ve Uzungöl'de arazi çalışmaları yapılmış görselleştirmede ihtiyaç olan fotoğraflar yeniden çekilmiştir.

Her gölde gölün morfolojik şekline ve heyelanın hareketine bağlı olarak sığ ve derin yerler belirlenip gölün farklı lokasyonlarında istasyonlar oluşturulmuştur. Bu istasyonlar üzerinde GPS ile konum tespiti yapılmış olup ayrıca iskandil ile de manuel olarak derinlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 2).



Fotoğraf 2. Tez konusu kapsamında belirlenen göllerde (soldan sağa sırasıyla Sera, Zinav, Karagöl) göl yüzeylerinde batimetri ölçümü yapılmıştır.

Göllerin oluşmasına neden olan heyelanların taç noktalarından hareket eden kütlelerin vadi içerisinde tıkadığı alanın hacimsel değerini belirlemek için her göl üzerinde İHA ile veri üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu verilerin üretilmesindeki temel amaç 0.48 x 0.48m piksel çözünürlükte veri üreterek alanda yapılacak olan analizlerde en net ve doğru sonuçlara ulaşılmasıdır. Bu kapsamda çalışma alanının tamamında İHA ile veri toplama işlemi gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 3).

Bu verilerin üretilmesinde Pix4DCapture uygulaması kullanılmıştır. Pix4dCapture uygulaması mobil cihazlara bir uygulama olarak yüklenmiş bunun sonucunda İHA'nın mobil cihaz üzerinden kontrolü sağlanmıştır. Bu uygulama ile her heyelan üzerinde heyelanın gerçekleştiği taç ve topuk noktaları arasındaki alan belirlenmiştir. Bu alan üzerinde uçuşlar gerçekleştirilerek heyelanların bütün kütlesi ayrı ayrı modellenmiştir.



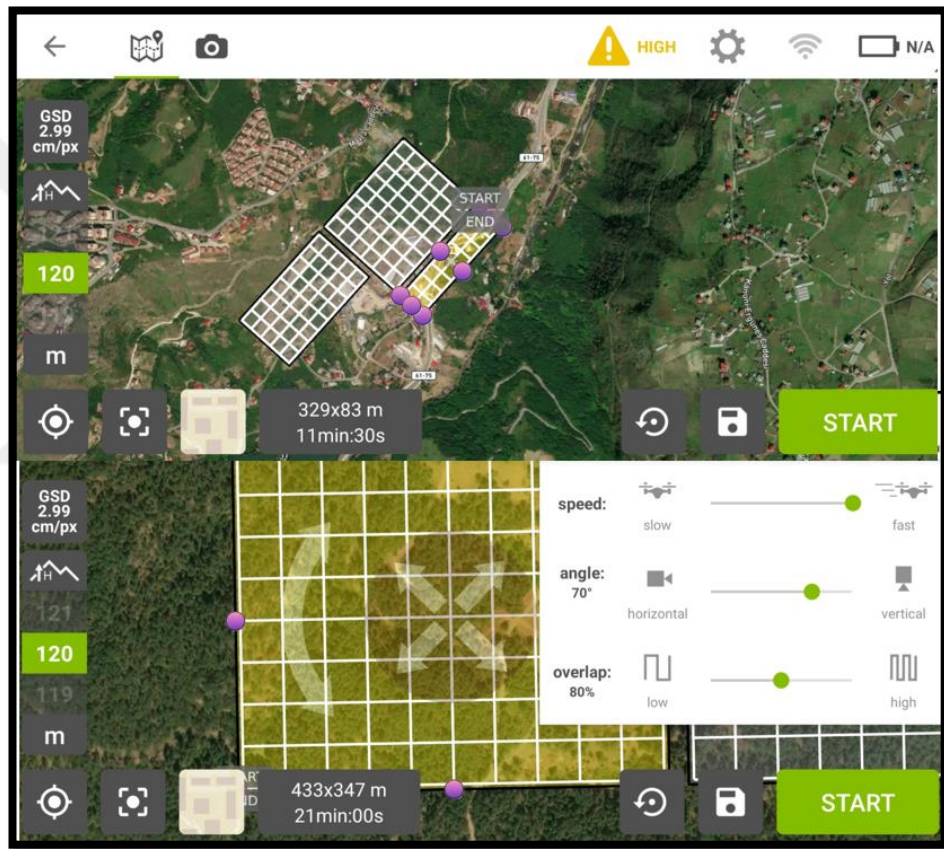
Fotoğraf 3. İHA ile veri toplama işlemleri (DJI Mavic 2 Pro İHA ile Ortofoto ve nokta bulutu üretmek üzere uçuşlar yapılmıştır).

3.2. Metod

3.2.1. Verilerin Hazırlanması

Araştırmada DJ Mavic Pro 2 marka İHA ile Pix4DCapture uygulamasını kullanarak heyelan setinin hacmini belirlemek için kapsamlı bir veri toplama süreci oluşturulmuştur. İHA uçuşları, yüksek çözünürlüklü üst üste bindirilmiş fotoğraflar çekerek çalışma alanlarının heyelan setlerini kapsayacak şekilde yapılmıştır. Uçuşlar genel olarak 120 m yükseklikte ve 70 derece açıyla gerçekleştirilmiştir. Bazı özel durumlarda farklı yükseklikte uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Uçular özellikle çekimlerde %80 oranında birbirine örtüştürülerek veya üst üste çakıştırılarak alanı tamamen modellemektedir (Şekil 16). Uçuşların sonucunda nokta bulutu ve dijital arazi modeli ile dijital yüzey modeli oluşturulmuştur. İHA'da kullanılan bu yükseklik ve açı ayarları, verilerin arazi detaylarını daha hassas bir şekilde ortaya koymasına yardımcı olmaktadır.

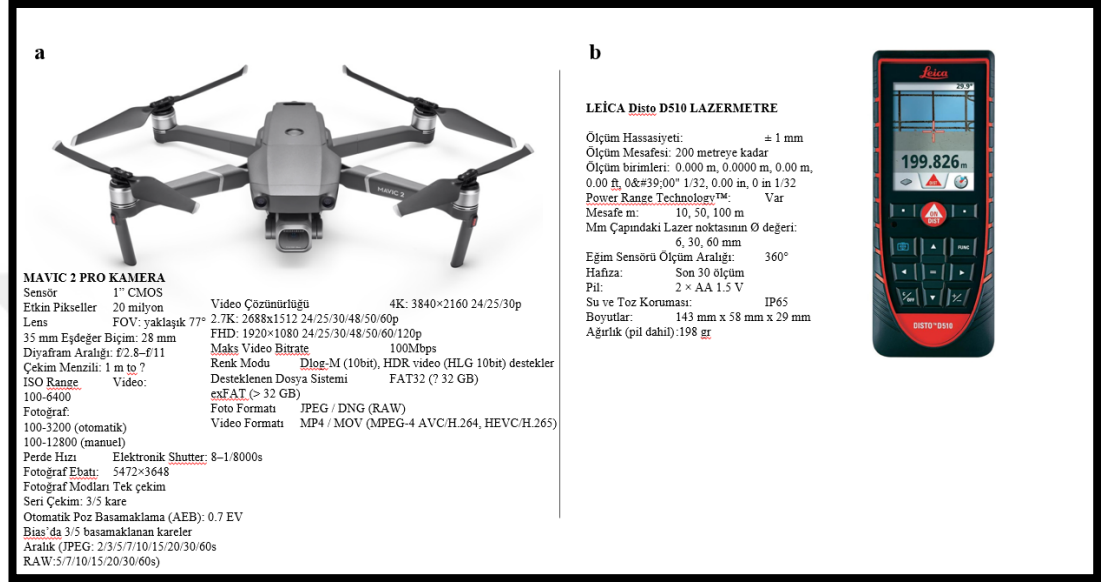
Çalışma alanlarının engebeli ve arızalı topoğrafyadan oluşması, İHA uçuşlarını planlamada önem arz etmektedir. Arazinin bu durumundan ötürü sinyal kaybını en aza indirmek hale getirmek için çalışma alanlarında en hâkim noktalarda uçuşlar yapılarak veri toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu durumda hâkim olarak alanı görebilecek en yüksek noktalar/konumlar/yerler uzaktan algılama yöntemleri ile tespit edilmiş, arazi çalışması bu konumlara ulaşılarak yapılmış ve veriler bu hâkim noktalardan oluşturulmuştur.



Şekil 16. Pix4DCapture Uygulamasının arayüzü. Burada ilgili arazide yapılan çalışmalarda uçuş parametreleri ifade edilmektedir (Kaynak: <https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture/>).

Çalışmada GPS, Lazermetre ve Sentinel 1 uydu görüntülerinin yanı sıra Harita Genel Müdürlüğünden (HGM) araştırma izni talebi ile alınan zaman aralıklı uydu fotoğraflarından yararlanılarak haritalar üzerinde ve arazide heyelan ve set gölünün morfometrisine ilişkin ayrıntılı ölçümler gerçekleştirilmiştir.

İHA, GPS ve lazermetre araçları yardımıyla araştırmada kullanılacak veriler elde edilmiştir. Bu araçlardan İHA ve lazermetreye ait teknik detaylar yukarıdaki şekilde (Şekil 17) sunulmaktadır. Ayrıca kullanılan GPS'in özellikleri ise çift frekanslı hassas GNSS'dir. Kullanılan GPS uydulardan GPS, GLONASS, Galileo, QZSS ve BeiDou'yu (Uçarlı vd., 2021) desteklemektedir ve bu kapsamda veriler elde edilmiştir.



Şekil 17. Çalışma süreci içerisinde kullanılan araçlar **a)** İnsansız Hava Aracı, DJI Mavic Pro 2 ve teknik özellikleri. **b)** Lazermetre Distro D510 ve teknik özellikleri

Çalışmanın amacına ulaşılması için birçok veri seti kullanılmış olup bu veri setlerine ilişkin temel bilgiler aşağıdaki tablo da sunulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan verilere ilişkin temel bilgiler

Veri adı	Üretim yılı	Üreten Kurum	Mekânsal Çözünürlük
1/25.000 Topoğrafya Haritaları	2007	Harita Genel Müdürlüğü	30 m
Ortofotolar	1950/2020	Harita Genel Müdürlüğü	5 m
Sentinel 1	2023	Avrupa Uzay Ajansı	10 m

Çalışma kapsamında elde edilen veriler Quantum Coğrafi Bilgi Sistemleri (QGIS) kullanılarak görselleştirilmiş ve birtakım analizler gerçekleştirilmiştir. QGIS, Python ve C++ programlama dillerinde eklenti geliştirmeye imkân tanıyan, ücretsiz, açık kaynaklı ve platformlar arası çalışabilen ölçeklenebilir bir GIS aracıdır (Moyroud ve Portet, 2018). QGIS, jeo-mekansal verileri işlemek için gelişmiş bir araç seti sunar ve çeşitli coğrafi görüntü formatlarını okuyup işleyebilir. Bu yeteneklerini, Jeo-mekansal Veri Soyutlama Kütüphanesi (GDAL) ile entegrasyonu sayesinde kazanmaktadır. QGIS, GNU/Genel Kamu Lisansı (GPL) sürüm 2 altında yayınlanmış olup, GNU/Linux, Unix, Mac OS X ve Windows dahil olmak üzere birçok platformda kullanılabilir (Moyroud ve Portet, 2018).

QGIS içerisinde kullanılan başka bir yazılım ise Coğrafi Kaynak Analiz Destek Sistemi (GRASS), GNU Genel Kamu Lisansı (GPL) altında sunulan bir CBS yazılım paketidir. Bu ücretsiz ve açık kaynaklı yazılım, Açık Kaynak Coğrafi Bilgi Vakfı'nın (OSGeo; bkz. <http://www.osgeo.org/>) kurucu üyelerinden biridir ve resmi bir projesidir. Çok amaçlı bu yazılım paketi, coğrafi veri yönetimi ve analizi, görüntü işleme, grafik ve harita üretimi, mekansal modelleme ve görselleştirme için kullanılabilir. GRASS GIS şu anda dünya çapında akademik ve ticari ortamlarda, birçok hükümet ajansı ve çevresel danışmanlık şirketleri tarafından kullanılmaktadır. Güçlü raster ve vektör işleme motoru nedeniyle, GRASS'ın QGIS ile, ticari CBS ve görüntü işleme yazılım paketlerinin birleşik kullanımına en iyi alternatif olduğunu düşünüyoruz. GRASS GIS, var olan en eski kamu domain CBS yazılımlarından biridir (Lacaze vd., 2018).

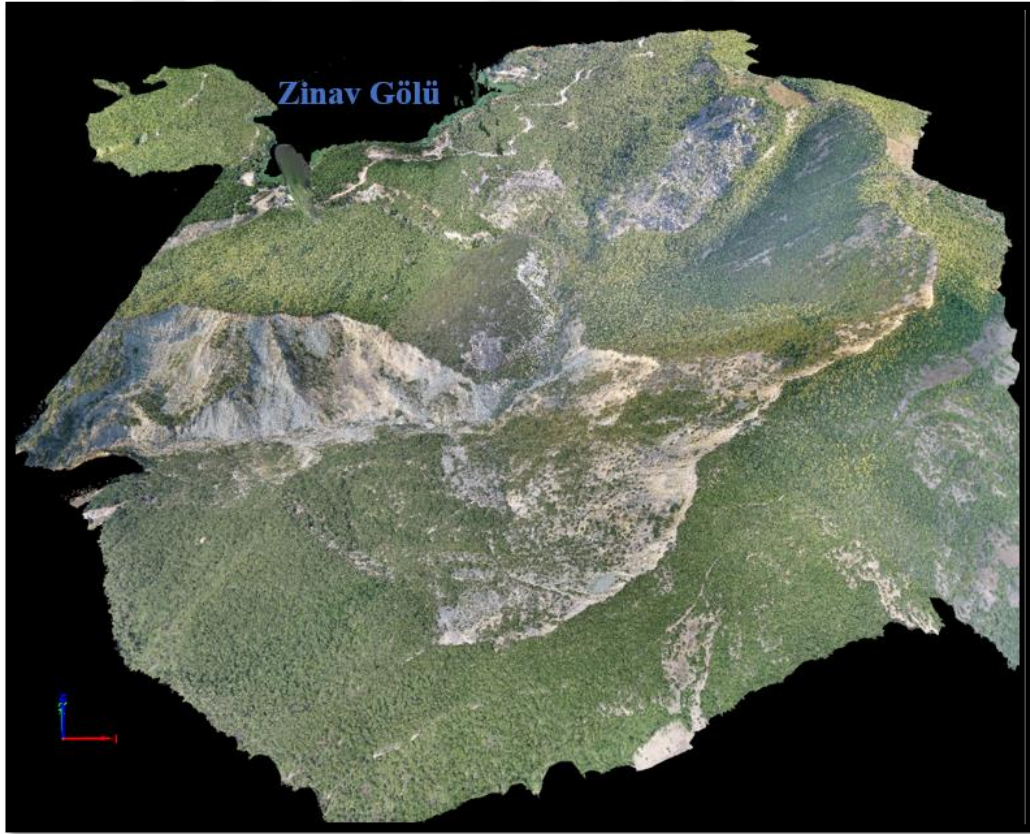
3.2.2. Arazi Verilerinin Tasnif Edilmesi

Arazi çalışmalarında İHA ile elde edilen veriler ofis çalışmalarıyla sınıflandırılmış ve her bir farklı göl alanı için ayrı ayrı analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde Pix4DMapper yazılımı demo uygulaması kullanılmıştır (Şekil 18).

Pix4DMapper yazılımı, fotogrametri ve uzaktan algılama alanlarında geniş bir kullanım alanına sahiptir (Alias vd., 2022). Bu çalışmada, Pix4DMapper yazılımı özellikle jeolojik ve çevresel çalışmalarda, heyelan kütlelerinin analizi ve modellemesi gibi alanlarda oldukça yaygın ve etkili bir araç olarak kullanılmıştır. Bu yazılım,

yüksek çözünürlüklü haritalama kapasitesi sayesinde, geniş ve karmaşık coğrafi alanların detaylı incelenmesini mümkün kılar. Ayrıca, zorlu ve tehlikeli alanlarda güvenli inceleme imkânı sunarak, riskli fiziksel keşiflerin yerine geçebilir (Fotoğraf 3).

Bu araştırmada ilk olarak, Pix4DMapper'da modelleme yapmak için yüksek çözünürlüklü ve kaliteli hava fotoğrafları gereklidir. Bu fotoğraflar, İHA ile elde edilmektedir. Fotoğrafların alınması sırasında, örtüşme oranının (%70-90 arası) ve uçuş yüksekliğinin doğru ayarlanması, modelin doğruluğu için kritik öneme sahiptir (Luhmann vd., 2014). Fotoğraflar alındıktan sonra, Pix4DMapper yazılımında işlenirler. Bu işlem, öncelikle fotoğrafların yazılıma yüklenmesi ve uygun projenin oluşturulmasıyla başlar. Daha sonra, yazılım otomatik olarak fotoğrafları hizalar ve bir nokta bulutu oluşturur. Bu nokta bulutu, gerçek dünya koordinatlarına dayalı üç boyutlu bir modelin temelini meydana getirmektedir (Remondino vd., 2014).



Şekil 18. Pix4DMapper uygulaması kapsamında çalışma alanlarından Zinav Gölü ve heyelanının 3 boyutlu modellemesi.

Heyelan set göllerinin analizi ve yorumlanması, Pix4DMapper uygulamasının kullanımıyla farklı bir boyutta yeniden değerlendirilmiştir. Bu yazılım, göllerin jeomorfometrik parametrelerinin detaylı bir şekilde incelenmesine olanak sağlamasının yanı sıra bu doğal oluşumların daha iyi anlaşılmasına da katkı sunmaktadır. Pix4DMapper, yüksek çözünürlüklü fotogrametrik analizler yapabilme yeteneği sayesinde, heyelan set göllerinin morfolojik özelliklerini, set yüksekliklerini ve vadi genişliklerini hassas bir şekilde belirlememize imkân tanımaktadır. Bu analizler, göllerin oluşumu, gelişimi ve zaman içindeki değişimleri hakkında değerli bilgiler sunmaktadır.

Heyelan set göllerinde göller üzerinde elde edilen veriler ile anlamlı sonuçlara ulaşmak için birtakım enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında Kriging, IDW (Inverse Distance Weighting) ve b-Spline isimli üç farklı enterpolasyon yöntemi denenmiş olup, elde edilen bulgular değerlendirildiğinde gerçeğe en yakın ve en anlamlı sonuçları sunan b-Spline yöntemi kullanılmıştır.

Kriging, gözlemlenmeyen bir konumdaki değer, mekansal korelasyonu tanımlayan bir modele göre ağırlıklar kullanılarak çevredeki konumlardaki değerlerin doğrusal bir kombinasyonu ile tahmin edildiği bir grup jeostatistik enterpolasyon yöntemini ifade eder. Isaaks ve Srivastava (1989), Lloyd (2006) ve Webster ve Oliver (2007) kriging ile ilgili temel kaynaklar olabilir. Kriging yöntemleri, mekansal olarak dağıtılmış çevresel değişkenlerin enterpolasyonu için yaygın olarak uygulanır. Sürekli stokastik mekansal değişim modeline dayalı olarak tahmin problemine bir çözüm sağlar (Bostan, 2017).

IDW, 1970 yılındaki Tobler'in ilk coğrafya yasası (her şey birbiriyle ilgilidir, ancak yakın şeyler uzak olanlardan daha fazla ilişkilidir) anlayışına dayanmaktadır. IDW, 1972 yılında ABD Ulusal Hava Servisi tarafından geliştirilmiş ve stokastik yöntemlerden (örneğin, Kriging ve TRA) farklı olarak, hesaplamada belirli istatistiksel varsayımları karşılama gereksiniminin olmamasından dolayı, deterministik bir yöntem olarak sınıflandırılmıştır. IDW yöntemi aynı zamanda çok değişkenli interpolasyon için de kullanılır. Genel fikri, örneklendirilmemiş bir noktanın nitelik değerinin, komşuluktaki bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması olduğu varsayımına dayanır. Bu,

bilinen noktaların dağınık bir kümesinden değerler kullanılarak bilinmeyen noktalara değerler atama sürecini içerir (Lu ve Wong, 2008; Chen ve Liu, 2012).

B-spline yönteminde bir eğri fonksiyonu da polinomlardan oluşmaktadır. Ancak her bir polinom derecesi p yerel olup, global değildir. Polinomlar bir çizgi veya yüzeyin parçalarını tanımlar ve bu parçalar birbirine düzgün bir şekilde eklenir. Böylece $p-1$ türevleri süreklidir. Parçaların birleştiği yerler 'düğüm'ler olarak isimlendirilir ve düğümlerin seçimi, tekniğe bir yumuşatma kazandırır. Eğriler verilerden geçecek şekilde kısıtlanabilir. Alternatif olarak, düğümler veri noktalarından uzak seçilerek en küçük kareler veya başka bir yöntemle keskinlik azaltılarak yumuşak düzeltme splineleri üretilebilir (Webster ve Oliver, 2007).

3.2.3. Heyelan Set Gölü Jeomorfolojik Süreklilik İndisleri

Heyelan set göllerinin oluşumları, gelişimleri ve potansiyel etkilerinin değerlendirilmesinde birtakım indisler öne çıkmaktadır. Bu indisler en azından oluşabilecek olumsuz etki, setin bozulması, sel veya taşkın potansiyeline sahip alanların belirlenmesi ve önlem alınması adına ilk olarak önemli çıktılar ortaya koymaktadır. Swanson vd., (1986), Pirocchi (1992), Canuti vd., (1998), Casagli ve Ermini (1999) ile Ermini ve Casagli (2003) çalışmalarında bir heyelan set gölünün gelişiminin çeşitli jeomorfolojik parametreler tarafından nasıl kontrol edildiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar esasen, heyelan set göllerinin sürekliliğinin, jeomorfolojik parametrelerin oranına bağlı olduğu konusunda hemfikir olmuşlar ve birtakım indisler ortaya koymuşlardır. İlk zamanlarda bu jeomorfometrik parametrelerden setin hacmi, setin kendi ağırlığını kontrol ettiği için ana süreklilik faktörü olarak kabul edilmiştir. Havza alanı, vadi debisi ve akış gücünü kontrol etmesi açısından dolaylı olarak setin şeklini, durumunu ve dayanıklılığını etkilemiş, bu yüzden sürekliliği etkileyen bir diğer faktör olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmaların ilk örneklerinde heyelan set gölleri değerlendirilirken Blokaj İndisi ve Boyutsuz Blokaj İndisi formülleri geliştirilmiş ve önerilmiştir.

Daha sonra Casagli ve Ermini (1999) ve Korup (2004) tarafından geliştirilen yeni bir parametre ise heyelan set gölünün içindeki suyun hacmidir. Hacim değeri, gölün sürekliliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu parametre, heyelan sonucu

oluşan set gölünün kapasitesini ve potansiyel olarak biriken su miktarını ifade etmektedir. Heyelan setinin gerisinde biriken su hacminin büyüklüğü, set gölünün basınç altında ne kadar su tutabileceğini ve tutulu suyun hareketlenmesi durumunda ne kadar büyük bir sel riski oluşturabileceğini gösterir. Konu ile ilgili araştırmalar sonucunda Tutulmuş (Hapsolmuş) Su İndisi araştırmacılar tarafından değerlendirilmiş ve bununla ilgili yeni bir indis ortaya konulmuştur.

En son Stafenelli vd., (2016) tarafından bu indislere ek olarak jeomorfometrik parametrelerin değerlendirildiği iki farklı yeni indis çalışılmış ve literatüre kazandırılmıştır. Stefanelli vd., (2016) yaptığı çalışmada temel parametrelerin önemini vurgulamaktadır. Özellikle heyelanın hacminin, bir nehir vadisinde set gölü oluşumunun ve setin sürekliliğinin belirlenmesinde en kritik faktör olduğunu belirtmektedir. Bu durum Swanson vd., (1986) ile Costa ve Schuster (1988) tarafından da en başta önemle vurgulanmıştır. Bir heyelan set gölünün değerlendirilmesinde, nehir vadisini tıkayan heyelanın sınırlayıcı özelliklerini tanımlamak büyük önem taşır. Geçmişteki heyelan set göllerinin gelişimini incelemek ve bu konuda morfolojik veri toplamak, aşınan malzemenin hacimsel miktarına bağlı olarak hesaplamalarda bazı hatalara neden olabilir. Gözlemlenen hacim kaybı ve buna bağlı hata oranı, toplam heyelan hacmi ile karşılaştırıldığında, set hacmine göre daha azdır. Heyelanların hareket eden hacimsel değerleri küçük hacimli heyelanlarda genellikle kararsızlık gösterirken veya hiç oluşmazken, büyük hacimli heyelanlar genellikle setin daha kalıcı olmasına ortam hazırlamaktadır. Stafenelli vd., (2016) tarafından önerilen indisler bu çalışmada yukarıda bahsi geçen ve heyelan set gölleri için daha önceki çalışmalarda önerilen indislerden gelişmiş ve ileri bir uygulama hali olarak düşünülebilir. İndisler, setin özelliklerini dikkate alan bir sayıyı ve su yolunun özelliklerini dikkate alan bir bölüme içeren oranlar şeklinde formüle edilmiştir. Bu oranlar, iki farklı doğal sistemi temsil eden parametreler arasında sistematik bir karşılaştırma yaparak elde edilmektedir. Bu indisler Morfolojik Tıkanma İndisi ve Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisidir. Heyelan set gölleri üzerine yapılan değerlendirmelerde birçok indis kullanılmıştır. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalarda (Stafanelli vd., 2016; Yayla vd., 2021) bu iki indis yaygın olarak kullanılmaktadır.

Blokaj İndisi, Boyutsuz Blokaj İndisi, Hapsolmuş (tutulmuş) Su İndisi, Morfolojik Tıkanma İndisi, Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi kullanılmıştır

(Tablo 2). Bu indislerin hesaplanma ve çalışma sistematığı aşağıda ayrı ayrı açık bir şekilde ifade edilmiştir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan indisler

No	İndis	Formül
1	Blokaj İndisi (BI)	$BI = \log(V_d/A_b)$
2	Boyutsuz Blokaj İndisi (DBI)	$II = \log(V_d/V_l)$
3	Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisi (II)	$DBI = \log(A_b \cdot H_d / V_d)$
4	Morfolojik Tıkanma İndisi (MOI)	$MOI = \log(V_l/W_v)$
5	Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSI)	$HDSI = \log(V_l/A_b \cdot S)$

3.2.3.1. Blokaj İndisi (Blockage Index: BI)

Heyelan set göllerinin jeomorfolojik analizi, bu doğal jeomorfolojik birimlerin oluşumlarını, oluştukları zaman içerisinde uğradıkları değişim ve gelişimlerini anlamak için oldukça önemlidir. Araştırmacılar Swanson vd., (1986), Pirocchi (1992), Canuti vd., (1998), Casagli ve Ermini (1999) ve Ermini ve Casagli (2003) heyelan set göllerinin dinamiklerinin, özellikle gölü oluşturan setin hacmi ve havza alanı gibi belirli jeomorfolojik parametrelerle nasıl ilişkilendirilebileceğini ortaya koymuşlardır. Bu parametreler, heyelan setinin fiziksel yapısını ve ortamdaki flüviyal sistemlerin etkileşimini ele alarak, set göllerinin sürekliliğini belirleyen temel parametreleri oluşturmuşlardır. Oluşan bu temel parametreler üzerinden heyelan setlerinin sürekliliğine ilişkin değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Özellikle, Canuti vd., (1998) ile Casagli ve Ermini (1999)'nin geliştirdiği Blokaj İndisi (BI), heyelan set göllerinin oluşum sürecini ve bu sürecin gelişimini nicel olarak değerlendirmek için sık kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu indis, heyelan set göllerinin oluşumunu ve sürekliliğini belirlemede kullanılan temel bir ölçüt olarak kabul edilmiş ve bu alandaki çalışmalarda uzun yıllardır kullanılarak önemli bir yere sahip olmuştur.

$$BI = \log(V_d/A_b) \quad (1)$$

Bu formülde V_d heyelan setinin hacmini (m^3), A_b havza alanını (km^2) ifade etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, araştırmacılar setin bir göl oluşturma durumunu belirlemek için formül sonucuna göre alt ve üst sınır oluşturmuşlardır. Bir

setin başarısız ya da heyelan set gölü oluşturup oluşturamayacağı durumlar için Blokaj İndisi değerini $BI=3$ olarak, yine başarısız olup bozulabilecek heyelan set gölleri için oluşabilecek üst sınır ise $BI= 5$ değerini önermişlerdir. Bu değerlere göre heyelan set gölünün istikrarlı ya da süreklilik arz etmesine ilişkin Blokaj indisi değerini ise $BI=4$ olarak kabul etmişlerdir (Ermini ve Casagli, 2003).

Stafanelli vd., (2016) bu indisi daha anlaşılır bir hale getirmiştir ve bu çalışmada kullanılan veri setindeki heyelan set göllerinin gelişimleri üzerindeki farklılıklarını net bir şekilde belirlemeye çalışılmıştır. Stafanelli vd., (2016)'ya göre heyelan set göllerini üç farklı oluşum alanı içerisinde tanımlamıştır. Bu durumu sınıflandırırken de Yayla vd., (2021) kararlı veya kararsız oluşma durumlarına göre bu alanları ifade etmiştir. Bu durumda Blokaj İndisi değeri 5,68'den büyük ise Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölü, 3 ila 5,68 arasında ise Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölü olarak ifade edilmektedir. Bu iki değer aralığında heyelan set gölleri sürekli ancak istikrarsız olarak değerlendirilmektedir. Şayet Blokaj İndisi değeri 3 ün altında ise o zaman da Oluşmamış Heyelan Set Gölleri sınıfında yer almaktadır.

Bu sınıflandırma, heyelan set göllerinin oluşum ve süreklilik durumlarını anlamada önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bu göllerin potansiyel olarak gelişim ve değişimlerini değerlendirmede kullanılmaktadır.

Heyelanın hacminin ve akarsuyun kabul havzasının değerlerinin kullanıldığı bu indiste ilgili değerleri elde edebilmek için birtakım çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan ilki heyelanın hacminin tespit edilmesidir. Heyelan hacim değerinin hesaplanması için temel kural heyelanın kütle hareketi olmadan önceki halinin biliniyor olmasıdır. Ancak çalışma alanındaki göllerden en yakını 1950 yılına ait bir heyelan ile gerçekleşmiş olan Sera heyelanıdır ve bu heyelanın dahi görüntüsü ve uydu verisi elimizde bulunmamaktadır. Bu yüzden farklı yöntemler kullanarak heyelanın önceki topoğrafya halini belirlemek veya tahmin etmek gerekmektedir.

Heyelan öncesi topoğrafyanın mevcut olmadığı bir heyelanın hacmini tahmin etmek için, Tarolli vd., (2012) ve McKean ve Roering (2004) tarafından yapılan çalışmalarda belirtildiği gibi, İHA'dan elde edilen yüksek çözünürlüklü (*Digital Elevation Model, DEM*) SYM verileri kullanılmıştır. Bu yöntem orijinal eğim profilini modellemek için heyelanın devamında hareket etmeyen bozulmamış alanların arazi

özelliklerini analiz etmek ve varsayımsal bir heyelan öncesi SYM oluşturmak için bu özellikleri heyelan alanına ekstrapole etmeyi içerir. Heyelan hacmi daha sonra heyelan malzemesinin derinliği ile hesaplanmaktadır. Bu hesaplama yapılırken mevcut şartlar ve varsayılan arazi şartları arasındaki fark tespit edilerek heyelan kütesinin hacmi elde edilmektedir. Yapılan bu çalışmanın doğruluğunu test edebilmek için arazinin orijinal değerleri ile varsayımdaki topoğrafya değerleri kontrol edilip karşılaştırma yapılmaktadır. Böylelikle tahmini olarak heyelanın hacimsel değeri ortaya konulmaktadır. Bütün bu uygulamalar QGIS yazılımı içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Blokaj indisinin hesaplanmasında kullanılan bir diğer değer ise heyelanın hareket ederek vadi içerisinde heyelan setini oluşturduğu alandan akarsuyun kaynak alanına kadar olan kabul havzası alanının hesaplanması işlemidir. Bu hesaplamayı yaparken de QGIS içindeki GRASS GIS yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılımda SYM verilerini kullanarak GRASS GIS yazılımının içerisinde hidrolojik modellemeyi yapabilmek için öncelikle SYM içerisinde bütün boşluk alan olarak belirlenen düşük kotlu ortamlar doldurulmaktadır. Ardından akış birikimi ve akış yönü hesaplanmaktadır. Akış yönü belirlendikten sonra heyelan setinin üzerinden kaynağa doğru gelişen alanın hesaplaması yapılarak kabul havzanın alanı hesaplanmaktadır (Hancock vd., 2006; Metz vd., 2011).

3.2.3.2. Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisi (*Impoundment Index: II*)

Hapsolmuş Su İndisi, heyelanlar sonucu oluşan vadiler içerisindeki doğal setlerin hangi ölçüde su tuttuğunu belirlemek için kullanılan bir indistir. Heyelanın oluşturduğu doğal set gölünün sürekliliğini, etkinliğini ve su tutma kapasitesini anlamak için kullanılmaktadır. Bu indis heyelanın harekete geçtikten sonra vadi içerisinde oluşan setin hacmi ile setin gerisinde oluşan gölün hacminin ilişkisine dayanmaktadır.

$$II = \log(V_d/V_l) \quad (2)$$

Burada V_d , heyelan sonucu vadiyi tıkayan malzemenin hacmini (m^3) ifade eder ve heyelanın büyüklüğü ve vadi üzerindeki etkisini gösterir. Diğer yandan, V_l heyelan setinin arkasında biriken suyun, yani oluşan gölün hacmini (m^3) temsil eder. Bu rakam gölün hacmi, heyelan setinin su tutma kapasitesi ve oluşturduğu gölün büyüklüğü

hakkında önemli bilgiler sunar. İlk olarak Casagli ve Ermini (1999) tarafından tanımlanan ve Korup (2004) tarafından da kullanılan bu indis yine heyelan set gölü süreklilik çalışmalarında kullanılmıştır (Yayla vd., 2021; Shafieiganjeh vd., 2022). Bu hesaplama yöntemi, heyelanların oluşturduğu doğal set göllerinin etkilerini ve risklerini değerlendirmede kullanılmaktadır. Böylece, heyelan sonrası oluşabilecek su birikintilerinin ve potansiyel taşkınların boyutu hakkında tahminde bulunulabilir. Bu indis ile ön değerlendirmeler yapmak da mümkündür.

V_d yani hareket eden heyelan kütesinin hacim hesaplama süreci ayrıntılı olarak Blokaj İndisi başlığı içerisinde anlatılmıştır. Bu yüzden tekrar burada değinilmeyecektir.

V_1 ise gölde bulunan suyun hacmini ifade etmektedir. Hacim değerleri ve batimetri çalışmaları, İHA ile rahatlıkla ölçülebilmektedir. Ayrıca, bazı radar sistemleri de batimetri çalışmalarında kullanılmaktadır. Ancak, su tabanındaki yosunlar ve su altı bitkileri, ölçümlerde birtakım hatalara sebep olabilmektedir. İHA veya radar sistemleriyle yapılan ölçümlerde de kısmi hatalar görülebilmektedir. Heyelan set gölleri genellikle durgun su ortamları oldukları için, sucul bitkiler açısından zengin bir habitat oluşturmaktadırlar. Gerçekten de iskandil ve UA yöntemleri ile yapılan deniz yüzeyi çalışmalarında, bu iki yöntem arasındaki farkın $1.07 \pm$ olduğu belirlenmiştir (Yılmaz vd., 2023). Bu çalışmada, hataları en aza indirmek amacıyla, iskandil yardımıyla derinlik ölçümü yapılmış ve GPS ile konumlar belirlenerek, bu veriler CBS kullanılarak sayısallaştırılmış ve mekânsal istatistik yöntemlerine tabi tutulmuştur. Bu sayede gölün hacmi ve batimetrisi en doğru ve güvenilir şekilde belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu hususta iki farklı istatistik yöntemleri kullanılarak CBS üzerinden enterpolasyon yapılmaktadır. Bunlar, jeostatistiksel ve deterministik enterpolasyon yöntemleridir. Mekânsal verilerin analizinde bu iki temel yaklaşım üzerinden analiz yapılmaktadır (Chiles ve Delfiner, 2012; Diaconu vd., 2019). Jeostatistiksel yöntemler, ölçülen noktaların istatistiksel özelliklerini ve mekânsal otokorelasyonunu dikkate alarak tahminler yapar. Bu yaklaşım, özellikle kriging yöntemleriyle, örnek noktalarının mekânsal yapılandırmasını ve mekânsal değişkenliği modelleme yeteneğiyle öne çıkar (Chiles ve Delfiner, 2012). Öte yandan, deterministik yöntemler

ise ölçülen noktalar arasındaki benzerlik derecesine (örneğin, IDW) veya düzleştirme derecesine (örneğin, Radial Basis Functions) dayalı olarak yüzeyler oluşturur. Bu yöntemler, genellikle matematiksel formüllere dayanır ve verinin mekânsal yapısını yakalamak için ek istatistiksel modellemeleri içermemektedir (Henciro, 2021). Bu uygulamada, en anlamlı ve kabul edilebilir sonuçlar b-Spline enterpolasyon yöntemi ile elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, diğer enterpolasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında, verilerin dağılımı ve gösterimi açısından b-Spline yönteminin daha anlamlı sonuçlar verdiğini göstermektedir.

3.2.3.3. Boyutsuz Blokaj İndisi (Dimensionless Blockage Index: DBI)

Ermini ve Casagli (2002) Blokaj İndisinin denklemine set gölünü oluşturan setin yüksekliğini dahil ederek bu çalışmalara yenilik katmıştır. Bu indisin "Boyutsuz Blokaj İndisi" olarak isimlendirmesiyle indisler içerisinde yeni bir yöntem ortaya çıkmıştır. Bu indiste düzenlenen formülasyon, setin yüksekliğini önemli bir faktör olarak dikkate almış, Blokaj İndisinin hesaplanmasında farklı bir yaklaşım ortaya koymuştur. Boyutsuz Blokaj İndisi esasen heyelan set gölünü oluşturan setin hacmi, akarsuyun kabul havzası ve setin yüksekliği ile ilişkilendirilen bir indistir.

$$DBI = \log (A_b \times H_d / V_d) \quad (3)$$

Burada H_d setin yüksekliğini (m), V_d heyelan setinin hacmini (m^3) ve A_b havza alanını (km^2) temsil etmektedir. Bu indiste heyelan set göllerinin fiziki özelliklerinin göz önünde bulundurulduğu ve set gölünün döküldüğü setin yüksekliği önemli bir parametre olarak görülmektedir. Setin yüksekliği, gölün potansiyel taşma ve setin tabanında meydana gelen iç erozyon süreçlerine karşı istikrarını ve uzun ömürlülüğünü değerlendirmede kritik bir faktör olarak kabul edilmektedir. Oluşum aşamasında, bir heyelan setinin yüksekliği akış aşağı eğimin artmasında önemli bir rol oynar ve bu da taşan suyun hızını ve aşındırıcı gücünü büyük ölçüde etkiler. Bu husus, setin yüksekliğiyle su akışının hareketleri üzerindeki etkisini, özellikle de setin üzerinde hızı ve erozyon gücünün artma potansiyeli açısından önem arz etmektedir. Daha sonra set, özellikle hidrolik eğimi etkileyerek su yüzeyinin set gölünün tamamı üzerinde konumlanmasını yönetmektedir. Bu, setin sadece suyun konumunu kontrol etmede değil, aynı zamanda su seviyesinin özelliklerini de kontrol etmedeki önemini ve

özellikle de suyun akış eğimi üzerindeki etkisini göstermektedir (Ermini ve Casagli, 2003). Bu yüzden heyelan set göllerinin sürekliliği ve istikrarı açısından setin durumu, yüksek veya düşük kot seviyesine sahip olması heyelan set gölleri için önemli bir parametredir. Boyutsuz Blokaj indisi ile heyelan setleri Ermini ve Casagli tarafından Kararlı ve Kararsız olarak sınıflandırılırken Stefanelli vd, (2016)'da ise üç ana alanda ifade edilmektedir. Bunlar, Kararlı oluşmuş heyelan set göllerinde: $DBI < 2,43$. Bu eşik değerin altında, sadece oluşmuş istikrarlı set göllerini ifade etmektedir. Kararsız oluşmuş heyelan set göllerinde ise bu değer $2,43 < DBI < 3,98$ arasında yer almaktadır. Bazı durumlarda yapılan istatistik analizlerde ortaya çıkan grafiklerde bu alanda bazı kararlı göllerin yanı sıra kararsız göller de yer alabilmektedir. Bir diğer alan ise oluşmamış heyelan set gölleri alanıdır. Bu alanda ise indis değeri $DBI > 3,98$ 'dir. Bu değerin üzerinde olan göller oluşmamış heyelan set gölleri sınıfında değerlendirilmektedir.

Ermini ve Casagli (2002) çalışmasında, söz konusu indise yeni yaklaşımlar katmış, özellikle, yazarlar burada farklı alanları tanımlayan iki ayrı eşik önermişlerdir: Bu öneride 2,68 ila 3,23 arasında değişen Boyutsuz Blokaj İndisi (DBI) ile işaretlenen bir kararlılık alanı ve 2,68'den daha düşük bir DBI ile karakterize edilen bir kararsızlık alanı ortaya koymuşlardır. Bu tanımlama, set gölleriyle ilişkili istikrar ve risk faktörlerinin anlamlandırılmasını sağlamıştır. Ancak bu çalışmada değerlendirme yapılırken daha yeni ve güncel bir çalışma olması nedeniyle değerlendirmeler Stefanelli vd., (2016)'ya göre yapılmıştır.

V_d ve A_b değerlerinin hesaplanması diğer üst başlıklarda ayrıntılı olarak ifade edildiği için tekrar bu başlıkta değinilmeyecektir. Burada H_d yani heyelan setinin yüksekliğinin nasıl hesaplandığına ilişkin açıklamalar yapılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, bir heyelan setinin yüksekliği risk değerlendirmelerinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, eğim arttıkça erozyon ve aşındırma potansiyeli de artmaktadır ve bu da setle ilişkili risk faktörlerini yükseltmektedir. Bu husus, heyelan setinin yüksekliğinin yarattığı riskler hakkında değerlendirmeler yapılmasına imkân sağlamaktadır. Heyelan setinin taşma yaptığı alan ile heyelanın topuk noktası arasındaki yükseklik farkı, eğim ve risk ortamı hakkında fikir vermektedir. Hesaplamalar sırasında GPS ve İHA verilerinin kullanılması, heyelan set yüksekliği ile heyelan topuk noktası arasındaki yükseklik farkının karşılaştırmalı

değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır ve bu değerlendirme doğruluk ve geçerlilik açısından önemlidir. Bu yükseklik farkı, heyelan setinin yüksekliğinin belirlenmesinde önemli bir parametredir ve ilgili riskleri değerlendirmek için bir ölçüt ortaya koymaktadır.

3.2.3.4. Morfolojik Tıkanma İndisi (Morphological Obstruction Index: MOI)

Heyelan set göllerinin oluşumunda, Fan vd., (2012) tarafından önerilen vadi yatağının genişliği önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Özellikle, heyelan hacmi ile vadi yatağının genişliği arasındaki ilişki, heyelan set göllerinin oluşumunda yeni bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Bu durum ile ilgili olarak Fan vd., (2012) tarafından uygun örneklem alanlarında çalışmalar yapılmıştır. Çin'in Chengdu Bölgesindeki diğer set göllerinden farklı olarak, Min Nehri'nin büyük bir debi ve genişliğe sahip olması nedeniyle, derin bir şekilde oyulmuş Min Nehri boyunca uzanan setlerin genel çoğunluğu (>%90) esas olarak kısmi tıkanmaya neden olmuştur. Burada esasen vadi genişliği heyelan set göllerinin oluşmasına engel olmaktadır. Burada vadi yatağının tamamen kapanmasından ziyade kısmen kapanması durumu ile karşılaşılmıştır.

Bu sahada yapılan araştırmada, genellikle heyelan yoğunluğunun, heyelan-set yoğunluğu üzerinde doğrudan etkileyici bir rolü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, heyelan hacmi ile nehir genişliği arasındaki korelasyonun da bu durumda önemli bir etken olduğu saptanmıştır (Fan vd., 2012). Bu çalışmaya göre heyelan set göllerinin sürekliliğine ilişkin yeni bir indis önerilmiştir (Stefanelli vd., 2016).

Akarsu vadilerinin morfolojik yapısı, özellikle de vadilerin genişlikleri, heyelan etkileşimleri sonucunda oluşturabilecekleri göl veya kısmi vadi tıkanıklılığını anlamak amacıyla incelenmiştir. Çalışma küçük hacimli bir heyelanın dar ve dik yamaçlı bir vadiyi tamamen engelleyebileceğini, ancak geniş bir taşkın alanında böyle bir engellenmenin daha az olası olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, bir vadinin heyelanlar tarafından ne kadar kolay tıkanabileceğinin anlaşılmasında vadi genişliğinin önemli bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır (Stefanelli vd., 2016).

$$MOI = \log (V_l/W_v) \quad (4)$$

Bu formülde V_1 (m^3) yamaç üzerinden hareket eden bütün heyelanın kütsel hacmini ifade etmektedir. W_v ise hareket eden heyelanın vadi içerisinde doğru aktığı vadinin genişliğidir (m).

Heyelanın hacmi ile ilgili hesaplamalar, önceki bölümlerde açıklanmıştır. Ancak, bu indis içerisindeki hacim değeri diğerlerinden farklı olarak, vadiyi tıkayan setin hacmini değil, heyelanın toplam hacmini ifade etmektedir. Burada çalışma sahası içerisinde yer alan heyelan ve heyelan kütleleri üzerindeki vadiyi tıkayan setin hacmi ile heyelanın bütünsel hacmi arasında indislerin sonucunu belirleyecek boyutta bir fark bulunmamaktadır. Bu yüzden fark oluşmaması adına ve indislerin sonucunda heyelan set gölünün stabilitesinde bir değişimin olmamasından ötürü heyelanlar bütün indislerde aynı hacim değeri üzerinden hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Hacmin hesaplanma yöntemi, daha önceki bölümlerde anlatıldığı için bu indis içerisinde de benzer uygulamalar yapılarak hacim hesabı tekrar ele alınmamıştır.

Vadinin genişliğini belirlemede ortalama bir değer kullanılmaktadır. Bu değeri elde edebilmek için vadi içerisinde farklı lokasyonlardan çoklu örnekler alınarak ölçüm yapılabilmektedir. Bu ölçümü yapabilmek için SYM ve İHA SYM verileri kullanılarak vadi genişliği hesaplanmıştır. Örnek olarak, vadi içerisindeki 10 farklı noktadan alınan ölçüm değerlerinin medyanı hesaplanmıştır. Ölçüm verileri, birbirinden uzak ve yakın değerler içerdiği için ortanca değer olarak medyan kullanılmıştır. Hesaplanan medyan değeri, vadi genişliği olarak kabul edilip indisler üzerinde uygulanmıştır.

3.2.3.5. Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (Hydromorphological Dam Stability Index: HDSI)

Heyelan set göllerinde setin gerisindeki akarsuyun akım gücü setin sürekliliği ve istikrarı açısından önemli bir parametre olarak görülmektedir. Heyelan set göllerinin istikrarı, set gölünün büyüklüğü ve akarsuyun erozyonel kabiliyeti ile ilişkilidir. Akarsu gücü (Ω), birçok yazar tarafından akarsuyun enerjisinin ana belirteci olarak kabul edilmektedir, bu kavram Baker vd., (1987) ve Fontana ve Marchi (2003) gibi isimler tarafından önerilmiştir. Bu, bir akarsuyun gerçekleştirebileceği işi simgeler ve aynı zamanda set gölünün dolma hızını da etkiler. Mevcut literatürde akarsu gücü

topografik bir perspektiften incelenmiş ve akış miktarı, drenaj havzasının alanı gibi temel parametreler kullanılarak değerlendirilmiştir (Ermini ve Casagli, 2003; Conforti vd., 2011). Moore vd., (1991) bir indis tarafından akarsuyun gücünün değerlendirilebileceği farklı bir formül önerilmiştir.

$$\Omega = A_s \times S \quad (5)$$

Burada A_s özel olarak havza alanını ifade etmektedir (km^2). Heyelan set gölleri, dar ve dik yamaçlarla karakterize edilen dağlık veya tepelik vadilerde oldukça yaygın olarak meydana gelmektedir. Bu bağlamda, bu basitleştirilen durum heyelan set göllerinin sürekliliğini bozan akarsu etkisi için bir temsil olarak kullanılabilir. Bu aşındırıcı güce yine heyelanın en önemli parametresi olan hacimle karşılaştırarak hacim ilişkisi ele alındığında "Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi " (HDSI) ortaya çıkmaktadır. HDSI indis formülü aşağıdaki gibidir.

$$\text{HDSI} = \log(V_1/A_b \times S) \quad (6)$$

Burada V_1 heyelanın bütün hareket eden kütesinin hacmini (m^3), A_b tıkanma noktasından kaynağa doğru olan havza alanını (km^2) ve S kanal yatağının yerel boyuna eğimini ifade etmektedir.

V_1 ve A_b başlıkları yukarıdaki diğer indisler başlığı içerisinde nasıl elde edileceğine ilişkin detaylı olarak ifade edilmiştir. Bu yüzden tekrar bu başlık içerisinde ele alınmayacaktır. Ancak S yani akarsuyun yatak eğimi ise kaynak alanlarından setin tıkanma yaptığı alana kadar olan mesafe ile bu iki konum arasındaki kot farkının ilişkisiyle hesaplanmaktadır. Aynı zamanda SYM verileri kullanılarak da göl ve yakın çevresinin eğim değerleri belirlenmektedir. Bu değerler kapsamında kolayca yatak eğimi de ortaya çıkarılmaktadır.

4. BÖLÜM

KARADENİZ BÖLGESİNİN GENEL COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ VE ARAŞTIRMA SAHALARINDAKİ BULGULAR

4.1. Araştırma Sahasının Genel Coğrafi Özellikleri

I. Coğrafya Kongresi'nde Türkiye'nin bölgeleri tasnif edilmiş ve sınıflandırılmıştır (TCK, 1941). Burada belirlenen bölgelerden biri de Karadeniz Bölgesi'dir. Karadeniz Bölgesi oldukça geniş bir alanı (135409 km²) kaplamaktadır. Bölge coğrafi olarak aynı isim altında sınıflandırılan ancak birbirinden farklı karakterde iklim, yeryüzü şekilleri, bitki örtüsü unsurları bulunduran bölüm ve yöreleri ile farklılık göstermektedir (Özçağlar, 2003; Elibüyük ve Yılmaz, 2010).

Karadeniz Bölgesi genel olarak Pontid (batı, orta ve doğu) ismi ile anılan tektonik birliklerden meydana gelmiştir. Bu oluşumların sürecine bakıldığında Pontidler, Hersiniyen ve Kimmeridgian orojenezlerinden etkilenmiş, Alp orojenezinde ise güneydeki Anatolid-Torid tektonik alanları ile etkileşime girerek bugünkü yapısal özelliklerini kazanmıştır. Neotektonik dönemde ise genişleme ve faylanma süreçleri ile günümüzdeki şeklini almıştır (Okay vd., 2018; Okay ve Nikishan, 2015; Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör, 1996). Kuzey Anadolu kıvrım dağlarının uzanım yönünde (E-W), Türkiye'nin kuzeyinde hemen hemen bütün Anadolu yarımadasının üst kısmından sınırlayacak şekilde uzanmaktadır. Bu bölge dağlık, ovalık ve platoluk alanlarıyla gerek ana yer şekilleri gerekse diğer yer şekilleriyle, bitki örtüsüyle, iklimiyle, kendine has özellikleri bulundurmaktadır. Türkiye'nin toplam yüzölçümünün %18'ini oluşturan (Atalay ve Mortan, 2007) Karadeniz Bölgesi bu araştırmaya konu olan heyelan set göllerinin çokça olduğu bir bölgedir.

4.1.1. Karadeniz Bölgesinin Genel Jeolojik ve Tektonik Özellikleri

Bölgenin jeolojisini daha iyi anlamlandırmak için tektonik birlikler konusu üzerinde ayrıca durmak gerekmektedir. Türkiye'nin jeolojisi üç ana tektonik yapı üzerinde oluşmuştur. Bunlar; Pontidler, Anatolid veya Toridler ile Arabistan platformudur (Ketin, 1966, Okay, 2008). Bölgede görülen jeolojik yapılar farklı zaman

dilimlerine ait kayaç birimlerinden oluşmuş ve bu yapılar Pre-Alpin, Alpin ve Post-Alpin yaşlı birimler olarak aşağıda ifade edilmiştir. Bu dönemler uluslararası stratigrafi zaman çizelgesine göre değerlendirildiğinde Pre-Alpin dönemler; paleozoyik ve mesozoyik dönemlerini içerisine almaktadır. Alpin dönemler Geç Kretase'den başlayarak Alp orojenizinin etkin olduğu alt dönemleri de içerisinde taşıyan ana orojenik aktivite fazını temsil eder. Bu dönem, Neo-Tetis okyanus kollarının kapanması ve çeşitli tektonik birliklerin paroksizmal olarak çarpışmasını ifade eder. Post-Alp'in dönem ise Kuvaterner içerisinde oluşan tektonik aktiviteleri temsil etmektedir (Göncüoğlu, 2021; Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör ve Yılmaz, 1981)

Pre-Alpin Birimler: Çalışma sahasındaki Pre-Alpin birimler batıda Zonguldak'tan başlayarak Ilgaz dağları boyunca devam edip farklı kuşaklar altında sınıflandırılmıştır. Bu kuşaklar Sakarya Zonu, İntra-Pontid ofiyolit kuşağı, İstanbul Zonu ve Rodop Istranca Zonudur (Göncüoğlu, 2010; Göncüoğlu, 2021, Okay ve Tüysüz, 1999). Bu birimler Paleozoyik döneme aittir. Metamorfizmaya maruz kalmış kayaçlar Karadeniz Bölgesi'nin eski jeolojik tarihini yansıtır ve bölgenin jeolojik evrimine dair önemli bilgiler sunar. Zonguldak havzası Üst Paleozoyikte kara halinde kalmış ve buradaki deniz sığlaşmıştır, bu sığ deniz ortamı ve bataklık hali bu sahada kömür oluşumuna ortam hazırlamıştır. Ilgaz Dağları ve Çoruh Vadisi çevresi ise deniz ortamı halinde alanlar olarak kalmış, bu sahada ince taneli tortullar ve karbonatlar çökelmiştir. Bu sahalar da Paleozoyikteki Kaledoniyen ve Hersiniyen orojenez süreçlerinden etkilenerek yükselmiştir. Bu yükselme sürecinde sıkışan birimler yapraklanarak şistleri oluşturmuştur (Atalay ve Mortan, 2007; Okay vd., 2018; Şengör, 1996). Sakarya Zonu'nun doğu ucunda yer alan Yusufeli birimi mafik ve ultramafik kayalar ve bunların volkanosedimanter örtüsünü içermektedir. Serpantileşmiş ultramafikler, gabrolar, diyabazlar, amfibolit ve amfinolit gnayslar gibi Jura yaşlı istiflerle örtülen Yusufeli birimi paleotetis okyanusal litosferinin ve bir ada yayı kökünü temsil etmektedir (Göncüoğlu, 2010; Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör ve Yılmaz 1981).

Alpin Birimler: Karadeniz Bölgesi arazisinin büyük bir çoğunluğu, Tetis Denizi'nin etkisi altında kalan birimlerden oluşmaktadır. Bu döneme ait yaşlandırılan Alpin birimleri, aynı zamanda Kuzey Anadolu dağ kuşaklarını meydana getirir. İstanbul Zonu içerisinde Kretase flişleri Alpin dönemin yaygın birimleridir. Bu zon

ieçrisinde gözlenen Orta Jura -Alt Kretase yaşlı istifler faylı birimler ile kontrol edilerek çökelmiştir. İstifin özellikle alt bölümünde yer alan Üst Kretase yaşlı volkanosedimanter kayalar Karadenizin açılması ve riftleşme ile ilişkilidir. Paleojen yaşlı istifler D-B uzanımlı olup volkanik ara katkılı klastik ve karbonatlardan meydana gelmektedir (Göncüoğlu, 2010; Görür, 1988; Tüysüz, 1999). Bu dönemde oluşmuş araziler, Tetis jeosenklinalinde biriken tortul kayalar ve Tetis denizi altında meydana gelen volkanik aktiviteler sonucu oluşan volkano-sedimanter kayalar, Mesozoik dönemin çeşitli periyodlarına göre farklı karakterler ve özellikler gösterir (Atalay ve Mortan, 2007). Sakarya Zonu'nun örtü kayaları, doğu ve batı bölgelerinde önemli farklılıklar göstermektedir. Doğu kesiminde, geniş alanlarda yüzeylenen Pontid magmatik yayı ile onun temelindeki çökel kayalar hakimdir. Niksar, İspir ve Ardanuç ilçelerinin kuzeyindeki bölgeler genellikle magmatik kayalardan oluşan "kuzey zone" olarak adlandırılır. Kuzey zone'nun güneyinde yer alan ve sedimanter birimlerce mostra veren kesim ise "güney zone" olarak bilinir (Göncüoğlu, 2010). Samsun ve çevresinden başlayarak Gürcistan'a kadar uzanan sahalarda gözlenen alpin yaşlı plütonik, volkanik ve tortul kayaç toplulukları geniş bir yayılım gösterir. Tetis jeosenklinalinin batısında Samsun'a kadar olan alanın sığ denizel ortamda, Anadolu karasından aşındırılarak taşınan taneli birimlerin çökmesiyle kalınlığı birkaç bin metreyi bulan flişler meydana getirmiştir. Bu dönemde güçlü akarsuların taşıdığı malzemelerin kıta sahanlığı üzerinde birikmesiyle kalın ve geniş alanlara yayılım gösteren deniz altı birikinti konileri oluşmuştur (Atalay ve Mortan, 2007). Doğu Karadeniz bölgesinde ise Mesozoyik'teki deniz altı volkanizması devam etmiştir. Bu yüzden bölgede gabro, bazalt, diyobaz gibi plütonik birimler, flişleri ara tabakalı olarak kesmişlerdir. Mesozoyik sonundan itibaren Anadolu levhasının kuzeye doğru olan hareketi sonucu Tetis jeosenklinali kapanmış, denizde biriken tortul kayalar yükselerek su yüzeyine çıkmıştır. Bölgenin kıvrılarak yükselmesiyle kara kütlesi üzerine kurulan akarsular yataklarını derinleştirmiş ve antiklinallere tekabül eden sahaların aşınıp parçalanmasıyla senklineller yüksekte kalmıştır. Bu durum bölgedeki akarsuların kütleler kıvrılmadan önce oluştuğunun işaretidir. Tersiyer başlarında Kuzey Anadolu dağlarının sübsindansa uğramasıyla çöken alanlara Eosen denizleri yerleşmiştir. Eosen denizleri özellikle Maastrihtiyen ve Daniyen'e kadar derin deniz koşullarında çökmesiyle pelajik birimler oluşturmuştur. Geç Thanetiyen ve geç

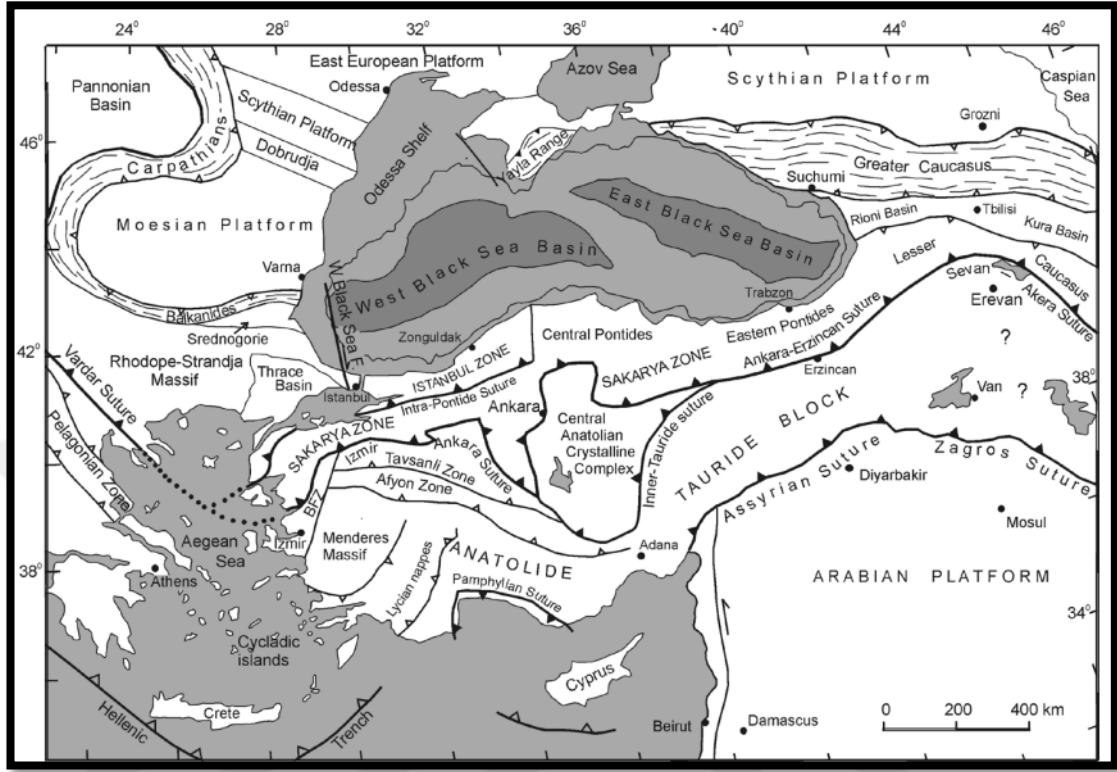
Lutetian arasubda türbiditler ve çarpışma sonrası volkanikler birikmişlerdir. Doğu Pontid kıvrım ve bindirmeleri Alt Eosen'de oluşmaya başlayarak devam etmiştir (Kandemir vd., 2019). Bu denizlerin sığ alanlarında çevreden aşındırma ile gelen birimler bu deniz tabanında kumlu, killi ve çakıllı malzemelerin birikmesiyle flişler oluşturmuştur. Denizlerin derin alanlarında ise çökelen ve biriken malzemenin bazı alanlarda yükselmesiyle kireçtaşları meydana gelmiştir. Oligosen sonunda Alp orojenik hareketleri parogsizmal safhada hareketlerine devam etmiştir. Kuzey Anadolu kuşağının bulunduğu sahadaki tortullar ve volkanik malzemeler kıvrılarak yükselmiştir. Bu sırada yer yer bindirmeler ve sürüklenmeler meydana gelmiştir. Bu parogsizmal safhadaki kabuk erimeleri ve asit magmanın yüzeye yakın derinliklere sokulmasıyla Doğu Karadeniz dağlarındaki granitler oluşmuştur. Miyosenden başlayarak Pliyosen'e kadar Kuzey Anadolu'da kabuk tabakasındaki yırtılma ve diğer yandan da sıkışma kuşakları boyunca çökmeler meydana gelmiş, bugünkü Kuzey Anadolu Fay'ı üzerindeki çöküntü havzaları oluşmuştur (Erzincan, Erbaa, Taşova, Ladik, Merzifon, Çerkeş, Bolu, Dokurcun, Geyve ve Bursa'dan Biga yarımadası). (Atalay ve Mortan, 2007; Ercan ve Gedik, 1983). Doğu Pontidlerin dalma-batma yönüyle ilgili üç farklı teori bulunmaktadır. İlk teoriye göre (Adamia vd., 1981), Pontid Yayı'nın güneyinde yüzeyleyen ultramafik kayaçları Paleotetis'in kalıntıları olarak kabul eden araştırmacılar, Doğu Pontid Yayı'nın Paleozoik dönemden Eosen döneminin sonuna kadar kuzey yönlü dalma-batma sonucunda geliştiğini öne sürmektedir. İkinci teoriye göre (Dewey vd., 1973; Bektaş vd., 1999; Eyüboğlu vd., 2007), bu modelde Doğu Pontid Yayı'nın Paleozoik dönemden Eosen döneminin sonuna kadar güney yönlü dalma-batma ile geliştiği savunulmaktadır. Bu modele göre, Karadeniz Paleotetis'in kalıntısı olup, ofiyolitik kuşak arka yay havzası ortamını temsil eder. Dewey vd., (1973), Geç Paleozoik dönemde Anadolu Plakası'nın Tetis Okyanusu'nun güney kenarında yer aldığını ve birleşme hattının Avrasya ve Afro-Arap plakaları arasındaki sınırla birlikte olduğunu belirtmiştir. Üçüncü teoriye göre ise (Şengör ve Yılmaz, 1981), Paleozoik dönemden Dogger'a kadar güney yönlü, Üst Kretase'den Eosen döneminin sonuna kadar ise kuzey yönlü dalma-batma modeli öne sürülmüştür. Bu modele göre, Karadeniz, Üst Kretase sürecinde Doğu Pontidlerin kuzeyinde açılan arka yay havzasının kalıntısıdır.

Post-Alpin Birimler: Bölgedeki Post-Alpin birimler ise Paleojen, Neojen ve Kuvaterner dönemine tarihlenmektedir. Özellikle Miyosen ve Pliyosen sonlarında yükselen topoğrafya, büyük akarsu vadileri ve iç deniz depolarında aşınım ve birikim süreçleri bu dönemin karakteristik özellikleridir. Kuzey Anadolu Dağları'nın Kretase dönemi sonunda Tetis Denizi'nin yüzeyine çıkması sonucu, kuzey ve güneyde oluşan subsidans havzaları, Tersiyer dönemi başlarında farklı denizlerle işgal edilmiştir. Bu süreçler, Post-Alpin dönemin etkilerini yansıtmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Bu dönem ayrıca, Karadeniz Bölgesinde, batıdan doğuya yükselen ve genellikle yüksek rakımlı alanlarda bulunan kalın kireçtaşı tabakaları ile de temsil edilir. Kuvaterner döneminde epijenik hareketlerin ve bu hareketlerin kontrol ettiği aşınma ve birikme süreçleri şiddetli olarak devam etmektedir. Bu şiddetlenme aynı zamanda iklim değişimleriyle de artmaktadır. Kuzeyde Karadeniz çanağının Pliyosen'den beri çökmesiyle Sakarya, Kızılırmak ve Yeşilırmak'ın açtığı vadiler deniz altında kalmıştır (Ardos, 1979; Erol, 1989). Kuzey Anadolu kıyılarından başlayarak Karadeniz'in tabanındaki abisal düzlüğe kadar uzanan denizaltı vadileri yer almaktadır. Bu abisal ovaların izleri 1500- 2000 m derinliklerde görülmektedir. Kuzey Anadolu kıvrım kuşağının birkaç kez yükselmesiyle bu kütle üzerine kurulan akarsuların şiddetli aşındırma faaliyetleri gerçekleştirmesi dar ve derin vadilerin oluşmasına ortam hazırlamıştır. Dar ve derin vadiler taşıdıkları alüvyonlar ile Karadenize dökülen büyük akarsuların ağızlarında alüvyon ovalar meydana getirmiştir (Çarşamba, Bafra). Post Alpin birimlerin geliştiği dönemdeki iklim değişimleri, özellikle son buzullaşma döneminde Doğu Karadeniz dağlarının 2000 m 'den yüksek kesimlerinde buzullaşmaya neden olmuştur. (Ardos; 1979; Atalay ve Mortan, 2007).

Bu çalışmanın geneli Anadolu tektonik birliklerinden Pontidlerin yayılış alanı içerisinde kalmaktadır. Pontidler, Kretase öncesi Kırım ve Dobruca kıyıları ile bitişik bir durum ortaya koymaktaydı. Karadeniz çanağı kuzey Neo-Tetis okyanusunun dalmasıyla Pontid magmatik yayını kuzeyinde Kretase sırasında oluşmuştur (Şekil 21) (Okay, 2008). Karadeniz Bölgesi genel olarak Türkiye'nin tektonik birlikleri sınıflandırılmasına göre (Okay ve Tüysüz, 1999) Sakarya Zonu içerisinde yer almaktadır. Ancak çalışma alanının batısında özellikle Sünnet ve Sülüklü Göl ile çevresi Sakarya Zonunun İç Pontid suture çevresinde yer almaktadır. Pontidler bu saha içerisinde batıdan doğuya doğru Sakarya Zonu içerisinde İç Pontid Suture ya da diğer

ismi ile Batı, Orta ve Doğu Pontidler olarak adlandırılmaktadır (Şekil 19) (Okay ve Tüysüz, 1999; Evcimen vd., 2020).



Şekil 19. Türkiye ve çevre alanlarının ana tektonik hatlarını ve kıtasal bloklarını gösteren harita (Okan ve Tüysüz, 1999)

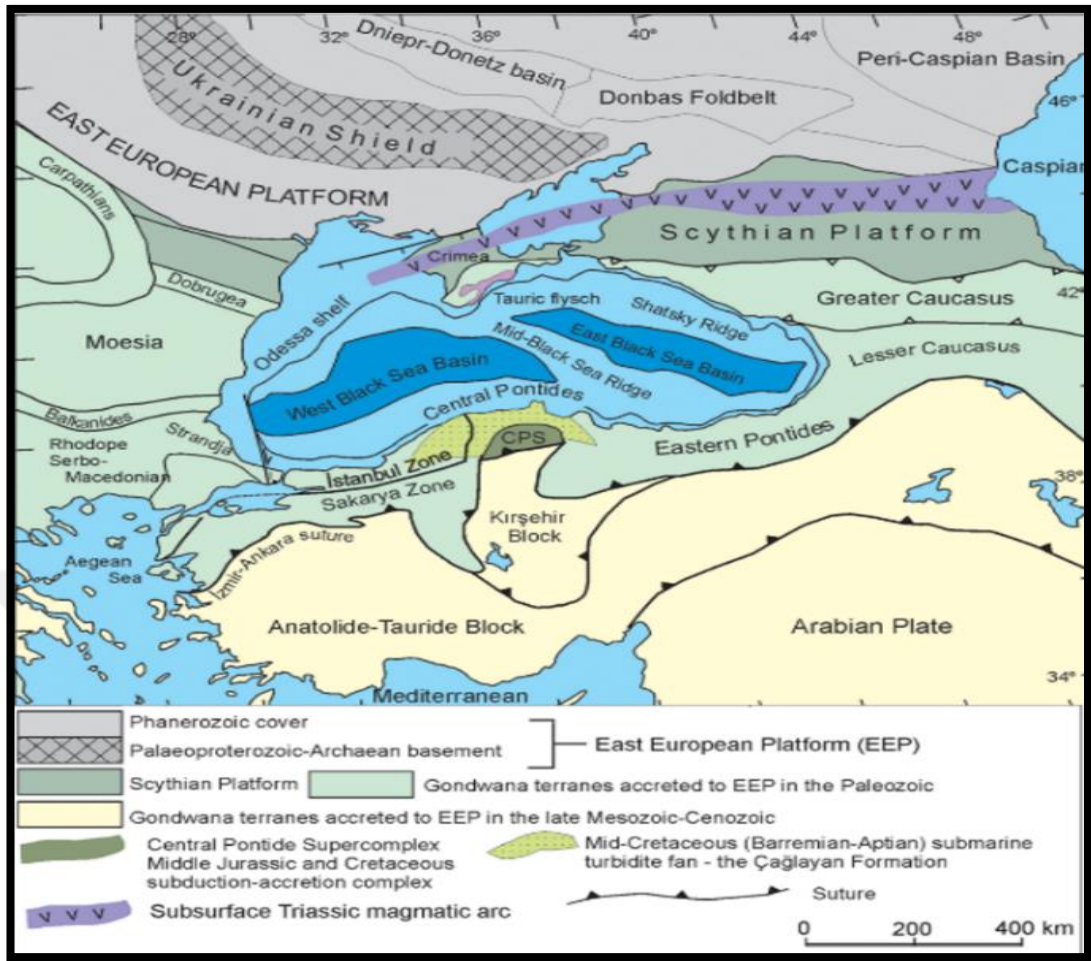
İstanbul Zonu esasen jeolojik, stratigrafik ve yapı olarak birbirinden farklı fay sınırlarında gelişmiş bir bölgedir. Burası Karadeniz'in güneybatısında 400 km uzunlukta ve 55 km genişliğe sahip bir kıta parçası olarak görülmektedir (Okay vd., 1994; Akbayram vd., 2013). Karakteristik olarak, Neoproterozoyik metamorfik birimler üzerinde biriken Ordovisyen ve Karbonifer arasında yaş veren sürekli ve iyi gelişmiş bir Paleozoyik sediman istifinden oluşmaktadır (Haas, 1968; Görür vd., 1997; Dean vd., 2000; Akbayram vd., 2013). Temel olarak Geç Proterozoyik ve Kambriyen yaşlı grantoidler tarafından kesilen gnays ve amfibolitten meydana gelir (Ustaömer ve Rogers, 1999; Chen vd., 2002; Akbayram vd., 2013).

Orta Pontidler, genel olarak Pontidler'in kuzeye kemer yapan orta bölümünü oluştururlar, İstanbul ve Sakarya zonlarının bir bölümünü bünyelerinde tutarlar. Batı ve Doğu Pontidler'den güneyde geniş bir Jura-Kretase yitim-yığılma kompleksi

olmakla birlikte esasen Orta Pontidleri genel olarak resmeden Orta Kretase yaşlı transgresif süreçlere bağlı olarak gelişmiş bir türbidit fan veya yelpazesinin varlığı ile kendini Batı ve Doğu Pontidler'den karakteristik bir şekilde ayırır (Okay vd., 2018). Güney Orta Pontidler de daha önceki çalışmalarda Jura ve öncesi temel olarak kabul edilen alanlar güncel çalışmalarda elde edilen yeni veri setleri ile geniş metamorfik ve ofiyolitik alanın, Jura ve Alt Kretase yaşlı yitim-yığışım komplekslerinden ve birikmiş okyanusal ada yaylarından meydana geldiği ortaya konulmuştur (Okay vd., 2018).

Karadeniz bölgesinde Pontidler ve Türkiye'nin genel jeolojik evrimi üzerine yapılan çalışmalarda tektonik birlikler sınıflandırılmış ve eldeki veriler ile bir sonuca varılmıştır (Okay, 1999). Ancak süreç içerisinde gelişen veri analiz yöntemleri yeniden elde edilen veriler daha skotastik yöntemlerle incelenerek daha somut yeni birimler ortaya konularak güncel çalışmalar ile (Okay vd., 2018) Pontidler ve Türkiye'nin genel jeolojisine dair bilgiler güncellenmiştir (Şekil 19). Bu yeni bilgilere göre yukarıda belirtilen Orta Pontidler içerisindeki birimler güncellenmiş Orta Jura ve Kretase yaşlı süperkarmaşığı (CPS) ve Orta Kretase yaşlı denizaltı türbidit depolarının olduğu yeni birimler ortaya konulmuştur (Şekil 19-20)

Doğu Pontidleri içeren orojenez kuşağı iyi bir şekilde korunmuş kıtasal magmatik birimlerin örneklerini içeren bir kuşak olarak kabul görmektedir. Bu tektonik birim güneydoğu Karadeniz kıyısı boyunca 500 km'lik bir uzunluk ve 200 km'lik bir genişlikten oluşan sıradağlardan meydana gelmektedir. Alp orojenez kuşağı içerisinde tanımlanan bu birimler Doğu Pontidler olarak anılmakla birlikte kuzeyden güneye farklı litolojik unsurlar, fasiyes farklılıkları ve tektonik özellikleri ile birbirinden ayrılan kuzey, güney ve eksenel zonlar olmak üzere üç alt grupta değerlendirilir (Bektaş vd., 1995, Eyüboğlu vd., 2007, Eyüboğlu, 2010). Doğu Pontidlerde Kuzey Zon, genellikle Niksar, İspir ve Ardanuç'un kuzeyinde yer alan bazaltik-andesitik volkanik kayalarla karakterizedir. Güney Zon, sedimanter kayaçların mostra verdiği ve kalker, marn gibi çökel kayaçların bulunduğu bölgedir. Eksenel Zon ise hem magmatik hem de sedimanter birimlerin karışık olarak yer aldığı, yüksek dereceli metamorfik kayaçlar ve granitik sokulumlarla belirginleşen karmaşık bir yapıya sahiptir (Eyüboğlu vd., 2018).



Şekil 20. Orta Kretase türbiditlerinin ve Jura-Kretase yitim-yığışım komplekslerinin Orta Pontidler'deki dağılımını gösteren Karadeniz bölgesinin tektonik haritası (Okay ve Nikishin 2015'ten değiştirilerek). CPS; Orta Pontidler Süperkarmaşığı.

4.1.2. Karadeniz Bölgesi'nin Genel Jeomorfolojik Özellikleri

Karadeniz Bölgesinde batıda Küre Dağları ile başlayarak Canik Dağları üzerinden Giresun, Gümüşhane, Rize dağlarından doğuya doğru devam eden orojenik sistemin üzerinde gelişen akarsular bu orojenik sistemi yer yer dar ve derin bir vadi içerisinde aşındırılmış ve aşındırmaya devam etmektedir. Kuzey Anadolu Dağlarının su bölümü çizgisinden Karadeniz'e doğru yönelen ve birbirine paralel bir şekilde sıklıkla oluşmuş bulunan kısa boylu akarsular muhtemelen Pliyosen'den itibaren yükselmeye başlayan kütleinin günümüze kadar yükselmeye devam etmesi ile akarsular K-G yönünde uzanışlarını kazanmıştır (Atalay, 2017).

Kuzey Anadolu orojenik sistemi, Kretase dönemi sonundan itibaren Anadolu'daki jeosenklinal alanın dışına çıkarak Paleojen'de günümüzde olduğu gibi Kuzey Anadolu Dağlarının kuzey ve güneyindeki senklinaller, fliş serilerinin olduğu sığ denizel ortamda gelişmiştir. Orta ve Doğu Karadeniz bölümlerindeki Eosen flişleri, Eosen başından itibaren sahanın yoğun olarak aşınmaya başladığının işaretidir. Oligosen'de ise Kuzey Anadolu orojenik kuşağında aşınma şiddetlenmiş ve bazı havzaları bu olayın dışında kalmak şartıyla birçok havza aşınma ile taşınan malzemelerle dolan molas depoları haline dönüşmüştür. Bu durumda bu orojenik kütle yüksekliğini Oligosen'deki aşınma ile büyük oranda kaybetmiştir. Neojen dönemi sonuna doğru Neojen havzalarında akarsu ağı karasallaşmaya başlayan birimler üzerine yerleşerek drenaj ağları çeşitlenmiştir. Neojen öncesi ve Neojen başlarında karasallaşmaya başlayan havzalarda kaynaklardan çıkan akarsular eğim yönünde drenaj oluştururken konsekant akarsular meydana gelmiştir. Neojen sonundan itibaren zayıf zonlar üzerinde ve belirgin depresyonlara yerleşen subsekant akarsular konsekant ana kollara katılmıştır. Drenaj ağı oluşturan konsekant ve subsekant akarsular geriye doğru aşındırmalar ile bazı havzaları kapmış ve dış drenaja bağlanarak bu dolgu havzalarını boşaltmaya başlamıştır (Ardos, 1979; Erinç, 1984; Atalay, 2017).

Muhtemel olarak Pleyistosen de veya Neojen sonlarından itibaren yer yer epirojenik hareketlere bağlı olarak Kuzey Anadolu Fay (KAF) Zonunda yırtılmalar meydana gelmesi, akarsu aşındırmasında gençleşmeye sebep olmuştur (Şengör vd., 2005). Bu yüzden daha önce Neojen ve Tersiyer tabakalar üzerine kurulan akarsular Neojen örtü tabakasını aşındırarak temele saplanmış, böylece akarsu tarafından aşındırılan Neojen örtü altında yer alan Neojen öncesi birimler mostra vermiştir (Erinç, 2015). Bu durumda çalışma alanındaki örneklerden birisi olan Kelkit Çayı Erbaa-Niksar oluğundan geçerken Neojen örtü altındaki Mesozoyik kütleye saplanmış ve bu kütleye gömülerek menderesler çizmiştir (Ardos, 1979; Atalay, 2017).

Epirojenik yükselmelere uygun bir şekilde hareket eden akarsular, geçtikleri alanları parçalayarak yükselen blokların arasında antesedant yarma boğazlar veya vadiler meydana getirmişlerdir. Anadolu'nun iç kısımlarından kaynak alıp Karadeniz'e dökülen akarsuların Kuzey Anadolu Dağları üzerinden açtıkları boğazlarda antesedant ve epijenik karakterde jeomorfolojik süreçleri birlikte var olduğu söylenebilir (Atalay, 1974). Sahanın orojenik kuşağının yüksek olmasıyla

birlikte akarsular bu yükselmeye bağılı olarak aşındırma, akarsu yataklarını derinleştirme ve vadi yataklarında görülen derin akarsu taraça bantları akarsuların kuvvetlerini de artırarak devam ettiğinin işaretidir. Bu durumun araştırma sahasındaki bazı örnekleri şöyle ifade edilir; Çoruh nehri ve ana kollarının yatakları boyunca farklı yüksekliklerdeki akarsu taraçaları, Tosya'da Devrez çayının post-Neojen aşınım yüzeyine göre (250-300) yükseklikte bulunan akarsu taraçaları (Ardos, 1979; Atalay, 1972; Atalay, 2017). Ayrıca benzer durum Karadeniz bölgesindeki birçok akarsuda da görülmektedir. Çalışma sahasında Fatsa'daki Gaga Gölü'nün hemen doğusunda yer alan Bolaman Çayı yatağında, Uzungöl'ün üzerinde oluştuğu Haldızan Deresinde, Borçka'da Heba Deresinde, Reşadiye'de Gelleme (Zinav) Deresinde derine doğru aşınan akarsuyun vadi yamaçlarında farklı yükseklikte böylesi taraçalar oluşmuştur.

Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nın gerek Anadolu gerekse de elbette Karadeniz Bölgesi üzerine tektonik deformasyonlara sebep olduğu açıktır. Bu bakımdan KAF yırtılma zonunda yer alan akarsular ve onların yataklarında görülen ötelenmeler bölgede sıklıkla karşılaşılan jeomorfolojik gelişmelerdir. Bu durumun sahadaki izlenim örnekleri olarak Gerede civarındaki Ulus ırmağının Gerede kuzeyindeki yüksek rakımlı sahalardan inen kolları verilebilir. Bu kollar Kuzey Anadolu rift vadisini aşarak güneye doğru ilerlemektedir. Bu akarsu rift vadisi boyunca batıya doğru 1.5-2 km arasında değişen bir mesafede ötelenmeye uğramıştır. KAF zonunu kesen akarsuların, Miyosen sonları ile Pliyosen başlarında kurularak akışa geçtikleri düşünüldüğünde günümüze kadar geçen süreçte bu akarsuların yılda ortalama 2-3 cm'yi bulan bir hareket ile ötelenmeye devam ettiğinin işaretidir (Erinç, Bilgin ve Bener, 1961; Erinç, 2015).

4.1.3. Karadeniz Bölgesinin İklimi ve Bitki Örtüsü

Karadeniz Bölgesi, Türkiye'nin kuzey enlemleri üzerinde yer almaktadır. Bu matematik konumundan ötürü özgün iklimi ve yoğun bitki örtüsü ile ön plana çıkmaktadır. Bölge, yıl boyunca düzenli ve sık yağış almasıyla karakterize olan kendine has bir iklime sahiptir. Bol yağışlar, bölgenin yoğun ormanlık bir alanla kaplanmasına ve biyoçeşitlilik açısından zengin bir habitat oluşturmaya olanak tanımaktadır. Bölgenin iklimi ve bitki örtüsü ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

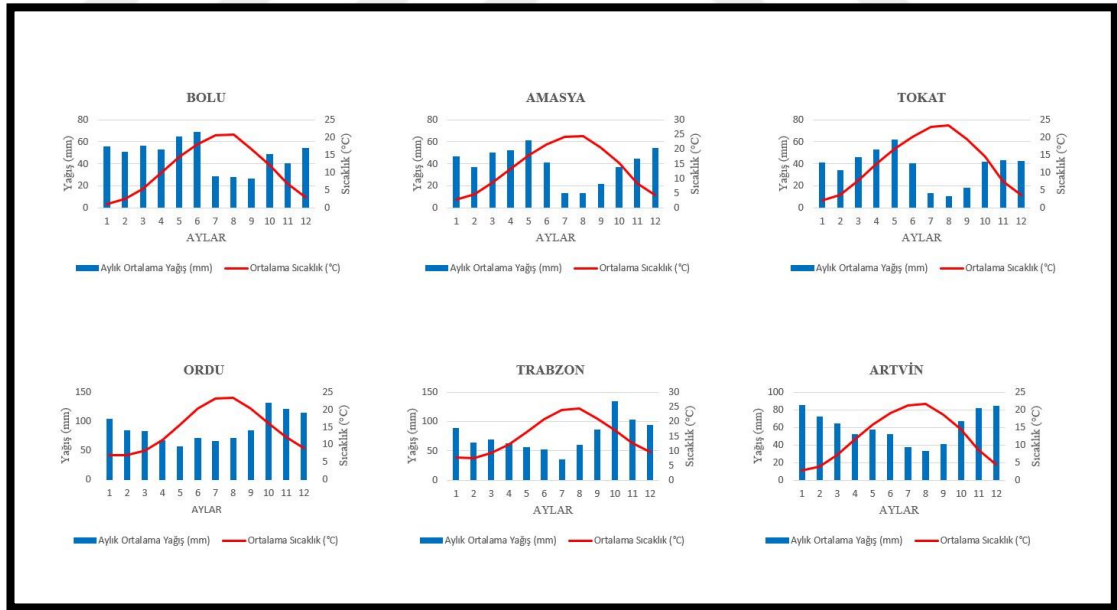
4.1.3.1 Karadeniz Bölgesinde İklim

Karadeniz Bölgesi de Türkiye'nin tümünde olduğu gibi Orta Kuşaktaki "Batı Rüzgârları" sistemi içerisinde yer almaktadır. Yaz ve kış dönemleri içerisinde farklı hava kütlelerinin etkisi altında kalan bölgede yağış ve sıcaklıklarda mevsimlere göre farklılıklar meydana gelmektedir. Karadeniz Bölgesi yaz başından itibaren Asor antisiklonun kuzeye doğru genişlemesiyle Anadolu'yu kaplayan sıcak ve tropikal bir hava kütlelerinin etkisi altına girer. Bu hava kütlelerinden Kuzey Anadolu Dağları'nın ardındaki alanlar genel olarak etkilenir ve güneşle beraber kurak bir özellik barındıran hava şartları oluşur. Yaz ayları içerisinde zaman zaman kuzeye çekilen polar cephe Karadeniz'in batı kesimlerine yağış olarak etki eder. Yine aynı aylar içerisinde atmosferin üst seviyelerindeki soğuk hava zemindeki sıcak ve nemli hava kütlesi ile karşılaşınca kısa süreli yağışlar oluşturur. Kış aylarında ise özellikle sonbaharın başlarından itibaren güneyden gelen tropikal havaya karşı kuzeyden gelen polar kütlelerinin karşılaşması ile "planeter polar cephe" oluşur ve bu ortamda sıcak ve soğuk havanın karşılaşması ile art arda farklı kütleler birbirini takip eder. Ancak Trakya, Marmara ve Karadeniz üzerinden Kuzey Batı Avrupa'dan sokulan polar cephe ortama yoğun yağış bırakır. Bu yağışlar sahil kıyısı boyunca yağmur, yüksek rakımlı Kuzey Anadolu Dağları ve ardı bölgede ise kar yağışı olarak gerçekleşir (Atalay ve Mortan, 2007; Şensoy vd., 2008; Tokgöz ve Partal, 2020).

Karadeniz Bölgesi'nde iklimi karakterize eden farklı bir unsur ise fiziki coğrafya faktörleridir. İklim şartları üzerinde yükselti, bakı, denize olan uzaklık, dağların uzanışı oldukça etkilidir. Doğu batı doğrultusunda uzanan Kuzey Anadolu Dağları'nın kuzey bakı yamaçları bölgenin diğer alanlarına göre oldukça fazla yağış almaktadır. Bu durumun iki nedeni vardır; birincisi denizden dağların üzerine doğru tırmanırken soğuyan hava kütlelerinin oluşturduğu oklüzyon cepheleridir. İkincisi ise denizden dağlara doğru yükselen nemli havanın bıraktığı orografik yağışlardır. Bu durumlar yağışın dağılışında denizellik/karasallık, yükselti ve bakının etkisi ile yoğun yağış ortamlarının farklılık göstermesinin delilleridir (Atalay ve Mortan, 2007; Şensoy vd., 2008; Tokgöz ve Partal, 2020).

Karadeniz'de özellikle çalışma alanlarının olduğu iller dikkate alındığında **sıcaklık** değerleri **yıllık** 14,5-15°C civarındadır (Rize 15°C, Giresun 15,1°C, Samsun

15°C, Zonguldak 14°C) (MGM, 2023). Karadeniz Bölgesi'nin yüksek kesimlerine doğru çıkıldıkça sıcaklık genel olarak 1000 m'de 8-10°C, 1500 m'lerde 6-7 °C, 2000 m ve üzerinde 4°C ve daha düşük derecelere iner. Ayrıca güneye bakan yamaç kuzeybaki yamaçlara göre 1-2°C daha ılıman özellik gösterir. Karadeniz Bölgesi'nde yılın en sıcak ayı Ağustos ayıdır. Bu ay içerisinde kıyı kuşağında ortalama sıcaklıklar 25°C-27°C arasındadır (Zonguldak, 26,2°C, Sinop, 27,6°C, Ordu 28,5°C, Trabzon 28,1°C). İç kesimlerdeki tektonik çöküntü ovalarında ise biraz daha yüksek sıcaklıklar oluşmaktadır (Amasya 32,3°C). Karadeniz ardı platolarda ise sıcaklıklar daha düşük seviyelerdedir (Gümüşhane 29,5°C, Bayburt 28,6°C) (MGM, 2023). Yıllık ortalama sıcaklık değerlerine göre Karadeniz Bölgesi'nde yılın en soğuk ayı şubat ayıdır. Bu ay içerisinde kıyı kuşağında sıcaklıklar ortalama olarak 3.5 ila 5°C arasında değişiklik göstermektedir (Zonguldak 3,6°C, Sinop, 4,4°C, Ordu 4,2°C, Trabzon 4,6°C). İç kesimlerdeki tektonik çöküntü ovalarında ise bu mevsimde sıcaklık kıyı kesimlere göre 5-6°C daha yüksek seviyelerdedir. Karadeniz ardı platolarda yüksekliği 1000 m ve üzeri olan alanlarda ise sıcaklıklar daha düşük değerlerdedir (Gümüşhane -5,2°C, Bolu -2,4°C) (MGM, 2023) (Şekil 21).



Şekil 21. Karadeniz Bölgesi'nin iklim özelliklerini yansıtan ve çalışma alanlarındaki Bolu, Amasya, Tokat, Ordu, Trabzon ve Artvin illerine ait aylık sıcaklık ve yağış grafikleri (1991-2020), (MGM,2023).

Karadeniz Bölgesi'nde yıllık ortalama **yağış** 300-2500 mm arasında değişiklik göstermektedir. Bölgede en fazla yağış alan kesimlerin Kuzey Anadolu Dağları'nın Karadeniz'e bakan kıyı kesimlerinin özellikle batıya bakan yamaçlarıdır. Küre, Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz Dağları'nın eteklerinde yıllık ortalama yağış miktarları 1200 mm'nin üzerindedir (Zonguldak 1207 mm, Giresun 1276 mm, Rize 2304 mm, Hopa 2030 mm). Orta Karadeniz'de kıyı ve dağlık birimler arasında mesafe olmasından ötürü yağışın yoğun bölümü genel olarak geride yüksek dağlık alanlara düşmektedir (Küre 768 mm, Erfelek 1077 mm), Sinop ve Samsun arasındaki yüksekliği az olan alanlarda ise yağış seviyesi azalmaktadır (Sinop 656 mm, Alaçam 653 mm). Karadeniz ardı tektonik depresyonlar ve platolarda yağış önemli ölçüde azalmaktadır (Kavak, 598 mm, Torul 304 mm, Yusufeli, 295 mm) (Atalay ve Mortan, 2007; Şensoy vd., 2008; Tokgöz ve Partal, 2020).

Karadeniz sahil kuşağı ülkemizde nispi **nem** ve **bulutluluk** oranının en fazla olduğu bölgedir (Erinç, 2015). Özellikle Karadeniz sahil kuşağı ve dağların 1500-2000 m arasında olan kesiminde yıl içerisindeki zaman serilerine göre bulutluluk ve nispi nem arasında önemli bir farklılık olmamaktadır. Bu sahada özellikle cephe (frontal) yağışların olduğu dönemlerde nem ve bulutluluk en yüksek seviyededir. Karadeniz Bölgesi'nde genel ve yerel basınç şartlarının durumuna göre farklı yönlerden esen rüzgârlar hâkim olmaktadır. Ancak bölgede yıllık hâkim rüzgâr yönü (N)'dir. Yaz aylarında genel olarak Karadeniz üzerinden kıtasal alana doğru ve iç kesimlere daimî bir hava akımı gerçekleşmektedir. Kışın ise soğuk (polar) cephenin varlığı ve genel hava akımı ile hâkim rüzgâr yönü kuzeybatıdan güneydoğu yönünde esmektedir (Atalay ve Mortan, 2007).

4.1.3.2. Karadeniz Bölgesinin Bitki Örtüsü

Karadeniz Bölgesi ülkemizin bitki örtüsü, özellikle de orman ve ormana katılan ağaç ve çalı türleri açısından en zengin bölgesidir. Ülkemizdeki toplam 12 bin tür bitkinin yarısı Karadeniz Bölgesi'nde yetişmektedir. Bölgedeki bitkilerin flora ailesi genel olarak Avrupa Sibiryâ Flora Bölgesi'ne aittir. Ekolojik açıdan sınıflandırıldığında ise Karadeniz Bitki Coğrafyası Bölgesi içerisinde değerlendirilir. Bölgede yükselti ve baki faktörlerine bağlı olarak sıcaklığın değiştiği alanlarda farklı bitki dağılımı görülmektedir (Dönmez, 1979; Atalay ve Mortan, 2007; Günal, 2013).

200-250 metre yükseklik bandında psödomaki formasyonun son bulmasıyla birlikte Karadeniz Dağları'nın özellikle kuzeye bakan yamaçlarında sıcaklık isteği az yağış isteği yüksek olan Doğu Kayını (*Fagus orientalis*) bir kuşak halinde dağılış göstermektedir. Doğu Kayını ormanlarının içerisine Gürgen (*Carpinus betulus*, *C. orientalis*), karaağaç (*Ulmus sp.*), kızılağaç (*Alnus glutinosa subsp. glutinosa* / *Alnus glutinosa subsp. barbata*), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*), meşe (Istranca meşesi / *Quercus hartwissiana*, sapsız meşe / *Q. petraea*, saplı meşe / *Q. robur*, mazı meşesi / *Q. infectoria*, Macar meşesi / *Q. frainetto*), akçaağaç (*Acer sp.*), ıhlamur (*Tilia sp.*), dişbudak (*Fraxinus ornus*, *F. angustifolia*), fındık (*Corylus avellana*), söğüt (*Salix sp.*), titrek kavak (*Populus tremula*) karışır. 1100 -1200 m'lere kadar bu yayvan yapraklı türlere artık iğne yapraklı türler karışmaya başlar. Batı ve Orta Karadeniz Bölümleri'nde Karaçam (*Pinus nigra*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana*) yaygın türler arasında iken Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Karaçam (*Pinus nigra*), Doğu ladini (*Picea orientalis*), Kafkas Göknarı (*Abies nordmanniana*) hâkim iğne yapraklı türler olarak görülmektedir (Günel, 2013).

Melet Irmağı'ndan (Ordu) başlayarak Doğu Karadeniz kıyı kuşağında özellikle 700-800 m seviyelerine kadar yayılış gösteren nemcil ağaç ve ağaççık türlerinden oluşan orman örtüsüne **Kolşik Flora** ismi verilmektedir. Kolşik floranın karakteristik bitki örtüsü sakallı kızılağaç (*Alnus glutinosa subsp. barbata*) olmakla beraber kolşik flora içerisinde doğu kayını (*Fagus orientalis*), adi gürgen (*Carpinus betulus*), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*), meşe (*Quercus petraea*, *Q. hartwissiana*, *Q. pontica*), akçaağaç (*Acer cappadocicum*, *A. trautvetteri*), karaağaç (*Ulmus sp.*) ve ıhlamur (*Tilia rubra subsp. caucasica*) yaygın türler arasındadır (Günel, 2013).

Karadeniz dağlarının kuzeye bakan yamaçlarındaki nemli ormanlar gerek yüksekliğin etkisi gerekse de denizelliğin etki değerinin azalması ile iç kesimlere doğru farklılaşmaya başlar. Burada yağış ve sıcaklık şartlarında yaşanan değişimler ile iklim karakteri karasal bir hal alırken orman örtüsünde kuru ormana dönüşmeye başlar. Bu ormanların yüksek rakımlı alanlarında özellikle sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve karaçam (*Pinus nigra*), alçak rakımlı alanlara doğru meşe (*Quercus infectoria*, *Q. pubescens*, *Q. cerris*) türleri dağılış gösterir. Karadeniz ardı tektonik depresyonlar içerisinde ise esasen Türkiye'de farklı dağılış alanları oluşturan bazı türler görülmeye

başlar. Kelkit Çayı Havzası'nda Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Yeşilirmak Havzası'nda Kızılcı (Pinus brutia), yine farklı iklim alanları olan Trabzon'da Kalenema vadisinde ve Artvin Çoruh Vadisi'nde fıstık çamı (*Pinus pinea*) iklim ve doğal bitki örtüsü açısından dikkat çekici özellikler olarak görülmektedir (Günel, 2013).

4.2. Araştırmadaki Göllerin Genel Fiziki Coğrafyası, Jeomorfolojik İndisler ve İnsan İlişkisi

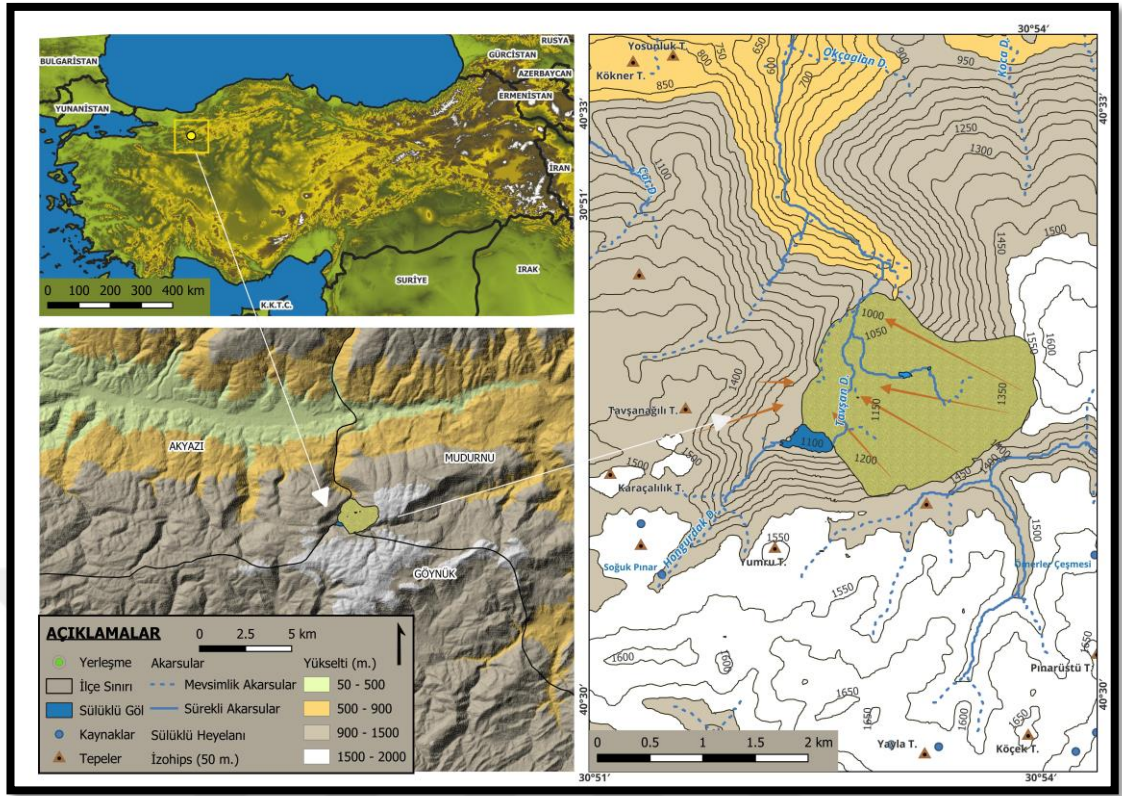
Bu başlık altında inceleme kapsamı içerisine dahil edilen göllerin genel fiziki coğrafya özellikleri haritalar, genel bilgiler ile verilmekle birlikte alanda çok kısa bir şekilde ve içeriği tamamlamak amacıyla beşerî coğrafya özelliklerinden nüfus ve yerleşmeler özelinde bahsedilmiştir.

4.2.1. Sülüklü Gölü (Mudurnu/Bolu)

Bu bölümde Sülüklü Gölü ile yakın çevresi fiziki coğrafya ve insan ilişkisi ile ortaya konulmuştur. Böylece göl ve yakın çevresinin daha iyi anlaşılması ve çalışmanın devamındaki durumuna ilişkin projeksiyon oluşturması için altlık yapılmıştır.

4.2.1.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri

Sülüklü Gölü, Bolu ili sınırları içerisinde idari olarak Mudurnu ilçesi sınırları içerisinde kalan bir heyelan set gölüdür. Göl ve çevresi tektonik hareketler ile şekillenmiş, bu tektonik hareketler farklı heyelanları tetiklemiştir. Ana heyelanın oluşmasında Çökekkaşı T. (1608 m)'nin güneybatı yamaçlarındaki İncegeriş Sırtı'nda (1500 m) MTA tarafından muhtemel fay olarak işaretlenmiş alan üzerinden kopmalar gerçekleşmiş ve hareket eden kütle Tavşansuyu Deresi akış yönüne doğru dolmuş böylece set gerisinde Sülüklü Gölü oluşmuştur (Şekil 22).

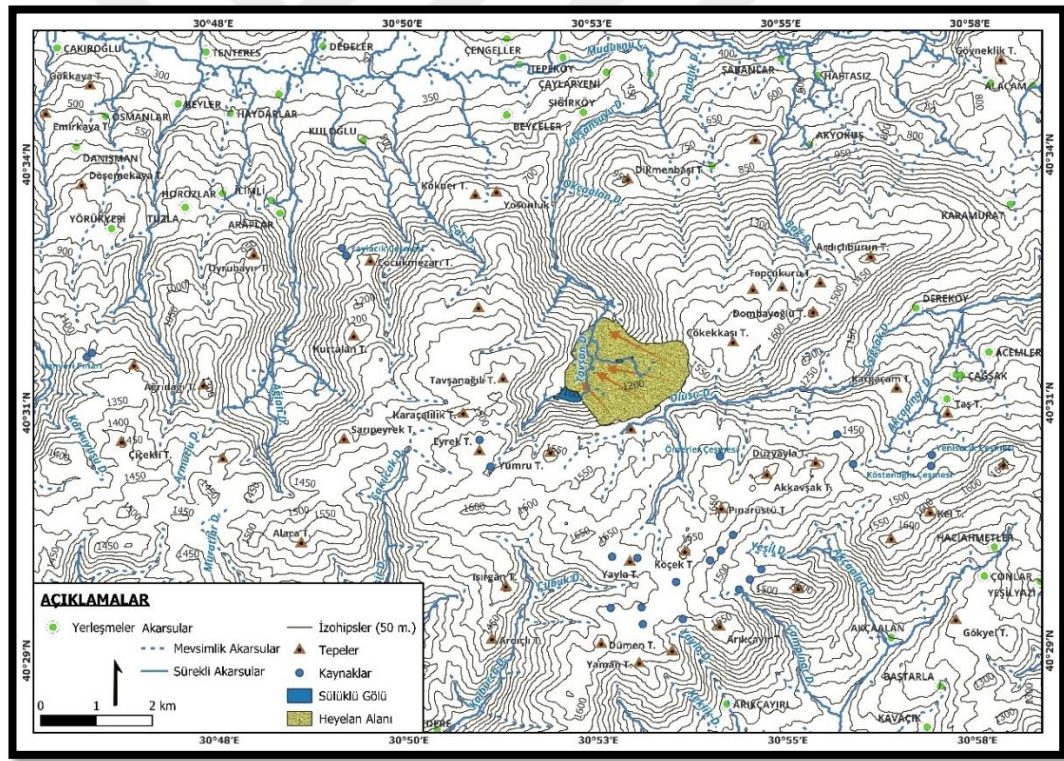


Şekil 22. Sülüklü Gölü lokasyon ve topoğrafya haritası.

Heyelanın topuğu, Tavşansuyu Deresi'nin vadi tabanı içerisinde göl yüzeyinden 820 m seviyelere kadar ulaşmıştır. Tavşansuyu Deresi'nin vadi yatağı kuzeyde yüksek bir kütle ile derin bir şekilde tıkanmış ve neticesinde Sülüklü Gölü meydana gelmiştir. Ayrıca Sülüklü Gölü ve yakın çevresinde hareket eden kütlelerin rotasyonel süreçleri sonucu su kaynakları etrafında oluşan çanaklarda su birikmelerinin oluşmasıyla farklı göller meydana gelmiştir. Sülüklü Gölü'nün kuzeydoğusunda bir çizgisel hat üzerindeki alanda üç farklı küçük göl daha meydana gelmiştir. Bu göller sırasıyla güneybatıdan kuzeydoğuya doğru Sarıgölcük, Kavaklı Göl ve Pis Göl'dür (HGM). Bu üç göl Sülüklü Gölü ile aynı hat üzerinde yer alan farklı depresyonlarda oluşmuş göllerdir.

Sülüklü Gölü, 40°29' - 40°34' K enlemleri ile 30°51'- 30°54' D boylamları arasında yer almaktadır. Göl ile ilgili olarak Milli Parklar tarafından verilen bilgilendirmelerde bir batimetri bilgisi yer almamaktadır. Bu nedenle 2022 yılı ağustos ayında yaptığımız arazi çalışmalarında gölün batimetrik değerleri tarafımızdan oluşturulmuş ve en derin noktasının 42 m olduğu tespit edilmiştir. Gölü besleyen tek

bir akarsu vardır. Bu akarsu gölün batısından kaynaklanan ve Tavşansuyu Deresi'nin de kaynağını oluşturan Soğuksu pınarından kaynaklarını alan Hongurdak Deresi'dir (Şekil 23). Akarsuyun sediman taşıma gücünün düşük olması ve yüksek debiye sahip olmaması dolayısıyla göle giren alüvyal malzeme miktarı azdır. Bu durum gölün en sığ yerlerinin bile 4 ile 5 m arasında derinlikte kalmasına yol açmıştır. Heyelanın gerçekleşmesinden sonra vadinin su ile dolması sonucu suyun içerisinde kalan ağaçların kütük olarak var olması, gerideki heyelanın muhtemelen yakın dönemlerde meydana geldiğine işaret etmektedir. Özellikle bu konu ile ilgili literatürde yapılan çalışmalarda ağaç numuneler üzerinde dendrokronoloji çalışmaları yapılmış ve sonuçta heyelanın gerçekleşme tarihi 1702-1703 yılları olarak belirlenmiştir (Aytuğ ve Kılıç, 1986; Kanoğlu, Aksoy ve Kaya, 2016).



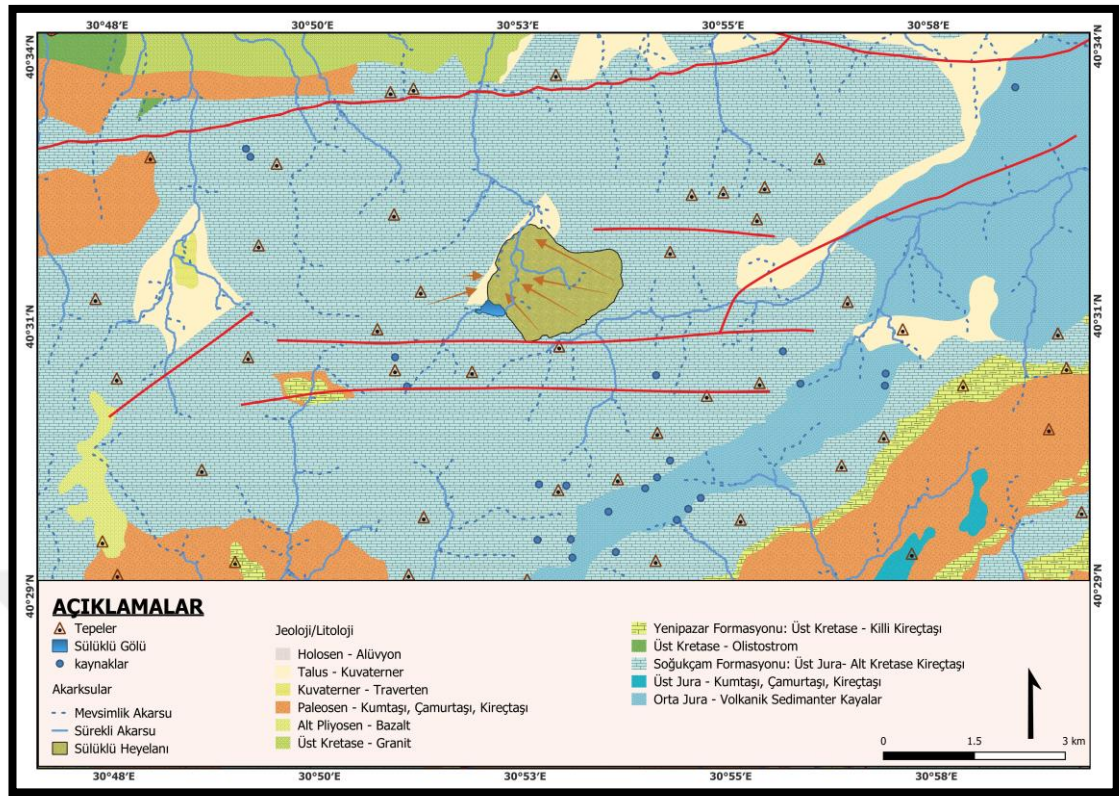
Şekil 23. Sülüklü Gölü ve yakın çevresinin hidrografya haritası.

Sülüklü Gölü'nün oluşumunda, göl ve yakın çevresinin jeolojik, litolojik ve tektonik özellikleri, gölün meydana gelmesine neden olan heyelan aktivitelerinin gelişmesi ve oluşumu hakkında fikir vermektedir. Sülüklü Gölü'nü meydana getiren

heyelan kütlesini oluşturan birimlerin jeolojik değerlendirilmesi yapıldığında, bu birimlerin Soğukçam Formasyonu (JKs) ve Yenipazar Formasyonu (Kye)'na ait litolojik birimlerden oluştuğu görülmektedir (Gedik ve Aksay, 2002). Mudurnu çayı ve güneyi Soğukçam Formasyonu'nun yaygın olarak mostra verdiği alanlardandır. Sülüklü Gölü'nü oluşturan heyelanlar Soğukçam Formasyonu'ndan oluşmakla birlikte gölün güneyinde yüksek rakımlı yayla alanlarında kısmen de olsa belirli noktalarda Yenipazar Formasyonu (Kye) yüzeilenmektedir. Ayrıca yine gölün güneybatısında disloke olmuş Geç Miyosen yaşlı özlü bazaltlarının uyumsuzlukları mostra vermektedir.

Göl ve yakın çevresi yoğun bir şekilde tektonik hareketler ile kontrol altındadır. Bu sebeple farklı birimler yakın alanlarda farklı mekanlarda yüzeilenmektedir. Örneğin Sülüklü Gölü'nden kaynak alan Tavşansuyu Deresi'nin katıldığı Mudurnu çayı havzası Kuzey Anadolu Fay'ı (KAF) tarafından kontrol edilmektedir. Sahada farklı formasyonlar ve farklı litolojik birimler yer almaktadır. Bu sebeple göl ve alanı farklı formasyonun etki alanı içerisinde şekillenmiş olup gölü oluşturan temel heyelanlar yine Soğukçam Formasyonu içerisinde kalmaktadır (Gedik ve Aksay, 2002). Soğukçam Formasyonu üç farklı istiftten oluşmaktadır. En altta kalkarenit, volkanit ve olistostromlarla temsil edilir. Radyolarya ve çörtlü nodüllerce zengin beyaz bej renkli vaketaşı, kırmızı çört, yeşil tuf, feldispat, kuvars, volkanik cam parçaları ve akıntılarla taşınmış kumtaşları, çamurtaşı ve bol kireçtaşı ile az bazalt çakılı içeren olistostromlardan meydana gelir (Gedik ve Aksay, 2002). Formasyonun orta kısmında yer alan ikinci kesiminde ise türbiditik ve breşoid kireçtaşları ile çamurtaşları aralanması vardır. Çamurtaşları volkanik kökenli ve kırıntılıdır (Altın vd., 1991). Formasyonun üst bölümünü oluşturan üçüncü kesim ise beyaz, bej, pembe renkli, ince ve orta tabakalı porselenimsi mikritik kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Çört nodüllü ve sarı – kırmızı çört tabakalıdır. Belemnit içermekle birlikte yer yer marnlı şeylli mikritik kireçtaşı aralanması biçimindedir (Altın vd., 1991).

Yenipazar Formasyonu ise Soğukçam Formasyonu'nun üzerinde mostra vermekte ve Sünnet Gölü'nün güneyinde geniş bir alanda yer almaktadır (Şekil 24).

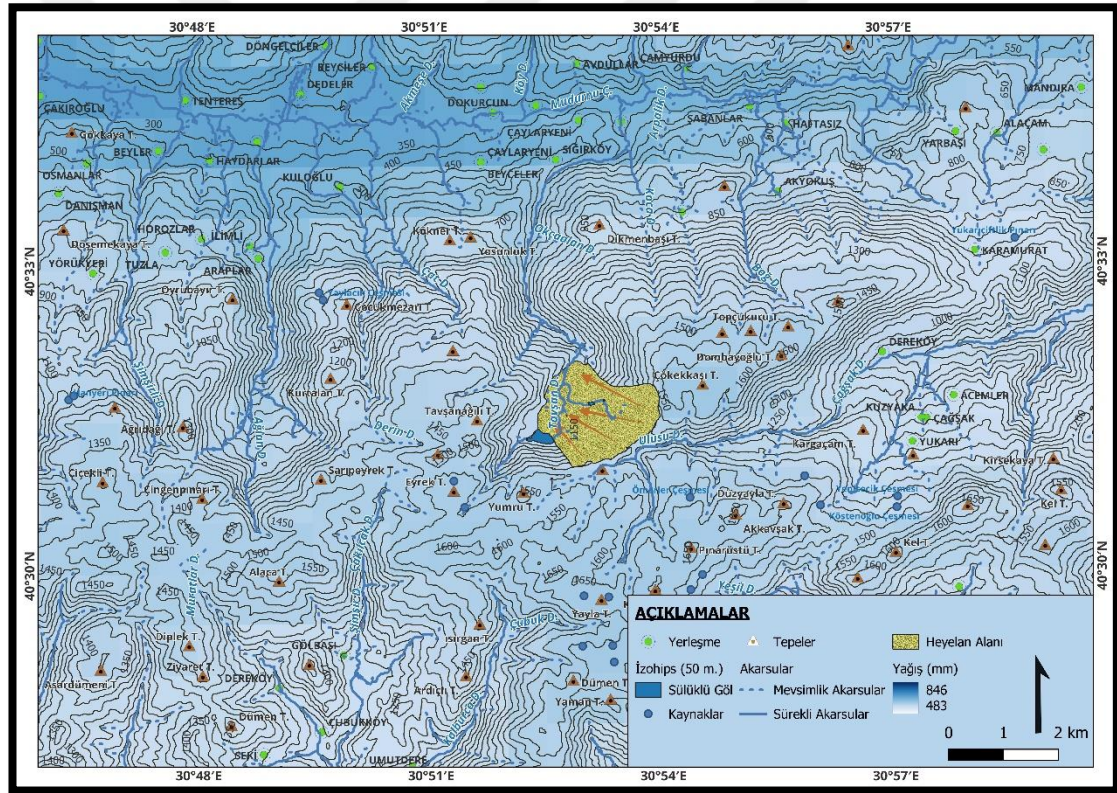


Şekil 24. Sülüklü Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Gedik ve Aksay, 2002'den faydalanılarak yapılmıştır).

Yenipazar Formasyonu aslında Soğukçam Formasyonu'nun üzerine gelen kırıntılı tortul kayaçlardan oluşmaktadır. Yenipazar Formasyonu farklı alan ve ortamlarda kendi içerisinde jeolojik olarak değişik özellikler sunmaktadır. Formasyon genel olarak grimsi yeşil renkli, ince ve orta tabakalı kumtaşı-şeyl ardalanması ile yeşil ve kahverengi volkanit, yeşil renkli marn, beyaz, bej, pembe, kırmızı renkli ince tabakalı pelajik veya yarı pelajik kireçtaşlarıyla birlikte az miktarda konglomeralardan meydana gelmektedir. Yenipazar Formasyonu genel olarak Paleosen birimlerin üstte mostra verdiği birimlerden oluşmaktadır. Onun altındaki birimler ise Erken Eosen yaşlıdır (Gedik ve Aksay, 2002). Ayrıca Yenipazar Formasyonu içerisinde karmaşıklığı gidermek için farklı birimler de isimlendirilmiş ve ayırt edilmiştir. Bu farklı birimlerden Sünnet Gölü güneyinde akarsu kabul alanı içerisinde kısmen yüzeylenen Değirmenözü üyesi (Kyed) yer almaktadır. Değirmenözü üyesi genel olarak altta beyaz, bej üstte ise kırmızı renkli ince ve orta tabakalı olmak üzere Globotruncana isimli deniz fosillerini barındırmasıyla dikkat çeken pelajik ve yarı pelajik

Sülüklü Gölü ve yakın çevresinde toplam yağış değerleri elde edilen raster veri formatına göre en yüksek toplam yağış 846 mm, en düşük toplam yağış değeri ise 483 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 26) (Fick ve Hijmans, 2017).

Heyelan set göllerinde kar yağışı ve kütlenin kar erimelerine bağlı olarak harekete geçmesi karı önemli bir parametre haline getirmektedir. Bu yüzden çalışma alanına en yakın meteoroloji gözlem istasyonu olan Bolu istasyonunda ölçülen karla örtülü gün sayıları incelenmiştir. Buna göre karla örtülü gün sayıları genel olarak her yıl ocak ve aralık aylarında gerçekleşmiştir. Bu dönemde kar yağışı 30 günden fazla yerde de kalmak suretiyle 1964, 1972, 1973, 1983, 1989, 1993, 2015 yıllarında gerçekleşmiştir. Sahada en fazla karla örtülü gün sayısı 31 gün ile 1964, 1972, 1973, 1983, 1989, 1993 yıllarının ocak ayında gerçekleşmiş ve kaydedilmiştir (MGM).



Şekil 26. Sülüklü Gölü ve yakın çevresinin toplam yağış (mm) haritası (1970-2000 yılları arası, Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).

Sülüklü Gölü ve yakın çevresi bitki örtüsü; Sülüklü Gölü ve çevresinde yoğun bir orman örtüsü, iğne ve geniş yapraklı ormanlar ile karışık vejetasyon ortamı bulunmaktadır. Sahada topoğrafyanın yüksek olduğu kısımlarda özellikle dağ

yamaçlarında, Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana subsp. equi-trojani*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) ormanları bulunmaktadır. Kurak ortam özelliği gösteren yüksek dağlık alanların güney bakı kesimlerinde ise sarıçam (*Pinus sylvestris*) ormanları ile kontak oluşturan karaçamın (*Pinus nigra*) meydana getirdiği ormanlık alanlar vardır. Ayrıca saçlı meşe (*Quercus pubescens*), ahlat (*Pyrus elaeagrifolia*), yemişen (*Sorbus domestica*) gibi ağaç ve çalılardan meydana gelen ormanlık alanlar da Sülüklü Gölü ve yakın çevresinde yer almaktadır. Yüksek vadi tepelerinde ve güneye bakan zirveye yakın yamaçlarda, dağınık halde bodur ardıçların (*Juniperus communis L. subsp. nana Syme*) yanı sıra bodur herdem yeşil çalılıklar ile kurak ortam karakterli Orta Batı Karadeniz alt flora alanına özgü bitkiler ve step karakterli bazı türler birlikte yer almaktadır. Gölün çevresinde, oldukça dik ve nemli taşlık yamaçlar ile Karabey Yaylası ve yakın çevresindeki alanlarda özellikle Sülüklü Gölü'ne dökülen Soğuksu Pınarı ve göl arasındaki vadi de yoğun bir şekilde şimşir ağaçları (*Buxus sempervirens*) büyük topluluklar oluşturur (Fotoğraf 4). Gölün çevresindeki serin alanlarda karayemiş (*Prunus laurocerasus*), Türk fındığı (*Corylus colurna*) ve çalılıklar yoğun miktarda bulunur (Kanoğlu vd., 2016).



Fotoğraf 4. Sülüklü Gölü'nün kabul havzası içerisindeki Soğuksu Pınarı kaynağında kamp alanı ve etrafındaki Şimşir (*Buxus sempervirens*) ağaçlarının küçük bir görünümü.

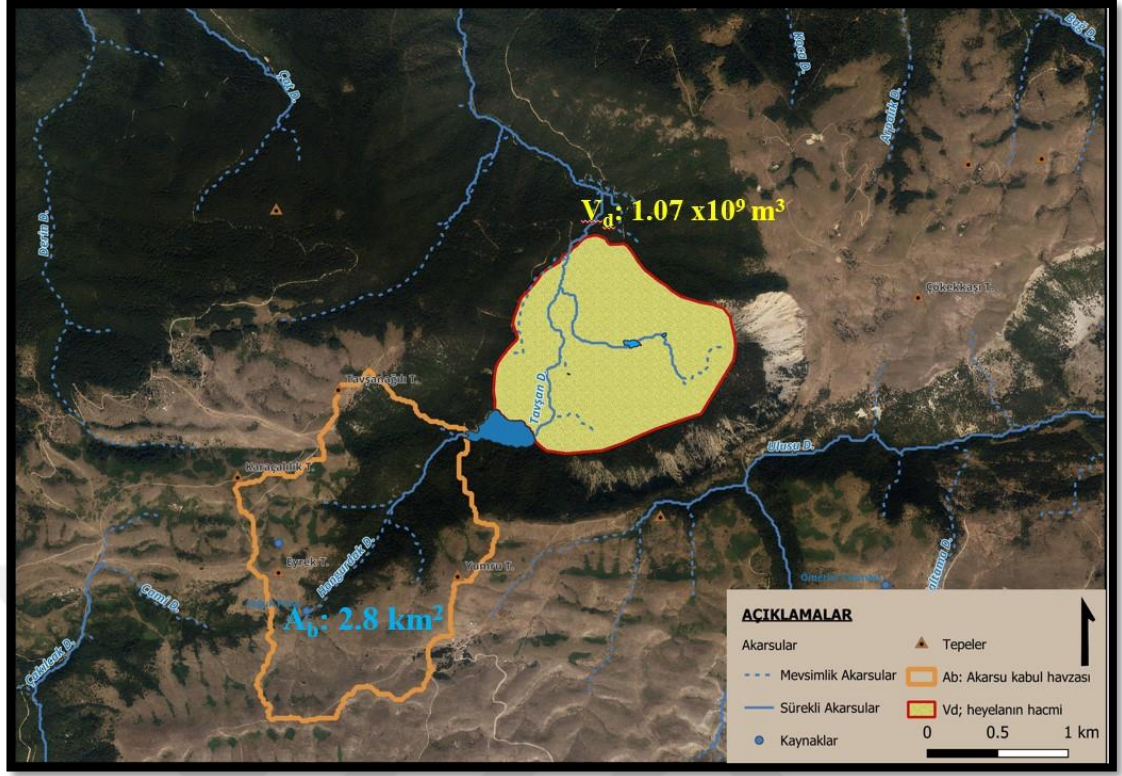
4.2.1.2. Sülüklü Gölü (Göynük/Bolu) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular

Sülüklü Gölü, tektonik ve litolojik süreçlerin etkisi ile kayma şeklinde bir heyelanın meydana gelmesi ile Tavşansuyu Deresi vadisinin tıkanması sonucu oluşmuştur. Aslında karmaşık bir heyelan özelliği göstermektedir. Özellikle heyelan setinin üzerinde meydana gelen göller bize kütle hareketinde rotasyonel aktiviteler meydana geldiğini delillendirmektedir. Heyelan, Çökekaşı T. (1650)'nin güneybatısından 1400 m rakımlarda bir faylar tarafından parçalanmış bir topoğrafya üzerinde yine fayların tetiklediğini düşündüğümüz kütlenin kayma şeklindeki hareketi ile oldukça büyük bir kütle harekete geçmiştir. Heyelan yaklaşık olarak 2.8 km²'lik bir ortamda şekillenmiştir. Bu büyük kütle derin ve dar bir vadi olan Tavşansuyu Deresi vadisini tıkamış ve setlemiştir. Setin gerisinde en büyük göl olarak Sülüklü Gölü meydana gelmiştir. Ancak yine setin üzerinde rotasyonel hareketlere bağlı olarak farklı büyüklükte farklı göller de meydana gelmiştir. Yani burada birden fazla göl oluşmuştur.

Göl ile ilgili olarak jeolojik, jeomorfolojik, iklimsel şartlar Sülüklü Gölü'nün Fiziki Coğrafya Özellikleri başlığı altında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu yüzden burada detaylı bir şekilde bahsedilmeden indisler boyutunda değerlendirme yapılacaktır.

4.2.1.2.1. Sülüklü Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular

Blokaj İndisi, heyelan set gölünü oluşturan setin kütle hacmi ile setin gerisinde gölü oluşturan akarsuyun su topladığı kabul havzası ilişkisi üzerinden hesaplanmaktadır (Şekil 27).



Şekil 27. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi.

Buna göre Sülüklü heyelan set gölü üzerinde yapılan çalışmalar ile Sülüklü Gölünün oluşmasında vadiyi setleyen kütleinin hacimsel değeri (V_d): 1068239723,7 m³ olarak tespit edilmiştir. Bu veri harita ve tablolar üzerinde $1,07 \times 10^9$ m³ olarak gösterilmektedir. Bu indiste heyelan set gölüne gelen akarsuların sularını topladığı ve sete uyguladığı basınç etkisi de önemlidir. Bu yüzden Sülüklü Gölü'ne gelen akarsu Soğukpınar kaynağından kaynağını alan ve kuzeydoğu istikametinde göle katılan Hongurdak Deresi'dir. Bu dere ve bunun mevsimlik akarsu olarak akış gösteren iki kolunun havza kabul alanı QGIS üzerinden yapılan hidroloji çalışmaları ile 2.8 km² olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu iki veri kullanılarak $BI = \log (V_d/A_b)$ formülü uygulandığında, Sülüklü gölünün Blokaj İndisi (BI) değeri şu şekildedir;

$$BI = \log (1068239723,7/2.8) = 8,58 \quad (11)$$

BI değeri Canuti vd., (1998) ve Casagli ve Ermini, (1999) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre eşik değeri olan 5.68 değerinin üzerinde çıkmıştır. Buna göre $BI > 5.68$ olduğundan dolayı Sülüklü heyelan set gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 3). Sülüklü Gölü'nün kararlı olarak varlığını

sürdürmesinde akarsu kabul havzasının çok küçük bir alanda olması ve buna rağmen setin de bir o kadar büyük alan kaplaması bu sonucun çıkmasında etkilidir.

Tablo 3. Blokaj İndisine göre heyelan set göllerinin sınıflandırılması (Stefanelli vd., 2016)

Sınıfı	Değeri
Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$BI > 5,68$
Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$3.00 < BI < 5,68$
Oluşmamış Heyelan Set Gölleri	$BI < 3,00$

4.2.1.2.2. Sülüklü Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular

Sülüklü Gölü üzerinde yapılan gölün sürekli olma veya bozulma durumlarının değerlendirilmesine ilişkin bir diğer indis ise Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisidir. Bu indis heyelan setinin hacmi ile gölde biriken su miktarının hacim değerlerinin ilişkisi ile hesaplanmaktadır. Buna göre Sülüklü Gölde yapılan hesaplamalar sonucu heyelan setinin hacmi yaklaşık olarak (V_d): $1068239723,7 \text{ m}^3$ ‘tür. Bu değer kısaltılmış olarak harita ve tablolarda $1,07 \times 10^9 \text{ m}^3$ olarak gösterilmiştir. Gölde birikim yapan suyun hacmi ise göl üzerinde manuel ölçümler ile elde edilen batimetri bilgisiyle elde edilmiş, bu sayede gölün su hacim değeri ise yaklaşık (V_1): $2106037,6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Bu iki veri kullanılarak $II = \log (V_d/V_1)$ formülü uygulandığında Sülüklü Gölün II değeri şu şekildedir;

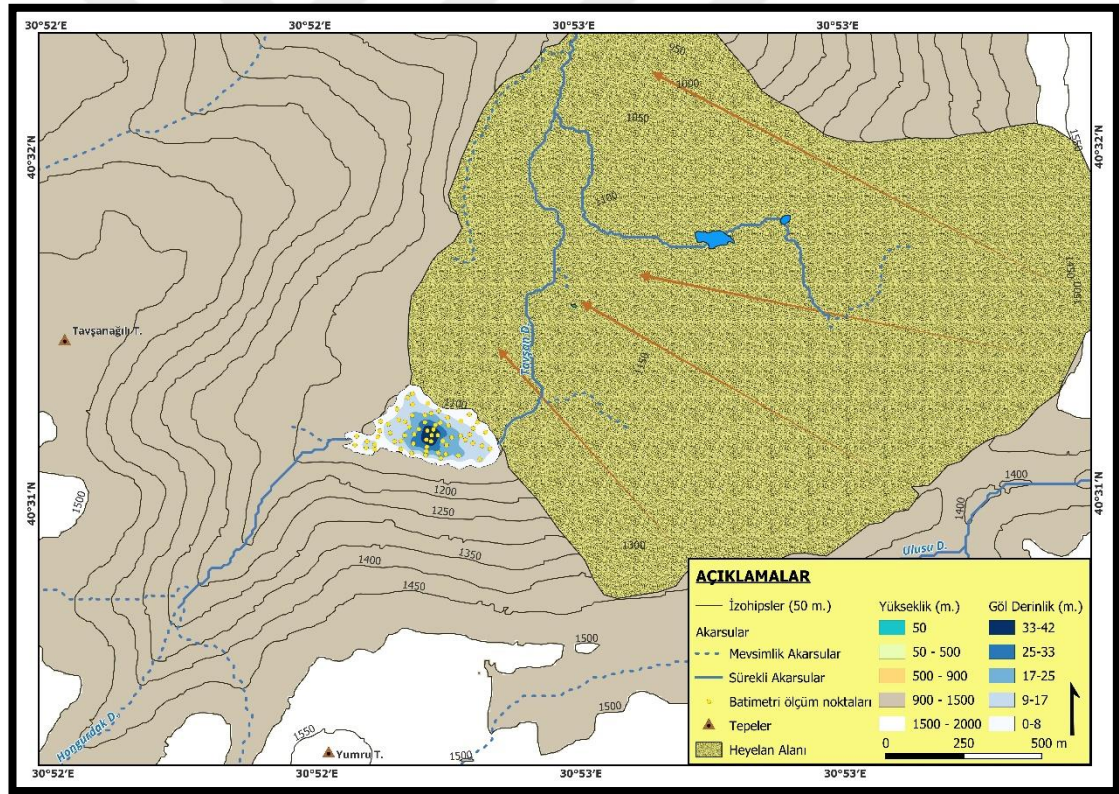
$$II: \log (1068239723,7/2106037,6) = 2,70 \quad (12)$$

II değeri, Casagli ve Ermini (1999) ve Korup (2004) tarafından sınıflandırılmış ve bir eşik değeri belirlenmiştir. Belirlenen Hapsolmuş (tutulmuş) su indisi değerine göre Sülüklü Gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında değerlendirilmelidir (Tablo 4). Gölün kararlılığı, taşıdığı su ile setin arasındaki ilişkiye bağlıdır. Sülüklü Gölü'nün su seviyesi iklim koşullarına bağlı olarak zaman zaman artış gösterse de genel olarak son yıllarda azalma eğilimindedir. Bu durum, gölün kararlı bir şekilde varlığını sürdüreceği şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 4. Hapsolmuş (tutulmuş) su indisine göre heyelan set gölünün sınıflandırılması (Korup, 2004)

Sınıf	Değeri
Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$1 < II$
Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$1 > II$

Göle gelen akarsuların kabul havzasının küçük olması ve gölün oluşumundaki Tavşansuyu Deresi vadisinin oldukça derin bir vadi olmasından ötürü tıkanan vadiye küçük ancak oldukça derin bir göl meydana gelmiştir. Gölün derinliği bu boyutta bir göl için şaşırtıcı niteliktedir. Bu göl 42 m. derinlik seviyesi ile Karadeniz Bölgesi'nde çalışma alanı içerisinde yer alan göller içerisindeki en derin göldür (Şekil 28).



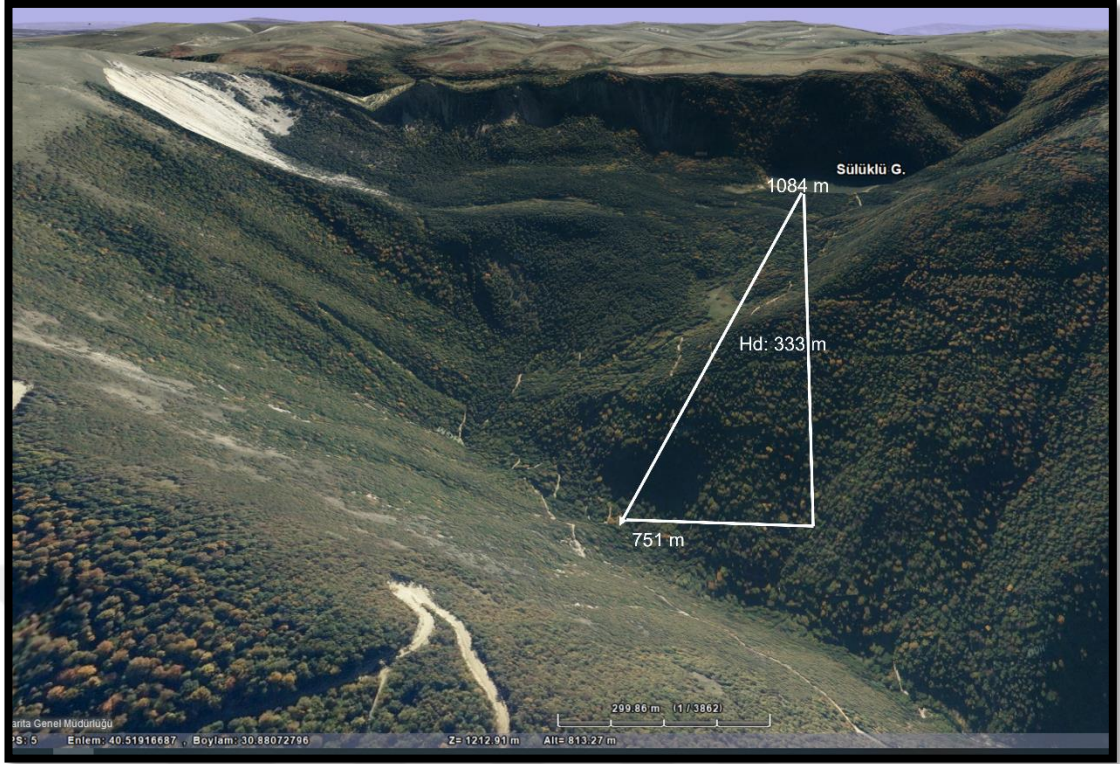
Şekil 28. Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisinde kullanılan batimetri noktalarının ve batimetri değerlerinin harita üzerinde gösterimi.

Göle gelen tek akarsu Hongurdak Deresi'dir. Bu dere 2.8 km²'lik küçük bir alandan su toplayarak göle ulaştığı için taşıdığı sediman oranı düşüktür. Bu yüzden göl

sedimanlar tarafından dolmamakta ve derinliğini korumaktadır. Etrafında yoğun bir şekilde bitki örtüsünün yer alması erozyon ve aşınımı da engellemektedir. Bu yüzden gölün ortadan kalkmasına sebep olabilecek tek bir etken vardır. O da gölün etrafındaki olası tektonik hareketlerdir. Tektonizma, bu sahada ortamı doğrudan kontrol etmekte ve gölün oluşmasına ortam hazırladığı gibi birden yok olmasına sebebiyet verecek kütle hareketlerine de ortam hazırlama ihtimali hep göz önünde bulundurulmalıdır.

4.2.1.2.3. Sülüklü Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular

Sülüklü Gölü'nün devamlılığı ve bozulma ihtimali üzerine yapılan analizlerde, önemli bir ölçüt olarak Boyutsuz Blokaj İndisi ele alınarak değerlendirilmiştir. Bu indis hesaplamasında birkaç temel parametre dikkate alınır. Bunlar; heyelan setinin hacmi (V_d), setin tıkanma yaptığı ve suyu biriktirdiği alandan kaynak noktasına kadar ki kabul havzasının alanı (A_b) ve heyelan setinin yüksekliği (H_d)'dir. Bu etkenler, gölün set yüksekliği ilişkisi ile değerlendirilmesi açısından önemlidir. Setin tıkanma yaptığı alan ile heyelanın topuk noktası arasındaki yükseklik farkı ile bu hesaplama yapılmaktadır (Şekil 29).



Şekil 29. Boyutsuz Blokaj İndisinde set yüksekliğinin görünümü (HGM Küre).

DBI indisine göre verilerin hesaplanmasında kullanılan formül şu şekildedir; $DBI = \log(A_b \times H_d / V_d)$. Sülüklü Gölünde bu değerler A_b ; 2,8 km², V_d ; 1068239723,7 m³, H_d ; 333 m formülde yerine konulduğunda;

$$DBI = \log (2,8 \times 333 / 1068239723,7) = -0,06 \quad (13)$$

DBI gölü setin yüksekliği ile ilgili veriyi işe koşarak süreç içerisinde kabul havzası, setin hacmi ve yüksekliği ile ilişkili olarak bir sonuca varmak istemektedir. Bu indis ile elde edilen değerler Tablo 5'teki eşik değerine göre sınıflandırıldığında Sülüklü Gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 5).

Tablo 5. Boyutsuz Blokaj İndisine göre heyelan set gölünün sınıflandırılması (Ermini ve Casagli, 2002; Stefanelli vd., 2016)

Sınıf	Değeri
Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$DBI < 2,43$
Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$2,43 < DBI < 3,98$
Oluşmamış Heyelan Set Gölleri	$DBI > 3,98$

Burada Sülüklü Gölü'nün önündeki setin yüksekliği de ayrıca dikkat çekmektedir. Heyelan kütlesi oldukça büyük bir alanda yaklaşık 2.8 km²'lik bir ortamda meydana gelmiştir. Ya da farklı bir söylem ile Sülüklü heyelanı 2.8 km²'lik bir ortamı etkilemiştir. Heyelanın gerçekleştiği alan ile Hongurdak Deresi'nin su toplama alanı neredeyse birbirine eşdeğerdir. Bu durumda gölün sete uygulayacağı bir baskı çok küçük kalacaktır. Böylelikle sahada tektonik bir deformasyon olmadığı sürece Sülüklü Gölü varlığını daha uzun yıllar sürdürebilecektir.

4.2.1.2.4. Sülüklü Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları

Heyelan set göllerinin sürekliliğini belirlemede bir diğer önemli indis ise Morfolojik Tıkanma İndisi (MOI)'dir. Bu indiste, diğer faktörlere ek olarak, vadi genişliği önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle, hareket halindeki kütlelerin vadi içini dolduracağı durumlarda, vadinin genişliği kritik bir rol oynamaktadır. Dar bir vadi, doldurma ve tıkanma süreçleri için daha uygun bir ortam oluşturmaktadır. Bu yüzden vadinin genişliğini tespit etmede, on farklı vadi genişliği ölçümünün medyan değeri alınarak vadi genişliği değeri tespit edilmiştir. Bu değer Sülüklü Gölü'nde 76 m olarak hesaplanmıştır. MOI değeri, heyelanın hacminin (V_d) vadinin genişliğine (W_v) oranlanması şeklinde hesaplanmaktadır. Yani, $MOI = \log (V_d/W_v)$ formülü ile belirlenir. Bu formül üzerinde veriler yerine konulduğunda;

$$MOI = \log(1068239723,7 / 76) = 7,15 \quad (14)$$

Sülüklü Gölü'nün heyelan seti üzerinde gerçekleştirilen hesaplamalara göre elde edilen MOI değeri 7,15 olarak tespit edilmiştir. MOI değeri eldeki eşik değeri ile karşılaştırıldığında Sülüklü heyelan set gölü, **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** kategorisinde çıkmaktadır (Tablo 6).

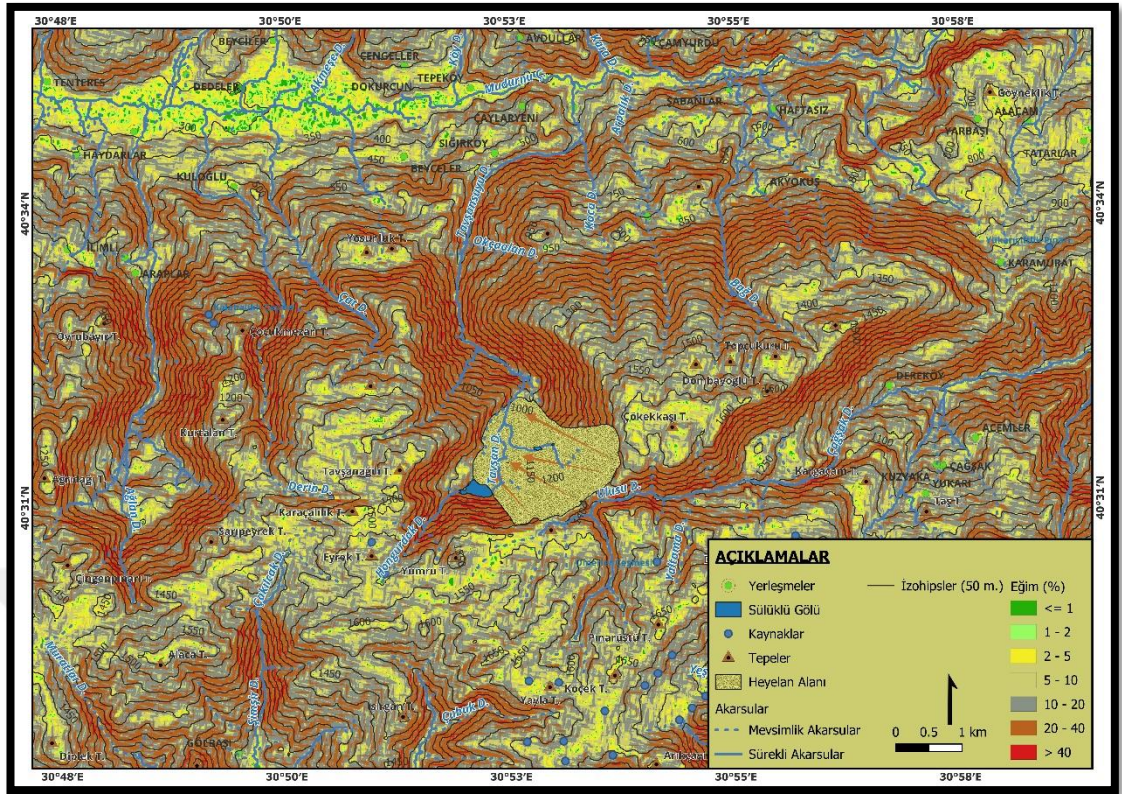
Tablo 6. Morfolojik tıkanma indisine göre heyelan set gölünün sınıflandırılması (Stefanelli vd., 2016)

Sınıf	Değeri
Oluşmamış Heyelan Set Gölleri	$MOI < 3,00$
Belirsiz Gelişmiş Heyelan Set Gölleri	$3,00 < MOI < 4,60$
Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$MOI > 4,60$

Bu sahada vadi formu yüksek rölyefin Sakarya Nehri Havzası'na doğru dar ve derin vadilerden oluşmaktadır. Tavşansuyu Deresi vadisi de bu formda dar ve derin karakterde bir çentik vadidir. Burada elde edilen vadi genişliği verisi değerlendirildiğinde vadi genişliği 46 ile 87 m arasında dar bir değer göstermektedir. Bu dar ve derin vadi 2.8 km²'lik Sülüklü heyelanı karşısında çok rahat bir şekilde dolmuş ve tıkanmayı gerçekleştirdikten sonra topuğu yaklaşık 333 m daha aşağıdaki irtifalara kaymıştır.

4.2.1.2.5. Sülüklü Gölünün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular

Sülüklü Gölü'nün devamlılığı ve potansiyel sürekliliğinin durması ya da yok olması ile ilgili olarak dikkate alınan başka bir ölçüt, Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi'dir. Bu indis, diğer indislerde kullanılan benzer parametrelerin yanı sıra, eğim değerlerini de hesaba katmaktadır. Burada, vadinin içindeki akarsu eğiminin, akarsuyun akım gücüne etki eden eğim ve yine akım gücüyle doğru orantılı olarak aşındırma gücüyle olan ilişkisi özellikle ele alınmıştır. Eğimin durumu, vadi içerisinde ve yakın çevresinde vadiye topladığı akarsu kabul havzası içerisinde farklı yan kolların da taşıma ve biriktirme gücü dikkate alındığında gölün sürekli olması ya da sürekli olmayan durumuna ilişkin fikir vermektedir. Bu yüzden akarsu ve yakın çevresinin genel eğimini daha iyi anlayabilmek ve yorumlayabilmek adına eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 30).



Şekil 30. Sülüklü Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası.

Sülüklü Gölü'nü oluşturan heyelanın hacim değeri 1068239723,7 m³, heyelanın akarsu kabul havzasının alanı 2,7 km², akarsuyun tıkanma noktasından kaynak alanına doğru yaklaşık 2 km'lik bir yatay uzunlukta eğim değeri %18,9 olarak tespit edilmiştir. $HDSI = \log (V_d / (A_b \times S))$ ile hesaplanmaktadır. Elde edilen veriler formülde yerine konulduğunda;

$$HDSI = \log (1068239723,7 / (2,8 \times 0,189)) = 9,31 \quad (15)$$

Sülüklü Gölü için Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSI) 9,31 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, HDSI'nin heyelan set göllerinin sürekli olma veya bozulma durumlarını yansıtmaktadır ve önemlidir. Sülüklü Gölü'nün 9,31 olarak hesaplanan HDSI değeri, Stefanelli vd. (2016) yaptığı sınıflandırma eşik değerine göre **Kararlılık Alanı** kategorisinde yer almaktadır (Tablo 7).

Tablo 7. Hidromorfolojik set gölü süreklilik indisine göre heyelan set gölünün sınıflandırılması (Stefanelli vd., 2016)

Sınıf	Değeri
Süreksizlik Alanı	$HDSI < 5,74$
Belirsiz Alan	$5,74 < HDSI < 7,44$
Kararlılık Alanı	$HDSI > 7,44$

Bu durumda, gölün kararlı bir durum göstermesinin nedeni, eğim değerinin yüksek olmasına karşılık akarsuyun kabul havzasındaki su toplama alanının oldukça küçük olmasıdır. Bu nedenle, bu indis, akarsu kabul havzası içerisindeki alanın çok küçük olmasını ve buna bağlı olarak eğimin oldukça yüksek olmasına karşılık sediman taşınımı açısından bir risk oluşturmamaktadır. Sahada yapılan gözlemler ve ölçümler, Sülüklü Gölü'nün uzun süre varlığını koruyabilecek bir durumda olduğunu göstermektedir. Özellikle gölün derinliğinin 42 metre seviyelerinde olması bu durumu doğrulamaktadır. Eğer HDSI'nin sediman taşıma yoğunluğu yüksek olsaydı, göl sedimanlarla dolarak daha düşük derinlik seviyeleri gösterirdi. Özellikle göl içerisinde oluşan delta ve bu deltanın uzun yıllar boyunca gelişemeyip küçük kalması, bu durumu doğrulamaktadır. Delta-zaman ilişkisi dikkate alındığında, göle gelen sediman miktarının az olduğu ve bu sediman miktarı ile göl derinliği ilişkisi göz önüne alındığında, gölün sediman ile dolup ortadan kalkma ihtimalinin çok düşük olduğu görülmektedir. Bu senaryoya, havzada oluşabilecek olağandışı yağış ihtimali ve tektonik hareketler dahil edilmemiştir.

4.2.1.3. Sülüklü Gölünün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Değerlendirmesi

Sülüklü Gölü'ne yapılan arazi çalışmalarında göl ve yakın çevresinin sahada en yüksek ve arızalı topoğrafyadan oluştuğu görülmektedir. Ortamın iklim koşulları sahada istediğimiz verilerin yeterince alınmasında güçlükler oluşturmuştur. Sülüklü Gölü'nde gerçekleştirilen arazi çalışmaları süresince hava koşullarının önemli oranda kapalı ve yağışlı olması, İHA ile veri toplama süreçlerini olumsuz etkilemiştir. Bu

yüzden farklı zaman aralıklarında çalışma sahasına gidilerek veriler toplanmış ve sahadan görüntüler elde edilmiştir (Fotoğraf 5).



Fotoğraf 5. Sülüklü Gölü ve heyelanın genel görünümü.

Hesaplamalarda beş farklı indis sahaya uygulanmış ve bu indislerin hepsinde Sülüklü Gölü'nün kararlı bir şekilde varlığını devam ettireceği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 31. Sülüklü Gölü'nün 1950, 1966, 1972, 1984, 2011, 2020 yıllarına ait kıyı kenar çizgisi ve göl aynasının alansal değişimi.

Sülüklü Gölü'nün göl aynası ve kıyı kenar çizgisindeki değişimler, HGM tarafından sağlanan ortofotolar üzerinden analiz edilerek belirlenmiştir. Bu analizler, gölün derin ve dar bir çanak içinde yer aldığını ve büyük hareketlerin olmadığını göstermektedir. Ancak, farklı yıllarda gözlemlenen su seviyesindeki dalgalanmalar, göl alanının zaman içinde yükselip alçaldığını ortaya koymaktadır. En geniş alanın 2011 yılında, en dar alanın ise 1966 yılında kaydedildiği tespit edilmiştir (Şekil 31).

Bu alansal değerlendirmeler, gölde yıllar içerisindeki alansal farkların belirgin olmadığını gösterse de bazı değişimler dikkate değerdir. Göl, havzadaki yağış durumlarına bağlı olarak farklı dönemlerde değişik su seviyelerine ulaşmıştır. Bu seviye değişimleri, gölün kıyı çizgisinin geri çekilmesine veya genişlemesine yol açmıştır. Gölün kabul havzasında büyük akarsuların bulunmaması, gölün derinliğini önemli ölçüde doldurmayı engellemiştir. Bu nedenle göl, 42 metre derinliğini korumuştur.

4.2.1.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi

Sülüklü Gölü ve çevresi, tarım ve hayvancılık gibi yerel ekonomiye katkı sağlayan faaliyetlerin yanı sıra turizm potansiyeli ile de bölgenin coğrafi ve sosyal yapısını büyük ölçüde etkilemektedir. Jeomorfolojik özellikleri ve doğal kaynakları, bölgenin sürdürülebilir gelişimine önemli katkılar da sunmaktadır. Bu nedenle, göl çevresindeki insan aktiviteleri, yerleşimler ve diğer girişimlerin gölün ekolojik dengesini bozmadan, doğal alanın korunarak planlanması büyük önem taşımaktadır. Bu planlama hem doğal kaynakların korunmasını hem de bölgenin ekonomik gelişimini destekleyecek şekilde yürütülmelidir.

Sülüklü Gölü ve çevresinde bölgenin iklim ve meteorolojik koşullarının yanı sıra saha jeomorfoloji ilişkisine bağlı olarak daimî yerleşim alanları göl ve yakın çevresinin oldukça uzağındadır. Özellikle yerleşim yerleri birbirinden farklı nüfus değerlerine sahiptir. Yörede genel olarak yaylacılık faaliyetleri yaygındır. Bundan ötürü birbirinden farklı birçok yayla yer almaktadır. Bunlar Davlumbaz, Susuz, Karabey, Çubuk yaylalarıdır. Bu yaylalarda küçük ve büyükbaş hayvancılık yaygın ekonomik faaliyetlerdendir.

Sülüklü Gölü ve çevresi aynı zamanda turistik bir cazibe merkezidir. Doğal güzelliklerinin yanı sıra tabiatın sunduğu ortam insanların bu mekâna gelmelerinde çekici bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Sülüklü Gölü Milli Parkında tüm mevsimlerde çadır kurarak tatil hizmeti verilmektedir.

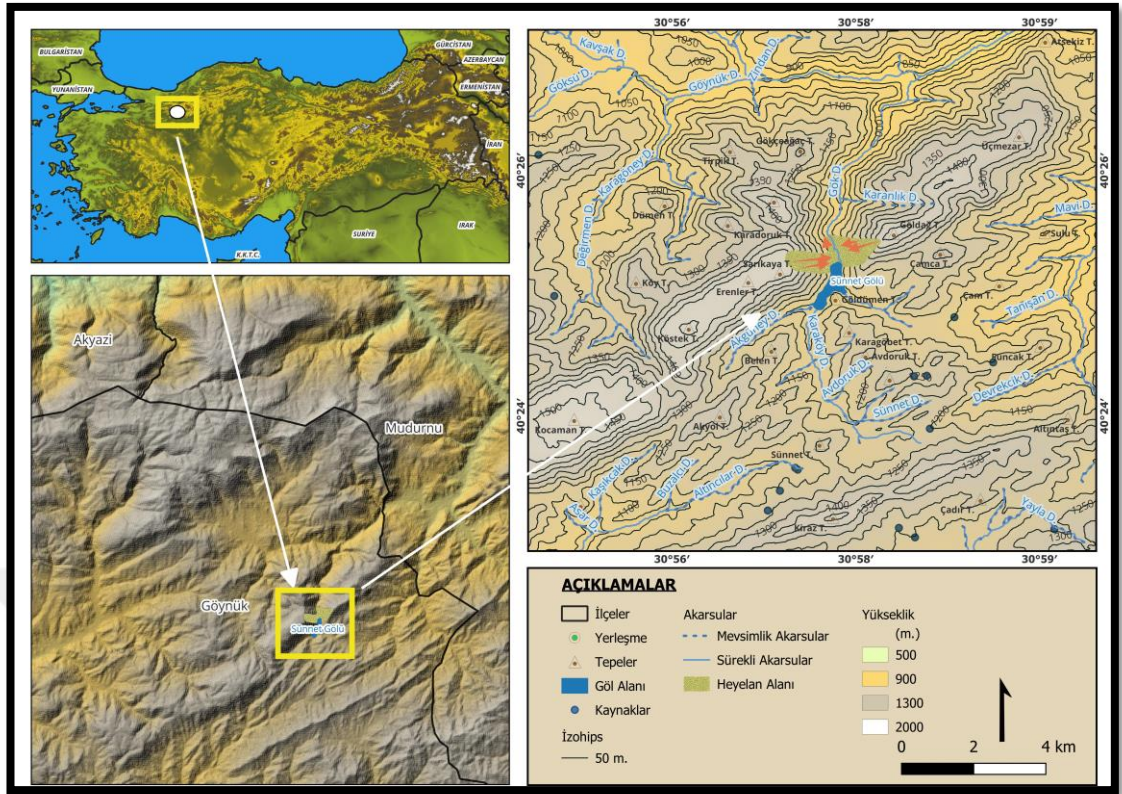
Sülüklü Gölü ve yakın çevresi, hem yerel ekonomiye katkı sağlayan tarım ve hayvancılık faaliyetleriyle hem de turizm potansiyeliyle bölgenin coğrafi ve beşerî dinamiklerini önemli ölçüde şekillendirmektedir. Jeomorfolojik yapısı ve doğal zenginlikleri, bölgenin sürdürülebilir kalkınmasına katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle göl korunmalı ve uygun planlamalarla sürdürülebilir kılınmalıdır.

4.2.2. Sünnet Gölü (Göynük/Bolu)

Bu bölümde Sünnet Gölü ile yakın çevresi, fiziki coğrafya ve insan ilişkisi ile ortaya konulmuştur. Böylece göl ve yakın çevresinin daha iyi anlaşılması ve çalışmanın devamındaki durumuna ilişkin projeksiyon oluşturması için altlık yapılmıştır.

4.2.2.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri

Sünnet Gölü, Bolu iline bağlı Göynük ve Mudurnu ilçeleri arasında bulunan bir heyelan set gölüdür (Ocakoglu vd., 2015). Göl, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) tarafından kontrol edilen tektonik olarak aktif bir topoğrafyada yer almaktadır. Gölün kuzeybatısında yaklaşık 1450 m yükseklikte bulunan Sarıkaya Tepesi'nden kayan bir kütlenin Gök Dere'nin akış yönünü tıkaması sonucu meydana gelmiştir. Sünnet Gölü'nün kuzeydoğusunda ise Gölbaş Tepe (1430 m) yer almaktadır (Hoşgören ve Ekinci, 2004). Bu tepeden de kütleli hareketler kendisini göstermektedir. Ancak gölün oluşumuna asıl sebep olan büyük kütleler Sarıkaya Tepesi'nden hareket eden kütlelerdir. Sünnet Gölü 40°22' - 40°29' K enlemleri ile 30°53' - 30°60' D boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 32). Göl ile ilgili Milli Parklar tarafından verilen bilgilerde gölün en fazla derinliği 10 m olarak ifade edilmektedir (Fotoğraf 6). Ancak Sünnet Gölü'nde 2022 yılında bizim gerçekleştirdiğimiz batimetre çalışmaları ile göl içerisinde derinlik ölçümleri yapılmış olup gölün en derin yerinin 13,7 m olduğu tespit edilmiştir (Şekil 33). Göle giren akarsuların taşıdığı sedimanlar ile göl sürekli dolmaktadır. Ancak göle giren akarsuların sediman taşıma güçlerinin düşük olması, yoğun sediman taşıyabilecek yüksek debide akış göstermemesi heyelan set gölünün sürekliliğine ortam hazırlamaktadır (Şekil 34).



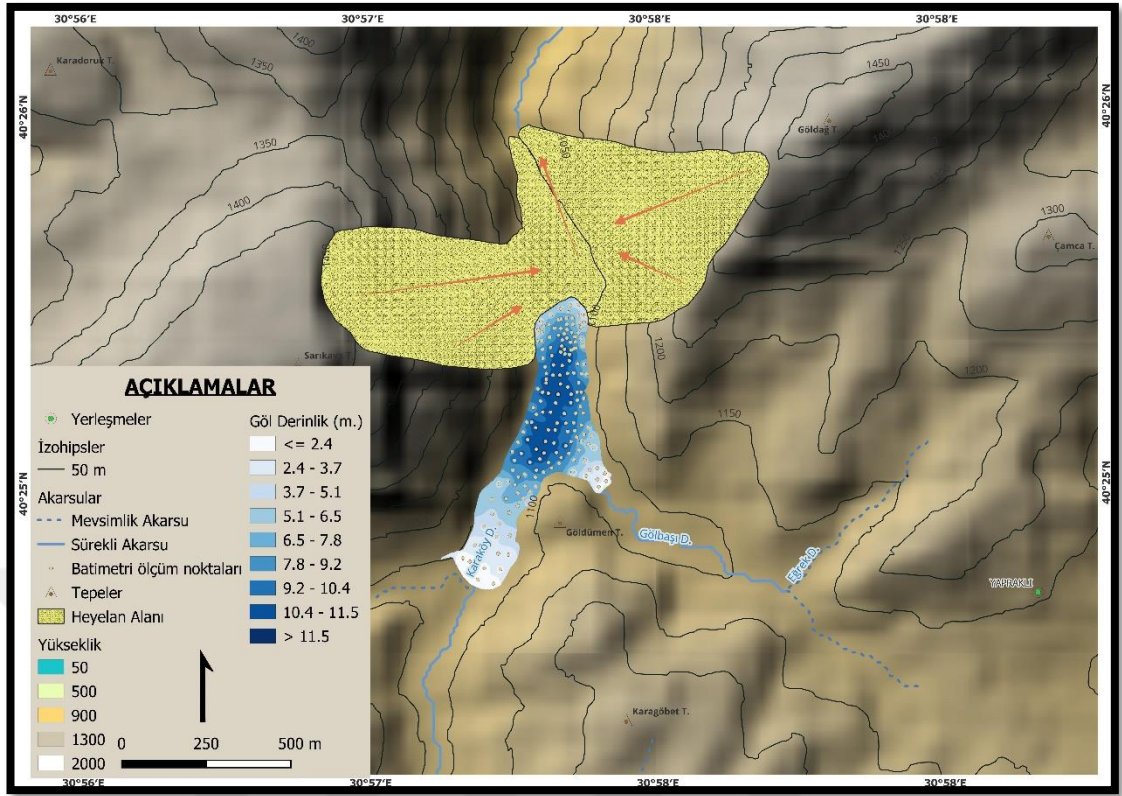
Şekil 32. Sünnet Gölü lokasyon ve topoğrafya haritası

Göle giren akarsuların giriş kısmı olan güney kesimi alüvyal birimler tarafından doldurulmuştur. Bu durum gölün güneyinde göl derinliğinin geniş bir alanda 1-1,5 m seviyelerinde sık bir ortam oluşturmaya neden olmuştur. Göl iklim süreçleriyle ilişkili bir şekilde dönem içerisinde aldığı yağış miktarı ve sıcaklık değişimlerine bağlı olarak derinlik seviyesinde değişiklik gösterebilmektedir (Fotoğraf 6).



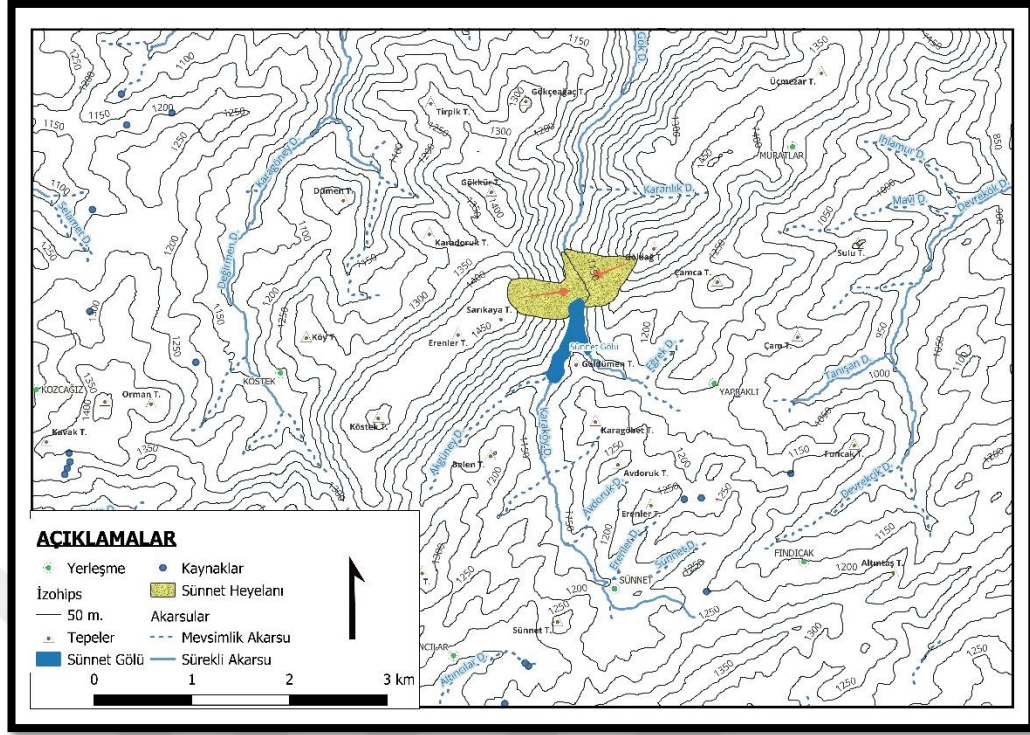
Fotoğraf 6. Doğa Koruma ve Milli Parklar tarafından hazırlanan Sünnet Gölü bilgilendirme tabelası.

Sünnet Gölü'nün oluşmasında göl ve yakın çevresinin jeolojik, litolojik ve tektonik şartları gölü meydana getiren heyelanların gelişmesi hakkında fikir vermektedir. Sünnet Gölü bir önceki araştırma konusu olan Sülüklü Gölü ile çok yakın bir konumda yer almaktadır. Bu bakımdan her iki gölün içerisinde olduğu jeolojik ve litolojik şartlar birbirine benzerlik göstermektedir. Sünnet Gölü'nü meydana getiren heyelan kütlesi jeolojik olarak Soğukçam Formasyonu (JKs) olarak ifade edilmektedir (Gedik ve Aksay, 2002).



Şekil 33. Sünnet Gölü'nün batimetri haritası.

Mudurnu Çayı ve güneyi Soğukçam Formasyonu'nun (JKs) yaygın olarak mostra verdiği alanlardandır. Sünnet Gölü'nün oluşumuna neden olan heyelanlar Soğukçam Formasyonu'nda (JKs) gerçekleşmiştir. Gölün güneyinde akarsuların göle katıldığı alanlarda Yenipazar Formasyonu (Kye) da yüzeilenmektedir. Bu sebeple gölün iki farklı formasyonun etki alanı içerisinde şekillendiği söylenebilir (Gedik ve Aksay, 2002).

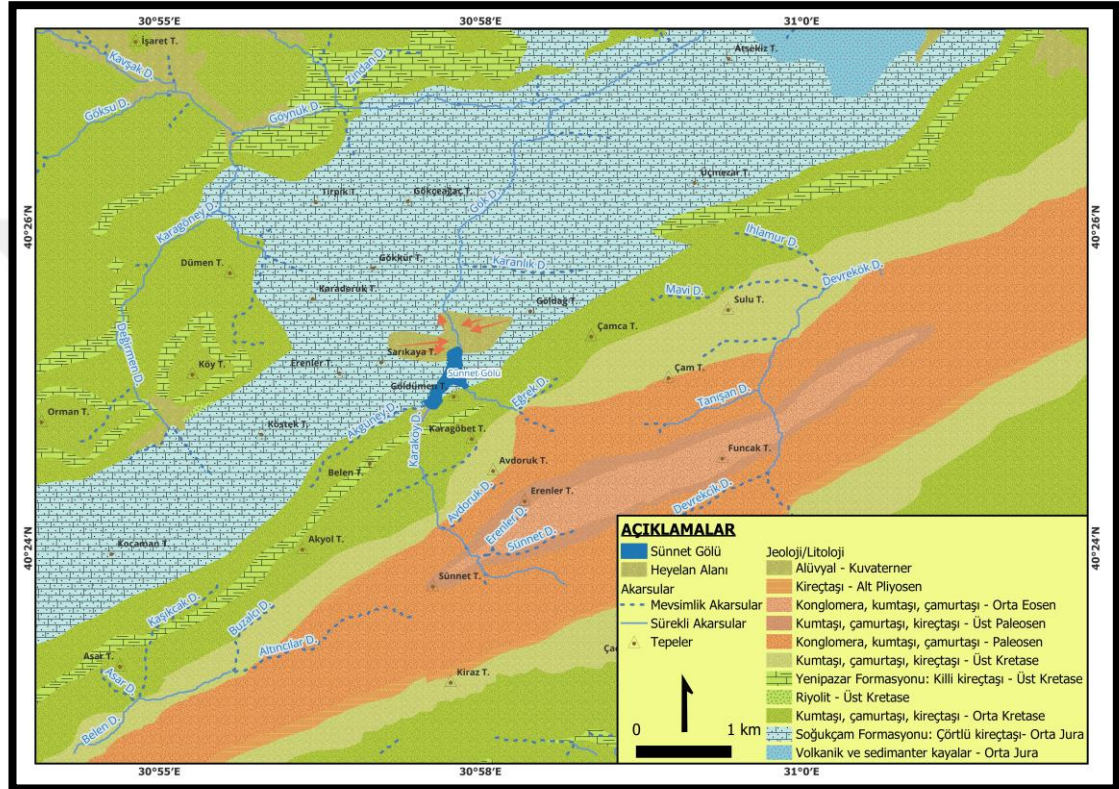


Şekil 34. Sünnet Gölü ve yakın çevresinin hidrografi haritası

Soğukçam Formasyonu (JKs) üç farklı istiftten oluşmaktadır. Birim altta kalkarenit, volkanit ve olistostromlarla temsil edilir. Radyolarya ve çörtlü nodüllerle zengin beyaz bej renkli vaketaşı, kırmızı çört, yeşil tüf, feldispat, kuvars, volkanik cam parçaları ve akıntılarla taşınmış kumtaşları, çamurtaşı ve bol kireçtaşı ile az bazalt çakılı içeren olistostromlardan oluşmaktadır (Gedik ve Aksay, 2002). Formasyonun orta kısmında ise türbiditik ve breşoid kireçtaşları ile çamurtaşları aralanması vardır. Çamurtaşları başlıca volkanik kökenli ve kırıntılıdır (Altın vd., 1991). Formasyonun üst bölümü ise beyaz, bej, pembe renkli, ince ve orta tabakalı porselenimsi mikritik kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Çört nodüllü ve sarı – kırmızı çört tabakalıdır. Belemnit içermekle birlikte yer yer marnlı şeyli mikritik kireçtaşı aralanması biçimindedir (Altın vd., 1991).

Yenipazar Formasyonu (Kye) Sünnet Gölü'nün güneyinde Soğukçam Formasyonu'nun (JKs) üzerinde mostra vermekte ve gölün güneyinde geniş bir alanda yer almaktadır. Yenipazar Formasyonu (Kye) aslında Soğukçam Formasyonu'nun üzerine gelen kırıntılardan meydana gelmektedir. Yenipazar Formasyonu farklı alan ve ortamlarda kendi içerisinde jeolojik olarak değişik özellikler sunmaktadır. Formasyon

genel olarak grimsi yeşil renkli, ince ve orta tabakalı kumtaşı-şeyl ardalanması ile yeşil ve kahverengi volkanit, yeşil renkli marn, beyaz, bej, pembe, kırmızı renkli ince tabakalı pelajik veya yarı pelajik kireçtaşlarıyla birlikte az miktarda konglomeralardan meydana gelmektedir. Yenipazar Formasyonu (Kye) genel olarak Paleosen yaşlı birimlerin üstte mostra verdiği istiflerden oluşmaktadır. Onun altındaki istiflerdeki birimler ise Erken Eosen yaşlıdır (Gedik ve Aksay, 2002).

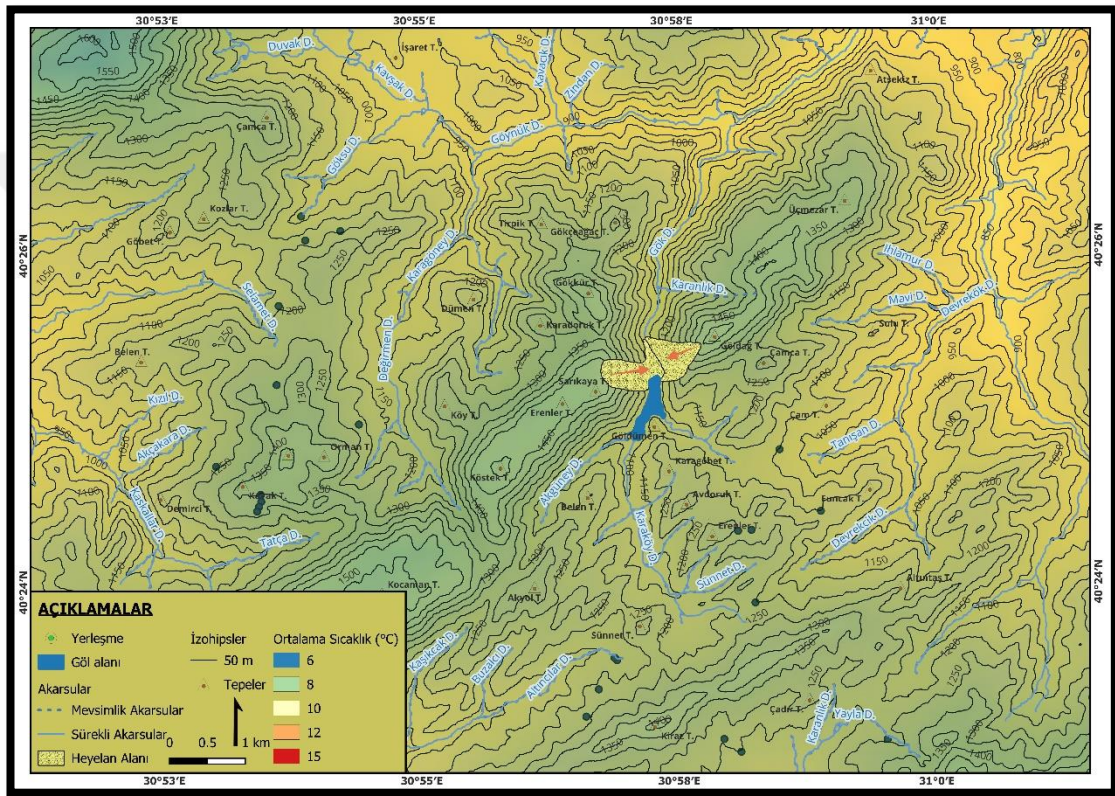


Şekil 35. Sünnet Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Gedik ve Aksay, 2002'den faydalanılarak yapılmıştır)

Yenipazar Formasyonu (Kye) içerisinde karmaşıklığı gidermek için farklı birimler de isimlendirilmiş ve ayırt edilmiştir. Bu farklı birimlerden Sünnet Gölü güneyinde akarsu kabul alanı içerisinde kısmen yüzeylenen Değirmenözü üyesi (Kyed) yer almaktadır. Değirmenözü üyesi genel olarak altta beyaz, bej üstte ise kırmızı renkli ince ve orta tabakalı olmak üzere *Globotruncana* fosillerini barındırmasıyla dikkat çeken pelajik ve yarı pelajik kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Aynı zamanda Değirmenözü üyesi (Kyed) içerisinde mikrit ve biyomikrit nitelikli kireçtaşları ile ara tabakalar halinde yer yer şeyl kumtaşı ve tufün yanı sıra

Bilecik kireçtaşlarından oluşan monojenik olistostormal kongromeraller içermektedir (Gedik ve Aksay, 2002) (Şekil 35).

Sünnet Gölü ve yakın çevresinin iklimi; Sünnet Gölü ve yakın çevresinin meteorolojik verileri incelendiğinde en yüksek sıcaklık değerlerinin yaz ayları olan temmuz ve ağustos aylarında belirgin olarak kendini gösterdiği görülmektedir. Ortalama sıcaklık temmuz ve ağustos aylarında Mudurnu ve Göynük’de 20 – 25°C seviyelerindedir.

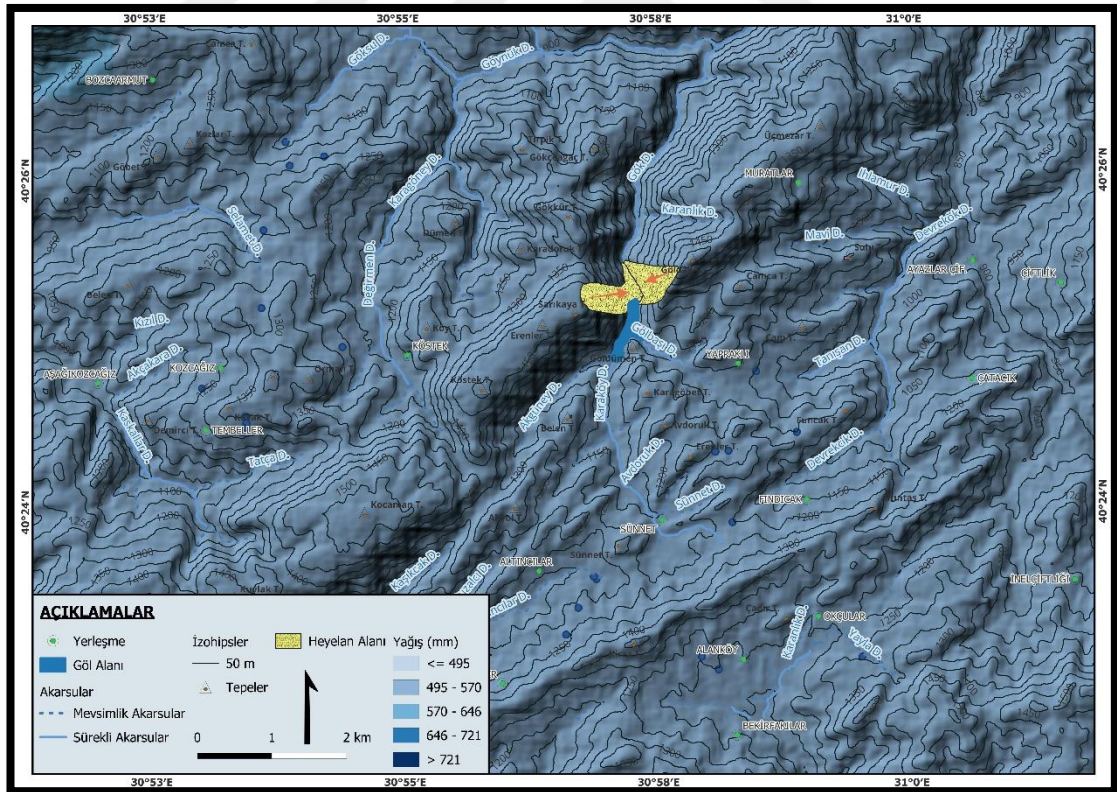


Şekil 36. Sünnet Gölü ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık haritası (1970-2000 yılı, Fick ve Hijmans, 2017’den faydalanılarak çizilmiştir).

Ancak bu veri setinin az olmasından ötürü dünya genelinde araştırmalarda yaygın olarak kullanılan raster veri formları Sünnet Gölü ve yakın çevresinde sıcaklık değerleri için de yeniden düzenlenip oluşturularak elde edilmiştir. Bu verilere göre ise 1970-2000 arası yıllık ortalama sıcaklık en yüksek 15°C, ortalama sıcaklık en düşük 6°C olarak tespit edilmiştir (Fick ve Hijmans, 2017) (Şekil 36). Göl ve yakın çevresindeki bitki örtüsü de bu iklim koşullarına uyum sağlayacak biçimde şekillenmiştir.

Sünnet Gölü ve yakın çevresinde yağış değerleri elde edilen raster veri formatına göre alandaki en az toplam yağış değeri 419 mm. iken, en yüksek toplam yağış değeri 797 mm olarak tespit edilmiştir (Fick ve Hijmans, 2017) (Şekil 37). Yağış karakterinin yüksek veya düşük olması göle giren akarsulardaki değerlere bağlı olarak gölün su seviyesinde alçalma ve yükselmelere ortam hazırlamaktadır. Gölde ocak ve temmuz aylarında su seviyesi genel olarak yükselme eğiliminde iken ağustos ve sonrası su seviyesinde bir azalış eğilimi olmaktadır.

Heyelan set göllerinde kar yağışı ve kütlenin kar erimelerine bağlı olarak harekete geçmesi karı önemli bir parametre kılmaktadır. Bu yüzden çalışma alanına en yakın meteoroloji gözlem istasyonu olan Bolu istasyonunda ölçülen karla örtülü gün sayıları incelenmiştir. Kar örtülü gün sayıları genel olarak her yıl ocak ve aralık aylarında gerçekleşmiş olup 30 günden fazla yerde kalmak suretiyle 1964, 1972, 1973, 1983, 1989, 1993, 2015 yıllarında gerçekleşmiştir. En fazla kar örtülü gün sayısı 31 gün ile 1964, 1972, 1973, 1983, 1989, 1993 yıllarının ocak ayında kaydedilmiştir.



Şekil 37. Sünnet Gölü ve yakın çevresinin toplam yağış (mm) haritası (1970-2000 yılı, Fick ve Hijmans, 2017’den faydalanılarak çizilmiştir).

Sünnet Gölü ve çevresi bitki örtüsü; saha bitki örtüsü bakımından oldukça zengin bir vejetasyon çeşitliliğine sahiptir. Göl ve çevresindeki hâkim bitki örtüsünü geniş bir alanda dağılım gösteren karaçamlarla (*pinus nigra*) dikkat çekmektedir. Ancak özellikle vadi içlerindeki alüvyal birimler üzerinde kavak (*populus*), söğüt (*salix*) ve çınar (*platanus*) ağaçlarının da varlığı görülmektedir. Ayrıca göl yakınında sonradan dikilmiş ve yetiştirilmiş mavi ladinler de yer almaktadır. Mavi ladinler (*picea pungens*) göl ve çevresinin doğal ortamına uyum sağlayarak gelişimlerini sürdürmektedirler (Fotoğraf 7).



Fotoğraf 7. Sünnet Gölü kenarındaki Mavi Ladinler (*picea pungens*) ve etrafında yoğun olarak Karaçamlar (*pinus nigra*)’ın bir bölümü.

4.2.2.2. Sünnet Gölü (Mudurnu/Bolu) Jeomoroflojik İndisler ve Bulgular

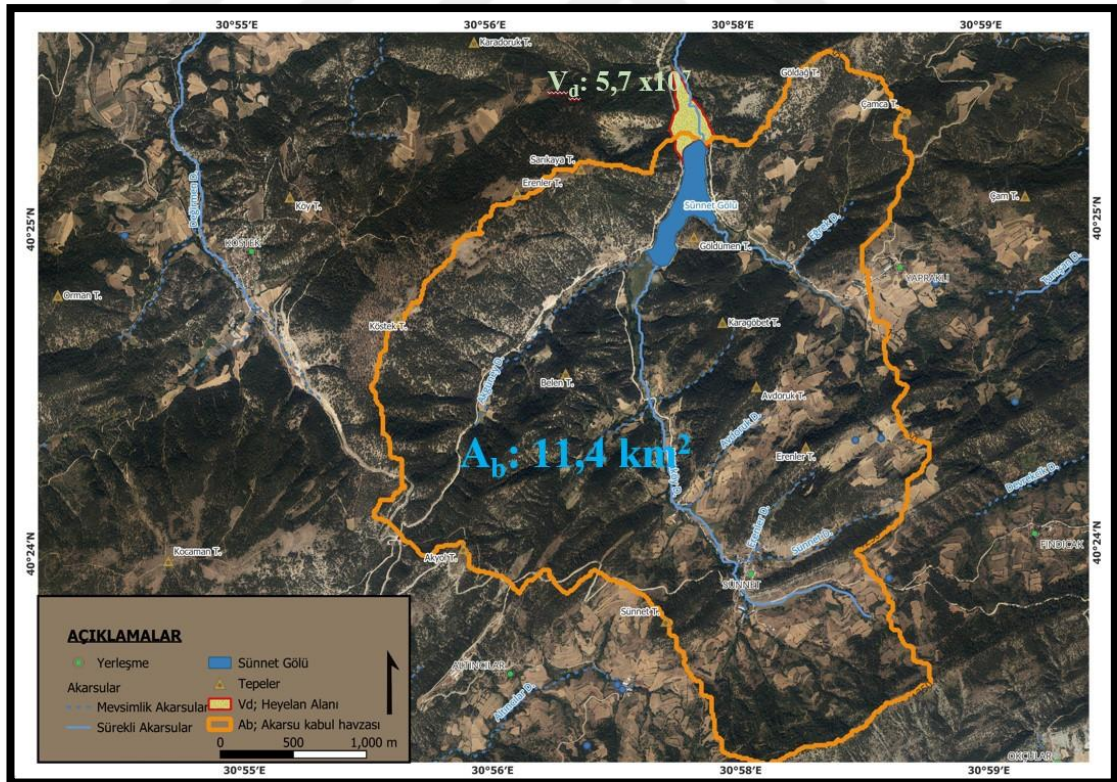
Sünnet Gölü Sarıkaya T. (1450)’den kayma şeklinde gerçekleşen bir heyelanın Gök Deresi’nin vadi tabanını doldurması sonucu oluşmuştur. Gök Deresi vadisini sadece Sarıkaya T. (1450)’sinden hareket eden kütleler doldurmamış bununla birlikte gölün kuzeydoğusunda yer alan Göldağ T.’den de kısmen gerçekleşen kütle hareketleri

vadinin tıkanmasını desteklemiştir. Tıkanma sonucu setlenen Gök Deresi setinin gerisinde Sünnet Gölü meydana gelmiştir.

Göl ile ilgili olarak jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel şartlar Sünnet Gölü'nün Fiziki Coğrafya Özellikleri başlığı altında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu yüzden burada detaylı bir şekilde bahsedilmeden indisler boyutunda değerlendirme yapılacaktır.

4.2.2.2.1. Sünnet Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular

Sünnet heyelan set gölü üzerinde yapılan çalışmalar ile Sünnet gölünü vadi içerisinde setleyen heyelanın hacmi (V_d): $57434819,6 \text{ m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Bu harita ve tablolar üzerinde $5,7 \times 10^7$ olarak gösterilmiştir. Heyelan set gölüne gelen akarsuların kabul havzası ise hidroloji yöntemleri ile QGIS üzerinde analiz edilmiş ve hesaplanmıştır. Kabul havzasının alanı $11,4 \text{ km}^2$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 38).



Şekil 38. Blokaj İndisinin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi.

Bu durumda elde edilen veriler kullanılarak $BI = \log(V_d/A_b)$ formül uygulandığında, Sünnet Gölü'nün Blokaj İndisi (BI) değeri şu şekildedir;

$$BI = \log (57434819,6/11,4) = 6,70 \quad (7)$$

Bu değerlendirmelere göre blokaj indisi değeri (BI) 5.68 değerinin üzerinde bir değere sahip olmasından ötürü Sünnet Gölü, ***Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri*** sınıfında yer almaktadır (Tablo 3).

4.2.2.2.2. Sünnet Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su (II) İndisine İlişkin Bulgular

Sünnet Gölü üzerinde yapılan bir diğer indis değerlendirmesi ise Hapsolmuş veya Tutulmuş Su İndisidir. Bu göldeki heyelan setinin hacmi yapılan hesaplamalar ile (V_d): 57434819,6 m³ olarak tespit edilmiştir. Bu durum harita ve tablolar üzerinde 5,7 x 10⁷ şeklinde gösterilmiştir. Gölde birikim yapan suyun hacim değeri 914303,9 m³ olarak hesaplanmıştır.

Bu veriler kullanılarak $II = \log(V_d/V_1)$ formülü uygulandığında Sünnet Gölünün II değeri şu şekildedir;

$$II: \log (57434819,6/914303,9) = 1,79 \quad (8)$$

Bu değerlendirmelere göre II değeri 1,79 olarak tespit edilmiştir. Bu durumda Sünnet Gölü ***Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri*** sınıfında değerlendirilmektedir (Tablo 4).

4.2.2.2.3. Sünnet Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular

Sünnet Gölü DBI indisinin verileri $DBI = \log (A_b \times H_d/V_d)$ ile formülü ile değerlendirilip hesaplanmıştır. Bu kapsamda A_b ; 11,4 km², H_d ; 64 m ve V_d ; 57434819,6 m³ olarak belirlenmiştir. (Şekil 39).



Şekil 39. Boyutsuz Blokaj İndisinde set yüksekliğinin görünümü (HGM Küre)

Bütün bu değerler formül ile işlem yapıldığında Sünnet Gölü'nün DBI değeri şu şekildedir;

$$DBI = \log (11,4 \times 64 / 57434819,6) = 1,10 \quad (9)$$

Bu konuda elde edilen bulgulara göre $1,10 < 2,43$ dür. Sünnet Gölü Boyutsuz Blokaj İndisi (DBI) değerine göre **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Göller** sınıfında değerlendirilmiştir (Tablo 5).

4.2.2.2.4. Sünnet Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları

Heyelan set göllerinin sürekliliğinin değerlendirilmesinde bir diğer indis ise Morfolojik Tıkanma İndisi (MOI)'dir. Elbette ki vadi ne kadar dar olursa vadinin dolma ve tıkanması da o oranda kolay ve elverişli olmaktadır. Sünnet Gölü'nde heyelanın olduğu vadinin 10 farklı yerinde ölçülen vadi genişliği değerlerine ilişkin medyan değeri dikkate alınarak vadi genişliği 188 m olarak belirlenmiştir. DBI'nin çalışma prensibinde heyelan kütleinin (V_d) vadi genişliğine (W_v) bölünme

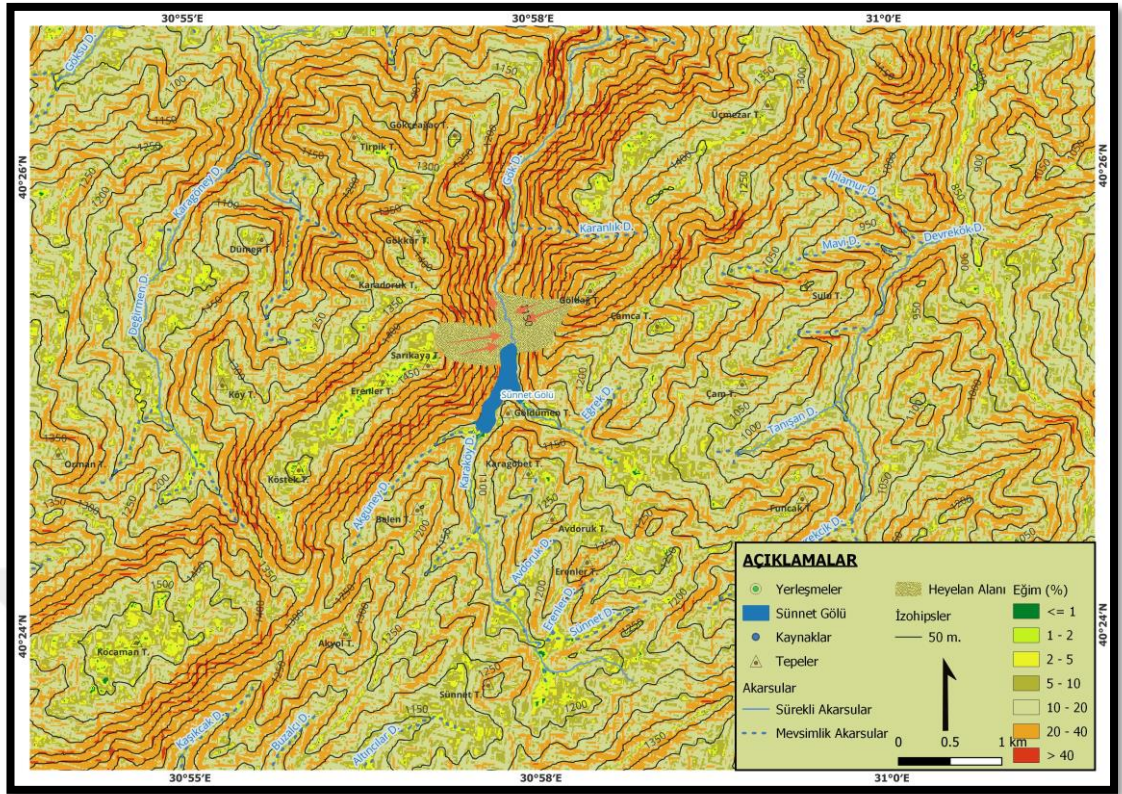
durumunun logaritma üzerinden değerlendirilmesiyle elde edilmektedir. $MOI = \log (V_d/W_v)$ formülü ile hesaplanmaktadır. Formülde veriler yerine konulduğunda;

$$MOI = \log (57434819,6 / 188) = 5,49 \quad (10)$$

Sonuç olarak, Sünnet Gölü'nün heyelan seti için hesapladığınız MOI değeri yaklaşık olarak 5,49 olarak belirlenmiştir. MOI indisine göre heyelan set gölleri üç sınıfta değerlendirilmektedir (Stefanelli vd.,2016). Bu değerlendirmeye göre Sünnet heyelan set gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 6).

4.2.2.2.5. Sünnet Gölünün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular

Sünnet Gölü'nün sürekliliği veya bozulma ve ortadan kalkma durumuna bağlı olarak bir diğer indis ise Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisidir. Bu indiste diğer indislerdeki benzer parametrelerin yanında farklı eğim değerleri de kullanılmıştır. Ortamın eğim değerleri hakkında fikir vermesi adına eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 40). Sünnet Gölü bulunduğu konum itibari ile jeolojik olarak oldukça karmaşık ve faylarla parçalanmış bir topoğrafyada yer almaktadır. Bu yüzden topoğrafya daki eğim değerleri de bu doğrultuda değişkenlik göstermekte eğimin yüksek olduğu alanlar genel olarak oldukça fazladır.



Şekil 40. Sunnet Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası.

Sünnet Gölü heyelanında heyelanın hacim değeri $57434819,6 \text{ m}^3$, heyelanın akarsu kabul havzasının alanı $11,4 \text{ km}^2$, akarsuyun tıkanma noktasından kaynak alanına doğru yaklaşık $4,5 \text{ km}$ 'lik bir yatay uzunlukta eğim değeri $\%5,4$ olarak tespit edilmiştir. Bu ifade eşitlikte $0,054$ olarak kullanılmıştır. HDSI formülünde $\text{HDSI} = \log(V_d / (A_b \times S))$ olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen veriler formül üzerinde işleme konulduğunda;

$$\text{HDSI} = \log(57434819,6 / (11,4 \times 0,054)) = 7,96 \quad (10)$$

Bu durumda, Sünnet Gölünün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSI) yapılan hesaplamalar sonucunda $7,96$ değeri elde edilmiştir. Bu değere göre HDSI indisi, heyelan set göllerinin süreklilik durumunu yansıtmaktadır. Sünnet Gölünün HDSI değeri $7,96$ olmasından ötürü yapılan sınıflandırmalarda (Stefanelli vd., 2016) **Kararlılık Alanı** içerisinde değerlendirilmektedir (Tablo 7).

4.2.2.3. Sünnet Gölünün Arazi  alışmaları ve  ndislere göre Genel Değerlendirmesi

Sünnet heyelan set gölünün arazi çalışmaları ve elde edilen verilerin indisler üzerinden yorumlanması ile ilgili olarak gölün kararlı bir şekilde varlığını sürdüreceği sonucuna varılmıştır. Ancak g l jeomorfolojik bakış açısı ve arazi tatbikatlarıyla da değerlendirildiğinde gölde yoğun bir sediman birikimi olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum g l üzerinde yapılan batimetri çalışmalarıyla da gözlenmektedir. Özellikle gölün güneybatısındaki Sünnet Deresi ve doğusundaki vadiden toplanan akarsular 11,4 km²'lik bir alandan suları drene ederek göle sediman taşıtmaktadır. Bu durum gölün sedimanlar tarafından dolmasına ortam hazırlamaktadır. Göle gelen bu akarsular setler ile setlenmediği için sedimanlar doğrudan geçici kaide seviyesi olan Sünnet Gölü'nde depolanmaktadır. Bu durumda zaman içerisinde beşerî unsurlar tarafından sedimanlar g l alanından taşınmadık a gölde bir delta oluşumu ile gölün dolması veal vyal bir düzlük olarak kapanması olasıdır. Bu durum geçmiş ortofotoların yorumlanması ile açık bir şekilde gözlemlenmektedir.

G l bazı dönemlerde su seviyesi açısından değişiklikler göstermektedir. Ortofotolarda da görüldüğü üzere özellikle bazı yıllarda g l seviyesi çok düşerken bazı yıllarda da oldukça yüksek seviyelere ulaşmıştır. Gölün güneyinde yer alan G ld men T. (1100 m) esasen gölün farklı zamanlardaki su seviyesinden kaynaklanan değişimine bağlı olarak bazı dönemlerde neredeyse bir yarımada formunu almakta bazı dönemlerde ise bu özelliğini kaybetmektedir. Bu iki farklı görüntü g l seviyesinin değişimi hakkında fikir vermektedir (şekil 41).

G l HGM'den elde edilen ortofotolar üzerinden de değerlendirilmiştir. Buna göre gölün farklı yıllardaki zaman aralıklı görüntüleri elde edilmiştir. Bazı yıllarda g l alanının oluştuğu ortamın ortofotoları hasarlı ya da bozuk olduğu için en net ve anlaşılır olan 1972, 1998, 2011 ve 2020 yıllarının görüntüleri kullanılarak gölün değişimi hakkında yorumlamalar yapılmıştır. Buna göre gölün yüzey alanı özellikle 1998 yılında en üst seviyelere yükselmiştir. Bu değer 1998 yılında 24.73 ha iken 2020 yılında 14,35 ha kadar gerilemiştir. Buna göre 1998-2020 yılları arasında g l yüzey alanı yaklaşık 10 ha oranında düşmüştür (şekil 41).

geçim kaynaklarından biridir ve özellikle sebzeçilik, meyvecilik ve büyükbaş hayvancılık önemli faaliyetler arasındadır. Ayrıca, arıcılık da bölgenin bir diğer önemli gelir kaynaklarından biridir (TUIK, 2022).

Sünnet Gölü ve çevresi aynı zamanda turistik bir cazibe merkezidir. Doğal güzelliklerinin yanı sıra tabiatın sunduğu ortam, insanların mekâna gelmelerinde çekici faktörler olarak öne çıkmaktadır. Sünnet Gölü Tabiat Parkı'nda yaz ve kış aylarında mülkiyeti kamuya ait olmakla birlikte özel işletmeciler tarafından konaklama, alabalık üretim çiftliği ve lokanda amaçlı hizmet veren işletmeler bulunmaktadır.

Sünnet Gölü ve çevresi, tarım ve hayvancılık gibi yerel ekonomiye katkı sağlayan faaliyetlerin yanı sıra turizm potansiyeli ile de bölgenin coğrafi ve sosyal yapısını büyük ölçüde etkilemektedir. Jeomorfolojik özellikleri ve doğal kaynakları, bölgenin sürdürülebilir gelişimine önemli katkılarda bulunmaktadır. Bu nedenle, göl çevresindeki insan aktiviteleri, yerleşimler ve diğer girişimlerin gölün ekolojik dengesini bozmadan, bu doğal alanın korunarak planlanması büyük önem taşımaktadır. Yörede gerçekleştirilecek planlamalar hem doğal kaynakların korunmasını hem de bölgenin ekonomik gelişimini destekleyecek şekilde yürütülmelidir.

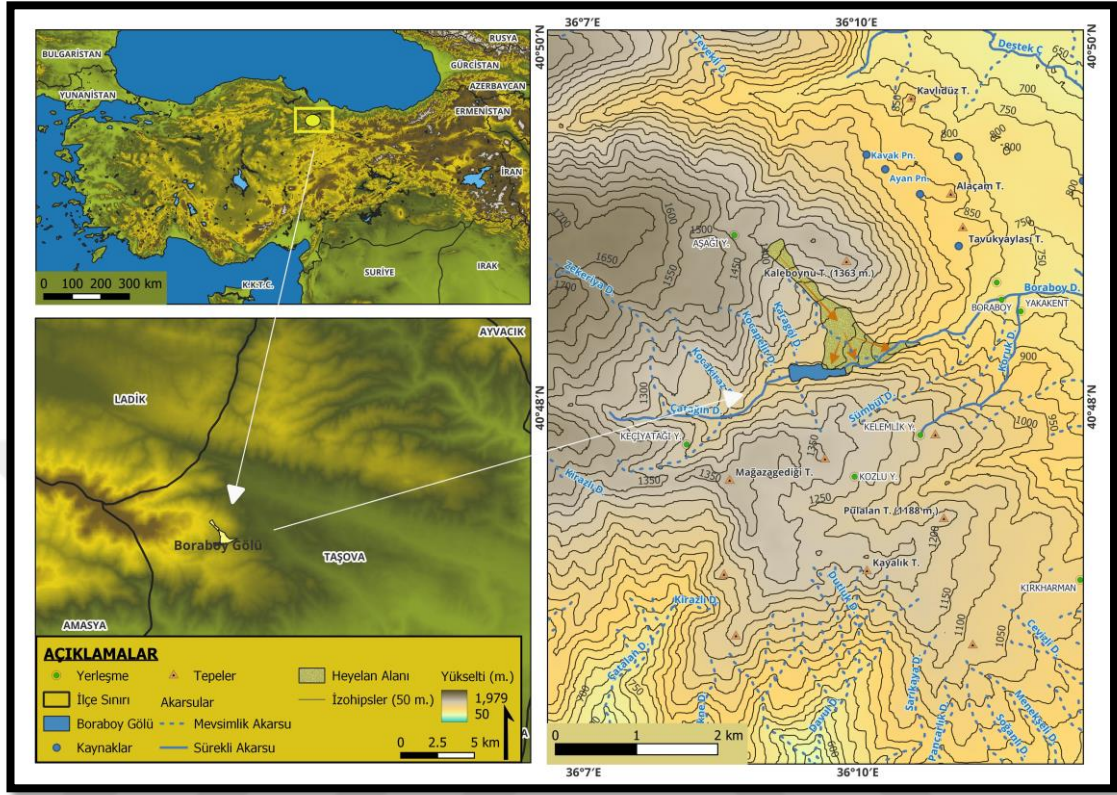
4.2.3. Boraboy Gölü (Taşova / Amasya)

Bu bölümde Boraboy Gölü ile yakın çevresi, fiziki coğrafya ve insan ilişkisi ile ortaya konulmuştur. Böylece göl ve yakın çevresinin daha iyi anlaşılması ve çalışmanın devamındaki durumuna ilişkin projeksiyon oluşturması için altlık yapılmıştır.

4.2.3.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri

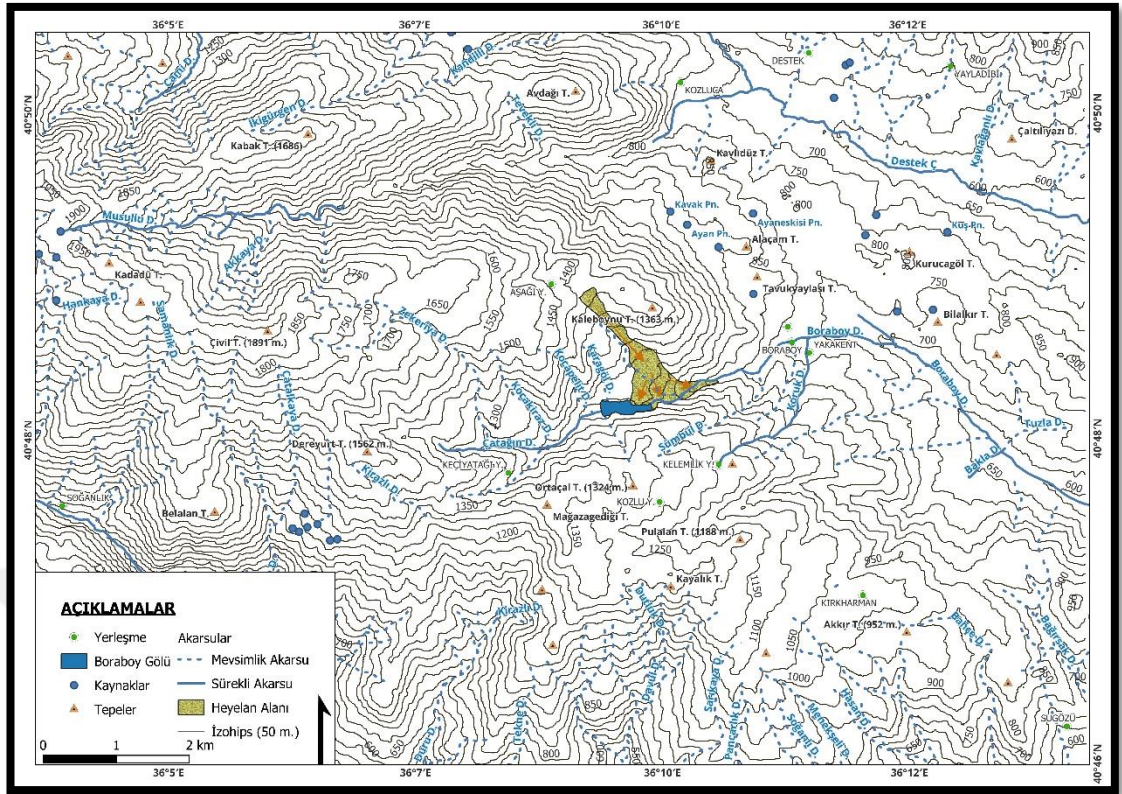
Amasya ilinin Taşova ilçesi sınırları içerisinde yer alan Boraboy Gölü, Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattının tektonik olarak kontrol ettiği bir sistem üzerinde oluşmuştur. Temelde Yeşilırmak Havzası'na doğru topoğrafyanın şekillendiği, Yeşilırmak Nehri'nin bir kolu olan Destek Çayı'na katılan Boraboy Deresi üzerinde vadi yatağının heyelan molozları ile tıkanması sonucu meydana gelmiştir. Boraboy

Gölu 40°46' K - 40°50' K enlemleri ile 36°70' D - 36°12' D boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 42).



Şekil 42. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası

Boraboy Gölü ve yakın çevresi Kuzey Anadolu Fayı (KAF) tarafından kontrol edilmektedir. Bütün topoğrafya KAF'ın kırdığı Yeşilırmak depresyonu içerisinde aşımını sürdürmektedir. Boraboy Gölü hidrografik olarak yıl boyu akış gösteren Çatağın Deresi üzerinde gelişmiştir. Akdağ kütesinin doğusundan kaynaklarını alan Çatağın Deresi, Boraboy Deresi ile birleştikten sonra doğuya doğru akarak kaynaklarını önce Destek Çayı'na ve böylelikle Yeşilırmak Nehri'ne ulaştırmaktadır (Şekil 43).



Şekil 43. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin hidrografi haritası.

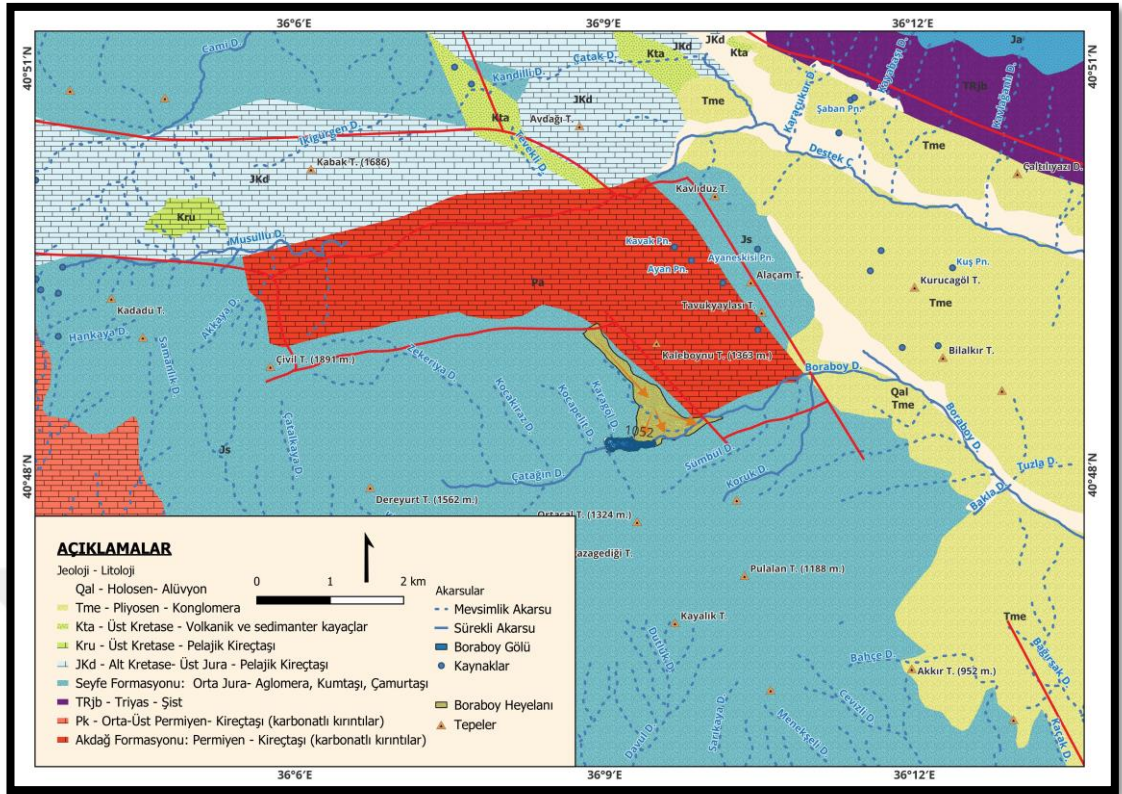
Boraboy Gölü, Yeşilirmak ile Tersakan Çayı arasındaki Akdağ kütesinin doğu uzantısı üzerinde oluşmuştur. Göl ve yakın çevresindeki litolojik birimler Paleozoyik kireçtaşlarından, Mesozoyik'e ait aglomera, tuf, kumtaşı, çakıl taşı gibi unsurlar ile yine Mesozoyik dönemine ait Erken-Orta Jura kalkerlerinden, Tersiyer dönemine ait konglomera ve kumtaşları ile Kuvaterner alüvyonlarından oluşmaktadır (Şekil 44). Bu saha yukarıda da belirtildiği gibi özellikle Kuzey Anadolu Fay Zonuna yakın bir konumda olmasından ötürü faylar tarafından kontrol edilmektedir. Özellikle heyelanın gerçekleştiği alan ve yakın çevresindeki çizgisellikler, fayların bölgenin morfolojisini kontrol etmekte oldukça aktif olduğunu göstermektedir (Aktimur vd., 1990; Doğu vd., 1994). Bu gölün olduğu sahanın jeolojik birimleri ayrıntıları kısaca şu şekilde ifade edilebilir.

Gölün olduğu alanda iki farklı formasyon oldukça önemlidir. Bunlar Paleozoyik yaşlı Akdağ Formasyonu ile Mesozoyik yaşlı Seyfe Formasyonlarıdır (Js). Akdağ Formasyonu gri kurşuni renkli ve bol kalsit damarlı, yer yer oolitik kireçtaşı, yer yer pizolitik kireçtaşları ve yer yer de killi kireçtaşlarından meydana gelmektedir.

Çatlak ve kırıkları yer yer şist vb. metamorfik unsurlarla dolmuştur. 2-400 m kalınlığa sahip olan bu birim yanal olarak devamsızlık gösterirken bünyesindeki fosiller ile Permien yaşı olduğu belirlenmiştir (Aktimur vd., 1990).

Seyfe Formasyonu ise boz renkli meta volkanit, yeşil şist, kireçtaşı bileşenli tuf ve aglomera ve marn ardalanmasından meydana gelmektedir. 100-400 m kalınlığa sahip olan birim, denizaltı volkanizmanın bol olduğu neritik ortamlarda çökelmiş ve dereceli olarak Doğu Formasyonu (JKd) ile geçişlidir. İçerdiği fosillerden ötürü Liyas-Dogger yaşıdır (Aktimur vd., 1990).

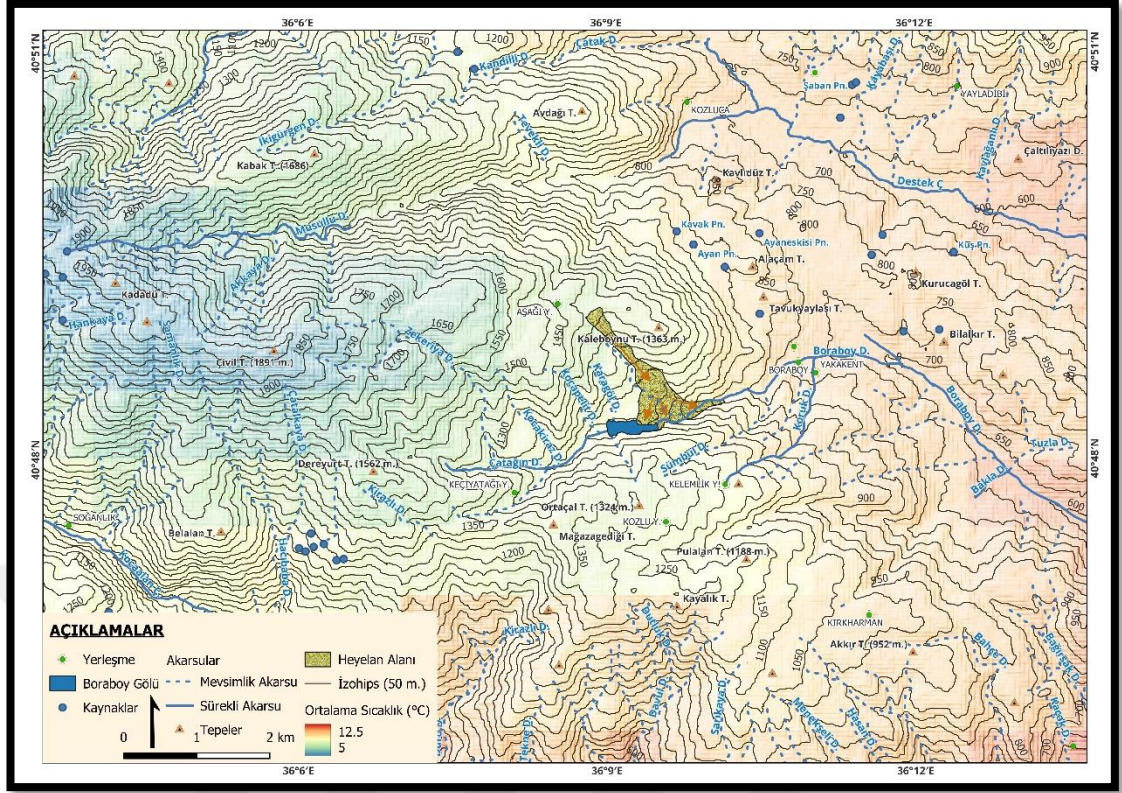
Özellikle gölün kuzeydoğusundaki kristalize kalkerler, faylar tarafından sınırlandırılmıştır. Bu nedenle, Permien yaşı kalkerler, diğer formasyonlardan topoğrafik özellikleri ile ayrılmaktadır. Araştırma sahasında en geniş alanı kaplayan Seyfe Formasyonu, tuf ve aglomeralar ile kil ve kumtaşlarından oluşmaktadır. Bu birimler jeolojik yaş olarak Jura dönemine yaşılandırılır. Bu yapı, bölgenin iklim koşulları altında heyelan olaylarına uygun bir ortam sağlamaktadır. Yukarıda sıklıkla vurgulandığı gibi Boraboy Gölü'nün oluşumunda etkili olan heyelan olayları, özellikle Jura yaşı birimler ile Permien yaşı kalkerler arasındaki bir fay hattı ile ilişkilidir. Bu fay hattının geçtiği karşılaşma alanı ve çatlaklar boyunca yer altına sızan sular, tuf ve aglomeralar üzerinde kütle hareketlerini kolaylaştırmıştır (Şekil 44) (Doğu vd., 1994).



Şekil 44. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Aktimur vd.,1990'dan faydalanılarak yapılmıştır).

Boraboy Gölü ve yakın çevresinin iklimi; Boraboy Gölü'nün bulunduğu sahada ortalama sıcaklık değerinin tüm istasyonlar için temmuz ve ağustos aylarında en yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Özellikle ağustos ayında Amasya'da 24,3 °C, Taşova'da 25,1 °C, Ladik'te ise 19,6 °C ile en yüksek ortalama sıcaklık değerleri ölçülmüştür (MGM).

Boraboy Gölü ve yakın çevresindeki üç istasyon bazında ortalama sıcaklığın en düşük olduğu aylar ise ocak ve kasım ayları olarak belirlenmiştir. Özellikle ocak ayı içerisinde ortalama sıcaklık değerleri Amasya'da 2,6 °C, Taşova'da 4,1 °C, Ladik'te ise 1,9 °C ile en düşük ortalama sıcaklık değerleri ölçülmüştür (MGM). Ayrıca Boraboy gölü ve yakın çevresi için yapılan küresel iklim çalışmaları ile elde edilen veriler değerlendirilmiş ve raster veri formatında QGIS yazılımı ile bu veriler haritalandırılmıştır. 1970-2000 yılları arasındaki sıcaklık değerlerine göre Boraboy ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık haritası oluşturulmuştur (Fick ve Hijmans, 2017) (Şekil 45).

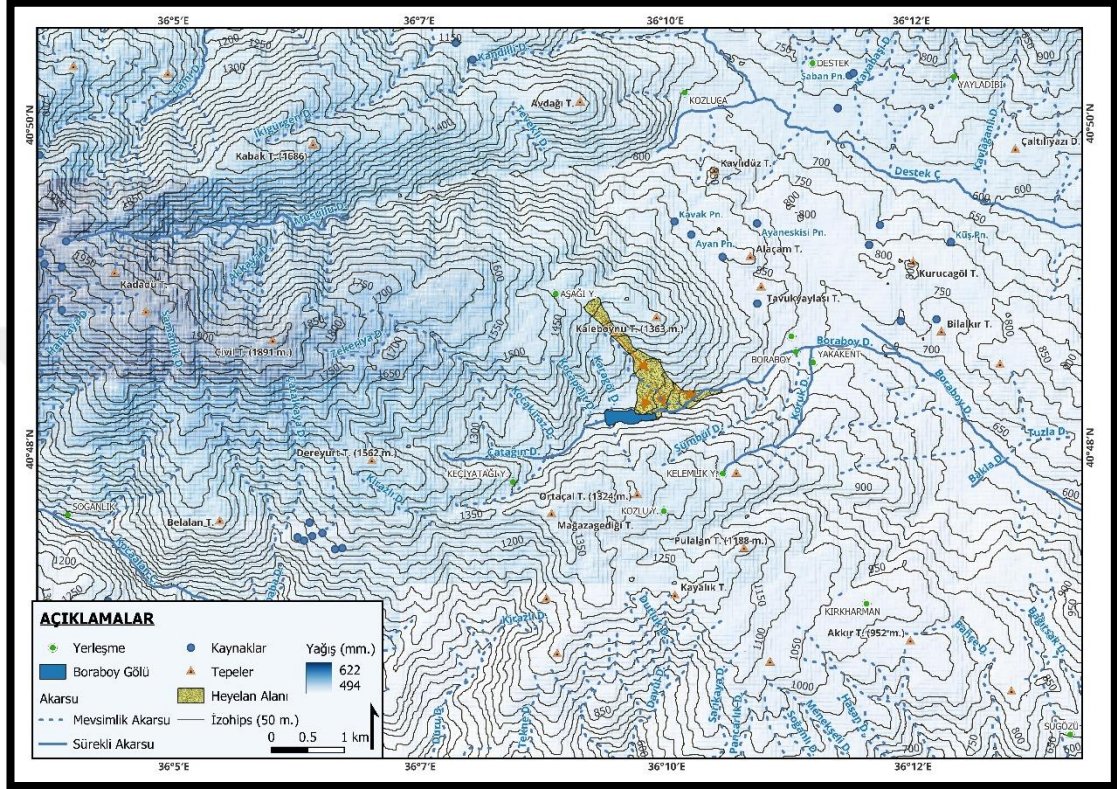


Şekil 45. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık haritası (1970-2000) (Fick ve Hijmans, 2017’den faydalanılarak çizilmiştir).

Boraboy Gölü ve yakın çevresi için yağış verileri değerlendirildiğinde şu durum ortaya çıkmaktadır; Amasya istasyonunda elde edilen uzun yıllar (1961-2022) verileri incelendiğinde en fazla yağışın gerçekleştiği ay 1066,1 mm ile aralık ayı iken bunu takip eden ayın 1039,9 mm ile Mayıs ayı olduğu görülmektedir. (MGM). Boraboy Gölü ve yakın çevresi için yapılan küresel iklim çalışmaları ile elde edilen veriler değerlendirilmiş ve raster veri formatında QGIS yazılımı ile haritalandırılarak 1970-2000 yılları arasındaki yağış değerlerine gösteren yağış haritası hazırlanmıştır (Fick ve Hijmans, 2017) (Şekil 46). Buna göre yukarıda bahsedilen ve özellikle Ladik ve Taşova istasyonlarının veri azlığından kaynaklanan yağış değerlerindeki anlamsızlık ortadan kaldırılmıştır. 1970-2000 yılları arasındaki bu verilere göre yağış değeri 622 mm ile 494 mm arasında hesaplanmıştır.

Heyelan set göllerinde kar yağışı ve kütlenin kar erimelerine bağlı olarak harekete geçmesi önemli bir parametredir. Bu yüzden çalışma alanına yakın istasyon olan Amasya istasyonundan elde edilen kar örtülü gün sayıları incelenmiştir. Sahada

karla örtülü gün sayıları genel olarak her yıl ocak ayında gerçekleşmiş olup 20 günden fazla yerde kalmak suretiyle 1972, 1989, 1993, 2002, 2008 yıllarında gerçekleşmiştir. En fazla kar örtülü gün sayısı 25 gün ile 2002 ve 2008 yıllarının ocak ayında kaydedilmiştir.



Şekil 46. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin toplam yağış haritası (1970-2000) (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).

4.2.3.2. Boraboy Gölü (Taşova/Amasya) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular

Boraboy Gölü, Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın etkisiyle oluşan ayrıca tektonik ve litolojik süreçlerin de desteklediği bir heyelan set gölüdür. Bu göl, Aşağı Yayla veya Ardıç Boğazı mevki olarak bilinen, yaklaşık 1355 metre yükseklikteki bir alanın kaymasıyla oluşmaya başlamıştır. Kayan kütle, Çatağın Deresi vadisini doldurarak, bu vadiye Boraboy Gölü'nü oluşturan bir set meydana getirmiştir. Bu set gerisinde kaynaklarını Akdağ'dan alan Çatağın Deresi'nin taşıdığı suların birikmesiyle Boraboy Gölü oluşmuştur. Gölden taşarak akışına devam eden Çatağın Deresi önce Destek Çayı'na, sonra da Yeşilırmak'a dökülerek hidrografik akışını sürdürmektedir. Burada

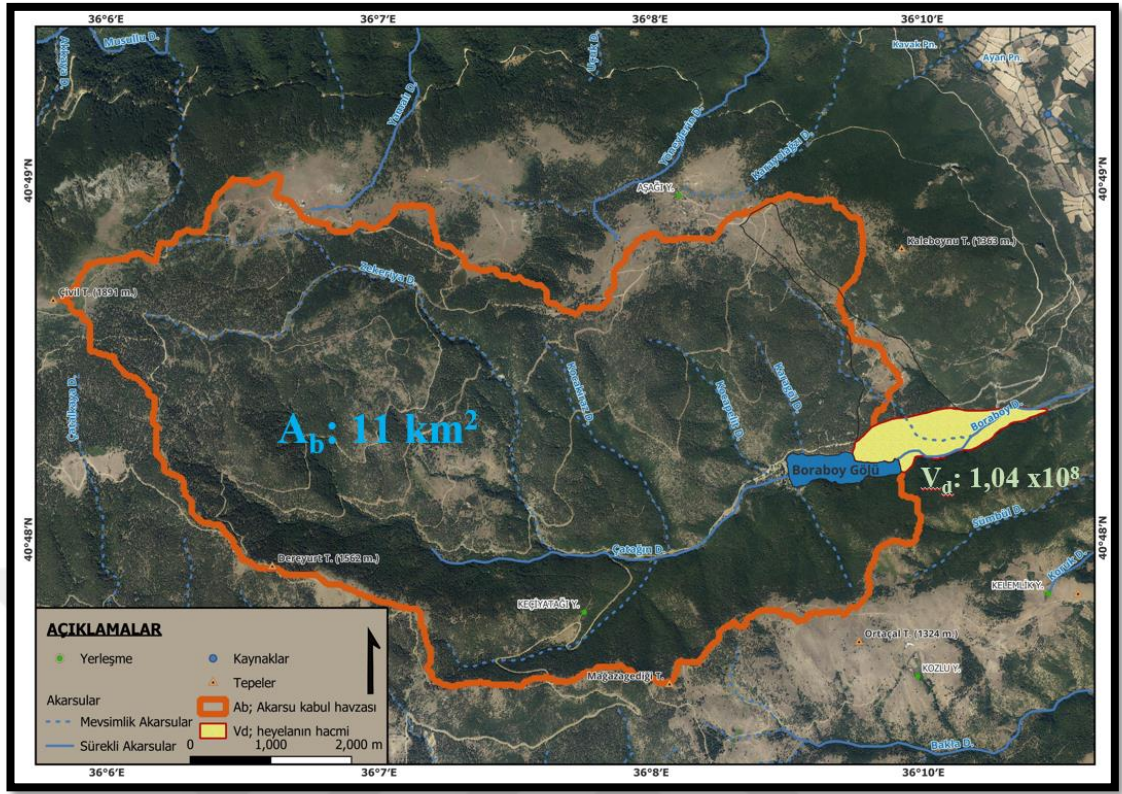
meydana gelen heyelan, yaklaşık 62.9 ha alanı kaplayan bir kütle hareketidir ve bu ortamı şekillendirmiştir.

Göl ile ilgili olarak jeolojik, jeomorfolojik, iklim koşulları Boraboy Gölü'nün Fiziki Coğrafya Özellikleri başlığı altında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu yüzden burada detaylı bir şekilde bahsedilmeden indisler boyutunda değerlendirme yapılacaktır.

4.2.3.2.1. Boraboy Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular

Yapılan hesaplamalar sonucunda, Boraboy Gölü'nün oluşumuna neden olan heyelanın kütlesi, yani vadiyi tıkayan malzemenin hacmi, 103838328,56 m³ olarak belirlenmiştir. Bu değer, haritalar ve tablolar üzerinde $1,04 \times 10^8$ olarak gösterilir. (Şekil 47).

Boraboy heyelan set gölünün, akarsulardan gelen suyu biriktirdiği ve bu suyun sete uyguladığı basınç da önemli bir faktördür. Boraboy Gölü'ne akan ana akarsu Çatağın Deresi'dir ve bu dereye, kuzey ve güneyden katılan mevsimlik akarsular da vardır. Çatağın Deresin'nin ve yan kollarının toplam drenaj alanı, QGIS yazılımı kullanılarak yapılan hidrolojik hesaplamalarla 11 km² olarak belirlenmiştir.



Şekil 47. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi

Elde edilen bu veriler kullanılarak $BI = \log (V_d/A_b)$ formülünde uygulandığında, Boraboy Gölü'nün Blokaj İndisi (BI) değeri şu şekildedir;

$$BI = \log (103838328,56/11) = 6,97 \quad (16)$$

Boraboy Gölü'nün BI = 6,97 değeri 5,68 değerinin üzerinde olmasından ötürü ötürü Boraboy heyelan set gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 3). Bu sonuca göre Boraboy Gölü'nün kararlı olarak varlığını sürdürmesinde akarsu kabul havzası ile setin hacmi arasındaki ilişkiye bakıldığında setin gerisinde büyük bir kabul havzası olmasına rağmen bunu uzun süre taşıyabileceği ve gölün varlığını kararlı bir şekilde sürdürebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

4.2.3.2.2. Boraboy Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular

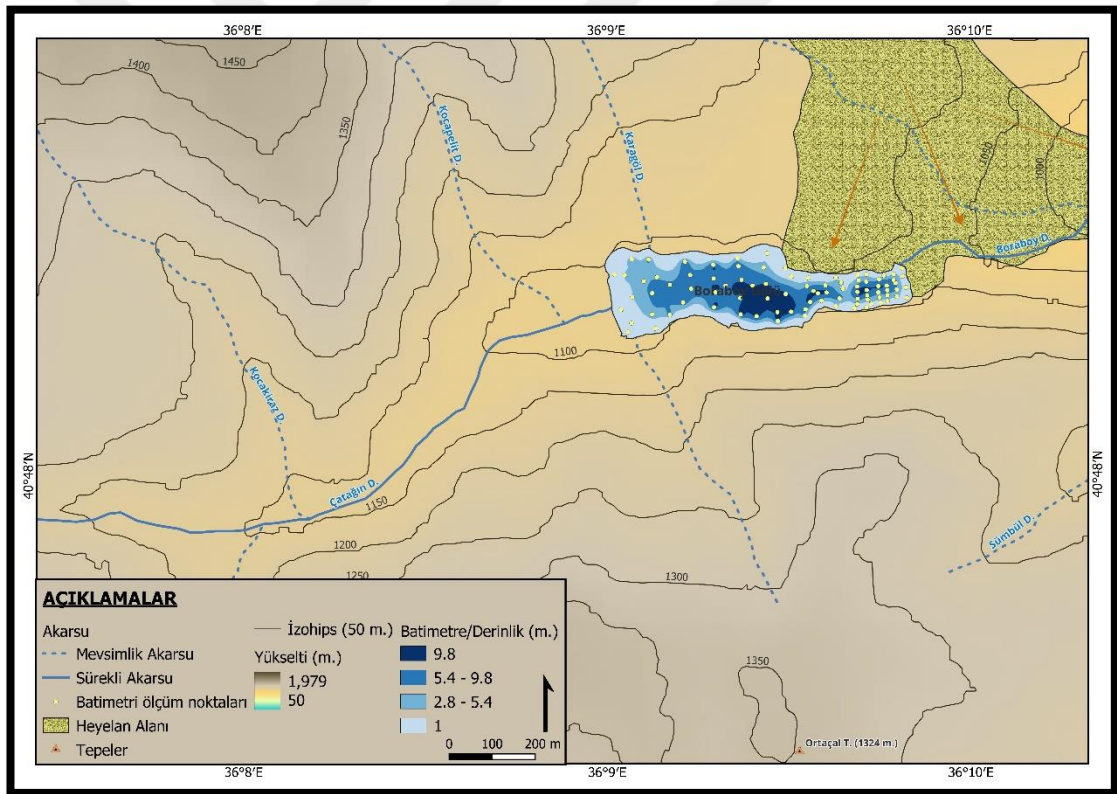
Boraboy Gölü'nde yapılan hesaplamalar sonucu heyelan setinin hacmi yaklaşık olarak (V_d): 103838328,56 m³ bu değer kısaltılmış olarak harita ve tablolarda 1,04 x 10⁸ m³ olarak gösterilmektedir. Gölde birikim yapan suyun hacmi ise göl

üzerinde manuel ölçümler ile elde edilen derinlik bilgisiyle tespit edilmiştir. Bu değerlendirmelere göre gölün hacim değeri ise yaklaşık (V_1): 721860,8 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu veriler kullanılarak $II = \log (V_d/V_1)$ formülü uygulandığında Boraboy Gölü'nün II değeri şu şekildedir;

$$II = \log(103838328,56/721860,8) = 2,15 \quad (17)$$

Yapılan hesaplamalara göre II değeri 2,15 olarak tespit edilen Boraboy Gölü sonuç eşik değeri dikkate alındığında 1'in altında bir değer olmasından ötürü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında değerlendirilmektedir (Tablo 4).

Göle gelen akarsuların kabul havzasının büyük olması ve gölün taşınan Çatağın Deresi'nin vadisini kolaylıkla tıkanması sonucu ortamda bir göl meydana gelmiştir. Boraboy Gölü'nün en derin yeri 9,8 m olarak ölçülmüştür (Şekil 48).



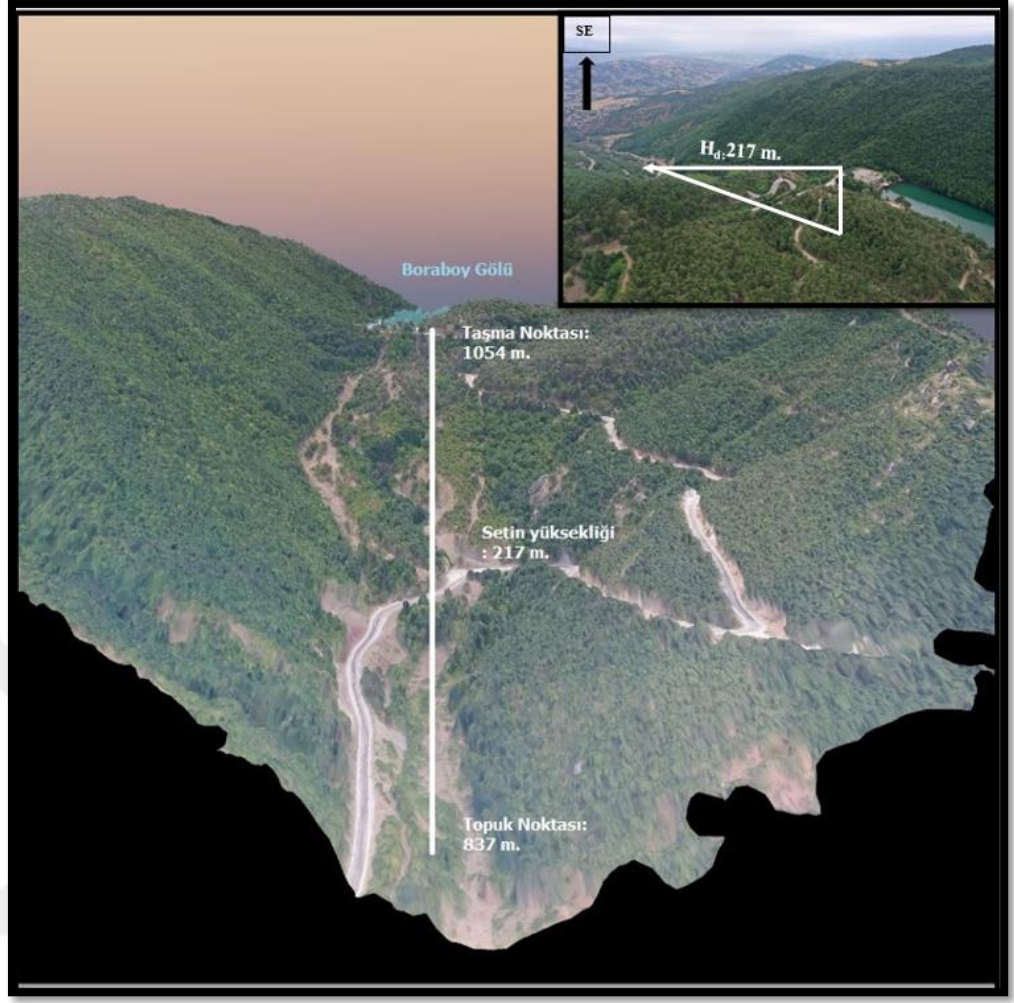
Şekil 48. Boraboy Gölü'nün batimetri haritası.

Göl kabul havzasının büyük olmasından ötürü sediman taşınma potansiyeli de yüksektir. Bu yüzden taşınan sedimanların engellenmesi için gölün kabul havzası içerisinde Çatağın Vadisi üzerine kaynağa doğru heyelan seti kotu olan 1054 m.'den

itibaren yukarıya doğru 1075 m, 1110 m, 1129 m, 1220 m rakımda olmak üzere 4 set inşa edilmiştir. Bu setlerden ikisi yoğun sediman taşınımına karşı dolmuştur ve dolan setler işlevsiz kalmıştır. Süreç içerisinde sedimanların temizlenip menbaa alanındaki setlemeler gerisindeki alüvyonlar boşaltılmadıkça Boraboy Gölü'nün dolup kapanma ve ortadan kalkma olasılığı vardır.

4.2.3.2.3. Boraboy Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular

Boraboy Gölü'nün devamlılığı ve bozulup ortadan kalkma süreci üzerine yapılan analizlerde, önemli bir ölçüt olarak Boyutsuz Blokaj İndisi ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Boyutsuz Blokaj İndisi ile setin yüksekliği hacim ve akarsu ilişkisi ile değerlendirilmektedir. Boraboy Gölü'nde yapılan çalışmalar ile set İHA verileriyle modellenmiş ve setin yüksekliği hassas veriler ile tespit edilmiştir (Şekil 49).



Şekil 49. Boyutsuz Blokaj İndisinde set yüksekliğinin görünümü (Veri İHA görüntülerinden üretilmiştir).

DBI indisine göre verilerin hesaplanmasında kullanılan formül şu şekildedir; $DBI = \log(A_b \times H_d / V_d)$. Boraboy gölünde elde edilen bu bulgulara göre A_b ; $11 \text{ km}^2 = 11 (\times 10^6 \text{ m}^2)$ V_d ; $103838328,56 \text{ m}^3$, H_d ; 217 m olarak belirlenmiştir. Bu değerler DBI formülünde yerine konulmuş ve aşağıdaki sonuç elde edilmiştir.

$$DBI = \log (11 \times 217 / 103838328,56) = 1,36 \quad (18)$$

Buna göre Boraboy Gölü Tablo 5'teki belirli sınır değerleri dikkate alındığında **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 5).

4.2.3.2.4. Boraboy Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları

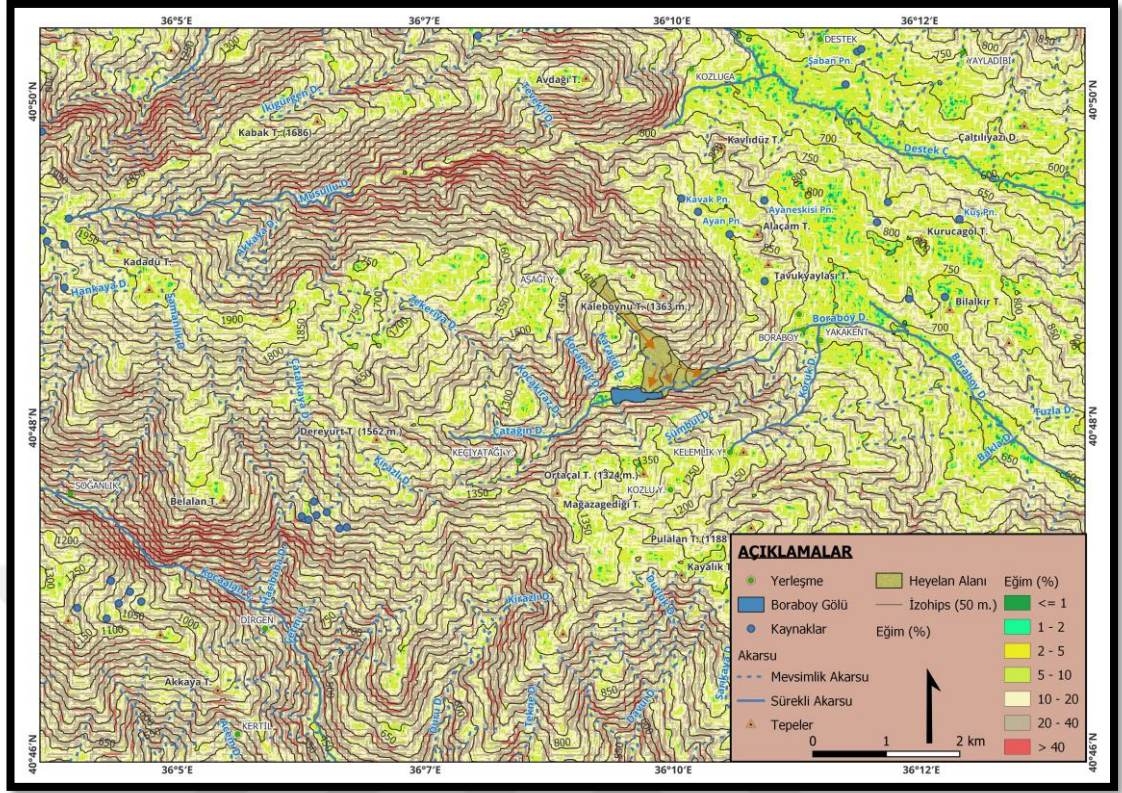
Heyelan set göllerinin devamlılığını belirlemede etkili bir diğer gösterge, Morfolojik Tıkanma İndisi (MOI)'dir. Bu indis, vadi genişliğinin yanı sıra diğer faktörleri de dikkate alarak heyelan set göllerinin sürekliliğini değerlendirir. Bu sahada vadinin genişliğini ölçmek ve belirlemek için on farklı vadi genişliği ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerin medyan değeri alınarak vadi genişliği değeri tespit edilmiştir. Bu değer 216,4 m olarak hesaplanmıştır. MOI'nin hesaplanma yönteminde, heyelanın hacmini (V_d) vadinin genişliğine (W_v) oranlayarak, bu oranın logaritmasının alınmasıyla elde edilmektedir. Yani, $MOI = \log (V_d/W_v)$ formülü ile belirlenir. Bu formül üzerinde somut veriler yerine konulduğunda;

$$MOI = \log(103838328,56 / 216,4) = 5,68 \quad (19)$$

Sonuç olarak, Boraboy Gölü ile ilgili olarak heyelan seti üzerinde yapılan hesaplamalara göre elde edilen MOI değeri 5,68 olarak hesaplanmıştır. MOI değerinin verilerine dayanarak var olan eşik değeri ile karşılaştırıldığında, bu eşik değeri heyelan set göllerini üç farklı kategoride sınıflandırmaktadır (Stefanelli vd., 2016). Bu sınıflandırma çerçevesinde, Boraboy heyelan set gölü, **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** kategorisinde değerlendirilmiştir (Tablo 6).

4.2.3.2.5. Boraboy Gölünün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular

Boraboy Gölü vadisinin içindeki akarsu yatak eğimi, akarsuyun aşındırma ve sediman taşıma gücü ile ilgili fikir vermektedir. Çatağın Deresi'nin geniş bir alandan sediman taşıma kapasitesi, eğimin yüksekliği ile doğru orantılıdır. Akarsuyun taşıyabildiği sediman yükü de gölün dolma ve kapanma veya sürekli olma durumuna ilişkin fikir verebilmesi adına önemlidir. Boraboy Gölü'nün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi hesaplamaları yapılmış, saha ve yakın çevresinin eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 50).



Şekil 50. Boraboy Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası.

Boraboy Gölü'nü oluşturan heyelanın hacim değeri 103838328.56 m³, heyelanın akarsu kabul havzasının alanı 11 km², akarsuyun tıkanma noktasından kaynak alanına doğru yaklaşık 2 km'lik bir yatay uzunlukta eğim değeri %15,3 olarak hesaplanmıştır. Bu ifade eşitlikte 0,153 olarak kullanılmıştır. Bu veriler HDSİ formülü üzerinde işleme konulduğunda;

$$\text{HDSİ} = \log (103838328.56 / (11 \times 0,153)) = 7,79 \quad (20)$$

Boraboy Gölü için yapılan değerlendirmeler sonucunda, Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSİ) 7,79 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, HDSİ'nin heyelan set göllerinin sürekli olma veya bozulma durumlarını yansıtmakta önemli bir çıktı olarak değerlendirilebilir. Boraboy Gölü'nün 7,79'luk HDSİ değeri, Stefanelli vd., (2016) yaptığı sınıflandırma eşik değerine göre, göl **Kararlılık Alanı** sınıfında yer almaktadır (Tablo 7).

Bu durumda, indise göre kararlı bir durum söz konusu olmasına karşı eğim değeriyle doğrudan ilişkisinin incelenip bu değer üzerine düşünüldüğünde akarsu

kabul alanı yaklaşık 11 km²'lik bir alandan gücünü toplayak geçici kaide seviyesi olan Boraboy gölüne gelmektedir. Bu süreçte taşıdığı sedimanları göl ortamına taşıyıp gölü doldurmaktadır. Bu durumu engellemek için farklı kotlarda 4 set yapılmış ve bu setler ile taşınan sediman durdurulmak istenmiştir. Buna rağmen akarsuyun göle girdiği alanda yoğun sediman birikimi olmakta ve göl sığlaşmaktadır. Bu durum bizlere bu alanların sediman tarafından doldurulduğunun göstergesidir. Bu yüzden daha fazla sediman dolmaması için bahsedilen setler yapılmış ve sediman birikimine engel olmak istenmiştir.

4.2.3.3. Boraboy Gölünün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Değerlendirme

Boraboy Gölü'ne yapılan arazi çalışmalarında akarsu kabul havzası içerisinde göle sediman taşınımını engelleyecek setlerin yaklaşık 5 m derinliğe sahip olduğu 2 tanesinin tamamen dolduğu tespit edilmiştir. Özellikle kot farkına göre değerlendirildiğinde kaynak alanına daha yakın olanlar tamamen dolmuş durumdadırlar. Ancak 1075 rakımdaki set henüz dolmamıştır. Bu durum göle uzun bir zamandır yan kollar tarafından da sediman taşınmadığının göstergesi olarak kabul edilebilir (Fotoğraf 8).

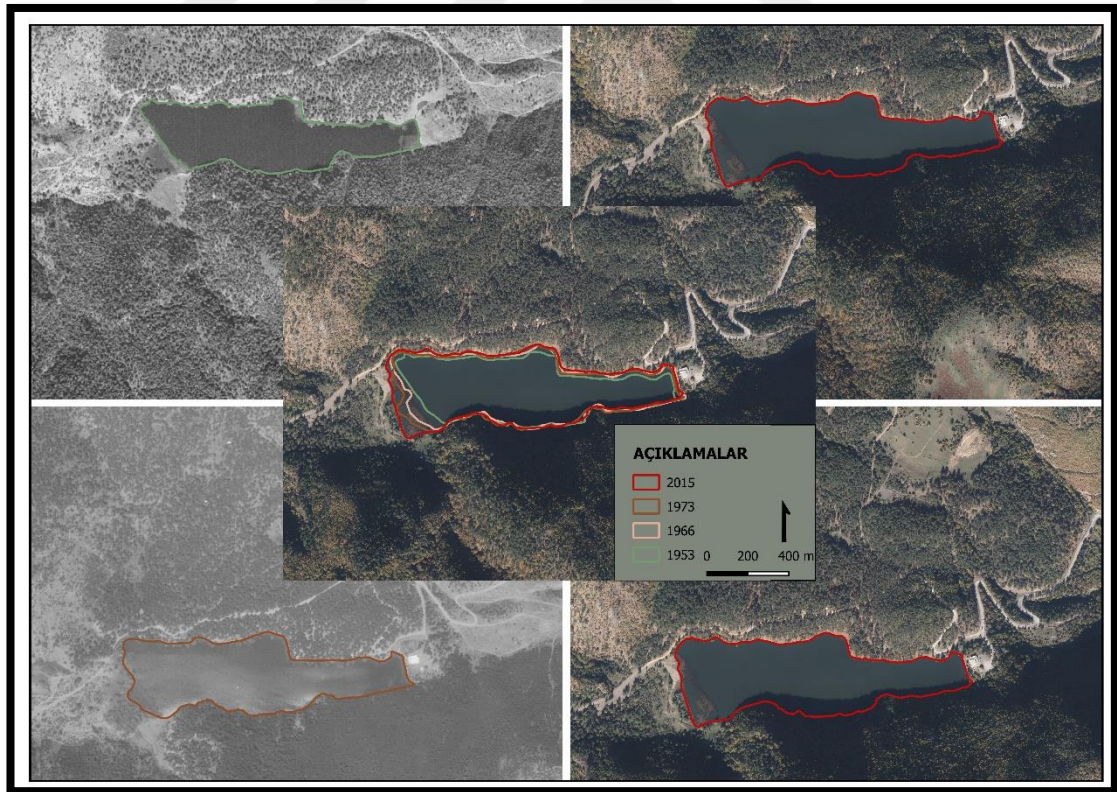


Fotoğraf 8. Boraboy Gölü'ne gelen Çatağın Deresi üzerindeki setleme ve sedimanı tutma çalışmalarından örnekler, **a)** 1075 m rakımdaki setin durumu ve **b)** 1129 m rakımdaki setin durumu.

Çatağın Deresi vadisi Boraboy Gölü'nün tıkanma yaptığı alandan sonra Destek Çayı'nın geniş tabanlı vadisine açılmaktadır. Bu durumda geniş tabanlı vadiye

açılmadan önce Çatağın Deresi'nin oluşturduğu bu derin çentik vadi formu, vadi yatağının geniş olmasının yanı sıra hareket eden kütlenin büyüklüğü doğrultusunda tıkanmış ve Boraboy Gölü'nü oluşturmuştur. Ancak süreç içerisinde ortofotolardan elde edilen veriler incelendiğinde farklı görüntülere ulaşılmıştır. Bu görüntülerde 1960'lı yıllarda setin bozulma ihtimaline karşı bir dolu savak inşa edilmiş ve böylelikle suyun kontrollü bir şekilde drenajı sağlanmıştır.

Boraboy Gölü'nün farklı zaman aralıklı ortofotolardan elde edilen bilgiler karşılaştırıldığında 1953 yılına ait bir görüntü ile 2008 yılına ait bir görüntüde Boraboy Gölü aynasının genişlediği görülmektedir. Ortofotolarda Boraboy Gölü aynasının dolu savak yapıldıktan sonra genişlediği, önceki yıllarda oluşan delta sahasının değiştiği dikkat çekmektedir. Bu durum bize dolu savakların işlevsel olduğunu göstermektedir. Yine ortofotolarda görüldüğü üzere 1953 yılında delta üzerinde görülen ağaçların sonraki yıllarda elde edilen ortofotolarda göl alanı içerisinde kaldığı görülmektedir (Şekil 51).



Şekil 51. Boraboy Gölü'nün 1953, 1966, 1973, 2015 yıllarına ait kıyı kenar çizgisi ve göl aynasının alansal değişimi.

Bütün bu verilerden anlaşıldığı üzere Boraboy Gölü Havzası'nda sediman taşınımı kontrol altında tutulmaya çalışılmaktadır ve Boraboy Gölü en azından yakın tarihte dolma riski taşımamaktadır. Göl havzası kontrol altındadır ve beşerî faaliyetler için de önemini sürdürmektedir (Fotoğraf 9).



Fotoğraf 9. Boraboy heyelan set gölünden ve heyelan sahasından genel görünüm

4.2.3.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi

Boraboy Gölü ve çevresi, tarım ve hayvancılık gibi yerel ekonomiye katkı sağlayan faaliyetlerin yanı sıra turizm potansiyeli ile de bölgenin coğrafi ve sosyal yapısını etkilemektedir. Jeomorfolojik özellikleri ve doğal kaynakları, bölgenin sürdürülebilir gelişimine önemli katkılar sunmaktadır. Bu nedenle, göl çevresindeki insan aktiviteleri, yerleşimler ve diğer girişimlerin gölün ekolojik dengesini bozmadan, bu doğal alanın korunarak planlanması büyük önem taşımaktadır. Bu planlama, hem doğal kaynakların korunmasını hem de bölgenin ekonomik gelişimini destekleyecek şekilde yürütülmelidir.

Boraboy Gölü, Amasya ili Taşova ilçesine bağlı Boraboy köyü sınırları içinde yer alan ve doğal güzellikleriyle dikkat çeken bir tabiat parkıdır. Köyün nüfusu, Taşova Kaymakamlığı tarafından sağlanan verilere göre 740 kişiden oluşmaktadır (<http://www.tasova.gov.tr/koylerimiz>). Boraboy köyü tarafından kurulan bir dernek, göl çevresindeki Tabiat Parkı'nın işletmeciliğini üstlenmiş durumdadır. Bu park,

ziyaretçilere restoran hizmetleri, bungalov tipi evler ve çadır ile kamp yapma imkanları sunarak doğal bir tatil ortamı oluşturmaktadır.

Boraboy Gölü ve çevresi, aynı zamanda yaylacılık faaliyetleri için de önemli bir merkezdir. Yörede, özellikle Aşağı Y., Çurkuralan Y., Keçiyatağı Y., Kozlu Y., Kalemik Y. gibi yaylalar, büyükbaş hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olarak yürütüldüğü alanlar olarak görülmektedir. Yaylacılık, hem geleneksel hayvancılık yöntemlerinin sürdürülmesine olanak tanırken hem de bölge halkının ekonomik refahına katkı sağlamaktadır.

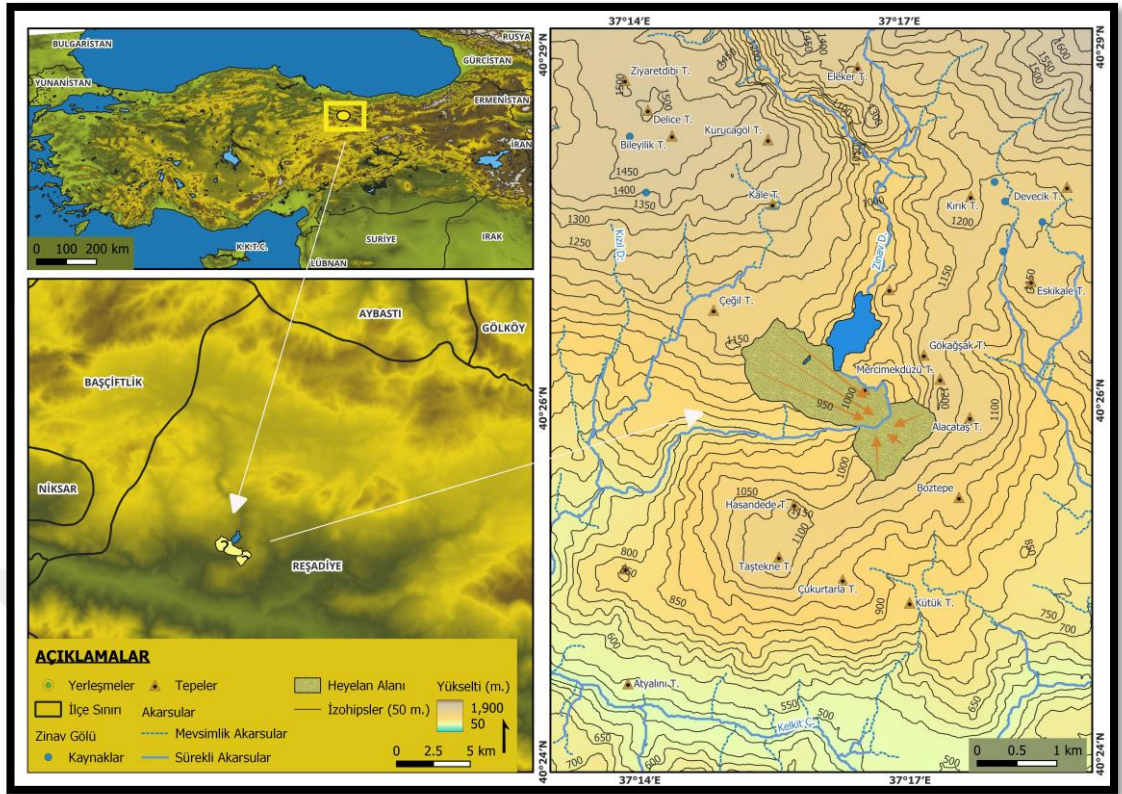
Ayrıca, yöre halkı Yeşilırmak Nehri'nin bir kolu olan Destek Çayı havzasında yer alan vadi yatağı üzerinde gelişmiş alüvyon birimlerde yoğun tarımsal faaliyetler de yürütmektedir. Bu tarımsal faaliyetler, genellikle mısır, yonca, arpa ve buğday gibi hayvancılığa yönelik bitkilerin yanı sıra sebze ve meyve üretimine de katkı sağlamaktadır. Boraboy köyü ve çevresi hem geleneksel hayvancılık faaliyetleri hem de tarımsal üretimle bölgesel ekonomik faaliyetler yürütmektedir. Bu bakımdan göl ve yakın çevresinin bozulmadan varlığını devam ettirmesi ve oluşabilecek olumsuz durumlara karşı önlemler alınması sahada yapılan beşerî faaliyetlerin sürdürülebilir olmasına imkân sağlayacaktır.

4.2.4. Zinav Gölü (Reşadiye/Tokat)

Bu bölümde, Zinav Gölü ve çevresinin fiziki coğrafyası ile insan etkileşimi ele alınmıştır. Böylece, göl ve yakın çevresinin daha iyi anlaşılması sağlanmış ve çalışmanın devamındaki duruma yönelik bir temel oluşturulmuştur.

4.2.4.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri

Tokat ilinin Reşadiye ilçesi sınırlarında yer alan Zinav Gölü, Kuzey Anadolu Fay (KAF)'ın kuzeyinde kütle hareketleriyle Kelkit Çayı'na kuzeyden katılan Zinav deresinin önünün tıkanması sonucu oluşmuş bir heyelan set gölüdür. Zinav Gölü konum olarak 37 ° 14' D - 37 ° 18' D boylamları ile 40 ° 24' K - 40 ° 29' K enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 52).

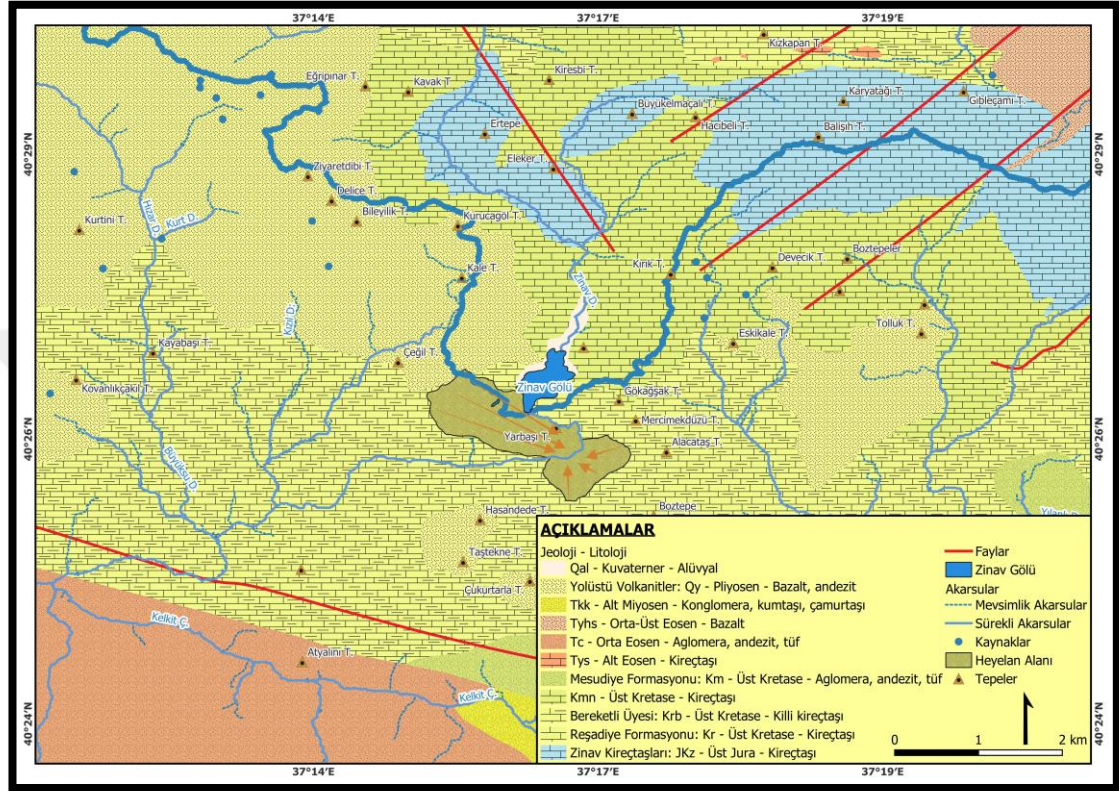


Şekil 52. Zinav Gölü ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası

Zinav Gölü, Aybastı ilçesinin güneyi ile Reşadiye ilçesinin kuzeyindeki yüksek rakımlı Canik Dağları'ndan kaynaklarını alarak Kelkit Çayı'na doğru akış yapan Zinav Deresi üzerinde oluşan bir heyelanın gerisinde meydana gelmiştir. Zinav Gölü'nün oluşmasında da diğer göllerde olduğu gibi göl ve yakın çevresinin jeolojik ve litolojik birimleri etkili olmuştur. Sahanın kuzey ve kuzeydoğusunda Doğu Pontid Güney İstifine ait Zinav Kireçtaşı (JKz) ve Mesudiye Formasyonu'nun (Km) Nebişeyh Kireçtaşı Üyesi (Kmn) yüzeylenmektedir. Sahanın güneyinde örtü kayalarından Reşadiye Formasyonu'nun (Kr) Bereketli Üyesi (Krb) yer alırken sahanın doğusunda Bereketli Üyesiyle disloke olan Yol Üstü Volkanitleri (plQy) yer almaktadır (Sümengen, 2013).

Zinav Gölü ve yakın çevresindeki bu jeolojik formasyonlardan özellikle kuzeyde Zinav Kireçtaşı (JKz) birimi, mikritik ve neritik kireçtaşlarından meydana gelmiştir. Bu birim Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Zinav Kireçtaşı olarak isimlendirilmiştir. Birimin mostra veren yerdeki kalınlığı 300 m olarak belirlenmiştir. Zinav kireçtaşları üzerinde elde edilen fosiller ile bu birimin yaşı Orta Jura – Erken

Kretase olarak tespit edilmiştir (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Birim göl çevresinde özellikle Zinav Deresi'nin göle yaklaştığı alanda yükselti değerlerinin azalmasıyla dikkat çekmektedir. Bu kireçtaşı birimi içerisinde bir kanyon vadinin oluştuğu da gözlemlenmektedir (Sümengen, 2013) (Şekil 53).

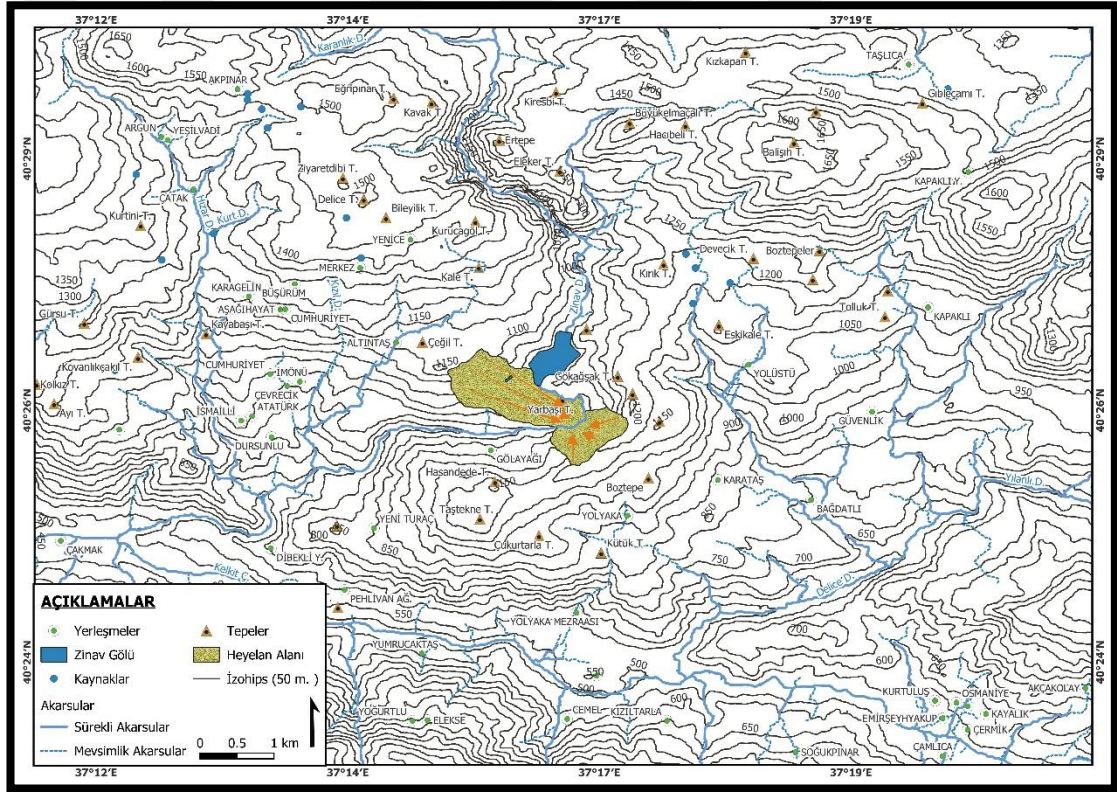


Şekil 53. Zinav Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Sümengen, 2013'ten faydalanılarak yapılmıştır).

Göl alanının hemen kuzey ve kuzeybatısında ise Mesudiye Formasyonu'na ait (Km) Nebişeyh Kireçtaşları (Kmn) yer almaktadır (Sümengen, 2013). Arazi çalışmalarında da gölün batısında Mesudiye Formasyonu'na (Km) ait birimler de görülmüştür.

Zinav Gölünü oluşturan heyelan ve bu heyelanı takip ederek ondan sonra gelişen diğer heyelanlar bu ortamda birbirini takip eden aşamalar ile gerçekleşmiştir. Yani Zinav Gölü birden fazla kütle hareketinin oluştuğu bir ortamda yer almaktadır. Bu hareketler şu şekilde gerçekleşmiş olmalıdır; ilk olarak Zinav Gölü'nün oluşmasında rol oynadığı düşünülen gölün batısındaki Yol Üstü Volkanitleri ve onlarla disloke olan Bereketli Üyesi harekete geçerek Zinav Deresi'nin önünü tıkayarak dereyi

doğuya doğru ötelemiştir (Zeybek, 2002). Aynı zamanda Zinav Gölü'nün batısında meydana gelen Sülük Gölü hareket eden kütleyle ilgili fikir vermektedir. Burada Batı Karadeniz'deki çalışma alanlarından Sülüklü Gölü'nün heyelan kütlesi üzerinde olduğu gibi burada da rotasyonel hareketlerle gelişen heyelan, set üzerinde depresyonlar meydana getirmiş ve bu depresyon üzerinde suların birikmesiyle Zinav Gölü'nün set kütlesi üzerinde kaynaklarda (Zeybek, 2002) Sülük Gölü olarak ifade edilen jeomorfolojik birim oluşmuştur (Şekil 55). Doğuya ötelenen Bereketli Üyesi içerisinde akış gerçekleştiren Zinav Deresi heyelana duyarlı olan doğu yamaçlarında topuk erozyonu ile kısmi kütle hareketleri meydana getirmiştir. Bu eylemin zaman içerisinde daha büyük heyelanların oluşmasına sebep olduğu düşünülmektedir (Şekil 54).



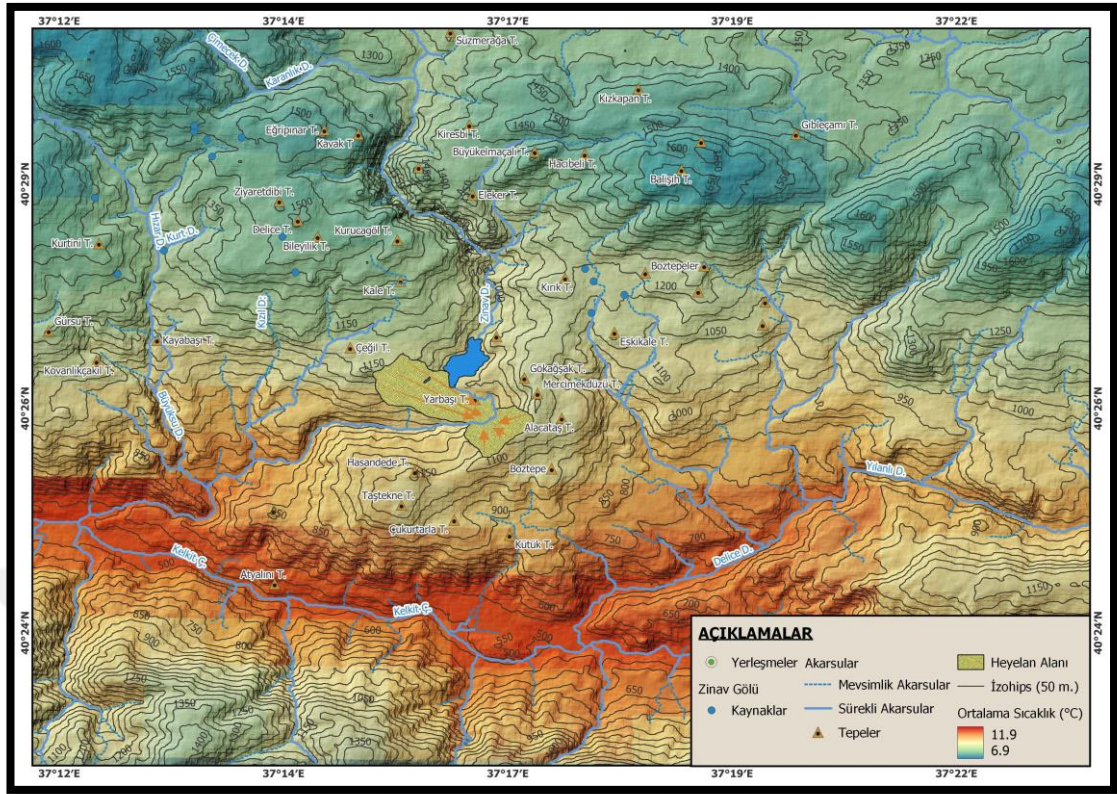
Şekil 54. Zinav Gölü ve yakın çevresinin hidrografya haritası.

Ayrıca arazide heyelanın taç noktasında gerilme çatlakları tespit edilmiştir (Fotoğraf 10). Aşınımın etkisi ile heyelan taç noktası doğuya doğru genişlemektedir ve doğu yönünde yeni şev alanları oluşmaktadır.



Fotoğraf 10. Zinav Gölü'nün doğusunda Bereketli üyesi (Krb) formasyonu üzerinde heyelan taş bölgesinde gerilme çatlakları ve meşe (*Quercus*) bitki örtüsünden görünümeler.

Zinav Gölü ve yakın çevresinin iklimi; meteorolojik veriler incelendiğinde, gölün çevresindeki sıcaklık şartlarının değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu sahada yaz aylarında sıcaklık genellikle yüksek seviyelerdedir. Sıcaklık değerleri ortalama 25-35 °C arasında değişirken bazı yıllarda 38-40 °C'ye kadar çıkabilmektedir. Kış aylarında ise ortalama sıcaklıklar 0-10 °C arasında seyretmektedir. 1970-2000 yılları arasındaki raster veri formlarına göre oluşturulan sıcaklık haritasında sahadaki ortalama sıcaklık değerleri 6,9-11,9 °C arasında hesaplanmıştır (Fick ve Hijmans, 2017). Göl çevresindeki bitki örtüsü, bu değişken iklim koşullarına uyum sağlayacak şekilde çeşitlilik gösterir (MGM; Zeybek, 2020) (Şekil 55).



Şekil 55. Zinav Gölü ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık haritası.

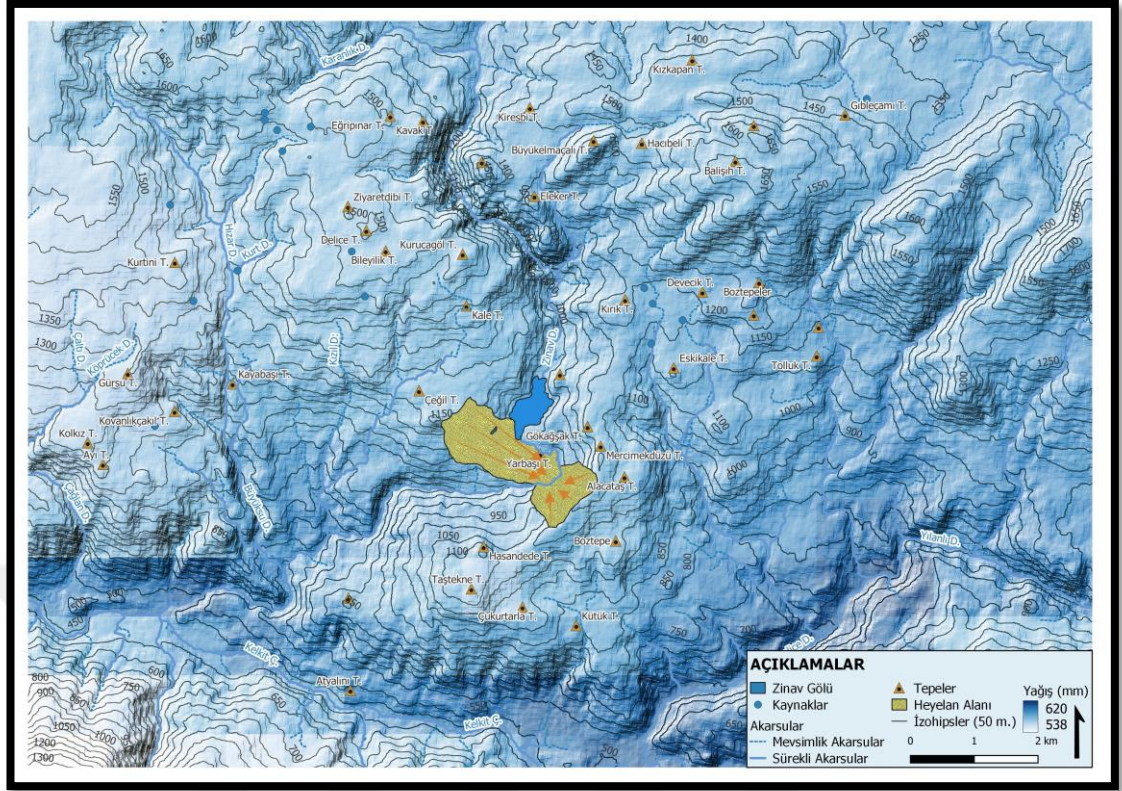
Zinav Gölü ve çevresinde, sıcaklık karakterinde olduğu gibi yağış değerlerinde de mevsimler arasında değişkenlik görülmektedir. Son on yılda bölgenin yağış değerlerinde mevsimler arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Yağış miktarı genellikle yılın ilk yarısında (ocak-haziran) daha yüksek olup, ikinci yarısında (temmuz-aralık) ise azalış eğilimi göstermektedir. Bu alanda özellikle son 10 yıl değerlendirildiğinde 2013 ve 2017 yıllarında önemli yağış olayları yaşanmıştır. Bu durum göl seviyesinde yükselmeleri meydana getirmiş, heyelan setinde taşma riskleri oluşmuştur (Şekil 56). Ancak, 2014 ve 2015 yılları arasında yağış oldukça düşük değerlerde kalmıştır. Bu dönemlerde de kuraklık etkisiyle göl su seviyesinde azalmalar meydana gelmiştir. Son olarak 2021 yılında kaydedilen yüksek yağış değeri, gölün su seviyesinin yeniden yükselmesine ve yine sette taşma riski oluşturmaya sebep olmuştur. Bu yılda Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğüne ait işletmelerin yakınına kadar suyun yükseldiği tespit edilmiştir (MGM) (Fotoğraf 11). Zinav Gölü ve yakın çevresi için yapılan küresel iklim çalışmaları ile elde edilen veriler değerlendirilmiş ve raster veri formatında QGIS yazılımı ile haritalandırılarak 1970-2000 yılları arasındaki yağış değerlerini gösteren yağış haritası hazırlanmıştır (Şekil

56). Buna göre sahada yağış değeri 532 mm ile 620 mm arasında hesaplanmıştır (Fick ve Hijmans, 2017).



Fotoğraf 11. Zinav Gölü kenarında Doğa Koruma ve Milli Parklar tarafından inşa edilen rekreasyon alanı ve işletmeler.

Heyelan set gölleri ve yakın çevresinde kar yağışı ve karın yerde kalma süresi heyelanın oluşumu üzerinde etkili bir faktördür. Çalışma alanına en yakın istasyon olan Tokat istasyonunda kar yağışı ve karla örtülü gün sayıları incelenmiştir. Karla örtülü gün sayısı genel olarak her yıl aralık, ocak ve şubat aylarında gerçekleşmiştir. Bu dönemde 30 gün yerde kalmak suretiyle 1993 ve 2002 yıllarında gerçekleşmiştir. En fazla karla örtülü gün sayısı 30 gün ile 1993 ve 2002 yıllarının ocak ayında kaydedilmiştir (MGM).



Şekil 56. Zinav Gölü ve yakın çevresinin yağış haritası.

Zinav (Sinan)¹ Gölü ve yakın çevresinde bitki örtüsü; bu sahada genellikle göl kıyı şeridinde söğüt (*Salix*) ve göle gelen akarsu boyunca kavak (*Populus*) ağaçlarıyla birlikte gölü dolduran alüvyal birimler üzerinde yetiştirilen meyve ağaçları görülmektedir. Ancak alanın hâkim bitki örtüsü, geniş bir alanda yayılış gösteren meşe (*Quercus*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) türlerinden oluşmaktadır. Bu bitki türleri, bölgenin iklim koşullarına uyum sağlayarak gölün etrafında gelişim göstermektedir. Zinav Gölü'nün bitki örtüsü, bölgenin doğal ve çeşitli ekosistemine katkıda bulunurken, aynı zamanda göl çevresindeki habitatın korunmasına da yardımcı olmaktadır. Bu bitkiler, gölün çevre dengesi ve sürdürülebilirliği açısından da önemli bir rol oynamaktadır (Zeybek, 2020) (Fotoğraf 12).

¹ Zinav Gölü, Zeybek'in (2002) yılında yazdığı çalışmaya göre, farklı kaynaklarda Sinan Gölü olarak da anılmaktadır. Atalay (1991) ve Saraçoğlu (1990) tarafından yapılan eserlerde bu göl, Zinav Gölü olarak geçer. Zeybek, bölge halkıyla yaptığı görüşmeler sonucunda, birkaç yüzyıl önce Sinan Bey adında zengin bir kişinin bu bölgede yaşadığını ve gölün çevresine yerleştiğini öğrenmiştir. Bölgenin isminin, bu kişinin adıyla anılmasının nedeni, Sinan Bey'in göl ve çevresindeki yayla alanında yaşamış olmasıdır.



Fotoğraf 12. Zinav Gölü'nün kuşbakışı görünümü; Fotoğrafta gölü çevreleyen bitki örtüsünün genel bir görünümü yer almaktadır. Alanda yoğun olarak (*Quercus*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*), vadi yatağında ve gölün kıyı çizgisi kenarlarındaki alüvyon alanlarda söğüt (*Salix*) ve kavak (*Populus*) ağaçları yer almaktadır.

4.2.4.2. Zinav Gölü (Reşadiye/Tokat) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular

Zinav Gölü mevcut setinin yüksekliği ve büyüklüğünün yanı sıra aşınımına karşı ve beşerî müdahaleler ile de sürekli harekete sebebiyet veren bir set gerisinde oluşmuştur. Bu bölümde indisler ile göl ve heyelan set ilişkisi ortaya konulurken setin bozulma olasılığına yönelik tespitler de yapılmıştır.

Göl ile ilgili olarak jeolojik, jeomorfolojik, iklim koşulları Zinav Gölü'nün Fiziki Coğrafya Özellikleri başlığı altında ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu yüzden burada detaylı bir şekilde bahsedilmeden indisler boyutunda değerlendirme yapılacaktır.

Zinav heyelan set gölü oldukça geniş bir alandan su toplamaktadır (206,3 km²). Bu geniş alandan toplanan akarsuların sete yüksek düzeyde basınç uygulama kapasitesine sahip olmasından ötürü Zinav Gölü Blokaj İndisine göre Kararsız bir göl olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Ancak göl ve yakın çevresi, heyelan bakımından oldukça duyarlı bir alan olan Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF) tarafından oluşturulan grabenin içerisinde yer alan Kelkit Çayı tarafından kontrol edilmektedir. Doğrultu atımlı fayların etrafında normal faylar da bulunabilir; nitekim, KAF etrafında oluşan normal faylar KAF'ın güney ve kuzeyinde yükselen bloklar yani horstları oluşturmuştur. Bu duruma bağlı olarak, doğrultu atımlı fayların çevresinde normal veya ters fayların oluşumu, bu bölgelerde graben oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Bütün kütle hareketlerinin yönü Kelkit Çayı'na doğrudur. Bu bölgede jeoloji-litoloji ilişkisi ve tektonizma, doğal seyri içerisinde bu sahadaki oluşumları kontrol eden temel parametrelerdir. Ancak bütün kritik sahalarda olduğu gibi bu sahada da böylesine kararsız büyük hacimli kütlenin yer aldığı ortamda yapılacak beşerî eylemlere de daha fazla dikkat edilmesi gerekir. Zira oldukça kararsız olan bu kütlenin yapılacak beşerî müdahalelerle bozulması da olasıdır.

4.2.4.2.2. Zinav Heyelan Set Gölü'nde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular

Zinav Gölü üzerinde yapılan çalışmada, heyelan setinin hacmi (V_d) ve gerisinde biriken suyun hacmi (V_1) hesaplanmıştır. Heyelan setinin hacmi (V_d) coğrafi bilgi sistemleri üzerinden hesaplanmıştır. Bu hesaplama sürecinde özellikle Sentinel 1 uydusundan üretilen 10x10 m çözünürlükte veriler kullanılmış olup hacim değeri (V_d) 47676189 m³ yani $4,8 \times 10^7$ m³ olarak hesaplanmıştır. Gölde biriken suyun hacmi ise batimetri ölçümleriyle tarafımızca (V_1) ise 3590886 m³ olarak belirlenmiştir.

Bu verilere dayanarak, Zinav Gölü'nün II (Hapsolmuş Su İndisi) değeri hesaplanmıştır. $II = \log(V_d/V_1)$ formüldeki değerleri yerine konularak hesaplama yapıldığında, Zinav Gölü'nün II değeri şu şekildedir;

$$II = \log(47676189/3590886) = 1,12 \quad (22)$$

Bu değerlendirmeye göre, Zinav Gölü'nün II değeri 1,12 olduğundan, bu göl **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında değerlendirilmiştir (Tablo 4).

Son dönemlerde sediman taşınımı önemli ölçüde azalmıştır. 2006 yılından sonra Toklar köyü yakınlarında Zinav Deresi üzerine kurulan hidroelektrik santrali (HES) su dinlendirme barajı, gelen sedimanları burada tutmaktadır. Bu durum, gölü korumaktadır. Aslında bu bulgu, heyelan set göllerine yapılan beşerî müdahalelerin, vadi içerisindeki setlemeler veya yeni baraj oluşumlarının, gölün sürekliliği açısından önemli olduğunu göstermektedir. Zinav Gölü'ne sediman taşınımının azalmasıyla birlikte, kaynak alanına doğru yapılan barajda bir değişiklik olmadığı sürece gölün derinliğinde de bir değişiklik olmayacağı kesindir. Böylece, gölün sedimanlarla dolması ve kapanması mümkün olmamaktadır.

4.2.4.2.3. Zinav Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular

Zinav Gölü'nün heyelan seti ile ilgili yapılan hesaplamalara göre, heyelan setinin hacmi (V_d) 47676189 m³, heyelan setinin yüksekliği (H_d) 174 m ve havzanın alanı (A_b) ise 206,3 km² olarak belirlenmiştir. Bu verileri kullanarak, DBI indisi hesaplanmıştır. DBI indisi, heyelan setinin yüksekliği, hacmi ve havza alanı arasındaki oranı temsil eder. $DBI = \log(A_b \times H_d / V_d)$ formülde yerine koyup verilere göre hesaplama yapıldığında Zinav Gölü'nün DBI değeri şu şekildedir:

$$DBI = \log (206,3 \times 174 / 47676189) = 2,87 \quad (23)$$

Bu sonuçlara göre, Zinav Gölü ***Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri*** sınıfında değerlendirilmektedir (Tablo 5).

Setin yüksekliği heyelan setinin değerlendirilmesi açısından farklı ve önemli bir parametre olarak bu indiste işe koşularak hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre bu set büyük bir settir ve doğal süreçler eşliğinde set yüksekliği, ve setin hacmi akarsu kabul havzasından toplanan suya mukavemet edemeyecek büyük bir alandan su toplamaktadır. Bu yüzden göl kararsız olarak şimdilik varlığını devam ettirmektedir. Ancak set üzerinde özellikle HES'ler yapıldıktan sonra beşerî müdahaleler oldukça artmaktadır. Özellikle HGM ortofotolarından elde edilen bulgulara göre setin üzerinde farklı çalışmalar yapılmış ve zaten kütle hareketine duyarlı olan set beşerî müdahaleler ile daha fazla duyarlı hale getirilmiştir. Ayrıca set üzerine yapay olarak inşa edilen kapaklar ile trübünlere kanallar oluşturulmuş ve bir

baraj gibi elektrik üretilmiştir. Su seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde yapılan kapaklardan kanallara su alınmış ve elektrik üretilmiştir. Kanallar heyelan setinin üzerinde hat döşeme çalışmaları ile gerçekleştirilmiştir. Ancak set üzerinde yapılan bu hat döşeme çalışmaları seti hareket ettirmiştir. Arazi çalışmalarında yapılan gözlemlerde ve arazide ilgili kişilerle yapılan görüşmelerde set üzerindeki bu hareketlilik teyit edilmiştir. Görüşmelerde ifadelerine başvurulanan kişiler bu durumu doğrulamış ve heyelan setinin hareketi nedeniyle zaman zaman set üzerinde yapılan hatlarda sorunlar olduğunu doğrulanmıştır. Bütün bu eylemler gerisinde 3590886 m³ su barındıran set gölünün önünün açılmasına ortam hazırlayabilir. Bu nedenle bu bölgede yapılan beşerî müdahaleler önemsenmeli ve şirketler buradaki faaliyetlerine azami düzeyde önem verilmeli ve dikkat edilmelidirler (Fotoğraf 13). Zira bu saha kontrolsüz eylemlerin yapılabileceği bir saha olmaktan çok harekete geçmeye hazır, hassas bir saha sınıfındadır.



Fotoğraf 13. Zinav Gölü ve heyelan setinin yüksekliği

4.2.4.2.4. Zinav Heyelan Set Gölünde Morfolojik Tıkanma İndisine İlişkin Bulgular

Heyelan set göllerinin sürekliliklerinin değerlendirilmesinde bir diğer indis ise MOI'dır. MOI'nin temel parametreleri vadi genişliği ve heyelanın hacmidir. Tıkanma noktasından geriye doğru vadi su dolmamış ve derin bir vadi olarak varsayıldığında 10 farklı noktadan vadinin genişliği ölçülmüştür. Bu ölçümlere göre en yüksek 194 m en düşük ise 78 m vadi genişliği tespit edilmiştir. 10 farklı ölçüm istasyonundan elde edilen medyan değer ise 138.6 m'dir.

Zinav Gölü'nün morfolojik tıkanma indisi (MOI), heyelanın hacmi (V_d) ve heyelan set gölünün oluştuğu vadi genişliği (W_v) üzerinden bir logaritma hesabıyla değerlendirilmektedir. Uzaktan algılama ve arazi çalışmalarıyla elde edilen verilere dayanarak hesaplama yapılmıştır. Zinav Gölü örneğinde, heyelan kütesinin hacim değeri (V_d) 47676189 m³ olarak tespit edilmiştir. Vadi genişliği (W_v) ise 10 farklı noktadan alınan ölçümlerin medyanının 138,6 m olarak belirlenmiştir. Esasen Zinav gölü vadisi çok dar olmamakla birlikte geniş bir vadi formu sunmaktadır. Ancak heyelanın kütesel büyüklüğü ve tıkadığı alanın yine çok geniş bir alanı kapsaması nedeniyle su yükselmiş ve göl aynasına göre vadi genişliğini artırmıştır.

Bu verileri formülde yerine koyarak, Zinav Gölü'nün Morfolojik Tıkanma İndisi (MOI) hesaplanır:

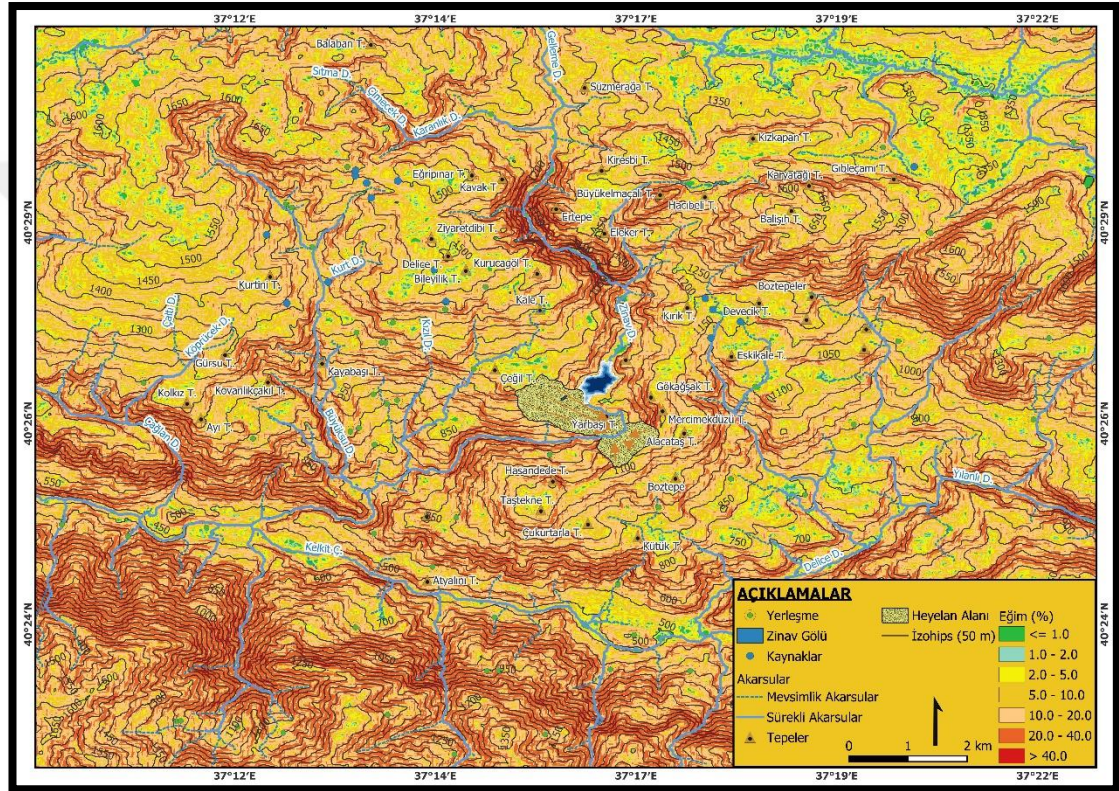
$$MOI = \log (47676189 / 138,6) = 5,54 \quad (24)$$

Sonuç olarak, Zinav Gölü'nün heyelan seti için hesapladığınız MOI değeri yaklaşık olarak 5,54'dir. Bu değerlendirmeye göre Zinav heyelan set gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 6).

4.2.4.2.5. Zinav Heyelan Set Gölünde Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular

Zinav Gölü'nün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSI), heyelan set gölünün oluşumunda heyelanın hacmi (V_d), tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru havza alanı (A_b) ve akarsuyun yerel eğimi (S) üzerinden bir logaritma hesabıyla analiz edilerek değerlendirilmiştir. Zinav Gölü örneğinde, heyelanı oluşturan hacim (V_d) 47676189 m³ olarak belirlenmiştir. Tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru

havza alanı (A_b) ise 208 km²'dir. Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında yapılan ölçümler ve sayısal yükseklik modeline dayalı olarak, akarsuyun yatay uzaklığı 1118 m olarak hesaplanmıştır. Sahada, Zinav Deresi'nin kaynak alanından göle giriş yaptığı alan arasındaki kot farkı, uzaktan algılama yöntemleriyle yapılan ölçümlerde 101 metre olarak tespit edilmiştir. Bu verileri kullanarak eğim hesabı yapılmış ve eğim (S) değeri 5,16° ya da %5,73 olarak bulunmuştur. Bu ifade eşitlikte 0,573 olarak kullanılmıştır (Şekil 59).



Şekil 59. Zinav Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası

Zinav gölünde HDSI değerini elde edebilmek için $HDSI = \log (V_d / (A_b \times S))$ formülü ile hesaplama yapılmış, veriler formül üzerinde yerine konulduğunda;

$$HDSI = \log (47676189 / (208 \times 0,573)) = 5,60 \quad (25)$$

Zinav Gölü'nün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSI) yaklaşık olarak 5,60'dir.

HDSI, heyelan set göllerinin süreklilik durumunu yansıtır. Zinav Gölü'nün HDSI değeri 5,60 olduğundan, heyelan set gölü **Süreksizlik Alanı** sınıfında değerlendirilir (Stefanelli vd., 2016) (Tablo 7).

Zinav Gölü'nde HDSI'nin çalışma prensibi üzerinden değerlendirmeler yapıldığında gölün heyelan setinin hacmi, setin gerisini dolduran Zinav Deresinin kabul havzasındaki su toplanma alanı ve akarsuyun gölden kaynak alanına doğru oluşan yerel eğimiyle esasen akarsuyun aşındırma, taşıma ve gölü doldurarak göle uygulayacağı baskının değerlendirilme imkânı bu doğrultuda ele alınmıştır. Bu indise göre eğim değerinin 5,60 olması bu gölü oluşturan akarsu kabul havasının büyüklüğü, su toplama hacminin fazlalığı ve diğer etkenlerin hepsi bu gölün **Süreksizlik** sınıfı içerisinde değerlendirilmesine zemin hazırlamıştır.

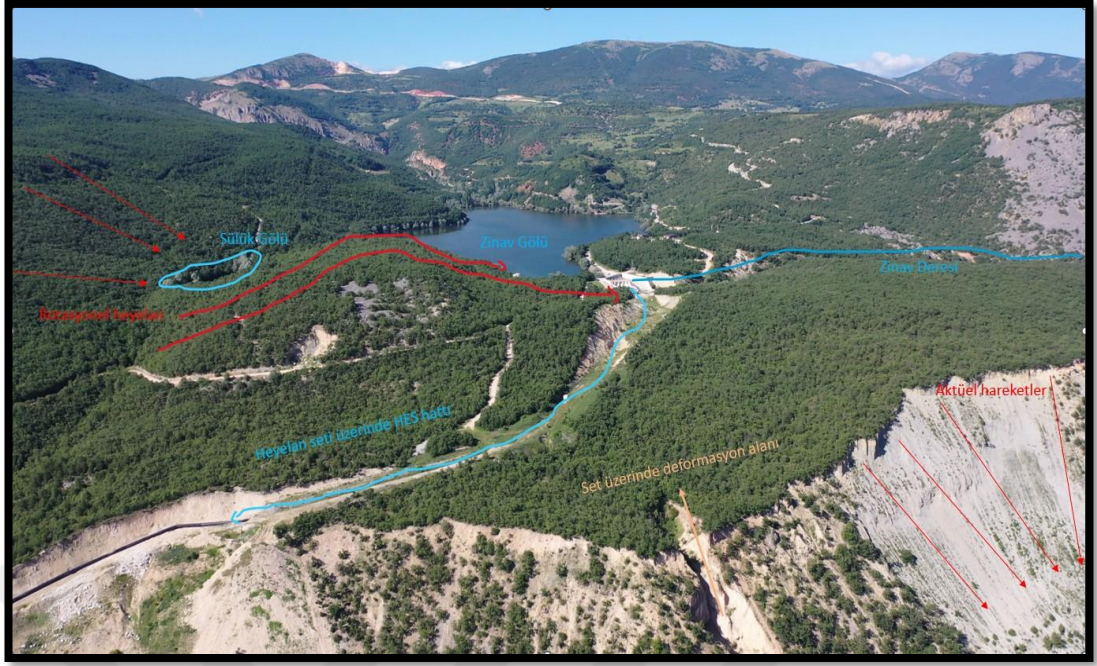
4.2.4.3. Zinav Gölünün Arazi Çalışmaları ve İndislere Göre Genel Değerlendirmesi

Zinav Gölü ile ilgili değerlendirmeler, gölün sürekli olma veya bozulma durumlarını değerlendirmede, indislerin dışında saha gözlemleri ve ölçümlere dayalı olarak elde edilen jeomorfolojik araştırmaların sonuçlarından da oluşmaktadır. Bu bulgular aşağıda ifade edilmiştir.

Arazi tatbikatı ile elde edilen sonuçlar Zinav Gölü'nün yakın gelecekte büyük bir tehdit oluşturduğuna dikkat çekmektedir. Zinav Gölü'nün içerisinde yer aldığı Reşadiye ilçesi ve yakın çevresi kütle hareketleri açısından tam bir laboratuvar özelliği göstermektedir. Göl ve yakın çevresinde birçok farklı heyelan şekli ve heyelan davranışını görmek ve gözlemlemek mümkündür. Bütün bu hassas duruma karşılık beşerî unsurların da göl ve yakın çevresi üzerinde müdahaleleri dikkate alınmayan ve kontrol edilmeyen Zinav Gölü için afet boyutunda olumsuz sonuçlar ortaya çıkarabilecek potansiyele sahiptir.

Zinav heyelan set gölü ve gölü oluşturan heyelan setinin hassasiyeti bu araştırmanın en özel başlıklarından bir tanesini oluşturmaktadır. Bu göl ve gölü oluşturan heyelan sahasının beşerî müdahaleler ile bozulma olasılığı bulunmaktadır. Bu ortamı bölyesine kırılgan bir hale getiren şartlar özetle şöyle sıralanabilir;

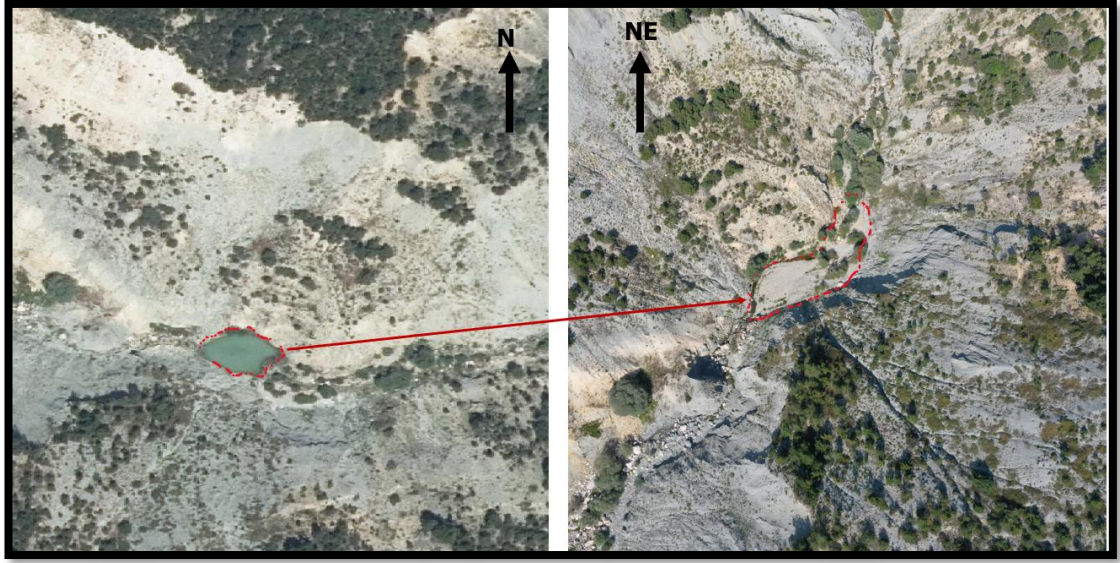
1. Bu saha jeolojik ve litolojik olarak kütle hareketlerine uygun volkanitlerden ve sedimanter birimlerden meydana gelmektedir.
2. Ortamın iklim koşulları, jeolojik ve litolojik unsurlarla birlikte değerlendirildiğinde sahada meydana gelen kütle hareketlerini tetiklemektedir.
3. Ortam KAF tarafından kontrol edilmekte ve bu saha tektonik olaylar ile yoğun bir etkileşim altında kalmaktadır.
4. Bu saha su kaynakları açısından oldukça zengindir ve bu su kaynaklarının zeminle ilişkisi kütleyi duyarlı hale getirmektedir.
5. Beşerî unsurlar bu sahaya yoğun bir şekilde müdahale etmektedir. İnsanlar bu gölü bir yapay baraj gibi kullanmakta, elektrik üretme çalışmaları yapmaktadır. Burada elektrik üretmek için gerçekleştirilen çalışmalar heyelan sahasını olumsuz etkilemekte ve yamaçların dengesini bozmaktadır (Fotoğraf 14).
6. Set üzerinde iş makineleri ile kanal ve hat döşenerek set gevşetilmekte ve ortam daha da kararsız hale getirilmektedir.



Fotoğraf 14. Zinav heyelan set gölünün set kütlesi üzerinde yapılan beşerî müdahaleler. Heyelan üzerindeki güncel durumun ve dairesel yüzeyli kaymanın gösterimi.

Yukarıda vurgulanan hassasiyetler Zinav Gölü'nün oluştuğu alanda hareketliliğin doğal süreçlerin yanı sıra beşerî faaliyetlerle artabileceğini ortaya koymaktadır. Bu saha esasen insan müdahalesi olmadan da hareket eden birimlerden oluşan bir sahadır. Bu durum, heyelan havzasında geçmişte oluşan kütle hareketlerinin varlığı, aktüel dönemde taç noktasındaki gerilme çatlaklarının yanı sıra geçmişte oluşan ancak bugün ortadan kalkmış heyelan set göllerinin izleri gibi farklı deliller ile doğrulanmaktadır.

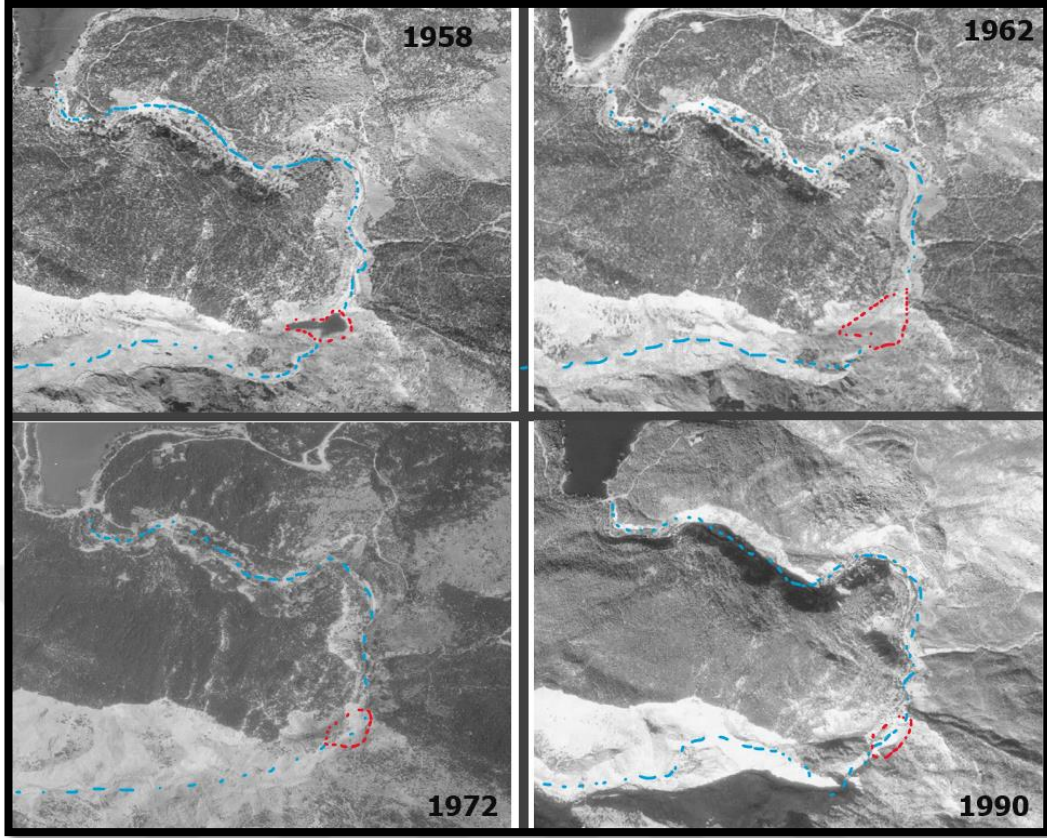
Bu delillerden biri, Zinav Gölü'nü oluşturan heyelan seti ile setin en yüksek olduğu alanla heyelanın topuk noktası arasında sürekli olarak yeni heyelanların tetiklenmesidir. Bu durum, güncel hareketlerle doğrulanmaktadır. Oluşan yeni ve farklı set gölleri, kısa süre içerisinde ya setin açılıp taşmasıyla bozulmuş ya da set gerisinden taşınan sediman hareketleri ile göl ortamı tamamen sedimanlarla dolarak alüvyal bir taban oluşturmuştur (Fotoğraf 15).



Fotoğraf 15. Heyelan setinde meydana gelen farklı kütle hareketleri üzerinde gelişen gölün HGM ortofotolarına göre durumu (2020) ve İHA görüntüsü (2022).

Zinav Gölü ve yakın çevresinde ortofotolar incelendiğinde geçmişte oluşmuş ancak daha küçük yüzey alanına sahip bu göllerin günümüzde ve yakın geçmişte de zamanla ortadan kalktığı görülmektedir. 1958 yılındaki ortofoto görüntüsünde görülen heyelan set gölü, 1962 yılında sedimanlar ile dolarak ortadan kalkmış 1972 ve 1990 yıllarında da bulunduğu ortam aşındırılarak dar ve derin bir vadi ortamına dönüşmüştür. Bütün bu durumlar sahanın ne kadar hareketli bir ortam olduğu gerçeğini göstermektedir.

Göllerin varlığının yanı sıra, batıdan hareket eden kütle, doğuya doğru eğrisel yüzeyli hareketlerle kayarak Zinav Deresi vadisini tıkamış ve Zinav Deresi'nin doğuya doğru yön değiştirmesine neden olmuştur. Bu yön değişikliği, Zinav Deresi'nin doğuya doğru aşındırma faaliyetlerini artırmış ve doğudaki regolit birimlerin tabanını aşındırarak batıya, yani Zinav Deresi'ne doğru oluşan büyük bir heyelana yol açmıştır. Ancak, bu heyelan, özellikle Zinav Deresi tarafından zamanla taşınmış ve akarsuyun oyuntu erozyonu ile yeni heyelanların oluşmasına zemin hazırlamıştır (Şekil 60).



Şekil 60. Farklı tarihlerde (1958, 1962, 1972, 1990) heyelan set gölünün, setin devamında meydana gelen set göllerinin zaman içerisinde ortadan kaybolması ve topoğrafyanın değişimi.

Bütün bu bilgiler ve sahanın doğal ortam özellikleri bize Zinav Gölü sahasının özünde kırılğan bir saha olduğunu ve harekete meyilli olduğunu doğrulamaktadır. Bu bilgilere set ve üzerinde yapılan beşerî faaliyetler de eklendiğinde ortaya daha kritik bir resim çıkmaktadır.

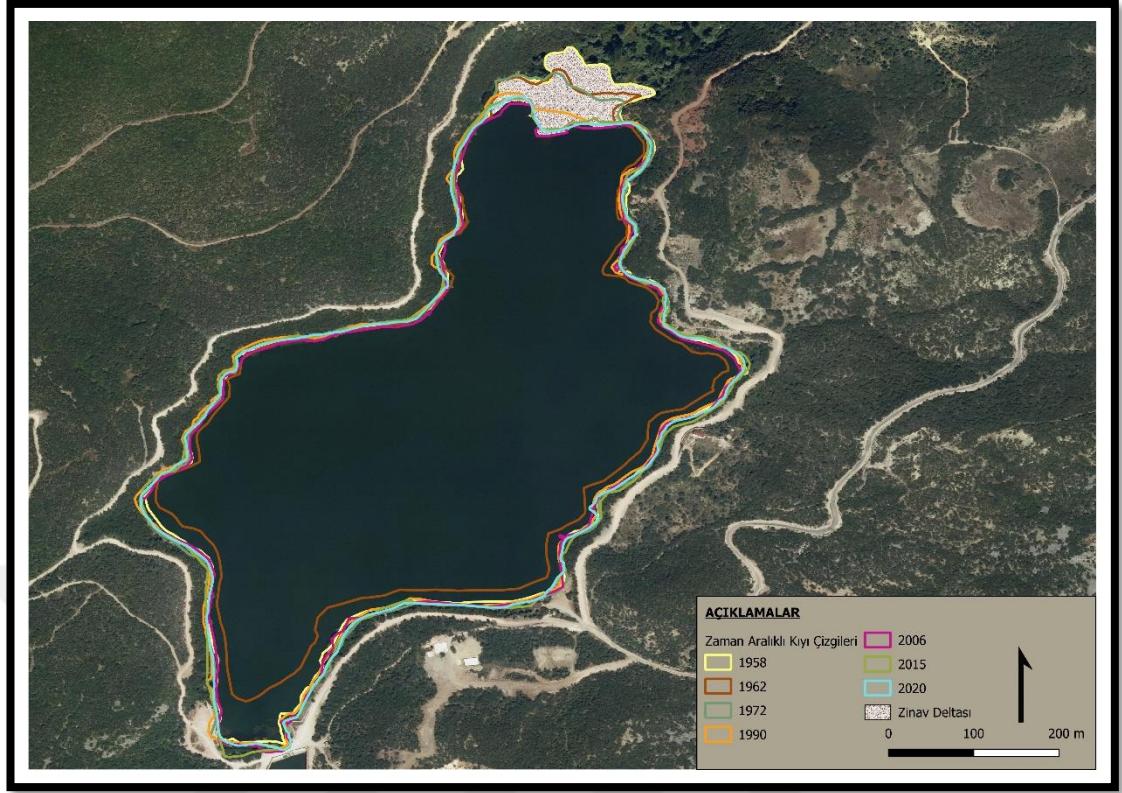
Bu göl ve yakın çevresi burada yaşayan insanlar için önemli bir sahadır. Yani gölün varlığının devam etmesi önemlidir. Gölün varlığının devam etmesi konusundaki bir diğer tehdit alüvyonlardır. Öyle ki bu alüvyonlar bir dönem içerisinde bir delta oluşturacak kadar genişlemiştir. Daha sonra yukarı kesimde yapılan bir baraj ile sediman taşınımı azaltılarak delta oluşumu şimdilik yavaşlatılmıştır ve gölün dolma tehdidi ötelenmiştir. Delta kaynak alanına doğru taşkın yatağı içerisinde akarsu taraçaları olarak gelişmişken geçici kaide seviyesi olan Zinav Gölü'nü doldurmuştur.

HGM'den elde edilen zaman aralıklı ortofotoların tarihleri 1958, 1962, 1972, 1990, 2006², 2020 ve 2022'dir. Bu nedenle, bu ortofotolar kullanılarak Zinav Gölü'nün 1958'den günümüze gelişimi ve değişimi üzerine yorum yapılabilmektedir. Ortofotolarda özellikle, Zinav Gölü'ne taşınan sediman hareketi 2006 yılına kadar açık bir şekilde görülmektedir. Bu hareket ve deltanın gelişimi, alansal olarak büyüme yönünde farklılıklar göstermektedir. Ancak, 2006 yılından sonra Toklar Köyü'nün batısında Zinav Deresi üzerine yapılan bir HES dinlendirme barajı nedeniyle, havzadan toplanan sedimanlar Zinav Gölü'ne ulaşmadan bu barajda birikmektedir. 2006 yılından sonra göle, sadece neritik kireçtaşları içerisinde oluşmuş kanyondan yani 6.1 km'lik mesafeden çok az miktarda sediman taşınmaktadır. Bu da gölün kuzeyinde oluşan deltanın büyümesinin neden yavaşladığının bir göstergesidir.

Zinav Gölü, elde edilen indis verilerine göre kararsız heyelan set gölleri sınıfında değerlendirilmektedir. Özellikle, Zinav Deresi'nin sediman taşıma gücü ve akarsu kabul havzasının büyüklüğü, HGM'den elde edilen ortofotolar da incelendiğinde, göldeki dolgunun zaman içinde değiştiği ve deltada genişlemeye neden olduğu vurgulanmıştı. Bu doğrultuda, mevcut ortofotolar QGIS ortamında sayısallaştırılmış ve kıyı kenar çizgilerindeki değişimler bir haritada gösterilmiştir (Şekil 61).

Zinav Gölü'ne ait HGM tarafından elde edilen ortofotolarla 1958 ile 2020 yılları arasındaki görüntüler (1958, 1962, 1972, 1990, 2006, 2015, 2020) kullanılarak, taşınan ve biriken sediman oranına göre değerlendirilmiştir. Elde edilen zaman aralıklı verilere göre, Zinav Deltası yaklaşık 12,869 m²'lik bir alanı dolduracak miktarda sediman taşınmıştır (Şekil 61).

² Bu veri net olmamakla birlikte veride bozulmalar meydana gelmiş ancak gölün durumu ve havzadaki HES'lerin yapılma zamanı hakkında fikir vermektedir



Şekil 61. Zinav heyelan set gölünde zaman aralıklı uydu fotoğrafları üzerinde Zinav Gölü'nün kıyı kenar çizgilerinin değişimi ve 1958 yılından 2020'ye gölde biriken Zinav Deltası'nın alanı.

Yapılan beşerî müdahaleler, gölün sedimanlar tarafından doldurulup kapanmasını engellemiştir. Ancak, Yarbaşı T.'nin güneyinde setin tahrip edilmesi ve göle yönelik beşerî tutumların kontrolsüz şekilde devam etmesi, farklı tehdit ortamlarına zemin hazırlamaktadır. Bu çalışmada sekiz farklı gölde yapılan çalışmalar içerisinde en büyük risk ve tehdidin Zinav Gölü'ne yönelik olduğu söylenebilir. Bu yüzden, Zinav Gölü ve yakın çevresinde yapılacak beşerî faaliyetlerin jeolojik, jeomorfolojik ve jeofizik yöntemlerle değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınarak işlemlerin buna göre yapılması gerekmektedir.

4.2.4.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi

Zinav Gölü ve yakın çevresi, çeşitli küçük yerleşim yerlerine ev sahipliği yapmaktadır. Bu yerleşim yerlerinde genel olarak tarım ve hayvancılık faaliyetleri yürütülmektedir. Bölgedeki nüfus genellikle küçük ölçekli olup, yaşam tarzları ve ekonomik faaliyetler geleneksel tarım ve hayvancılık yöntemlerine dayanmaktadır.

Bölgedeki yerleşimlerin ekonomik temelini, büyük ölçüde tarım ve hayvancılık oluşturmaktadır. Tarım faaliyetleri, genel olarak Kelkit Çayı vadisi içerisindeki sınırlı alüvyon alanlar üzerinde sebze ve meyve üzerine iken parçalanmış plato satırları üzerinde ise kuru tarım faaliyetleri yürütülmektedir. Ayrıca, küçük ölçekli hayvancılık da bölgede yaygındır. Özellikle sığır, koyun ve keçi yetiştiriciliği bölge halkı için önemli bir geçim kaynağıdır.

Zinav Gölü ve çevresindeki hidroelektrik santralleri, ekonomik açıdan bölge için büyük önem taşımaktadır. Bu santraller, gölün su kaynaklarını kullanarak elektrik üretmekte ve hem yerel ekonomiye katkıda bulunmakta hem de bölgenin enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir rol oynamaktadır. Santrallerin işletilmesi ve bakımı için çalışan insan sayısı da ekonomik açıdan dikkate değer bir istihdam meydana getirmektedir.

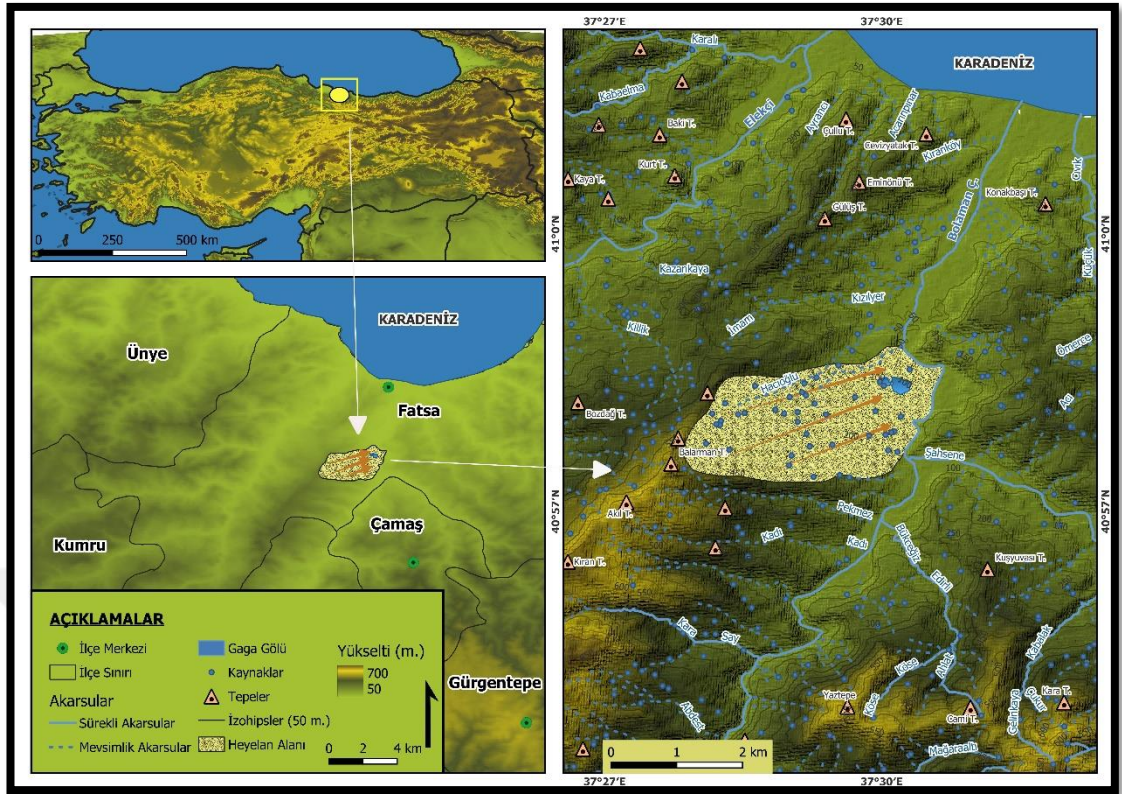
Zinav Gölü Tabiat Parkı, Milli Parklar ve Reşadiye Belediyesi'nin katkıları ile bir turizm rekreasyon alanı olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Milli Parklar tarafından yapılan konukları alanda restoran hizmeti vermektedir. Bölgenin göz alıcı doğal güzellikleri, gölün doğal ortamı, yerli ve yabancı turistlerin ilgisini çekmekte bununla birlikte insanlar tarafından piknik amaçlı da kullanılmaktadır.

4.2.5. Gaga Gölü (Fatsa/Ordu)

Bu bölümde, Gaga Gölü ve çevresinin fiziksel coğrafyası ile insan etkileşimleri incelenmiştir. Bu sayede, göl ve çevresinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlanmış ve çalışmanın sonraki aşamaları için bir temel oluşturulmuştur.

4.2.5.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri

Ordu ili Fatsa ilçesi sınırları içerisinde yer alan Gaga Gölü, Bolaman Çayı vadisi içerisinde gelişmiş diğer heyelan set göllerinden farklı olarak heyelan kütlelerinin vadinin önünü tıkaması sonucu ile farklı bir şekilde eğrisel yüzeyli bir kayma ile meydana gelmiştir. Yani bu göl ve onu oluşturan set farklı bir kayma hareketi ile oluşmuştur. Bir vadi yatağının tıkanması sonucu değil eğrisel bir kayma hareketinin üzerinde meydana gelmiştir. Gaga Gölü konum olarak 37 °27'D-37 °40'D ile 40°56'K-41°0' K koordinatları arasında yer almaktadır (Şekil 62).

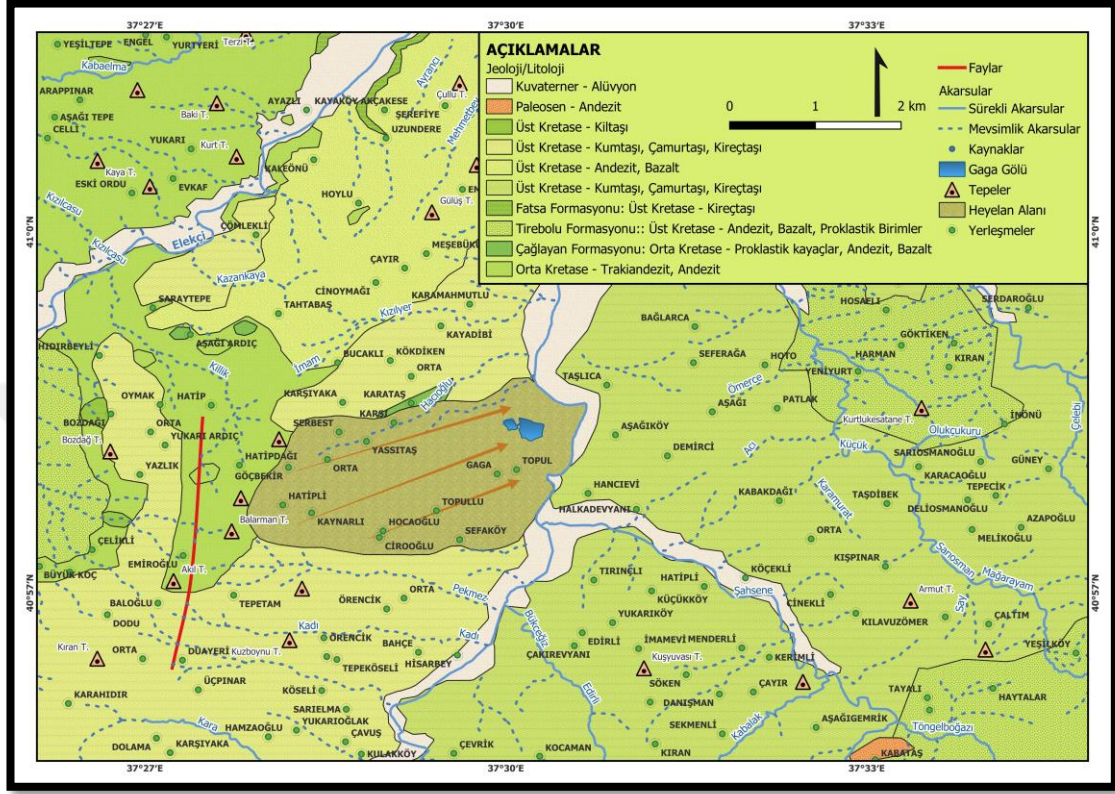


Şekil 62. Gaga Gölü ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası

Bolaman Çayı kıyısında bulunan Gaga Gölü, deniz seviyesine oldukça yakın bir rakıma sahiptir. Yaklaşık 400 metre yükseltiden hareket eden heyelan kütleleri, 26 metre rakımdaki Bolaman Çayı vadisini doldurmuştur. Eğrisel bir yüzeyde hareket eden kütle, yükselme yaptığı alanın batısında oluşan depresyonda bir göl meydana getirmiştir. 100 metreye kadar yükselen bu kütle, doğusunda heyelan malzemesi, vadi tabanı olan 26 metre seviyesine ulaşmakta ve bu hareketin Bolaman Çayı'nı ötelediği görülmektedir (Şekil 62). Gaga Gölü'nü oluşturan bu kütle hareketleri, çalışmaya konu olan diğer örnekler arasında farklı yönüyle dikkat çekmektedir. Burada hareket edip gölü oluşturan kütle, vadi içerisinde bu hareketten önce meydana gelen farklı kütle hareketleriyle oluşmuş ve ortamın jeomorfolojisini gençleştirmiştir. Bu iddianın doğruluğu, heyelan setinin güneydoğusunda Bolaman Çayı vadisinde çayın ötelendiği alanın güneyinde vadi boyunca gözlenen göl çökelleri, heyelan izleri ve sedimanlar ile tespit edilmiştir.

Gaga Gölü heyelanı ve yakın çevresi iki farklı jeolojik formasyon ortamında gelişmiştir. Bu formasyonlardan biri volkanik birimlerden meydana gelen Tirebolu

Formasyonu (Kt) iken diğeri Gaga Gölü'nün meydana gelmesinde daha fazla etkili olan çökel ve karbonat istiflerinden meydana gelen Fatsa Formasyonu'dur (Kf). (Şekil 63).



Şekil 63. Gaga Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası.

Tirebolu Formasyonu'nda genel olarak bazik karakterli volkano-sedimanter istiflerin üzerine uyumlu olarak gelen riyolit, riyodasit ve dasitlerden oluşan ikinci bir evre gibi asidik karakterde lav ve piroklastik birimler Çayırbağ Formasyonu olarak öncelikle isimlendirilmiştir. Ancak Tirebolu ve Espiye hattına doğru bu birimler trakiandezitik lav ve proklastik kayalara dönüştüğü görülmüş olup Tirebolu Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Güven, 1993).

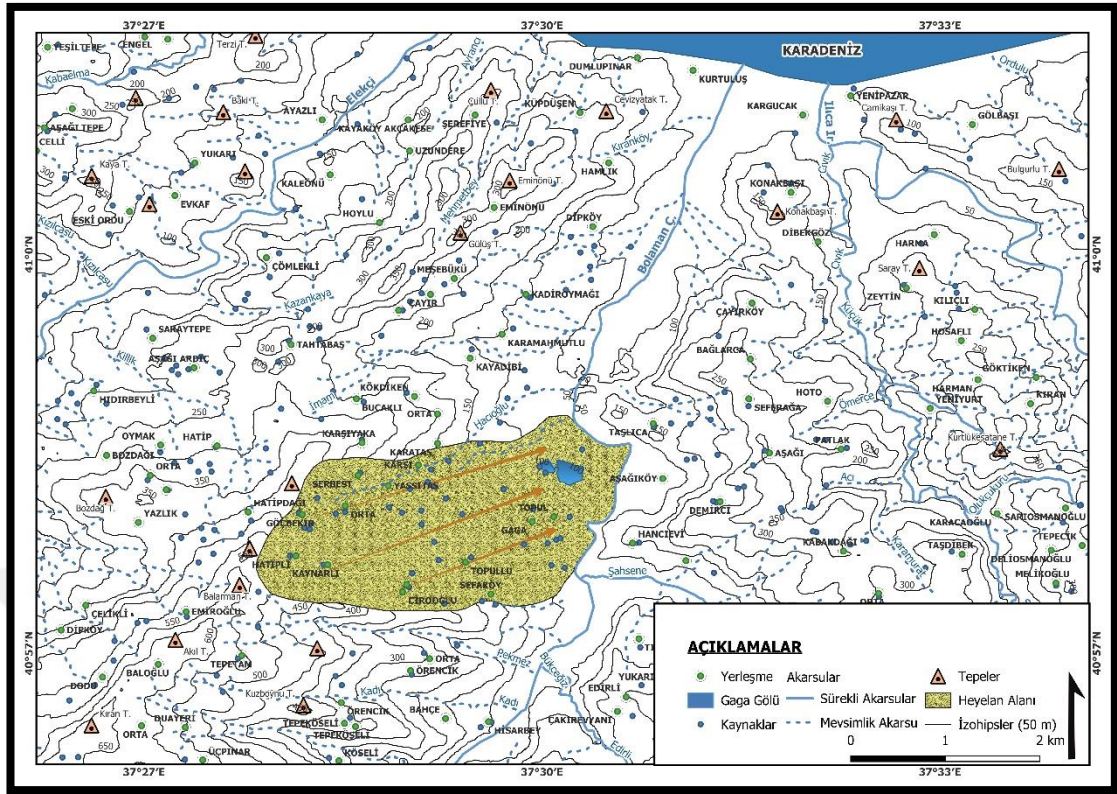
Çalışma alanında trakiandezit, tuf ve breşler birtakım alterasyon süreçlerinden sonra gri kahverengi, gri-beyaz, yeşilimsi ve pembemsi gri gibi değişik renklerde mostra vermektedir. Yer yer kırmızı ve kahverengi renklerde hematitli yapılar göstermektedir. İçerisinde yine sanidin ve biyotit kristalleri görülebilmektedir. Tirebolu Formasyonu esasen Çağlayan Formasyonu'nun üzerine uyumlu olarak gelirken Tirebolu Formasyonu'nun üzerine ise Fatsa Formasyonu uyumlu olarak

yüzeylemiştir. Tirebolu Formasyonu Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı Çağlayan Formasyonu (Kça) ile Maastrichtiyen – Paleosen yaşlı Bakırköy ve Ağıllar Formasyonları arasında yer almaktadır. Bu durumda stratigrafi durumuna göre Geç Kampaniyen – Maastrichtiyen yaşlı olarak ifade edilmektedir (Güven, 1993). Ancak trakiandezitler bazı kaynaklar Geç Kretase yaşını vermektedir (Gedikoğlu, 1970; Keskin vd., 1998).

Fatsa Formasyonu ise kireçtaşı, killi, kumlu kireçtaşı, tüflü kireçtaşı ve tüfit araldanmasıyla, aglomera ve yersel çakıl taşları istiflerinden oluşmaktadır. Bu istiflenmeyi ilk önce Terlemez ve Yılmaz (1980) Fatsa Formasyonu olarak adlandırmıştır. Bu birim Çınar vd., 1987 tarafından çamurtaşı, konglomera ve kıltaşı, kumtaşı-tüfit-kıltaşı-marn araldanması olarak bir çökel seri ifadesi ile sınıflandırılmıştır. Birim tipik olarak Fatsa'nın doğusunda Perşembe dolaylarında yüzeylemektedir.

Fatsa Formasyonu'nun denizin yer yer derinleştiği az da olsa volkanik hareketlerin gerçekleştiği bir ortamda çökeldiği ifade edilebilir (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Fatsa Formasyonu içerisinde tespit edilen foraminiferler üzerinden temsil ettiği yaş ortamı Geç Senoniyen'e (Maastrichtiyen) karşılık gelmektedir (Keskin, 2011). Fatsa Formasyonu Çamaş, kuzeybatı ve kuzeydoğusunda Çağlayan Formasyonları ile uyumlu bir yapı göstermektedir. Fatsa Formasyonu'nu oluşturan kireçtaşı, aglomera ve kumlu killi birimlerin kalınlığı 25 ile 590 m arasında değişiklik göstermektedir (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

Gaga Gölü ve yakın çevresini Bolaman Çayı drene etmektedir. Bolaman Çayı Gaga Gölü ve yakın çevresindeki etkili hidrolojik birimdir. Esasen normal şartlarda gelişen heyelan set gölleri gibi doğrudan Gaga Gölü ile ilişkisi olmasa da Gaga Gölü'nün ve yakın çevresinde drenajı ve aşınımı kontrol eden unsur Bolaman Çayı'dır. Böylelikle içerisinde canlı bir hidrolojik ortam oluşmasına imkân sağlamaktadır (Şekil 64).

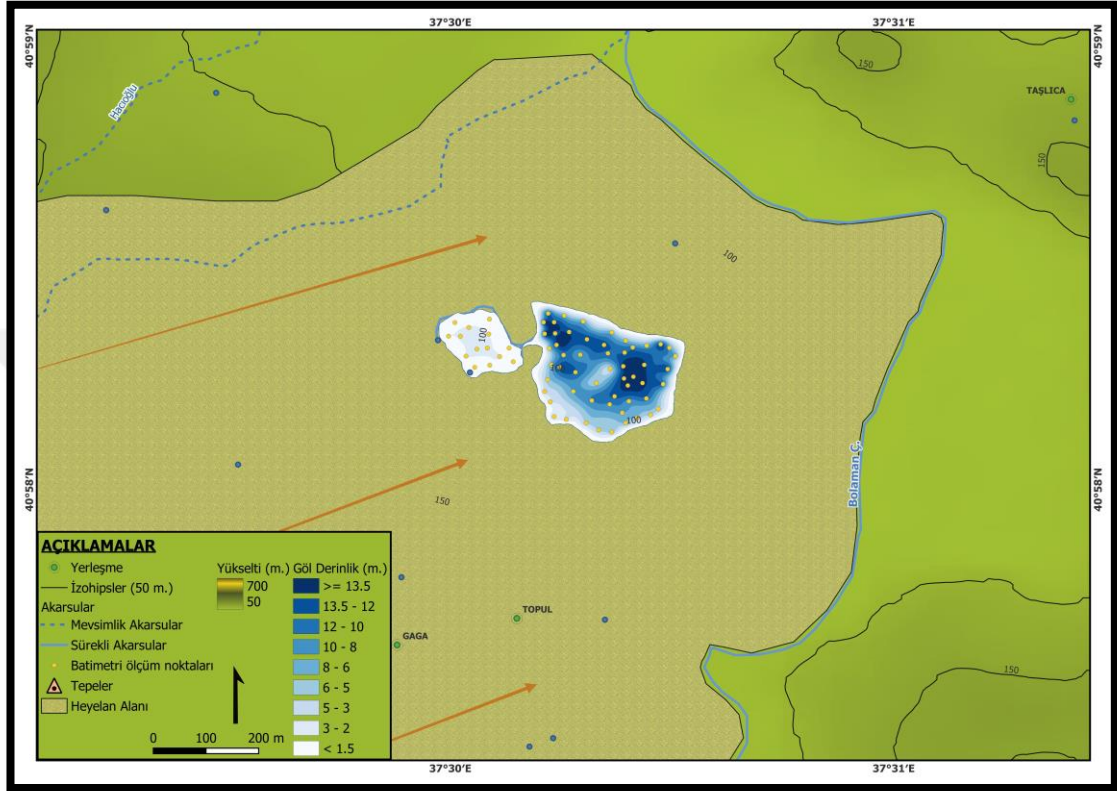


Şekil 64. Gaga Gölü ve yakın çevresinin hidrografi haritası

2022 yılı temmuz ayında yapılan arazi çalışmalarında heyelan set gölünün eğrisel yüzeyli olarak kayma gerçekleştirmesiyle oluşan depresyon alanı içerisinde Gaga Gölü'nün gelişmesi yerinde tespit edilmiş gölün diğer heyelan set göllerinden farklı olduğu anlaşılmıştır. Arazi çalışmalarında elde edilen verilere göre Gaga Gölü hidrolojik olarak sularını Boraboy Çayı'na tahliye etmektedir. Tahliye bir taşma noktasından taşıp kendisine bir akarsu yatağı oluşturarak gelişmemiştir. Özellikle gölün güney doğusundaki kotun en düşük olduğu 70 m' den 26 m rakım değerindeki Bolaman Çayı'na olan akış heyelan kütlesinin tabanından gerçekleşmiştir. Bu akış tarafımızca belirlenmiş ve haritalarda işaretlenmiştir. Gaga Gölü'nün yakın çevresinde irili ufaklı mevsimlik akarsular da bulunmaktadır. Ancak bunların birçoğu Gaga Gölü'ne değil doğrudan Bolaman Çayı'na boşalmaktadır.

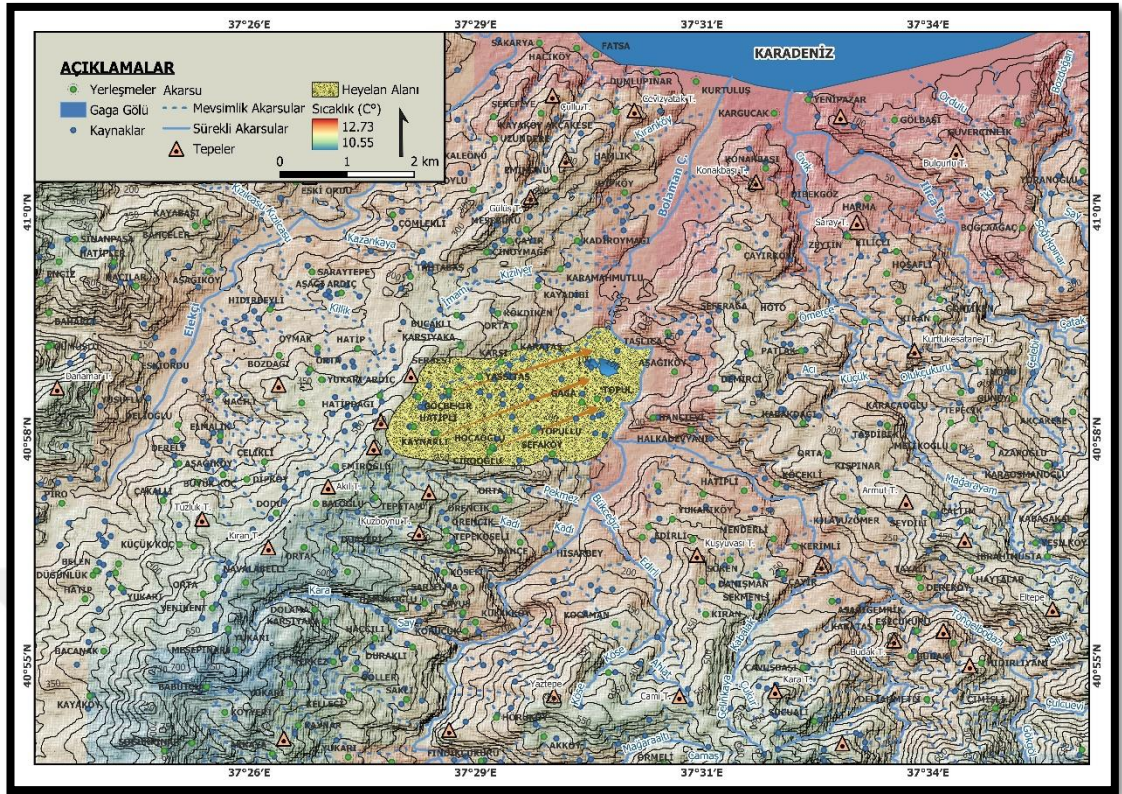
Gaga Gölü'nün en derin yeri 13.5 m olarak ölçülmüştür. Genel olarak kuzey kesiminde derinlik yüksek seviyelerde iken gölün ortasında bir ada yer almaktadır. Bu ada ve yakın çevresi de sığ bir ortam sunarken adadan uzaklaştıkça gölün derinliği yine ortalama 8-9 m'ye ulaşmaktadır (Şekil 65). Gaga Gölü'nün hemen batısında bir

başka göl bulunmaktadır. Bu küçük göle daha sonra beşeri müdahaleler ile bir kanal yapılmış ve bu göl ile Gaga Gölü birleştirilmiştir. Diğer küçük gölün maksimum derinliği 2 m olarak belirlenmiştir. Göl oldukça sığdır ve genel olarak sucul bitkiler tarafından işgal edilmiştir.



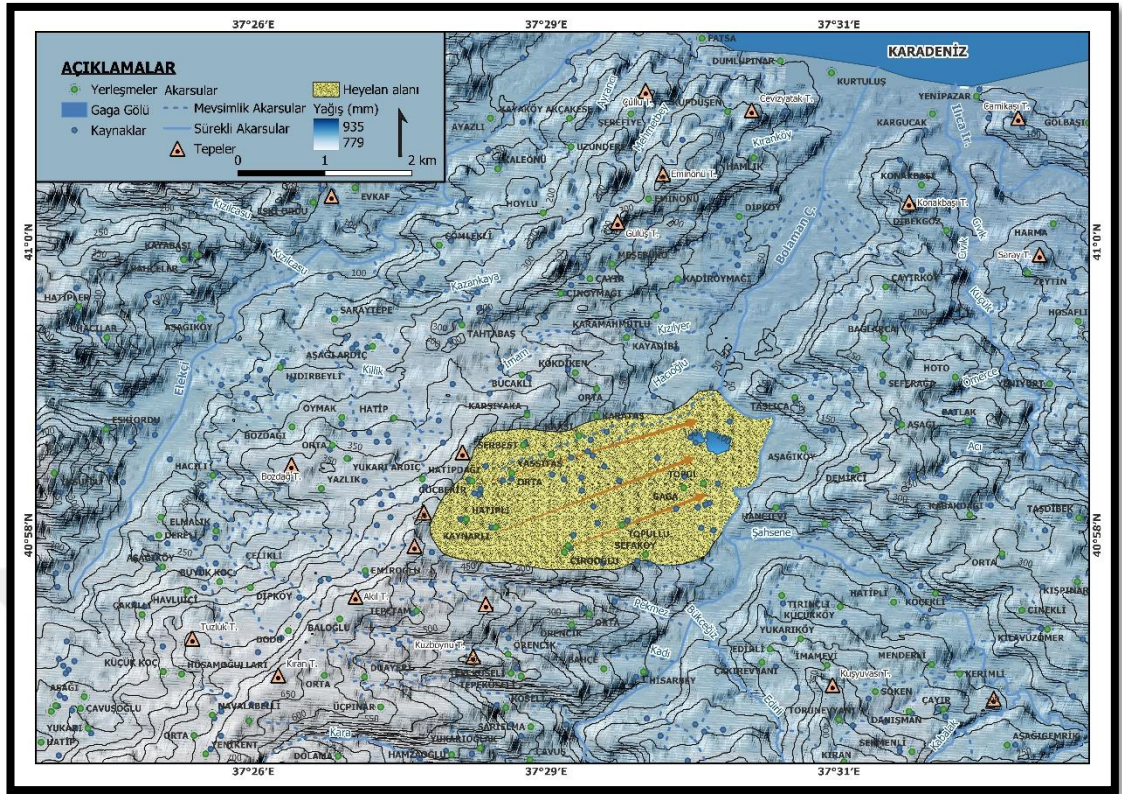
Şekil 65. Gaga Gölü'nün batimetri haritası.

Gaga Gölü ve yakın çevresinin iklimi; Fatsa, son on yılda belirgin mevsimsel sıcaklık değişimleri göstermiştir. Burada, ocak ayı en soğuk ay olarak öne çıkmakta, Temmuz ve ağustos ayları ise genellikle yılın en sıcak dönemleridir. (MGM). Fick ve Hijmans (2017) tarafından 1970-2000 yılları arasındaki raster veri setlerinden elde edilen veriler tarafımızca kullanılarak sıcaklık haritası oluşturulmuştur. Bu verilere göre, Gaga Gölü ve yakın çevresinde en yüksek ortalama sıcaklık 12,73°C, en düşük ortalama sıcaklık ise 10,55°C olarak tespit edilmiştir (Şekil 66).



Şekil 66. Gaga Gölü ve yakın çevresinin ortalama sıcaklık haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).

Gaga Gölü ve yakın çevresi için aylık yağış değerlerine bakıldığında, genellikle temmuz ve ağustos aylarının daha yağışlı geçtiği, buna karşın kış ve ilkbahar aylarının, özellikle ocak, şubat ve nisan aylarının daha kurak olduğu görülmektedir. Yıllık ve aylık yağış verilerinin analizi, uzun vadeli iklim değişikliklerini anlamak ve bölgenin çevresel yönetim, afet oluşturabilme kapasitesi gibi konular üzerinde de değerlendirmeler yapmaya imkân sağlamaktadır. Bölgeye en yakın lokasyonun Fatsa olması ve verilerin sınırlı kalmasından ötürü farklı yöntemlerle de bulgular desteklenmiştir (MGM). Bu hususta Gaga Gölü ve yakın çevresi için yapılan küresel iklim çalışmaları ile elde edilen veriler değerlendirilmiş ve raster veri formatında QGIS yazılımı ile haritalandırılarak 1970-2000 yılları arasındaki yağış değerlerine gösteren yağış haritası oluşturulmuştur (Fick ve Hijmans, 2017). Bu veri kaynağına göre 30 yıllık veri setinin değerlendirilmesiyle alanda en yüksek yağış değeri 935 mm iken en düşük değer ise 779 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 67).



Şekil 67. Gaga Gölü ve yakın çevresinin toplam yağış haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).

4.2.5.2. Gaga Gölü (Fatsa/Ordu)'ne İlişkin Genel Değerlendirme

Gaga Gölü heyelanında bu çalışmada kullanılan indisler değerlendirilmeye çalışılmış ancak bu indislerin hiç birisi bir değer elde etmemize imkân vermemiştir. Bu durum bu çalışmanın dikkat çekici sonuçlarından birini oluşturmaktadır. İndislerle ilgili ortaya çıkan bu durum çalışmanın sonuç bölümünde ayrıntılı olarak irdelenmiştir (Tablo 8). Burada doğrudan Gaga Gölü'ne ilişkin bir değerlendirme yapılmıştır.

Gaga Gölü, heyelan set göllerinin genel oluşum karakteri gibi bir vadi içerisinde hareket eden kütlenin vadi yatağını tıkaması sonucu meydana gelmiş bir göl değildir. Gaga Gölü çalışma planı içerisinde seçilen göller içerisinde yer almasının sebebi farklı oluşum mekanizmasına sahip olması, farklı tetikleyici unsurlar ile gelişmiş olması ile ilgilidir. Bu yüzden Gaga Gölü inceleme alanına alındığında araştırmanın yöntem kısmını oluşturan jeomorfolojik indisler bu göl özelinde çalıştırılamamıştır. Çalıştırılamama sebepleri arasında kısaca şunları söyleyebiliriz; bu gölde setin hacmi, setin yüksekliği, akarsu kabul havzasının alanı gibi değerler

indislerde kullanılabilecek şekilde elde edilememekte ve değerlendirmeler yapılamamaktadır.

Bu nedenle burada gölün sürekli olma veya bozulma durumlarının yanı sıra gölü oluşturan heyelanın yapmış olduğu farklı bir davranış örneği ortaya koyması ile akarsu yatağında heyelan set gölü ve yakın çevresinin gelişimi ve değişimi hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Gaga Gölü Türkiye'deki heyelan set göllerinden farklı bir şekilde meydana gelmiş bir göldür. Gaga Gölü'nün oluşum yapısına benzer göller Sülüklü ve Zinav Göllerini oluşturan heyelan setinin üzerinde de yer almaktadır. Bu göllerin oluşumu basit olarak şöyle ifade edilebilir; hareket eden heyelan kütlesi vadi yatağına doğru sürüklenirken heyelanın eğrisel bir harekete bürünmesi ile kayma düzlemi üzerinde kütlenin kendi içerisinde dönmeye başlaması (rotasyonel hareket), kayma yüzeyi üzerindeki kimi alanlarda yükselmenin gerisinde bir depresyon oluşmasına neden olmuştur. Burada esasen depresyon alanı içerisine kütle üzerindeki akifer kaynaklarından sızan sular birikmeye başlayarak depresyon ortamının sularla dolmasına neden olmaktadır. Böylece burada bir göl meydana gelmektedir (Fotoğraf 16). Gaga Gölü de bu süreci yaşayarak oluşmuş bir heyelan set gölüdür. Yani normal şartlarda bir vadi tabanının tıkanması ile meydana gelen heyelan set gölü değildir.

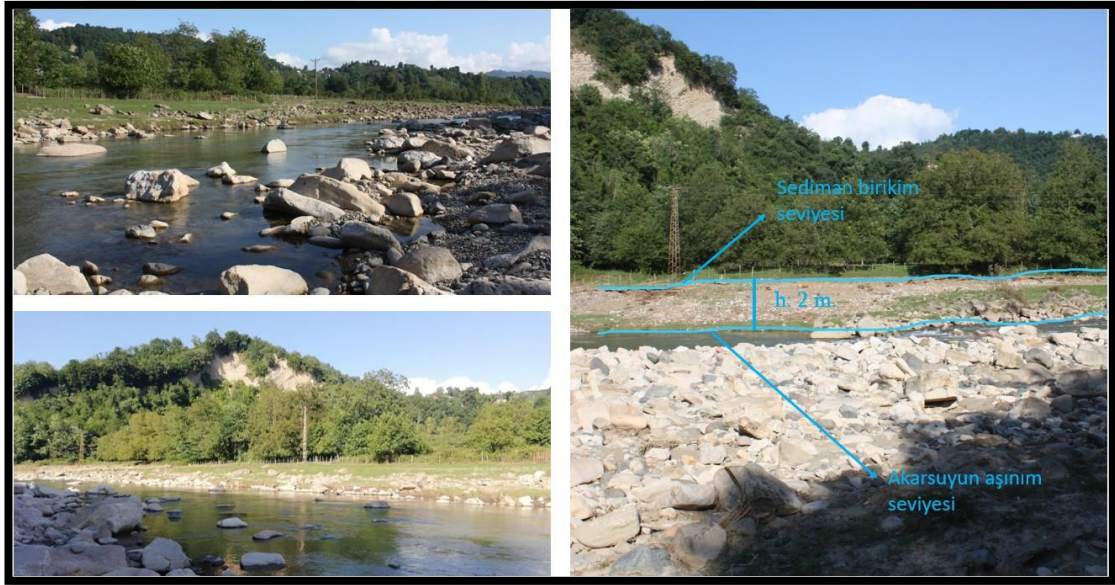


Fotoğraf 16. Gaga Gölü'nü oluşturan heyelan kütlesi, Gaga Gölü ve Bolaman Çayının görünümü.

Gaga Gölü'nün oluşumuna neden olan heyelan olayı sadece Gaga Gölü'nü oluşturmamıştır. Bize göre gölün yakın çevresinde oluşan birden çok depresyon sular tarafından dolarak bu alanlarda daha küçük çaplı göllerin oluşmasına neden olmuştur. Ancak süreç içerisinde gerek beşeri faaliyetler gerekse de evapotranspirasyon nedeniyle etrafındaki diğer göllerin birçoğu kurumuş ya da beşeri faaliyetler tarafından kurutulmuştur. Bugün sahadaki bu alanlarda fındık tarımı yapılmaktadır.

Bu göllerden bir tanesi Bolaman Çayı'nın önünün tıkadığı eski bir göldür ve jeomorfolojik birimlerden bu durum anlaşılmaktadır. Heyelan tarafından ötelenen Bolaman Çayı'nın ötelenme alanı heyelanın tıkanma noktasıdır. Bu tıkanma noktasının gerisinde büyük bir göl alanı meydana gelmiştir. Bu göl alanının burada bir depo oluşturduğu, oluşan bu alan zaman içerisinde Bolaman Çayı tarafından taşınan sedimanlarla dolarak kapanmıştır. Bu durum yaptığımız çalışmalarla anlaşılmıştır. Şekil 63'teki Gaga Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası incelendiğinde Kuvaterner dönemine ait alüvyonların bu eski gölün kıyı çizgisini sınırlayan diğer jeolojik birimlerle temas ettiği görülmektedir. Bu durum Bolaman Çayı üzerinde meydana gelen eski gölün varlığı hakkında bizim ileri sürdüğümüz iddiayı doğrular niteliktedir. Çünkü alüvyon malzemeler ve gölsel tabakalar gölün tıkanma yaptığı ve akarsuyun

taşıdığı sedimanlar tarafından doldurulduğu alanları kaplamaktadır ve bu birimler buradaki eski gölün varlığını doğrulamaktadır. Heyelanın oluşturduğu Bolaman Çayı üzerindeki eski göl ise bir müddet varlığını devam ettirmiş, yerel kaide seviyesi özelliği göstererek gelen sedimanların gölsel bir depo gibi çökelmelerine ortam hazırlamıştır. Ancak göl sedimanla dolduktan sonra Bolaman Çayı yatağındaki akışına devam etmiştir. Göl içerisinden geçen akarsuyun derine aşındırma özelliğinden ötürü ortamdan alınan kot farkı ölçümleri (2 m) ve elde edilen fotoğraflar incelendiğinde aşınımın çok fazla derinleşmemesi ve akarsuyun derine saplanmaması aslında heyelanın bugün kısa bir zaman önce meydana geldiğini ortaya koymaktadır (Fotoğraf 17). Bu oluşum sürecini tam tarihlendirmek için akarsuyun aşındırma gücü ile vadi içerisinde yaptığı aşınım durumu üzerinde yeni deneysel çalışmalar yaparak daha açıklayıcı bilgileri elde etmek gereklidir.



Fotoğraf 17. Gaga Gölü'nü oluşturan heyelan kütlesinin Bolaman Çayı üzerinde oluşturduğu eski göl yatağında akarsuyun aşındırma gücü.

Gaga Gölü'nü doğrudan bir akarsu beslememektedir. Gaga Gölü yer altı suları tarafından beslenmektedir. Gölün suları Bolaman Çayı'na bir gideğen ile bağlanmaktadır. Bu da gölün sularının sürekli değişmesini sağlamakta, berrak, tatlı ve içerisinde yaşam olan bir forma dönüştürmektedir. Aynı zamanda Gaga Gölü'nün batısında hemen ikinci bir göl yer almaktadır. Bu gölün ise herhangi bir gideğeni yoktur sularının bulanık olduğu görülmektedir. Göl aslında Gaga Gölü ile bağlantılı

değildir. Ancak beşerî müdahaleler neticesinde küçük göl ile Gaga Gölü'nün bağlantısı sağlanmıştır. Gaga Gölü'nde 70 m kotunda ve gölün güneydoğu köşesinden batan sular, Bolaman Çayı'nın vadi yatağı içerisinde bir küçük akarsu şeklinde çıkış yaparak Bolaman Çayı'na katılmaktadır (Fotoğraf 18).



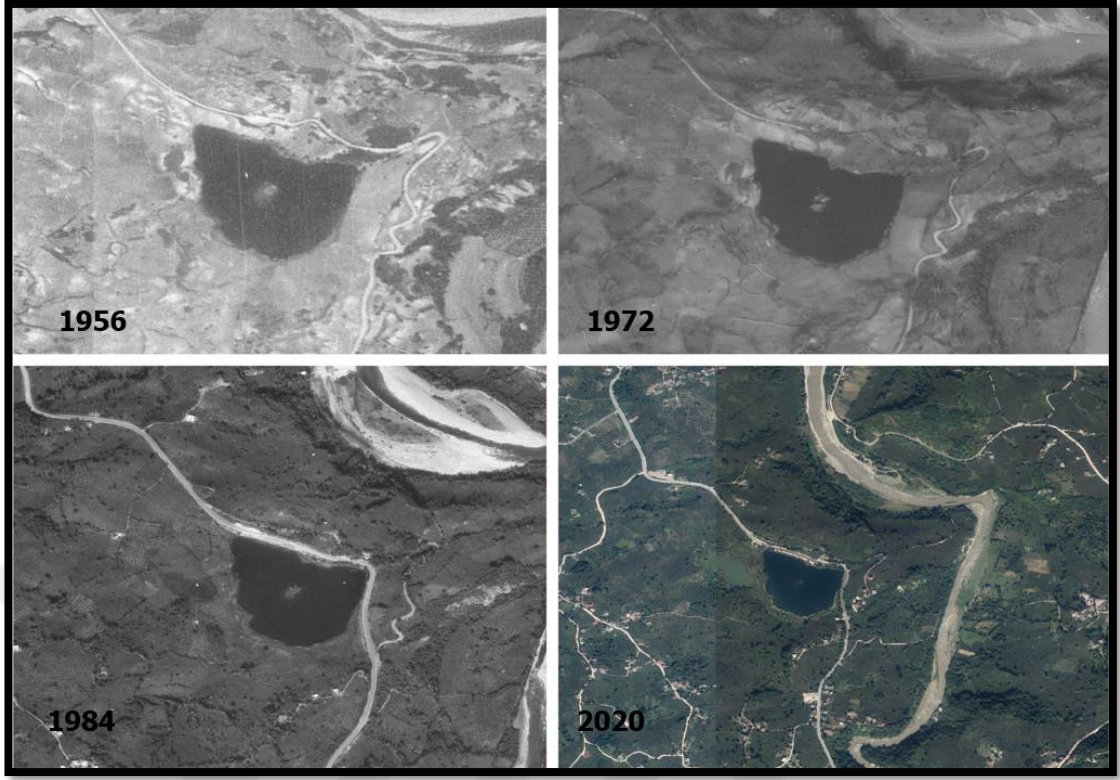
Fotoğraf 18. a) Gaga Gölü'nden sızan suların Bolaman Çayı vadisi içerisinde regolit birimler arasında çıkışı. **b)** Gaga Gölü ayağının battığı en düşük 70 m kot alanı. **c)** Heyelan kütleindeki tabaka durumu, en altta parçalanmış regolit birimler, üstte farklı zamanlarda kütle hareketiyle tabaka arasına giren turbalı yapı.

Gölün etrafında veya yakın çevresinde çok miktarda doğal su kaynakları yer almaktadır. Bu kaynaklar gölü beslemekte ve doldurmaktadır. Yani gölün sediman tarafından taşınıp doldurulmasına neden olacak bir durum söz konusu değildir. Heyelan set göllerinin genel olarak uzun ömürlü olamama durumları çoğunlukla akarsu kabul havzasından gelen alüvyon unsurların akarsuyun taşıma kuvveti ile geçici kaide seviyesi olan bu göllerde birikmeye başlaması ve bu ortamı doldurması ile oluşmaktadır. Böylece göllerin varlığı belirli bir süre sonra son bulmaktadır. Böylesi bir durum Gaga Gölü için söz konusu değildir. Bu gölün ortadan kalkması durumu ancak beşerî müdahaleler ile mümkün olacaktır. Arazi gözlemlerinde bu olasılık tespit edilmiştir. (Şekil 68).



Şekil 68. Gaga Gölü ve yakın çevresinin İHA ile 3 boyutlu modellenmesi

Bütün bu verilerin doğruluğu aşağıdaki veriler ile desteklenmiştir. Şöyle ki; Gaga Gölü ve yakın çevresi üzerinde HGM tarafından elde edilen zaman aralıklı (1953-2020) görüntülerde göl varlığında hiçbir değişim olmadan devam etmiştir. Burada sadece ihtiyaç nedeniyle gölün hemen kuzeyi ve doğusundan Fatsa – Aybastı karayolu geçmektedir. Bu yol ilk görüntülerde set kütlesinin üzerinden daha güvenli bir alandan geçerken daha sonra yenilenme çalışmalarında gölün hemen kıyısına alındığı görülmektedir. Gölün kıyısından yeniden inşa edilen yol araç trafiği ile sürekli işlenmekte ve göl seviyesine yakın olmasından ötürü de yolun altındaki birimler suyu absorbe etmesiyle krip ve yanıl yayılma türünde hareketlere ortam hazırlamıştır. 1984 yılındaki ortofotolarda yolun göl kenarında dar bir alan kaplaması, günümüzde bu alanın gölün kuzeyine doğru genişlemesi buradaki yol yapım çalışmalarını sürekli olarak kontrol ettiğini göstermektedir (Şekil 69).



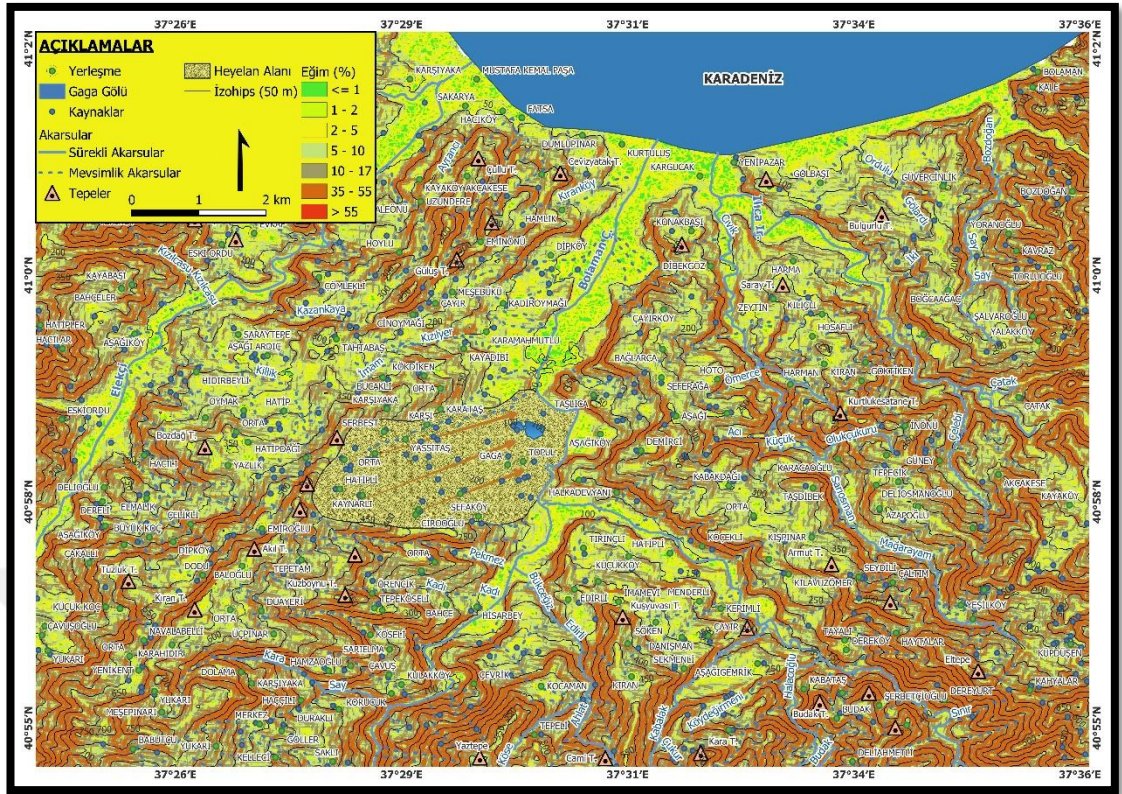
Şekil 69. Gaga Gölü ve yakın çevresinin farklı zaman aralıklarındaki değişimi. Kara yolunun 1984 yılı öncesi gölün hemen kuzeyinden yapılması araç trafiği ve ağırlıktan ötürü Gaga Gölü'ne doğru krip ve yanal yayılmaları tetiklemiştir.

Bu durum Gaga Gölü'nün de üzerinde olduğu kütlenin esasen bir hareketli kütle olmasından ötürü özellikle yolun güneyine yani göle doğru olan kısımlarda eğimden kaynaklı birtakım yanal yayılma veya krip benzeri kütle hareketleri tespit edilmiştir. Burada sadece ihtiyaç nedeniyle yol üzerinde sürekli asfalt tamir çalışmalarının yapılması ve yolda bozulmaların meydana gelmesi yoldaki basınç ve yük etkisinin alttaki zeminin eğim değeri ve göle doğru zemini yumuşatma veya sıvılaştırması sonucu yolda sürekli bozulmalar ve deformasyonlar meydana gelmektedir (Fotoğraf 19).



Fotoğraf 19. a) Gaga Gölü’nün kuzeyindeki Fatsa – Aybastı karayolunda krip ve yanıl yayılma etkisi ile yol kenarı koruyucu bariyerlerde eğilme. **b - c)** Yol üzerinde krip ve yanıl yayılma sonucu deformasyonlar ve asfalt tamiri. **d)** Kütle hareketinin ağaçlar üzerindeki etkisi (yavaş akma-krip)

Gaga Gölü ve yakın çevresinin genel olarak Karadeniz’e oldukça yakın bir alanda olması deniz seviyesiyle rakım olarak büyük farkların oluşmamasına neden olmaktadır. Ayrıca Gaga Gölü bir akarsu üzerinde yer almamasından ötürü sedimanın hareketi, hareket eden sedimanın eğim değeri üzerindeki etkileşimi diğer heyelan set göllerinin aksine bu gölde görülmemektedir. Ancak ortamın eğim değerleri hakkında fikir vermesi adına yine eğim haritası oluşturulmuş ve burada kullanılmıştır (Şekil 70)



Şekil 70. Gaga Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası

4.2.5.3. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi

Gaga Gölü ve yakın çevresi yoğun bir şekilde fındık tarımı yapılan alanlardan oluşmaktadır. Bu durum tarım alanlarına bağlı yerleşmeleri de bünyesinde barındırmaktadır. Bu yerleşim alanları ve buna bağlı turizm ilişkileri ile ilgili bilgiler bu başlık altında sunulmuştur.

Gaga Gölü, Fatsa Çamaş karayolunun 7. kilometresinde konumlanmaktadır. Göl yolun güney kısmında bulunur ve kıyısında yerel bir işletme tarafından işletilen, kafeterya tarzı tesis bulunmaktadır. Bu tesis, yol üzerinde seyahat eden insanlar tarafından sıkça tercih edilmektedir. Gölde, turistik amaçlar için kullanılabilecek deniz bisikletleri ve kayıklar mevcut olmasına rağmen, bu araçlar genellikle kullanılmamakta ve âtil durumdadır.

Gölün çevresi, başta fındık bahçeleri olmak üzere, zengin bitki örtüsüyle çevrilidir. Bölgede fındık tarımı, ekonomik faaliyetlerin ön sıralarında yer alırken, yüksek rakımlı bölgelerde, özellikle gölün güneyindeki Perşembe Yaylası'nda

büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık faaliyetleri yapılmaktadır. Perşembe Yaylası, yayla turizmi açısından da büyük önem taşımakta ve Karadeniz sahilinden gelen yerli ve yabancı turistler için ulaşılabilir bir noktadır. Bu durum, Gaga Gölü ve çevresinin turizm potansiyeline de işaret etmektedir.

Göl ve yakın çevresi, Karadeniz Bölgesi'nin tipik dağınık yerleşim özelliğini göstermekte ve çeşitli mahalleler göl çevresinde yer almaktadır. Fatsa ilçesine yaklaşık 7-8 kilometre mesafede bulunan göl, ulaşım açısından kolay erişilebilir bir konumdadır. Bu durum, bölgedeki yerleşimi ve nüfusu artıran bir faktördür. Bu nedenle bölge turizm olanaklarından daha fazla faydalanılmasına imkân sunacak bir dinamik potansiyeli bünyesinde barındırmaktadır. Buna bağlı olarak sürdürülebilir planlama ve koruma çalışmaları ile gözetim altına alınmalıdır.

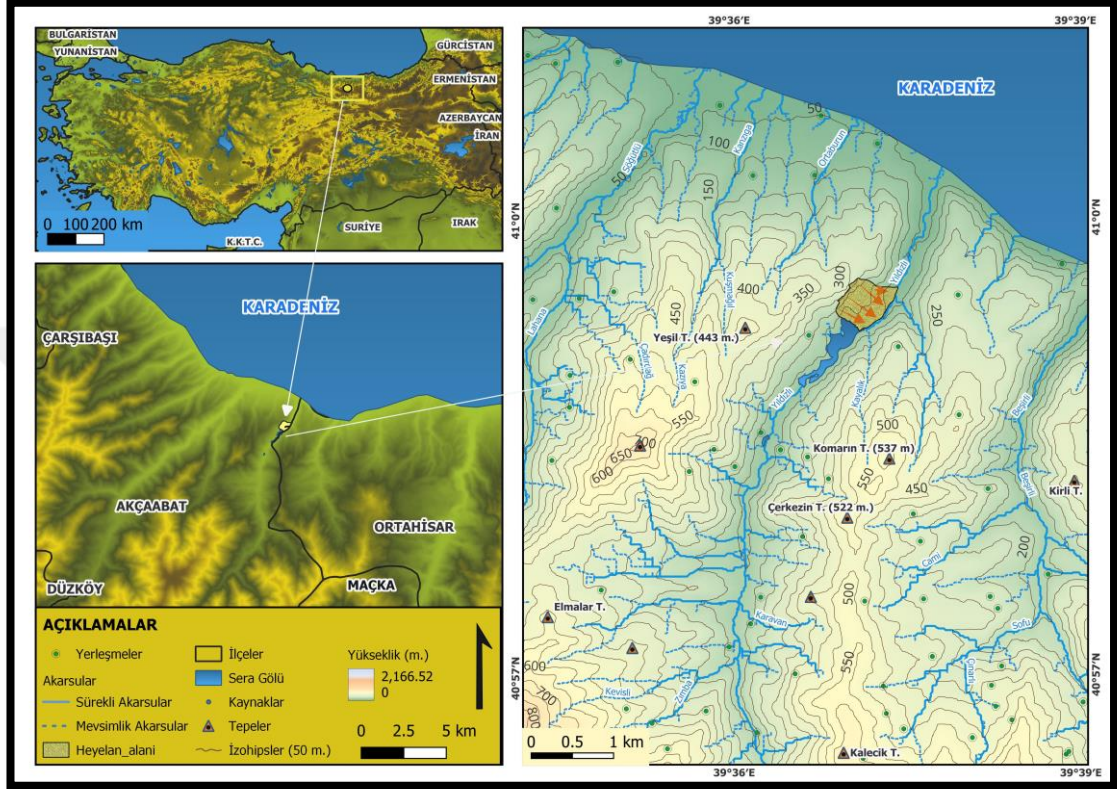
4.2.6. Sera Gölü (Akçaabat/Trabzon)

Bu bölümde, Sera Gölü ve çevresinin fiziki coğrafyası ile insanlarla olan etkileşimi ele alınmıştır. Bu şekilde, göl ve çevresinin daha iyi kavranması sağlanmış ve çalışmanın ilerleyen aşamaları için bir altlık oluşturulmuştur.

4.2.6.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri

Sera Gölü, Trabzon ili Akçaabat ilçesi sınırları içerisinde yer alan bir heyelan set gölüdür. Göl ve çevresi diğer heyelan set göllerine kıyasla çok yakın bir zamanda şekillenmiştir. Gölün oluşmasına sebep olan heyelanı tetikleyen temel etkenler içerisinde ilk olarak dikkate alınması gereken sahanın jeolojik yapısıdır. Buradaki kütleleri harekete geçiren litolojik unsurlar gevşek çimentolu, iri taneli konglomera ve kumtaşı ile kıltaşı birimlerimden oluşmaktadır. Bu litolojik yapıya ilişkin bölgenin iklim durumu da ayrıca heyelanın gelişmesinde etkili olmuştur. Heyelan Beret (1955)'in yaptığı değerlendirme ve çalışmalara göre 21 Şubat 1950 tarihinde meydana gelmiştir. Heyelanın kış mevsiminde oluşması oldukça önemlidir. Özellikle bahara geçiş ortamı olmaya hazırlanan bu dönemde, güneyden esen lodos ve kible yönlü yoğun ılık rüzgârların karların ani erimesine ve iri konglomeralardan meydana gelen killi kireçli birimlerin yumuşak çimentoyla karı emip kütleyi harekete hazır hale getirmesi sonucunda heyelan oluşmuştur. Heyelan, Yeşil T. (443) 'nin

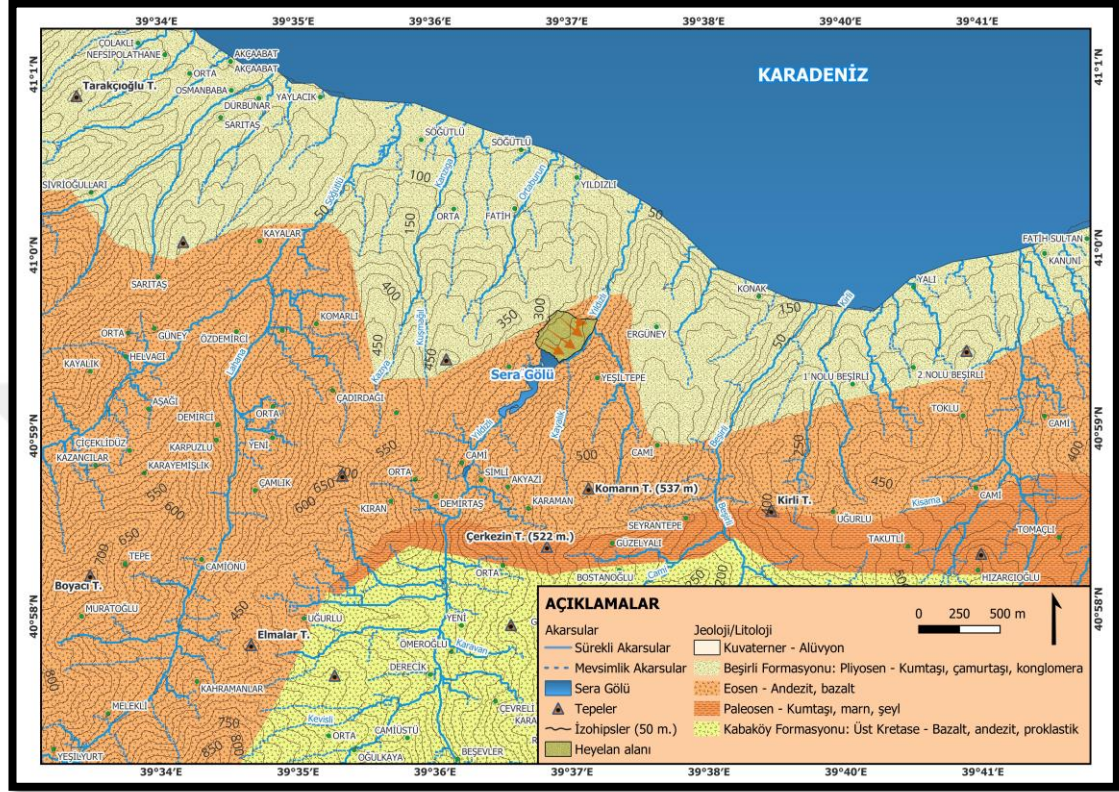
kuzeydoğusundaki yüksek eğim değerine sahip Mavra T. (296 m) seviyelerinden Karadeniz'e doğru ve eğim yönünde hareket ederek Yıldızlı Deresi veya bazı kaynaklarda Sera Deresi de (Beret, 1955) olarak ifade edilen vadinin içini tıkamak suretiyle tamamlanmıştır. Böylece bu setin gerisinde Sera Gölü oluşmuştur (Şekil 71).



Şekil 71. Sera Gölü ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası

Sera Gölü'nün meydana geldiği alanda jeolojik olarak iki formasyon bulunmaktadır. Bu jeolojik formasyonlardan biri Beşirli Formasyonu (Plb) iken diğeri ise Kabaköy Formasyonu (Tk) olarak ifade edilmektedir. Bu birimler içerisinde özellikle heyelanın hareket noktasını ve ayrışmasını oluşturan birimlerden Beşirli Formasyonu, içerisinde gevşek çimentolu, iri taneli konglomera ve az miktarda kumtaşı ve kilaşları seviyelerinden meydana gelmektedir. Yer yer iri andezit veya bazalt çakıl bloklarından oluşan konglomeralar esasen aglomeralarla da benzerlik göstermektedirler. Kısmen iyi derecelenme ve çapraz tabaklanma yapıları görülse de genel olarak aşınma ve kısa mesafede taşınma ile hızlı bir şekilde çökelmiş bir birikim malzemesi görünümü ortaya koymaktadır (Şekil 72). Yaş olarak Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu'nun (Tk) üzerine uyumsuz olarak gelmesi ve kumlu-killi seviyelerde

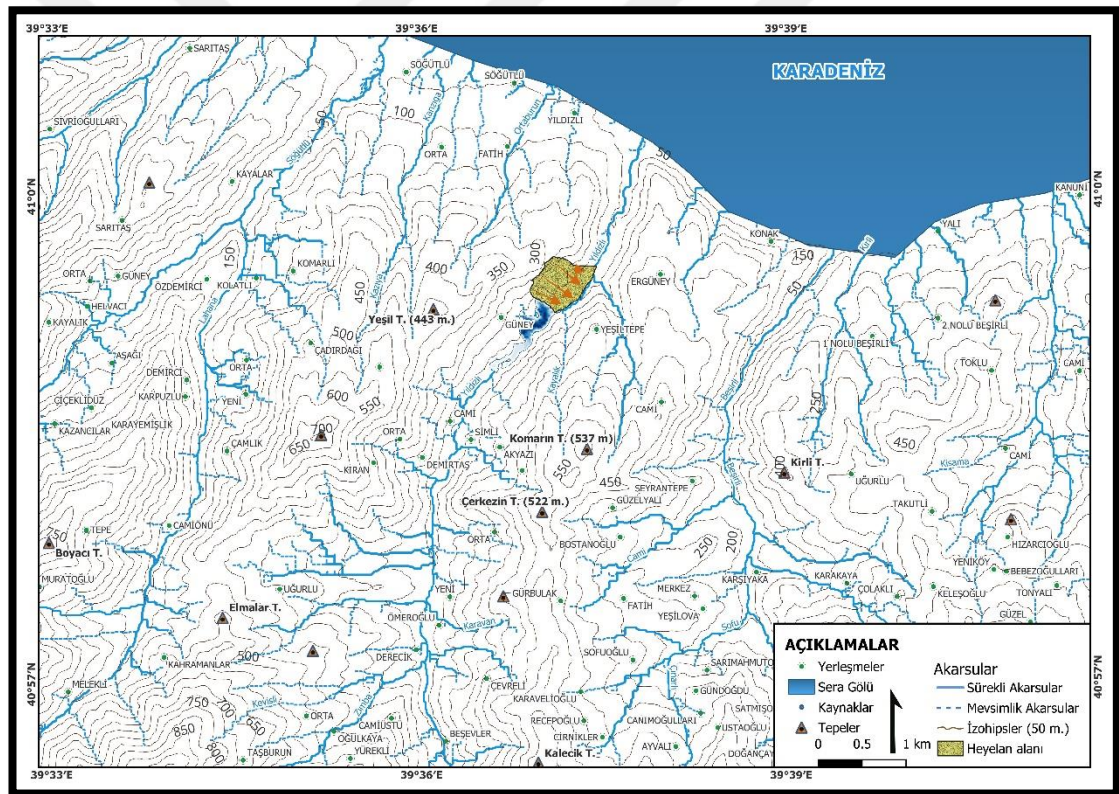
taşınmış olmasıyla ilgili belli birkaç fosil ile bu birime Pliyosen yaşı verilmiştir. Beşirli Formasyonu'nun (Plb) malzemesi tümüyle Kabaköy Formasyonu'ndan oluşmaktadır (Güven, 1998).



Şekil 72. Sera Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası

Sera Gölü ve yakın çevresindeki bir diğer jeolojik birim ise Kabaköy Formasyonu'dur. Esasen Beşirli Formasyonu'nu Kabaköy Formasyonu'ndan ayıran birimlerle meydana getirmiştir. Bu birim kırıntılı çökeltilerle başladıktan sonra Kabaköy Formasyonu ismiyle isimlendirilmiştir (Güven, 1993). Bu birim 700 m kalınlığa sahiptir. Geç Kretase yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ile açılmal uyumsuzluk ile gelen Kabaköy Formasyonu kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn ara tabakalar içeren masif ve kalın tabakalanma gösteren bol ojit ve hornblendli, andezit ve bazalt lavların yanı sıra proklastik malzemeler ile oluşan volkano-tortul istif olarak görülmektedir (Güven, 1998). Sera Gölü ve yakın çevresinde özellikle Sera Gölü'nü oluşturan Yıldızlı (Sera) Deresi'nin kaynak alanında farklı jeolojik birimler üzerinden akış göstererek göle ulaşmaktadır. Burada özellikle Paleosen kumtaşı, marn ve şeyller'in

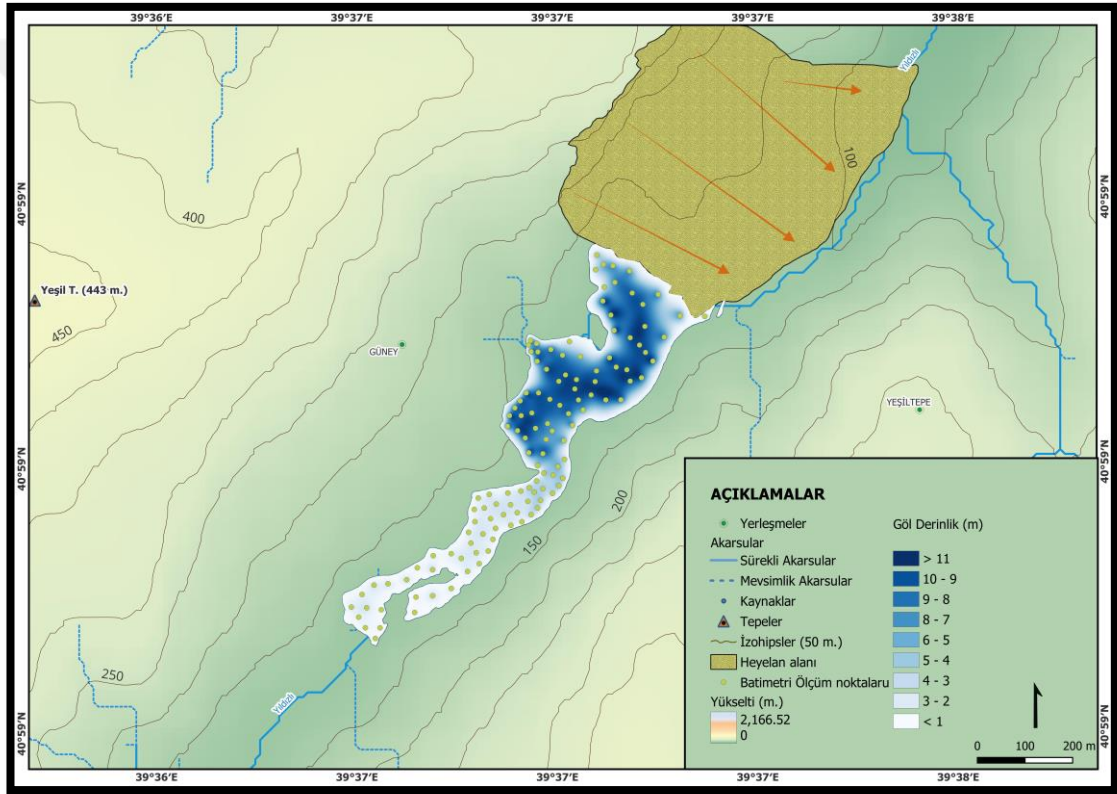
Sera Gölü ve yakın çevresinde farklı akarsular genel olarak paralel drenaj ile Karadeniz'e ulaşmaktadır. Bu akarsular mevsimlik ve sürekli olmak üzere oldukça fazla sayıda ve kısa mesafede akış göstermektedir. Bu doğrultuda ortam da bu akarsular tarafından aşındırılmaktadır. Özellikle Sera Gölü'nü oluşturan Yıldızlı Deresi kabul havzası ile Sera Gölü ve gölün etrafı Yıldızlı Deresi'ne göre kontrol edilmektedir. Yıldızlı Deresi büyük bir kabul havzasına (118 km²) sahiptir. Bu da gölün hızlı bir şekilde taşınan sedimanlar tarafından kapanıp dolacağı anlamına gelmektedir. Ancak çalışma alanlarında farklı litolojik birimlerin yüzeylenmesi akarsuyunda aşındırma ve sediman taşıma durumunu buna göre etkilemektedir (Şekil 73).



Göle gelen sedimanların engellenmesi ve gölün sularının kontrol edilmesi için Yıldızlı Deresi 97 m kotunda yapay olarak setlenmiştir ve sediman birikimi bu geçici kaide seviyelerinde tutularak gölün dolması engellenmeye çalışılmıştır. Ancak buna rağmen yine de Sera Gölü'nü Yıldızlı Deresi'nden gelen sedimanların doldurduğu

gölün batimetri hatırasından anlaşılmaktadır. Gölün güneyi özellikle 2 – 3 m derinlik seviyesindedir. Bu da bu gölün hızlı bir şekilde dolduğunun göstergesidir.

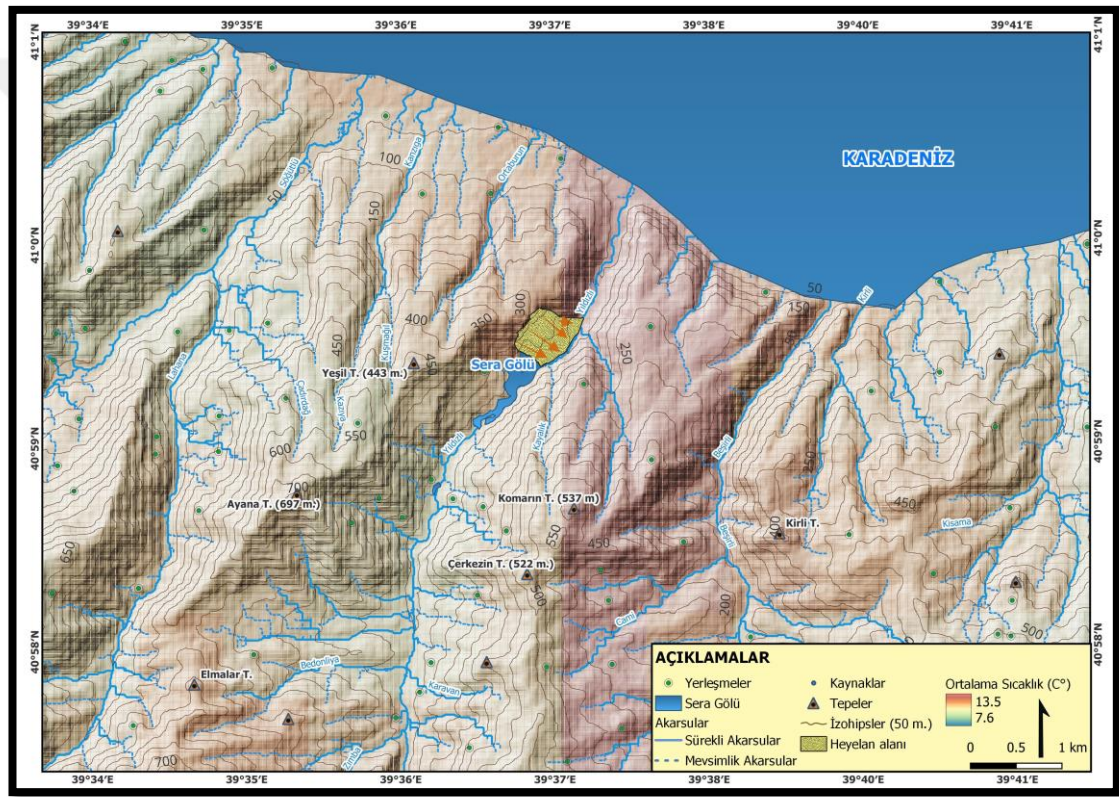
Sera Gölü'nün en derin yeri gölün kuzeyinde 11 m olarak ölçülmüştür. Gölün derinliği kuzeyden güneye doğru gidildikçe azalmaktadır. Çünkü sediman birikimi güney kesimde oldukça fazladır. (Şekil 74). Özellikle gölün kuzeybatısında en derin kısımlar ölçülmüştür. Gölün güneyi sık ve devrilen ağaç gövdeleri ile doludur. Gölün suyu ayrıca dikkat çekicidir. Su oldukça koyu renkli ve kokuludur. Bu durumda aynası küçük olan ve yersel bakımdan önem taşıyan bu göl suyu üzerinde analiz yapılmasına yönelik ihtiyaç olduğu kanaatindeyiz.



Şekil 74. Sera Gölü batimetri haritası.

Sera Gölü ve yakın çevresinin iklimi; Sera Gölü, Akçaabat ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Sera Gölü ve yakın çevresi için MGM'den elde edilen verilerde Akçaabat ilçe merkezi verileri kullanılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Akçaabat ilçe merkezinde 1963'ten beri yaklaşık 50 yıllık bir veri ile değerlendirme yapılmıştır. Bu kapsamda Akçaabat ilçesi için ocak ayı sıcaklık değerleri genel olarak 7,1°C olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar ile temmuz ve ağustos ayları bölgenin

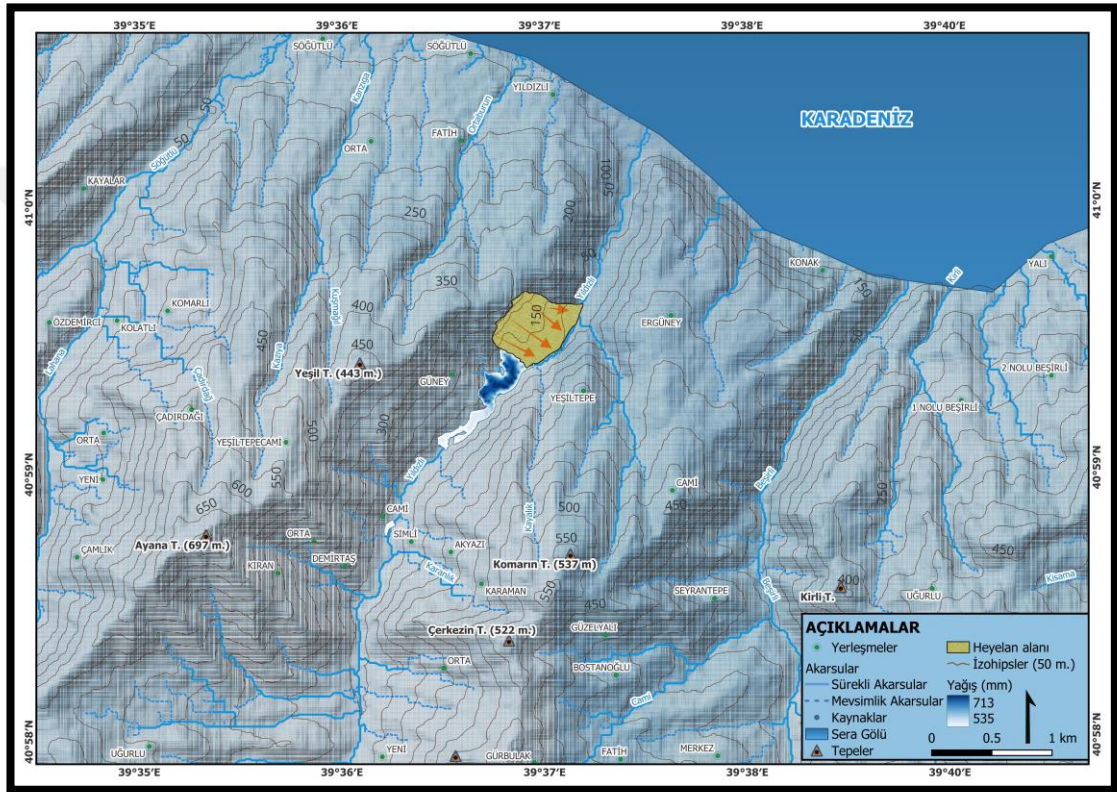
en sıcak ayları olarak görülmüştür. Ortalama sıcaklık bu aylarda 23,5°C olarak hesaplanmıştır. Veri setinde kaydedilmiş bu periyot içerisindeki en düşük sıcaklık değeri 3,4 °C olarak 1976 şubat ayı içerisinde ölçülmüştür. Öte yandan veriler içerisinde en yüksek sıcaklık değeri ise 2010 ağustos ayı içerisinde 26,7 °C olarak belirlenmiştir. Sera Gölü ve yakın çevresinde genel olarak ılıman bir iklim görülmektedir (Şekil 75). Fick ve Hijmans (2017) tarafından 1970-2000 yılları arasındaki raster veri setlerinden elde edilen veriler tarafımızca kullanılarak sıcaklık haritası oluşturulmuştur. Bu verilere göre, Sera Gölü ve yakın çevresinde en yüksek ortalama sıcaklık 13,5°C, en düşük ortalama sıcaklık ise 7,6°C olarak tespit edilmiştir.



Şekil 75. Sera Gölü ve yakın çevresinin sıcaklık haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).

Sera Gölü ve çevresinin yağış verileri MGM'nin uzun yıllar kayıtlarına göre şu şekilde ifade edilebilir; bu sahada ocak ayı ortalama 23,3 mm yağış ile en yağışlı dönem olarak belirlenirken, temmuz ayı ortalama 12,2 mm yağışla yağışın en az olduğu ay olarak gözlemlenmiştir. İncelenen 1963-2022 yılları arasında verilere göre 2010 kasım hiç yağış alınmadan (0,0 mm) kayıtlara geçmiştir. Diğer yandan, en yüksek

yağış miktarı 1989 ekim ayında 90,7 mm olarak kayda geçmiştir. Aylık ortalama yağış miktarları mevsimsel değişiklikler göstermesinin yanı sıra, Karadeniz Bölgesi'nin yağış rejiminin anlaşılmasına olanak tanımaktadır. Fick ve Hijmans (2017) tarafından 1970-2000 yılları arasındaki raster veri setlerinden elde edilen veriler tarafımızca kullanılarak yağış haritası oluşturulmuştur (Şekil 76). Bu verilere göre, Sera Gölü ve yakın çevresinde en yüksek ortalama yağış değeri 713 mm, en düşük ortalama yağış değeri ise 535 mm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 76. Sera Gölü ve yakın çevresinin yağış haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den faydalanılarak çizilmiştir).

Heyelan riskinin değerlendirilmesinde yağış miktarının yanı sıra, yağışın karakteri de önemli bir faktördür. Özellikle kar yağışı ve karın yerde kalış süresi heyelan oluşum sürecinde belirleyici olabilmektedir. Akçaabat üzerinden gerçekleştirilen değerlendirmelere göre, kar yağışı genellikle en az bir gün yerde kalmakta ve bu birçok farklı ayda karşımıza çıkmaktadır. Ancak kayıtlara göre kar en uzun süre 1985 şubat ayında 18 gün boyunca yerde kalmıştır. Karın yerde kalış süresi

ve erimesi ile ilişkili olarak, Sera heyelanının da şubat ayında meydana gelmesi, bölgesel risk değerlendirmelerinde önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir.

Çalışma alanına en yakın istasyonlar olan Akçaabat ve Trabzon istasyonlarında kar örtülü gün sayıları incelenmiştir. Heyelanın 1950 yılında gerçekleşmesinden dolayı, Akçaabat ilçesine ait uzun yıllara dayanan meteoroloji bültenleri değerlendirilmiştir. MGM (1974)'e göre, Akçaabat ilçesinde 1950, 1953, 1964 ve 1970 yıllarına ait meteorolojik gözlemlerin ortalama değerleri incelendiğinde, en fazla karla örtülü gün sayısının 38 gün ile kasım ayında olduğu kaydedilmiştir. Heyelanın gerçekleştiği şubat ayında ise ortalama karla örtülü gün sayısı 2,4 olarak kaydedilmiştir. Bu verilere göre, kış mevsiminde uzun süre yerde kalan karın şubat ayı içinde yoğun bir şekilde erimesi, kütle hareketlerini tetiklemiştir.

Trabzon istasyonunda karla örtülü gün sayıları ise genel olarak her yıl ocak ve şubat aylarında olup, 1964 ve 1985 yıllarında 15 gün boyunca yerde kalmıştır. En fazla karla örtülü gün sayısı, 1964 yılının ocak ayında 15 gün olarak, 1985 yılının şubat ayında ise 15 gün olarak kaydedilmiştir.

Sera heyelanı, heyelanların atmosferik süreçlerden ne ölçüde ve nasıl etkilendiğinin açık bir örneğidir. Özellikle 21 Şubat 1950'de gerçekleşen bu olay, bölgedeki kar erimelerinin jeolojik birimler üzerindeki çözücü ve harekete geçirici etkilerini ortaya koymaktadır. Ocak ve şubat aylarında karın yerde daha uzun süre kalması ve şubat ayında heyelanın meydana gelmesi, bu dönemlerde bölgede kütle hareketlerinin oluşumunda kar yağışının etkisini göstermesi açısından önemlidir. Yani kar yağışı, karın yerde kalma süresi ve diğer etkenlerin birleşmesiyle heyelan olayını artırıcı bir etkiye sahiptir.

4.2.6.2. Sera Gölü (Akçaabat/Trabzon) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular

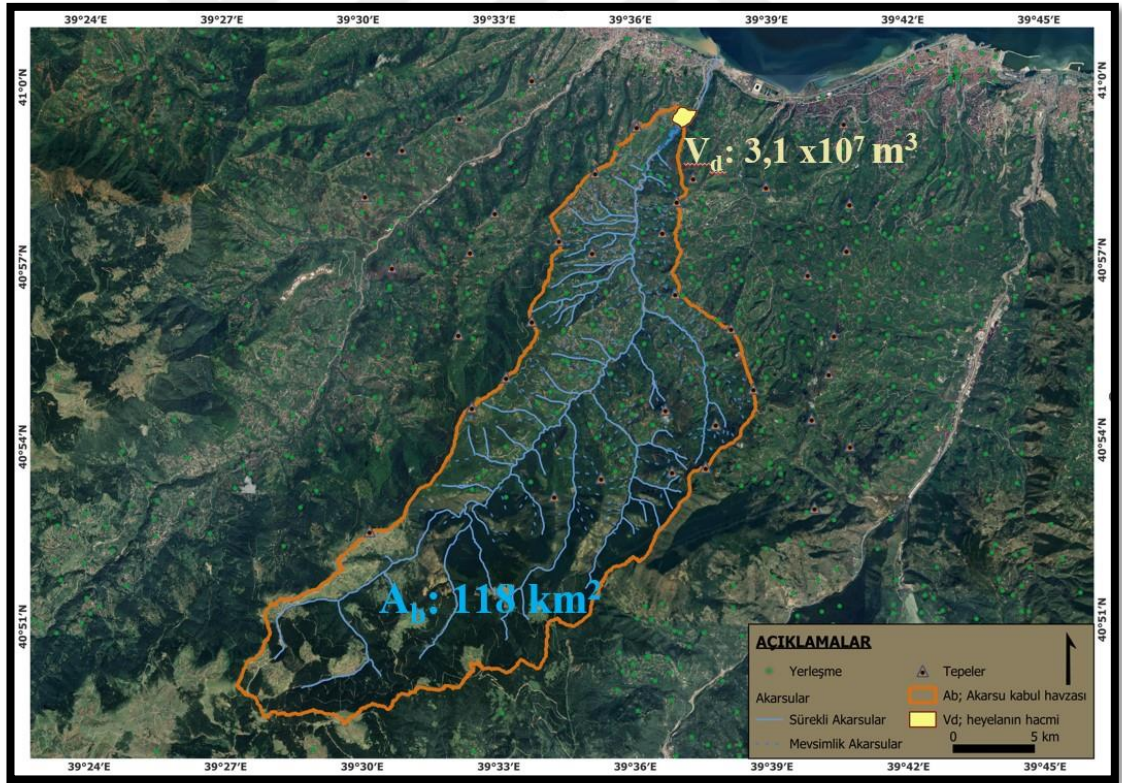
Sera Gölü, incelenen set gölleri içerisinde en yakın tarihte meydana gelen veya geldiği bilimsel çalışmalar ile delillenen ve bu durumu gösterir nitelikte yayınların varlığı ile dikkat çekmektedir. Bu araştırma ile 1950 yılında meydana gelen Sera Heyelanı sonucu oluşan Sera heyelan set gölünün sürekli olma durumu veya setin bozulmasıyla gölün ortadan kalkma durumları üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu değerlendirmeler farklı jeomorfolojik indisler özelinde set göllerinin farklı parametreleri ile yapılan hesaplamalar sonucu belirlenmeye çalışılmıştır.

Göl ile ilgili olarak jeolojik, jeomorfolojik, iklim koşulları Sera Gölü'nün Fiziki Coğrafya Özellikleri başlığı altında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu yüzden burada detaylı bir şekilde bahsedilmeden indisler boyutunda değerlendirme yapılacaktır.

4.2.6.2.1. Sera Heyelan Set Gölü'nde Blokaj İndisine İlişkin Bulgular

Sera Gölü'nde yapılan çalışmalar ile heyelan setinin hacmi ölçülmüştür. Yapılan bu ölçümler de diğer göllerdeki ölçümlerle ve yapılan hesaplamalar ile benzer yöntemler kullanılmıştır. Blokaj indisinin çalışma prensibi, heyelan set kütlesini oluşturan setin hacmi ve setin gerisinde gölü oluşturan akarsuyun kabul havza alanı ilişkisine dayanmaktadır (Şekil 77).



Şekil 77. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi

Elde edilen sonuçlara göre, Sera Gölü'nün meydana gelmesine yol açan heyelanda vadiyi kapatan malzemenin hacmi 31054110 m³ olarak belirlenmiştir. Bu

miktar, harita ve çizelgelerde $3,1 \times 10^7 \text{ m}^3$ şeklinde ifade edilmiştir. Sera heyelan set gölü, güneyden gelerek kuzeyde Karadeniz'e dökülen Yıldızlı Deresi'nin sularını bu alanda depolar ve depolanan bu suların önündeki kütleye oluşturacağı baskı ile gölün sürekliliği bakımından önemli bir etkindir. Gölün oluşmasındaki ana su kaynağı Yıldızlı Deresi'dir. Ancak göle doğu ve batıdan farklı sürekli ve mevsimlik akarsuların da katılmasıyla Yıldızlı Deresi kaynaklarını güçlendirir. Bu kaynak ağı veya kabul havzası 118 km^2 ile oldukça geniş bir alanı kaplamaktadır. Bu alanın hesaplanmasında QGIS yazılımı ile gerçekleştirilen hidrolojik analizler kullanılmıştır. Ulaşılan veriler ile $BI = \log(V_d/A_b)$ formülü kullanıldığında, Sera Gölü'nün Blokaj İndeksi (BI) 5,42 olarak hesaplanmıştır.

$$BI = \log (31054110/118) = 5,42 \quad (26)$$

Sera Gölü'nün hesaplanan blokaj indisi değeri (5,42) $3,00 < BI < 5,68$ aralığına tekabül etmektedir. Bu aralığa denk gelen göller ***Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri*** sınıfında değerlendirilmektedir (Tablo 3). Sera Gölü'nün kararsız ya da oluşmamış göl sınıfında değerlendirilmesi jeomorfolojik gözlemler ile bu sınıfta olduğunu doğrulamaktadır. Ancak alınan beşeri önlemler ile gölün kararlı olarak varlığının sürdürülmesi sağlanmıştır. Bu sürecin kontrolünde akarsu kabul havzasında yapılan farklı setler kullanılmış, bu setler ile göle gelen ve gölü dolduran sedimanlar engellenmeye çalışılmıştır. Bu durumda bile gölün batimetri haritası incelendiğinde gölün güneyine doğru sediman birikimi fazla olup yaklaşık olarak gölün yarısı 2 – 3 m derinliğe sahiptir. Bu durum göstermektedir ki akarsu göle gelmeden önce farklı setlemeler ile kontrol edilmeye çalışılmasına rağmen bu alan yoğun sedimanlar tarafından doldurulmuş ve gölün derinliği sığlaşmıştır.

4.2.6.2.2. Sera Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular

Sera Gölü'nün sürekli olması veya gölün bozulup yok olma durumu üzerine yapılan bir başka değerlendirme ise Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisidir. Bu indis heyelan setinin hacmi ile setin gerisinde biriken suyun hacmi arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Sera Gölü'nde elde edilen veriler değerlendirildiğinde gölü oluşturan heyelan setinin hacminin yaklaşık olarak (V_d) 31054110 m³ olduğu belirlenmiştir. Setin gerisinde birikim yapan su kütlesinin hacmi ise göl üzerinde yapılan derinlik ölçümlerinin sayısallaştırılarak QGIS ortamında enterpolasyon edilmesiyle elde edilmiştir. Buna göre Sera Gölü'ndeki su kütlesi (V_1) 912500,4 m³ olarak belirlenmiştir. Ulaşılan bu veriler Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisi formülü üzerinde yerine konulduğunda $II = \log (V_d / V_1)$ Sera Gölünün II değeri şu şekildedir;

$$II = \log (31054110/912500,4) = 1,53 \quad (27)$$

Sera Gölü ile ilgili olarak II değeri hesaplama sonucunda 1,53 olarak belirlenmiştir.. Casagli ve Ermini (1999) ve Korup (2004) tarafından oluşturulan sınıflandırma tablosu dikkate alındığında Sera Gölü için belirlenen hapsolmuş su indisi değeri 1'in üzerinde olmasından ötürü bu göl **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında değerlendirilmektedir. Burada heyelanın hacmi ve bu hacme göre gölün hacim değeri ve uygulayacağı basınç etkisi dikkate alındığında bu iki parametreye ve mevcut şartlara göre gölün kararlı olarak uzun süre varlığını sürdürmesi beklenmektedir. Yıldızlı Deresinin kabul havzasının büyük olması ve gölün özellikle de güneyindeki alanların yoğun sediman ile dolmuş olması gölün içerisindeki su hacmini etkilemektedir. Gölün güneyinin oldukça sığ olması ve bünyesindeki su kütlesinin azalması II sonuçlarında kararlı oluşmuş heyelan set gölleri sınıfında yer almasına etkili olduğu da söylenebilir.

Yıldızlı Vadisi boyunca yapılan setlemeler kontrol edildiğinde Sera Gölünden bir önceki setlemenin sadece göl formu oluşturduğu bunun dışındakilerin hemen hemen hepsi sedimanlar tarafından doldurulduğu gözlenmiştir. Yıldızlı Deresinin uzun bir periyoddan akışa geçtiği ve eğim değeri arasındaki ilişkiye göre akarsuyun aşındırma gücü ve sediman taşıma potansiyelinin yüksek olduğu söylenebilir. Böylece

setlemelerin dolmuş olması ve ayrıca gölün de güneyinin yoğun olarak sediman dolgusu olması akarsuyun gücünü ortaya koymaktadır.

Bu gölün kararlı oluşmuş heyelan set gölleri sınıfı içerisinde değerlendirilmesi göl havzasında yapılan çalışmalar ile yakından ilgilidir. Nitekim Sera Gölüne sedimanların doğrudan ulaşmasına engel olmak için vadi boyunca Yıldızlı Deresinin Sera Gölüne ulaşmadan öncesinde yapılan setlemeler ile sedimanlar burada kontrol altına alınmak istenmiştir. Bu setlemeler Yıldızlı Deresi vadisi boyunca farklı kotlarda yapılmıştır. Özellikle Yıldızlı Deresi vadisi boyunca oldukça fazla yerleşme alanlarının yer alması bu alanlarda vadinin ıslah çalışmaları ile derenin kontrolü ayrıca DSİ tarafından incelenmiş ve değerlendirme yapılarak uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

4.2.6.2.3. Sera Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular

Sera Gölü'nün sürekliliği veya bozulması ile ilgili önemli bir ölçüt ise heyelan setinin yüksekliğinin çalışma prensiplerine dahil edildiği Boyutsuz Blokaj İndisidir. Bu indis kapsamında Sera Gölü üzerinde yapılan değerlendirmeler dikkate alındığında ilk olarak elde edilmesi gereken parametreler değişkenlik göstermektedir. Burada kullanılacak parametreler heyelan setinin hacmi (V_d), setin tıkanma yaptığı ve suyu biriktirdiği alandan kaynak noktasına kadar olan kabul havzasının alanı (A_b) ve heyelan setinin yüksekliğidir (H_d). Bu etkenler ile DBI ile gölün oluşum şartları izah edilmeye çalışılmaktadır. Heyelan setinin yüksekliğini elde edebilmek için heyelan setinin vadi içerisinde doldurduğu en yüksek kot noktası ile heyelanın en alçak kotta yer alan topuk noktası arasındaki yükselti farkı ile bu değere ulaşılmaktadır (Şekil 78).



Şekil 78. a) İHA verisi ile üretilen 3B nokta bulutu modelinde alanın gösterimi. **b)** İHA fotoğrafı ile alanın gösterimi.

DBI indisinin hesaplanmasında kullanılan formülde bu değerler yerine konulduğunda;

$$DBI = \log (118 \times 115 / 31054110) = 2,64 \quad (28)$$

DBI = 2,64 değeri elde edilmiştir. Bu değer ile Sera Gölü **Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 5).

4.2.6.2.4. Sera Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları

Sera Gölü'nün oluşmasına ortam hazırlayan Yıldızlı Deresi vadisi genişliğinin medyan değeri 209,7 olarak tespit edilmiştir. MOI'nin hesaplanmasında heyelanın hacim değerinin yanı sıra vadi genişliğinin de oranlanmasıyla bu değerlerin log 10 tabanına göre değerlendirilmesi yapılarak bir sonuç elde edilmiştir. Bu değerler formül üzerinde yerine konulduğunda;

$$MOI = \log (31054110 / 209,7) = 5,17 \quad (29)$$

Sera Gölü için MOI değeri 5,17 olarak hesaplanmıştır. MOI değeri ile elde edilen eşik değerleri karşılaştırıldığında Sera heyelan set gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** kategorisinde yer almaktadır (Tablo 6).

Sera Gölü vadisinin genişliği heyelanın vadiyi tıkamasından sonra özellikle heyelan setinden itibaren akarsuyun heyelanın topuk kesiminde aşındırmaya başladığı alanlarda erozyon faaliyetlerini engellemek ve vadi genişliğini kontrol altında tutabilmek için heyelan setine kontrollü bir dolu savak inşa edilmiştir. Bu savak üzerinden göl suları kontrol edilmekte ve oluşabilecek olumsuzluklar engellenmeye çalışılmaktadır.

4.2.6.2.5. Sera Gölünün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulguları

Sera Gölü'nün kararlılık durumu veya bozulma eğilimi hakkında bilgi sağlayan başka bir gösterge ise Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSI)'dir. Bu indis, gölün bulunduğu vadinin akarsu yatağının eğimini bir değerlendirme parametresi olarak kullanılmaktadır. Bu eğim, akarsuyun erozyon ve sediman taşıma kapasitesi hakkında önemli sonuçlar ortaya koymaktadır.

Eğim değerlerini analize katmak, akarsuyun sediman taşıma kapasitesi hakkında kritik tahminler ve düşünceler ortaya koyabilmektedir. Bir akarsu tarafından taşınabilecek sediman miktarı ve bu durumun gölün dolup kapanmasına olan etkisi eğim değerleri ile yorumlanabilmektedir. Bu nedenle, Yıldızlı Deresi ve çevresinin eğim analizi, dere ve çevresinde jeomorfolojik hareketleri anlamaya yardımcı olmak için önem taşımaktadır. Bu kapsamda, dere ve yakın çevresinin eğim durumunu değerlendirmek amacıyla eğim haritasına (Şekil 79) yer verilmiştir.

Sera Gölü'nün yoğun yerleşim alanları içerisinde bulunması ve ayrıca gölün ortamda boşalarak alanı tehdit etme potansiyeli taşımasından ötürü bu sahaya beşeri müdahaleler yapılmıştır. Yıldızlı Deresi farklı kotlarda setlenmiş ve su kontrol altına alınmaya çalışılmıştır.

4.2.6.3. Sera Gölünün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Değerlendirmesi

Sera Gölü indislerden elde edilen sonuçlara göre varlığını kararlı olduğunu belirtir sonuçlar elde edilse de kararsız ya da belirsiz olduğunu ifade eden indis sonuçlarına da ulaşılmıştır. Ancak bu gölde üç indis (eğim ve kabul havzası ve set yüksekliği işin içerisine dahil edildiği indisler olan) BI, DBI ve HDSI'de kararsız bir durum ortaya koymaktadır. Sera heyelan set gölü özellikle kabul havzası 118 km² alandan su toplayarak tam kaide seviyesi olan Karadeniz'e ulaşmadan 45 m yükseklikte vadi tabanının tıkanması sonucu meydana gelmiştir. Vadi tabanının bu kadar taban seviyesine yakın olması ve de bu kadar büyük bir kabul havzasına sahip olması gölün kararsız bir şekilde çabucak dolarak kapanacağı anlamını taşımaktadır. Ancak göl beşeri müdahaleler yapılarak kontrol edilmeye çalışılmış, gölün sediman dolgu ile dolan kesimleri olan gölün güneyi zaman zaman temizlenmiş, ayrıca göle gelen sedimanı durdurmak ve göle girmeden depolamak için kabul havzasında menbaya doğru farklı setlemeler yapılmıştır.

Sera Gölü 1950 yılında gerçekleşen kütle hareketleri sonucunda meydana gelmiş ve o günden bugüne kadar gölün kıyı çizgi alanı 25.6 ha'dan 13.5 ha'a kadar gerilemiştir. Neredeyse gölün yarısı taşınan sediman tarafından dolmuştur. Bu taşınım beşerî faaliyetlerle engellenmemiş olsaydı şimdi göl yerinde kalın akarsu taraçaları ile oluşmuş bir vadi içi alüvyal düzlük meydana gelecekti.

Yoğun bir şekilde her mevsim dönüşlerinde vadi içi temizlenmekte ve gölde turizm faaliyetleri yapılmaktadır. Sera Gölü özellikle bölgeye yoğun talep gösteren Arap turistlerin uğrak yeridir. Bu yüzden havzada beşerî müdahaleler 2015 yılından sonra yoğun olarak dikkat çekmektedir. Akarsu vadi tabanındaki taşkın yatağı üzerinde mesire alanları oluşturulmuştur. Yine hareket eden kütlenin yaklaşık 20 m kot farkında göle kuş uçuşu 200 m mesafede büyük bir otel işletmesi kurulmuş ve hizmet

vermektedir. Tüm bu ekonomik getirilerin olması Yıldızlı Deresi vadisi içerisindeki Sera Gölü'nü ve gölün yakın çevresini korumaya ve kontrol altına alma mecburiyeti getirmiştir (Fotoğraf 20).



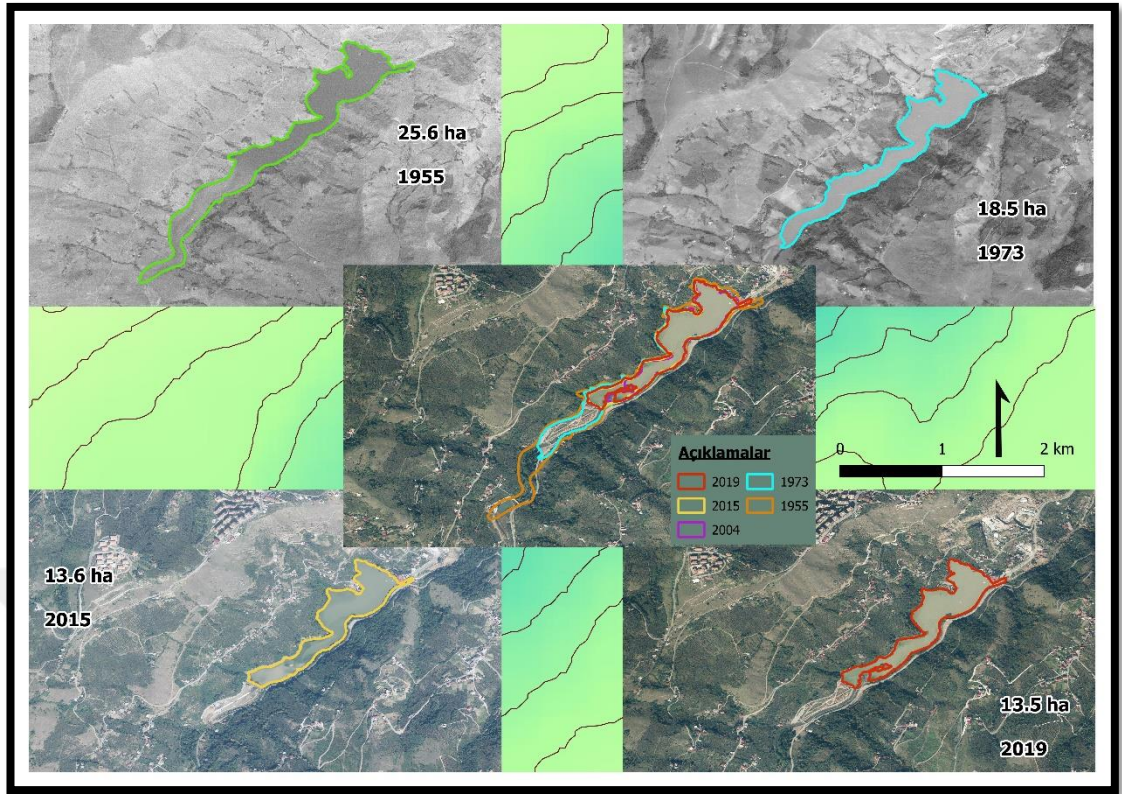
Fotoğraf 20. a) Sera Gölü'nden gölün batısında Yeşil T. (443 m) üzerinde Sera Oteli, b) Göl'deki turizm faaliyetleri ve kopan kütlenin taş noktası, c) Sera Gölü turizm tesisleri, restuarant ve turizm faaliyetlerinin görünümü.

Sera Gölüne akarsular ulaşmadan önce farklı noktalarda çokça set yapılmış ve akarsuyun gelen yoğun sedıman unsurlu birimleri tutulmaya çalışılmıştır. Ancak bu setler kısa sürede dolmuş ve işlevini yitirmiştir. Özellikle son set üzerinde yoğun bir şekilde temizlik ve derinlik oluşturulmakta ve Sera Gölüne taşınan sedımanlar engellenmeye çalışılmaktadır. 2019 yılından sonra set ile göl arasında yer alan yoğun bitki örtülü ortam ikinci bir setleme ile vadi daha kontrollü bir hale dönüştürülmüştür (Fotoğraf 21).



Fotoğraf 21. Yıldızlı Deresi Sera Gölü'ne ulaşmadan önce farklı kot seviyelerinde setlenmiş ve sediman buralarda tutulmaya çalışılmıştır. Bu set her yıl düzenli olarak temizlenip boşaltılmaktadır.

Sera Gölü'nde HGM'den elde edilen farklı zaman aralıklarına (1955, 1973, 2004,2015, 2019) ait görüntüler üzerinden göldeki zamansal ve mekânsal farklılıklar da belirlenmiştir. Özellikle gölün kıyı çizgisindeki değişim ve heyelan set göllerinin zaman içerisindeki değişiminin en güzel örneklerini ortofotolar yardımı ile Sera Gölü'nde görmek mümkündür (Şekil 80).



Şekil 80. Sera Gölü'nün 1955,1973,2015,2019 yıllarına ait kıyı kenar çizgisi ve alansal değişimi

Bize göre 118 km² kabul havzasından büyük bir akarsu olan Yıldızlı Deresi'ni Karadeniz'e taşıyan bu vadi afet riski taşımaktadır. Ortofotolardan da görüldüğü üzere göl 1955 yılında yaklaşık 25.6 ha bir alanı kaplarken bugün sadece 13,5 ha'lık bir alanı kaplamaktadır. Jeomorfoloji için çok kısa bir süre olan 70 yıl gibi bir zaman dilimi içerisinde Sera Gölü'nün batimetrisinde önemli değişimler meydana gelmiştir. Sedimanların göle gelmesini engellenmek için yapılan setler kısa sürede dolup taşıdığı için bu sedimanların Sera Gölü'nü doldurup kapatma riski devam etmektedir.

Taşınan sedimanın miktarı farklı zaman aralıklı ortofotolardaki dolgu malzemesinin miktarı ve boşaltılan alan görülmektedir. Özellikle Sera Gölü'ne akarsuyun ulaşmadan önceki ilk setlemenin farklı zaman aralıklı uydu görüntülerindeki bu durum, gelen sediman miktarını ve beşerî unsurlarca taşınan sediman miktarını ortaya koymaktadır. 2019 görselinde setin gerisindeki alan neredeyse tamamen boşaltılmış olup belirli bir seviye ve sınırdan kaynak alanına doğru malzeme alımı devam etmemiştir. Bu durumun sebebi vadi yatağının yol kotundan

aşağıda olmasıdır. Çünkü buraya ulaşan tek yol bu yoldur ve başka şekilde buraya ulaşmak mümkün değildir (Şekil 81).

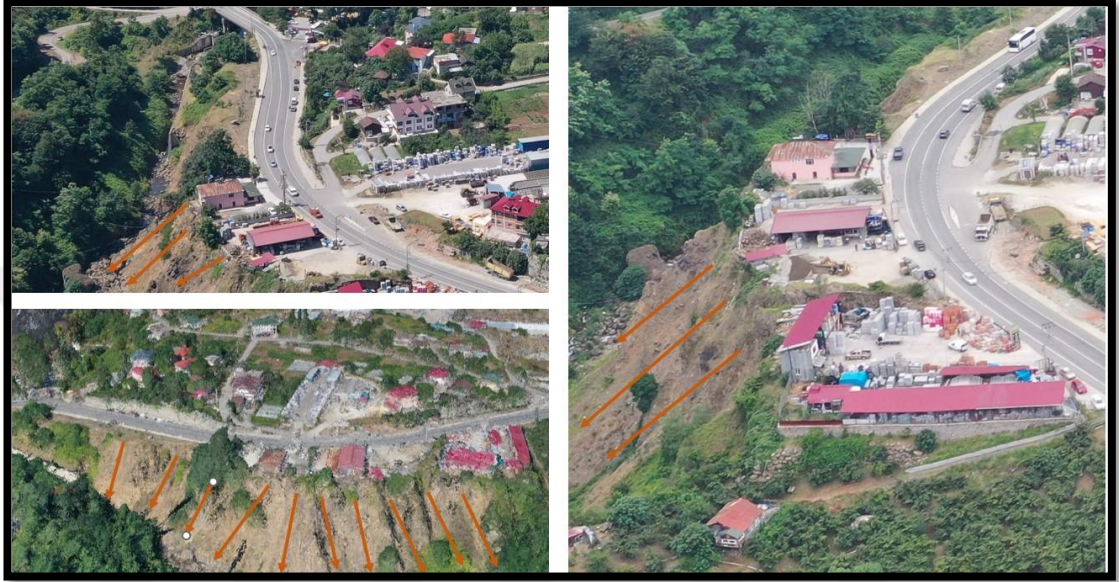


Şekil 81. Sera Gölü'nün HGM tarafından elde edilen ortofotolarında (2015-2019) sediman hareketinin durumu.

Sera Gölü'nün Yıldızlı Deresi'nin taşıdığı sedimanlar tarafından dolmasının yanı sıra gölü oluşturan esas heyelan set kütlelerinde de akarsuyun heyelan topuğunda yaptığı topuk erozyonunun kaynaklı bazı riskler bulunmaktadır. Bu durum şöyle açıklanabilir.

Heyelanın set kütleleri üzeri bir yerleşim alanı olarak kullanılmaktadır. Alanda sanayi kuruluşları, turizm tesisleri, kişisel meskenler olmak üzere yerleşme coğrafyasının birçok farklı birimini burada görmek mümkündür. İnsanlar bu coğrafyayı kullanırken afet durumu göz ardı edilerek yerleşmeler farklı ortamlarda riskli sahalarda konumlandırılmıştır. Bu risklerden en büyük risk faktörü olan topuk erozyonu sonucu heyelan set kütleleri zaman zaman taşınmakta ve bu taşınmayla birlikte kütle üzerindeki bazı yerleşmelerin sınırına kadar dayanmaktadır. Heyelan sahası üzerinde halen farklı amaçlı mesken ve mekân yapımı devam etmektedir. Bu binaların

ve tesislerin bu kütle üzerinde yapılması, sahadaki diğer beşerî faaliyetler de dikkate alındığında Sera Gölü heyelan bölgesi daha riskli bir alan haline dönüşmektedir. Sonuç olarak çalışma alanında heyelan insan ilişkisi, heyelan afet ilişkisi değerlendirmesi yapıldığında Zinav Gölü'nden sonra Sera Gölü'nde de benzer unsurların olduğu söylenebilir (Fotoğraf 22).



Fotoğraf 22. Sera Gölü'nü oluşturan heyelan kütlesi üzerinde vadi içerisine doğru gelişmiş kütle hareketleri ve kütle üzerinde tehdit altındaki meskenler.

Sera heyelanındaki bir diğer tehdit ise heyelan set gölünü oluşturan kütle hareketinin gerçekleştiği alanda yeni kütle hareketlerinin olması durumunda kütle üzerindeki Sera otel ve yerleşim yerleri risk oluşturmaktadır. Ayrıca kütle hareketinden arda kalan kaya blokları da zaman içerisinde kaya düşmelerine ortam hazırlama potansiyeline sahiptirler (Fotoğraf 23).



Fotoğraf 23. Sera Gölü'nü oluşturan heyelan kütleleri üzerinde kaya düşme potansiyeline sahip alanlar ve heyelan taç noktası üzerinde yeni heyelan gelişmesi durumunda etkilenmesi olası otel ve yerleşme alanları.

4.2.6.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi

Sera Gölü ve onu besleyen Yıldızlı Deresi'nin drenaj havzası, Akçaabat ilçesinin birçok mahallesini kapsamaktadır. Bu bölge, nüfus yoğunluğu bakımından çevresine kıyasla oldukça kalabalık yerleşim alanlarına ev sahipliği yapmaktadır. Bu mahalleler; Yıldızlı (13,443), Demirtaş (405), Derecik (4,017), Akçaköy (1,636), Fındıklı (552), Uçarsu (533), Cevizlik (268), Maden (261) ve Çukurca (190)'dır. Bu yerleşim yerlerinde toplamda 21,305 kişinin ikamet etmektedir. Bu nüfus, küçük bir ilçe büyüklüğünde olup, bölgenin doğal ortamı üzerinde beşerî etkilerin ve olumsuzlukların artmasına neden olabilmektedir (TUİK).

Sera Gölü ve çevresi, öncelikle turizm ve hizmet sektörüne dayalı ekonomik faaliyetlerle ön plana çıkmaktadır. Sera Gölü ve yakın çevresindeki turizm olanakları ve Trabzon Üniversitesi bu iki dinamik sektör için var olan ortamlardır. Bununla birlikte, Yıldızlı Deresi'nin havzasında ve daha yüksek rakımlı mahallelerde tarım ve hayvancılık, yaygın ekonomik etkinlikler arasında yer alır. Fındık ve mısır gibi

tarımsal ürünlerin üretimi yapılmakta, yaylalarda ise büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık faaliyetleri görülmektedir.

Yıldızlı mahallesinde bulunan oteller, Sera Gölü'nün doğal güzelliklerini ön plana çıkaran turizm destinasyonları olarak faaliyet göstermektedir. Sera Gölü Resort oteli, 68 oda kapasitesiyle, heyelan bölgesinin hemen üzerinde konumlanmış olup, göl, deniz ve doğa manzaralarını bir arada sunarak turizm sektöründe yerini almıştır. Ayrıca, gölün oluşumuna neden olan heyelan seti üzerinde kurulan restoran ve göl üzerinde gezinti imkânı sunan su bisikletleri, turistler için popüler tercihler arasındadır (Fotoğraf 24).



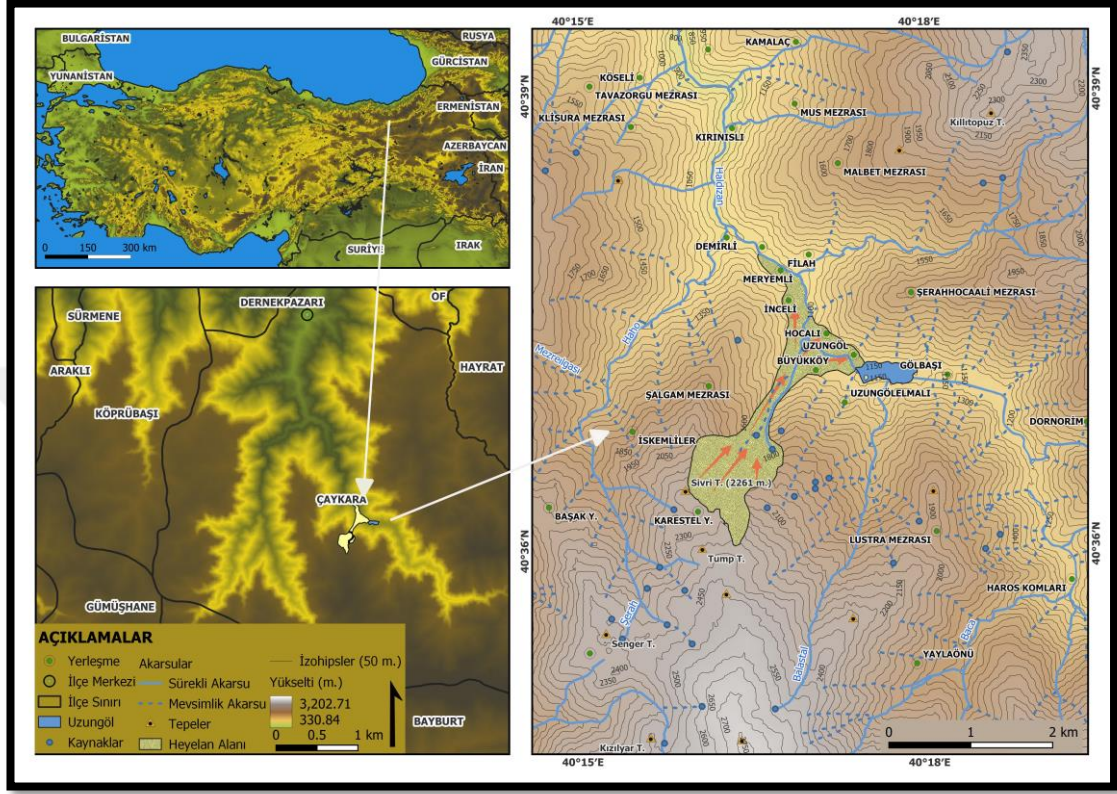
Fotoğraf 24. Sera Gölü ve yakın çevresinin genel görünümü.

4.2.7. Uzungöl (Çaykara/Trabzon)

Bu bölümde Uzungöl ile yakın çevresi, fiziki coğrafya ve insan ilişkisi ile ortaya konulmuştur. Böylece göl ve yakın çevresinin daha iyi anlaşılması ve çalışmanın devamındaki durumuna ilişkin projeksiyon oluşturması için temel yapılmıştır.

4.2.7.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri

Uzungöl Türkiye'nin Trabzon ili Çaykara ilçesi sınırları içerisinde bulunan bir heyelan set gölüdür (Şekil 82).

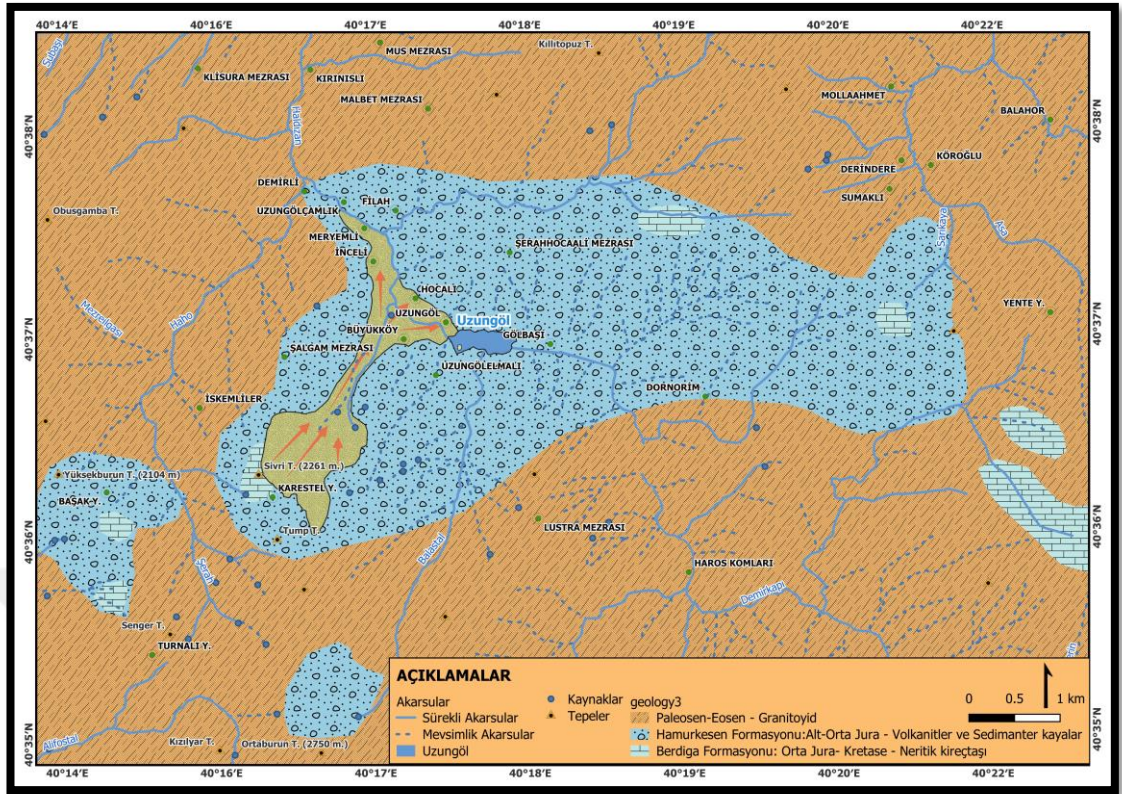


Şekil 82. Uzungöl ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası

Uzungöl 40°15'D – 40°19'D boylamları ile 40°39'K - 40°35'K enlemleri arasında yer almaktadır. Göl, yüksek rakımlı Doğu Karadeniz Dağları üzerinde şekillenen arızalı bir topoğrafyada meydana gelmiştir. Gölün kuzeybatısında yer alan Karastel Yaylasındaki Sivri T. (2261 m)' den hareket eden kütle Haldızan Deresi vadisini doldurmuş ve tıkamıştır. Böylece tıkanan kütle gerisinde Demirkapı Deresi sularını biriktirmiş ve Uzungöl meydana gelmiştir. Bu sahada Uzungöl'e kadar vadi içerisindeki akarsu Demirkapı Deresi olarak adlandırılmakta, setten Karadeniz'e doğru devam eden vadi içerisindeki akarsu ise Haldızan Deresi olarak adlandırılmaktadır (HGM, Akkan vd., 1993). Uzungöl'ü oluşturan heyelan kütlesi bir moloz akması şeklinde akarsu vadisine gelmiştir. Bu durum heyelanın davranışından çok net olarak anlaşılmaktadır. Taç noktasından kopan bloklar karlı veya karların çözülmediği nemli

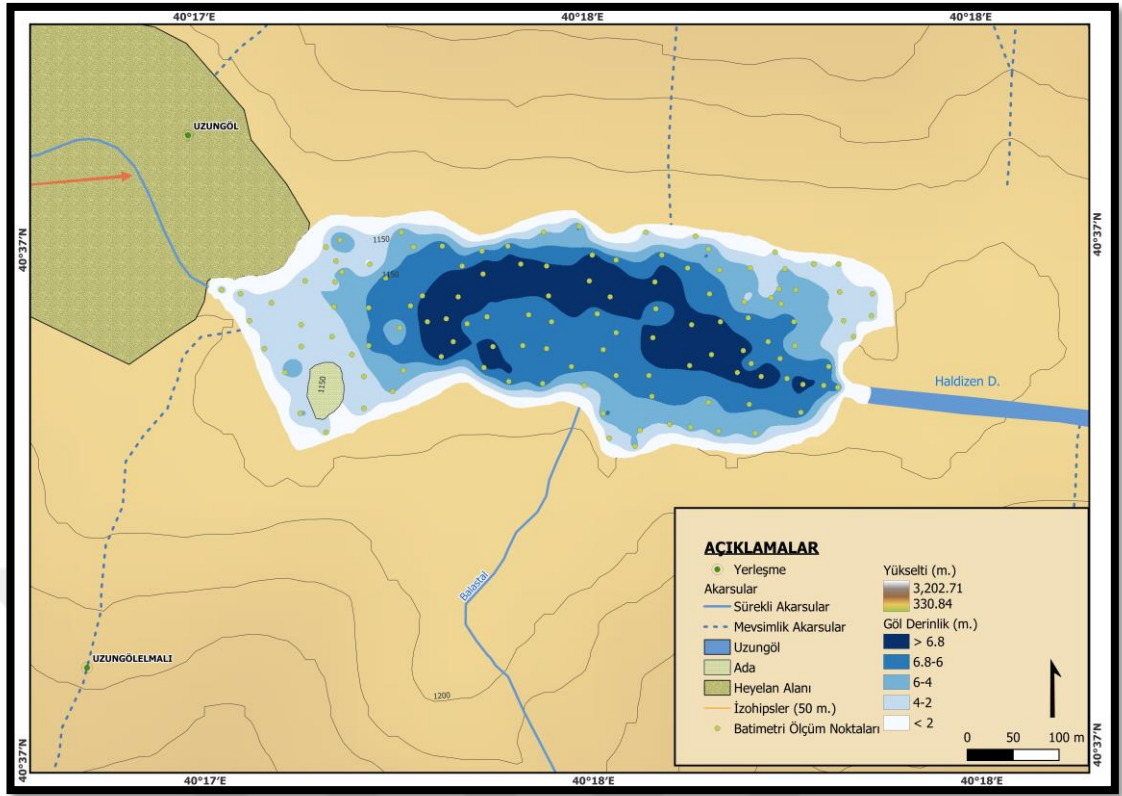
bir ortamda harekete geçmiştir. Bu durumda kütleler bir vadi yatağı içerisinde sürüklenerek Haldizan Vadisi'ni doldurmuş ve büyük bir set meydana getirmiştir.

Hareket eden blokların bu durumlarını anlamada ortamın jeolojik ve litolojik durumu oldukça önemlidir. Heyelanın gerçekleştiği alanın yüksek rakımlı yerlerinde özellikle Karestel Yaylası ve Sivri Tepe, Berdiga Formasyonu (JKb) olarak ifade edilen neritik kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Bu kireçtaşları volkanik tortul istifler arasında yer alan neritik karbonatlardan oluşmuştur. Bu birim, içerisindeki fosiller ile Geç Jura-Senomaniyen yaşı ile yaşlandırılmıştır. Bu birimlerin altında Haldizan Deresi'ne doğru Hamurkesen Formasyonu (Jh) yer almaktadır. Bu formasyon genel olarak volkanit ve sadimanter kayalardan oluşmasının yanı sıra granitoidlerin sınırındaki kalınlığı 300-500 m aralığındadır. İçerisindeki fosillerden ötürü Liyas dönemine yaşlandırılmıştır. Bu formasyon genellikle mor, yeşilimsi, gri renkte bazalt, andezit, dasit ve lavların yanı sıra proklastik malzemelerden meydana gelmektedir. Birim, yer yer killi kireçtaşı, şeyl ve kumtaşı aratabakalı yapılardan oluşmaktadır. Bu durumda yaygın bir fliş ortamı sunmaktadır (Güven, 1998). Fliş ise özellikle bünyesine alabildiği su ve nem ile hareket kabiliyetini artırabilen bir birimdir (Şekil 83). Özellikle Karestel Yaylası ve Sivri Tepe'de yer alan Berdiga Formasyonu ile Haldizan Deresi'ne doğru uzanan Hamurkesen Formasyonu, farklı litolojik içeriği ve yapısı itibarı ile heyelanı anlamak adına önemli bilgiler sunmaktadır.



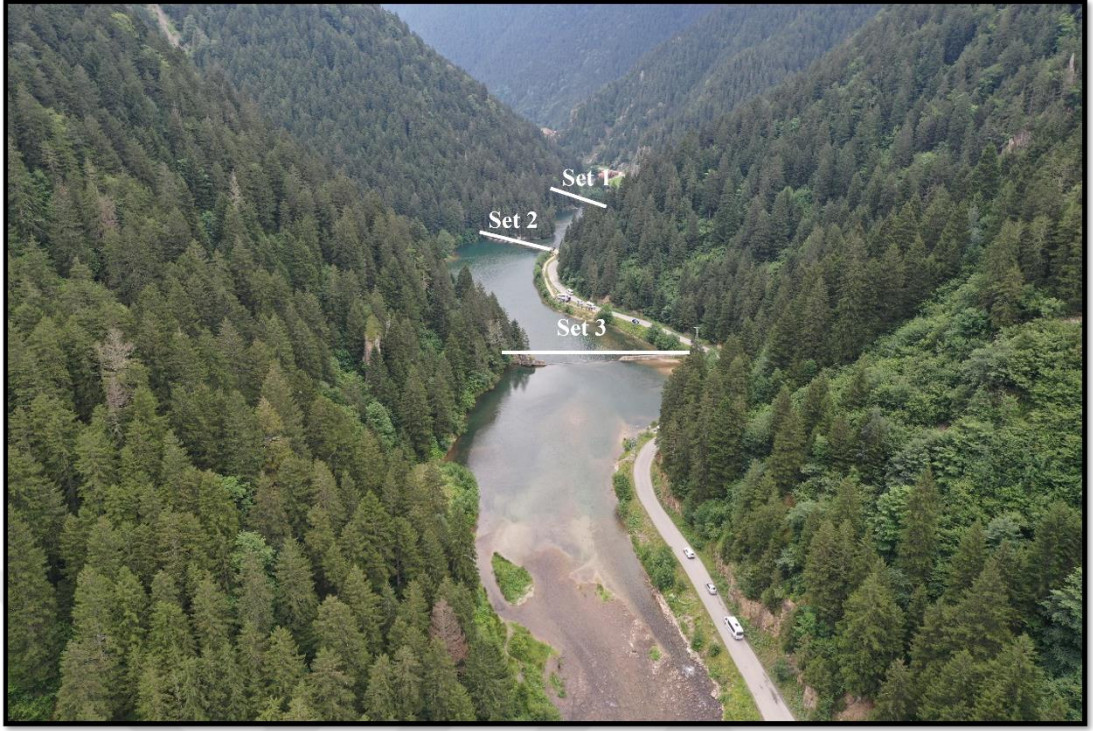
Şekil 83. Uzungöl ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Güven,1998'den faydalanılarak çizilmiştir).

Yapılan çalışmalarda gölün derinliği 8 m olarak ifade edilmiştir (Yazıcı ve Cin, 1997). Ancak 2022 yılında bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi ve batimetri çalışmalarıyla gölün en derin yerinin yaklaşık 7,3 m olduğu tespit edilmiştir (Şekil 84). Göl esasen diğer heyelan set göllerine nazaran oldukça sık bir göl durumundadır. Bu da doğal süreçler içerisinde Demirkapı Deresi'nin gölü doldurduğunu ortaya koymaktadır. Ancak bugün gölün yok olması engellenmeye çalışılmaktadır.



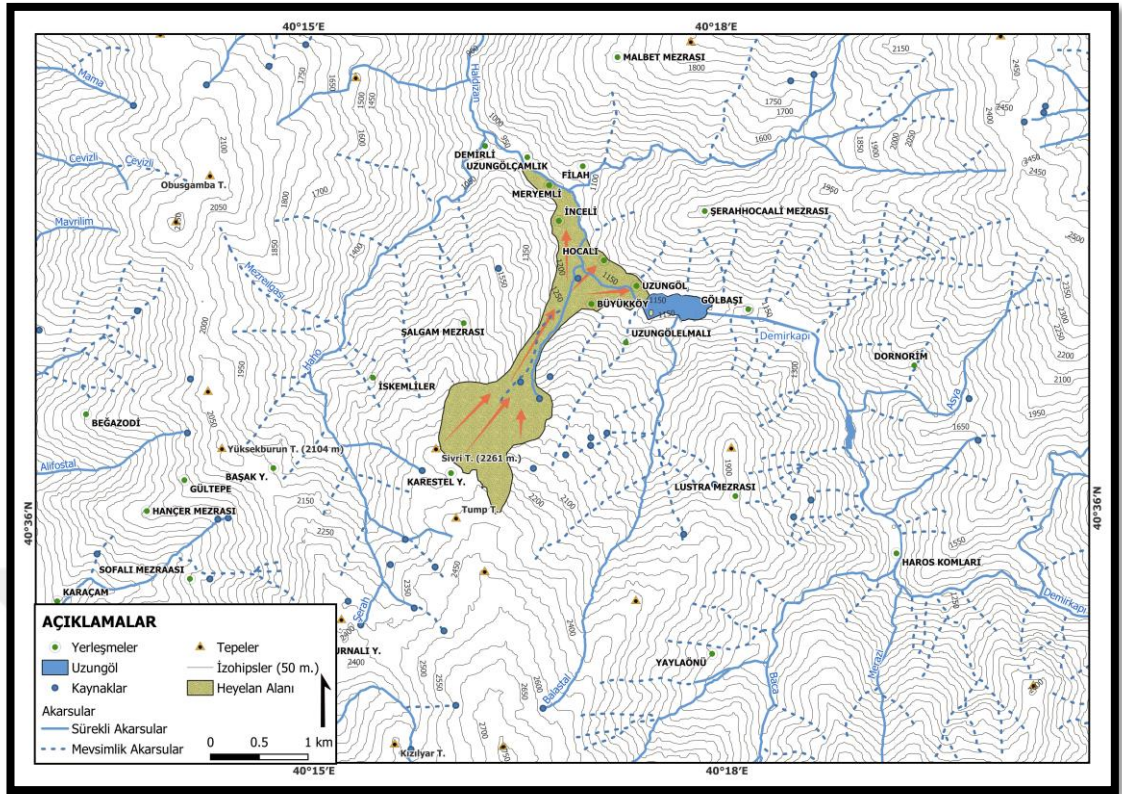
Şekil 84. Uzungöl'ün batimetri haritası

Göl sürekli olarak Demirkapı Deresi'nin getirdiği alüvyonlar ile hızlı bir şekilde dolmaktadır. Ancak turizm olanakları yüzünden göl kontrollü bir şekilde alüvyonlardan temizlenmekte ve gölün varlığı korunmaya çalışılmaktadır. Akarsuyun kaynak alanına doğru Demirkapı Deresi'nin taşıdığı alüvyonların, Uzungöl'e gelmesini engellemek amacıyla yapılan üç farklı seti de doldurmuş durumdadır. Bu setlerde sürekli olarak alüvyonlar beşerî yöntemlerle taşınmakta ve setler boşaltılmaktadır (Fotoğraf 25). Böylece Uzungöl'e taşınan alüvyonun önlenmesine çalışılmakta ve gölün dolarak yok olmasının önüne geçilmektedir. Çünkü göl ve yakın çevresi turizm olanakları açısından özellikle Arap turistlerin ilgilerini çekmekte ve sıkça ziyaret edilmektedir.



Fotoğraf 25. Uzungöl’e gelen Demirkapı Deresi’nin taşıdığı alüvyonları durdurmak için yapılan setler, derin vadiler ve yaygın bitki örtüsü.

Göle üç farklı akarsu giriş yapmaktadır. Bu akarsular genel olarak sürekli akış gösteren akarsulardır. Mevsimlik olarak da göle katılan birçok küçük akarsu vardır. Göle gelen akarsuların en önemlisi ve en büyüğü Demirkapı Deresi’dir. Bunun yanı sıra gölün güneyinden yaklaşık 2600 m seviyelerden kaynağını alarak göle gelen hatta gölün güneyinde küçük bir delta oluşturan Balastal Deresi bir diğer deredir. Üçüncü olarak da esasen Demirkapı Deresiyle birinci setin önünde birleşen ve kaynaklarını 2400 m seviyelerinden alarak gelen Asya Deresi bir diğer önemli akarsudur. Asya Deresi de alüvyon taşıma ve gölü doldurabilme kapasitesi açısından önemlidir (Şekil 85).



Şekil 85. Uzungöl ve yakın çevresinin hidrografi haritası

Uzungöl ve yakın çevresinin iklimi; meteorolojik koşullarının değerlendirilmesi için MGM'ne ait istasyonlardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu hususta bölgeye en yakın meteoroloji istasyonu Çaykara Uzungöl, Lustra Yaylası, Demirkapı ve Çaykara merkez istasyonlarının verileri değerlendirilmiştir. Bu istasyonların en eski verisi Uzungöl'e aittir. Bu istasyon 2010 yılından beri veri saklamaktadır. Diğerleri çok daha yakın tarihlerden itibaren veri sunmaya başlamıştır. Yine de bütün istasyonlar özelinde başta Uzungöl olmak üzere değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirmeler bu istasyona göre yapılmış, Fick ve Hijmans (2017)'ye göre 1970-2000 arasındaki iklim veri setleriyle kümelenen bir raster format kullanılarak veriler haritalandırılmıştır.

Uzungöl ve çevresinde, yaz ayları olan temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık değerleri en yüksek seviyelere ulaşmakta, bu dönemlerde ortalama sıcaklık değerleri genellikle 14°C ila 23°C arasında değişmektedir. Bölgenin en yüksek sıcaklık değeri, 2010 yılında kaydedilen 19,7°C ile Uzungöl'de ölçülmüş, en düşük sıcaklık değeri ise 2022 yılında Lustra Yaylası'nda kaydedilen -5,9°C olarak ölçülmüştür.

örtülü gün sayısı 15 gün ile 1964 yılının ocak ayı iken 1985 yılının ise şubat ayında kaydedilmiştir. Ancak Uzungöl'ün oluşmasına neden olan Karastel Y.' dan hareket eden kütlelerin hareketinin tetikleyeci unsurunun kar olduğu düşünüldüğünde burada karın yerde kalma süresi Trabzon istasyon verilerinden oldukça farklı olacaktır. Bu alanın 2000 m rakım değerinin üzerinde olmasından ötürü burada karın uzun süre yerde kalmasının yanı sıra bahar aylarına kadar birçok alanda varlığını koruduğu düşünülmelidir. Arazi çalışmalarında yerinde gözlenen bu durum temmuz ayı itibari ile kuzeybatı yamaçlarında yerde kar örtüsü olduğunu doğrulamaktadır (Fotoğraf 26).



Fotoğraf 26. Karastel Yaylısı'nın yüksek rakımlı alanlarında temmuz ayı içerisinde kuzeybakı yamaçlarında ve vadi içlerinde kar görünümü.

Kar, bu topoğrafyada ortamı şekillendiren ve aşınım ile birikim faaliyetlerine zemin hazırlayan önemli bir parametredir. Kar yağışı, toprak ve kaya yüzeyini kaplayarak aşınmayı başlangıçta engellerken, sıcaklıkların yükselmesi ile erime sürecinde suyun akışını hızlandırır ve zeminde aşınım hızını artırır. Eriyen kar suları toprağı doymun hale getirir, bu da kütlenin stabilitesinde azalmaya yol açar. Bu

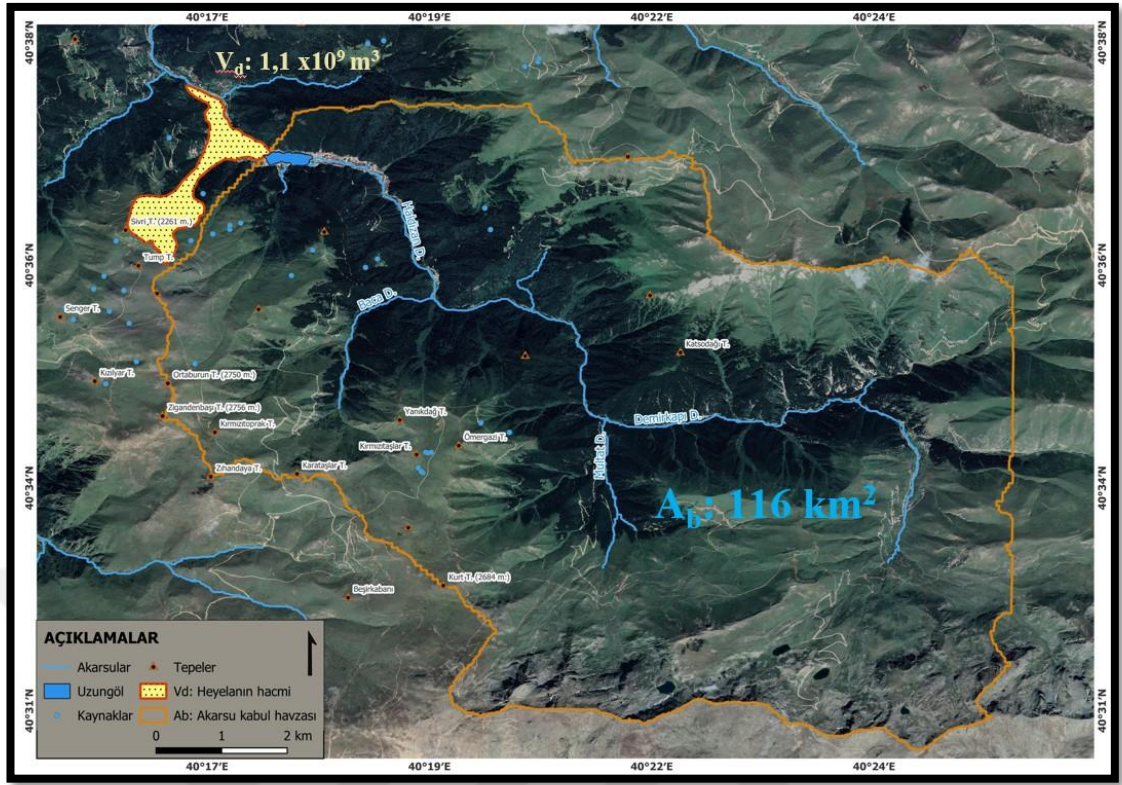
4.2.7.2. Uzungöl (Çaykara /Trabzon) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular

Uzungöl, bulunduğu rakım ve konum itibari ile gelişmesindeki temel etken kar erimeleri ve litolojik unsurların yoğun su ile temasından oluşmuş bir heyelan set gölüdür. Uzungöl'ün oluşma sürecinde güneyindeki 2261 m yükseklikte yer alan Karestel Y.'nın kuzeybakı yamaçlarından hareket eden ve yaklaşık 1,8 km² büyüklüğünde bir alanı kaplayan kütleler etkili olmuştur. Bu kütlelerin Haldizan Deresi'nin önünü kapatması sonucu Haldizan Vadisi'ni tıkamıştır ve tıkanan vadinin gerisinde büyüyen su kütlesi ile Uzungöl meydana gelmiştir. Heyelanın gerçekleştiği alanın rakım değerinin 2000 m'nin üzerinde olması ve bölgenin genel yağış karakteri içerisinde kar yağışının baskın olmasından ötürü kütleyi harekete geçiren unsurların başında litolojik özellikler ile kar erimelerinin olduğu düşünülmektedir.

Göl ile ilgili olarak jeolojik, jeomorfolojik, iklim koşulları Uzungöl'ün Fiziki Coğrafya Özellikleri başlığı altında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu yüzden burada detaylı bir şekilde bahsedilmeden indisler boyutunda değerlendirme yapılacaktır.

4.2.7.2.1. Uzungöl Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular

Blokaj indisi, heyelan setinin hacmi ve hareket eden kütlenin vadiyi tıkaması sonucu tıkanma noktasından akarsuyun kaynak alanına doğru akarsuyun kabul havzası arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Akarsu kabul havzasından toplanan akarsuyun km² cinsi değerinin heyelan hacminin m³ cinsi değerine oranlanmasıyla elde edilen sonuca göre yapılan değerlendirmeler ile BI indisi yorumlanmaktadır (Şekil 88).



Şekil 88. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi

Uzungöl heyelan set gölü üzerinde yapılan arazi çalışmaları ve değerlendirmeler sonucunda Uzungöl'ün oluşumunda vadiyi tıkayan kütlenin hacimsel değeri (V_d): 1109788037,8 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu veri harita ve tablolar üzerinde $1,1 \times 10^9$ m³ olarak gösterilmektedir. Heyelan set gölünün, akarsu kabul havzasından topladığı su kaynakları ve bu suların set üzerine uyguladığı basınç, önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Uzungöl'e akan akarsular, özellikle Demirkapı Deresi üzerinden toplanarak göle ulaşır ve buradan Haldizan Deresi olarak akışına devam eder. Demirkapı Deresi ve yan kollarının oluşturduğu kabul havzasının alanı, QGIS hidroloji analizleri ile 116km² olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak $BI = \log (V_d/A_b)$ formülü uygulandığında, Uzungöl'ün Blokaj İndisi (BI) değeri şu şekildedir;

$$BI = \log (1109788037,8 / 116) = 6,98 \quad (31)$$

Bu sonuca göre Uzungöl heyelan set gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 3).

BI değeri sonuçlarına göre hareket eden kütlenin alansal ve hacimsel büyüklüğü dayanıklı bir set gölü oluşmasında önemli bir etkidir. Ancak burada özellikle 1960 yılından günümüze kadar elde edilen HGM ortofotolarından yapılan değerlendirmeler neticesinde Haldizan Deresi akarsu içerisinde yoğun bir şekilde yük taşımaktadır. Özellikle de bu yükleri geçici kaide seviyesi olan Uzungöl tabanında biriktirmektedir. Bugün, Uzungöl'ün turizm potansiyeli nedeniyle kontrol altında tutulması sayesinde göl varlığını zorlukla sürdürmektedir. Aksi takdirde, gölün bulunduğu vadi çoktan dolmuş ve burada geniş bir alüvyal düzlük oluşmuş olurdu.

4.2.7.2.2. Uzungöl Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular

Uzungöl üzerinde yapılan bir diğer değerlendirme unsuru ve gölün geleceğine yönelik yorum yapabilme indisi ise Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisidir. Bu indis ise heyelan setinin hacmi ile gölde biriken su miktarının hacim değeri ilişkisine dayanmaktadır. Uzungöl'de yapılan hesaplamalar sonucu heyelan setinin hacmi yaklaşık olarak (V_d) = 1109788037.8 m³ olarak belirlenmiştir. Gölde birikim yapan suyun hacmi ise göl üzerinde manuel ölçümler ile elde edilen derinlik bilgisiyle hesaplanmıştır. Bu değerlendirmelere göre gölün hacim değeri ise yaklaşık olarak (V_1): 515797.4 m³ 'tür. Bu veriler kullanılarak $II = \log (V_d/V_1)$ formülü uygulandığında Uzungöl'ün II değeri şu şekildedir;

$$II: \log (1109788037,8 / 515797,4) = 3,33 \quad (32)$$

Uzungöl bu sonuç eşik değeri dikkate alındığında 1'in üzerinde bir değer almasından ötürü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında değerlendirilmektedir (Tablo 4).

Uzungöl indis değerlerine göre kararlı bir sonuç ortaya koymasının nedeni, gölün önündeki set kütlesinin oldukça büyük olmasına karşın gerisindeki göl hacminin sete göre oldukça küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Uzungöl'e gelen Demirkapı Deresi oldukça büyük ve geniş bir kabul havzasına sahiptir. Bu yüzden vadi derinliği dikkate alındığında derin bir göl iken sediman birikimi ile sığ bir göl haline dönüşmüştür. Gölde 2022 yılında yapılan arazi çalışmaları sonucu manuel ölçümler yapılmış ve en derin yeri gölün kuzey kesiminde 7,3 m olarak ölçülmüştür. Ayrıca

gölün kuzeybatısında suyun Haldizan Deresi ile setten taşma yaptığı alana doğru sığ alanlar dikkat çekmiştir. Bu alanlarda su içerisinde araç yolu yer almaktadır. Bu yol kullanılarak sediman taşımak için göl her yıl temizlenmekte ve içerisinde sediman alınmaktadır.

4.2.7.2.3. Uzungöl Heyelan Set Gölü'nde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular

Uzungöl heyelan seti ile ilgili yapılan hesaplamalara göre, heyelan setinin hacmi (V_d) 1109788037,8 m³, heyelan setinin yüksekliği (H_d) 146 m ve havzanın alanı (A_b) ise 116 km² olarak belirlenmiştir. Bu verileri kullanarak, DBI indisi hesaplanmıştır. DBI indisi, heyelan setinin yüksekliği, hacmi ve akarsu kabul havzasının alanı arasındaki oranı temsil eder. $DBI = \log (A_b \times H_d / V_d)$ formülde yerine koyulup verilere göre hesaplama yapıldığında Uzungöl'ün DBI değeri şu şekildedir:

$$DBI = \log (116 \times 146 / 1109788037,8) = 1,18 \quad (33)$$

Bu sonuçlara göre, Uzungöl *Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri* sınıfında değerlendirilmektedir (Tablo 5).

Setin yüksekliği heyelan setinin değerlendirilmesi açısından farklı ve önemli bir parametre olarak bu indiste işe koşularak heyelan set gölünün sürekliliğine ilişkin yorumlar yapılabilmektedir. Elde edilen bulgulara göre Uzungöl'ün heyelan seti büyük bir settir ve DBI'ye göre doğal süreçler eşliğinde göl kararlı olarak varlığını devam ettirecektir. Ancak Haldizan Deresi oldukça güçlü ve aşındırma potansiyeli yüksek bir akarsudur. Burada göle gelen akarsuyun set üzerinden aşarak 146 m kotuna düşmesi setin aşındırılmasına pozitif yönde etki yapacaktır. Bu sahada oluşabilecek ani yağışlar ve kar erimeleri olasılığı da sürece dahil edildiğinde Uzungöl heyelanının veya setinin aşınma potansiyeli ve hızının daha da artacağı açıktır. Uzungöl'de özellikle set üzerinde yapılan yeni yerleşmeler setin ana kaya veya sabit bir jeolojik unsuru olmadığını kütleli bir hareketle taşınarak burada yer edindiğini hatırlatmaktadır. Burada yapılan imar çalışmalarında bu hususu muhakkak göz önünde bulundurmak gerekmektedir (Fotoğraf 27).



Fotoğraf 27. Heyelan setinin yüksekliği.

Uzungöl ve çevresinin turizm potansiyelinin yüksek olması ve alanın özellikle yaz dönemlerinde yoğun nüfusa ev sahipliği ediyor olması bu tür risk oranını daha da artırmaktadır. Buna göre ortamda yapılacak yeni çalışmalar ile kütle hareketleri daha hassas ve uzun vadede incelenip oluşabilecek olumsuz durumlara karşı tedbir alınması gerekmektedir.

4.2.7.2.4. Uzungöl Heyelan Set Gölünde Morfolojik Tıkanma İndisine İlişkin Bulgular

Heyelan set göllerinin devamlılığını değerlendirmede kullanılan bir başka gösterge Morfolojik Tıkanma İndisi (MOI)'dir. MOI, vadinin genişliği ve heyelanın hacmi gibi temel parametreleri içermektedir. Tıkanma noktası gerisinde kalan ve suyla dolmamış varsayılan derin vadi için, on farklı noktadan yapılan ölçümlerle vadinin genişliği belirlenmiştir.

Uzungöl'ün Morfolojik Tıkanma İndisi (MOI) değeri, heyelanın hacminin (V_d) vadinin genişliğine (W_v) oranlanması şeklinde hesaplanmaktadır. UA ve arazi çalışmalarıyla elde edilen verilere dayanarak hesaplama yapılmıştır. Uzungöl

örneğinde, heyelan kütlelerinin hacim değeri (V_d) 1109788037,8 m³ olarak tespit edilmiştir. Vadi genişliği (W_v) ise 10 farklı noktadan alınan ölçümlerin medyanının 203,1 m olarak belirlenmiştir.

Bu verileri formülde yerine konulduğunda, Uzungöl'ün morfolojik tıkanma indisi (MOI) hesaplanır:

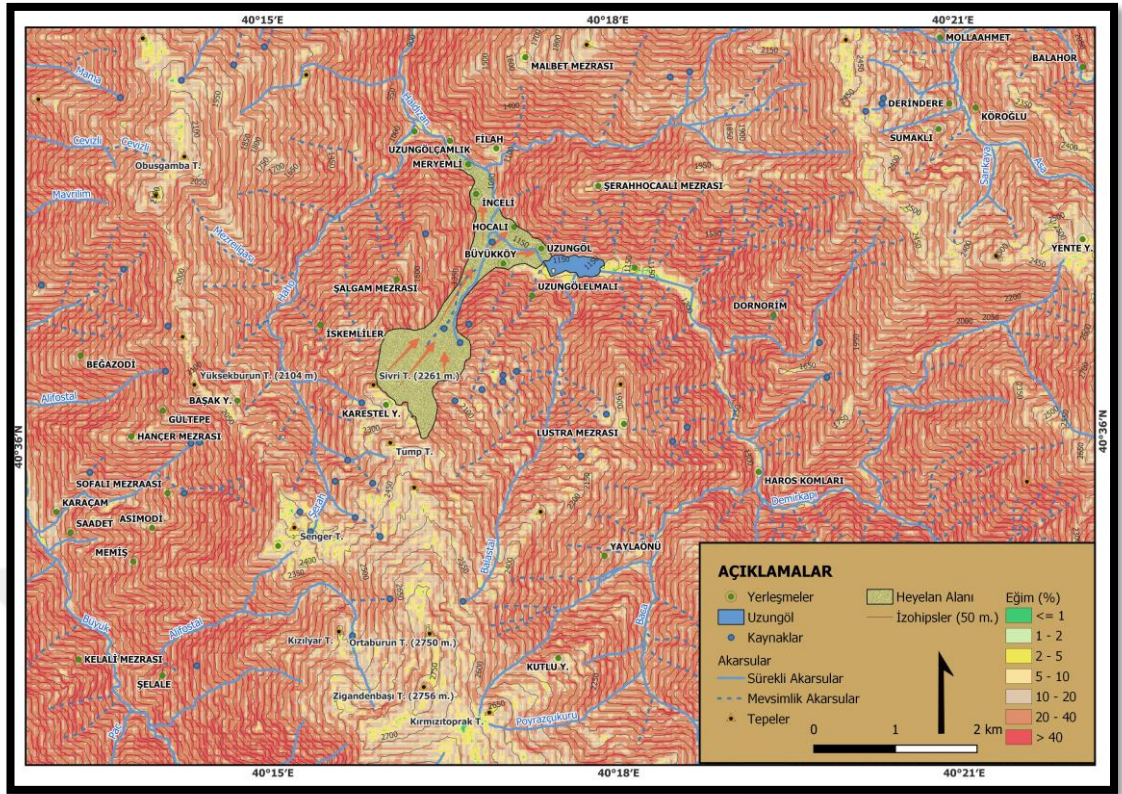
$$MOI = \log (1109788037,8 / 203,1) = 6,74 \quad (34)$$

Bu değerlendirmeye göre Uzungöl heyelan set gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 6).

Uzungöl ve yakın çevresinde vadiler çentik vadi şeklindedir. Özellikle bu vadiler akarsuların yoğun aşındırma güçlerinden ötürü derin ve dik yamaçlara sahiptir. Bu durumda vadilerin çentik vadi formunda olması gelişebilecek potansiyel heyelanlar ile kolay ve hızlı bir şekilde tıkanmasına ortam hazırlamaktadır.

4.2.7.2.5. Uzungöl Heyelan Set Gölünde Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular

Uzungöl'ün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSI), heyelan set gölünün oluşumunda heyelanın hacmi (V_d), tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru havza alanı (A_b) ve akarsuyun yerel eğimi (S) üzerinden bir logaritma hesabıyla analiz edilerek değerlendirilmiştir. Uzungöl örneğinde, heyelanı oluşturan hacim (V_d) 1109788037,8 m³ olarak belirlenmiştir. Tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru havza alanı (A_b) ise 116 km²'dir. Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında yapılan ölçümler ve sayısal yükseklik modeline dayalı olarak, akarsuyun yatay uzaklığı 11,2 km olarak hesaplanmıştır. Kaynak alanından göle giriş yapan ortam arasında Demirkapı Deresi'nin GPS ölçümleriyle elde edilen kot farkı sonucu eğim hesabı yapılmış ve eğim (S) değeri %4 olarak bulunmuştur (Şekil 89).



Şekil 89. Uzungöl ve yakın çevresinin eğim haritası.

Uzungöl de HDSI değerini elde edebilmek için değerler formül üzerinde yerine konulduğunda;

$$\text{HDSI} = \log (1109788037,8 / (116 \times 0,04)) = 8,37 \quad (35)$$

Uzungöl'ün HDSI değeri 8.37 olduğundan, heyelan set gölü **Kararlılık Alanı** sınıfında değerlendirilir (Stefanelli vd., 2016) (Tablo 7).

Uzungöl'de, HDSI'nin çalışma prensibi kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, gölü oluşturan heyelan setinin hacmi, setin gerisinde bulunan Demirkapı Deresi'nin havzasındaki su toplanma alanı ve akarsuyun gölden kaynak alanına doğru olan yerel eğimi göz önünde bulundurularak, akarsuyun aşındırma, taşıma ve gölü doldurarak göle uygulayacağı baskının değerlendirilmesi mümkün olmuştur. Bu sahada arazi eğiminin %4 değerini göstermesi, Demirkapı Deresine ulaşan yan kolların sürekli akarsu niteliğinde olması, bu yan kolların boylarının kısa olması ve bu akarsuların kaynak kesimleri ile Demirkapı Deresine katıldıkları alan

arasındaki kot farkının yüksek olması nedeniyle göle taşınan sediman miktarı farklılık göstermektedir.

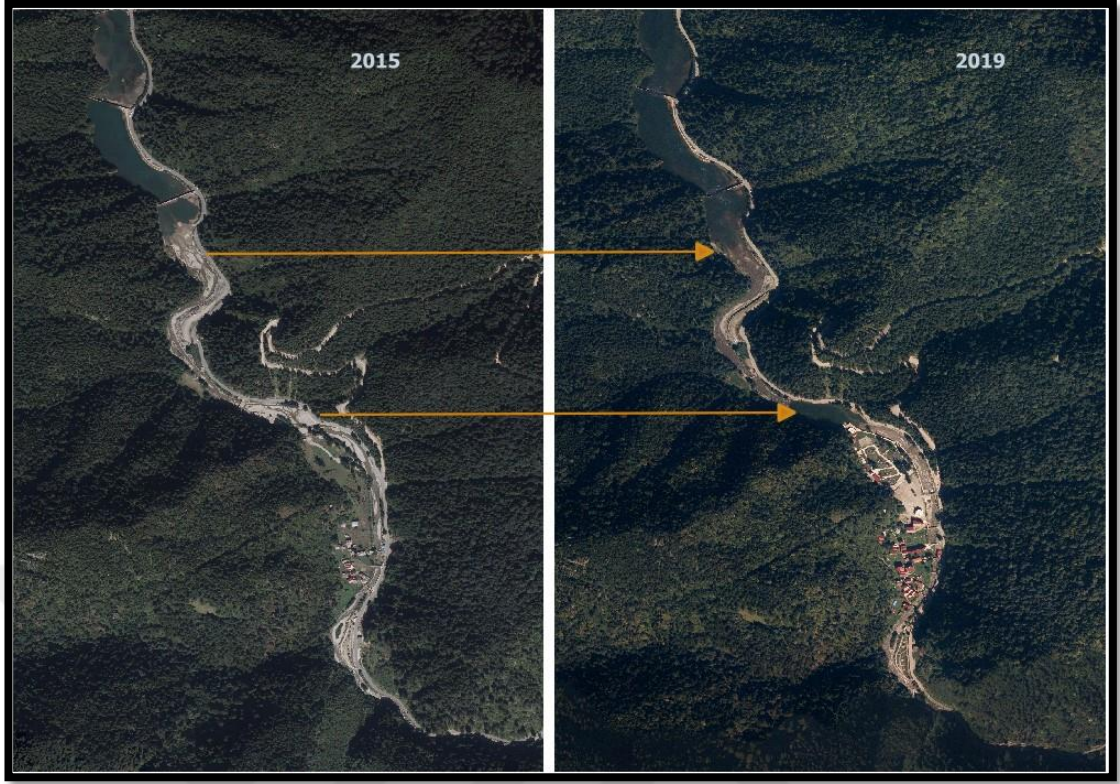
4.2.7.3. Uzungöl'ün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Durum Değerlendirilmesi

Uzungöl'de yapılan arazi çalışmalarında elde edilen gözlemler ve bulgulara göre Uzungöl, Demirkapı Deresi (Haldizan Deresi) tarafından taşınan sedimanlar ile yoğun bir akarsu yüküne maruz kalmaktadır. Bu yüzden göle gelecek sedimanları engellemek ve gölün sedimanlar tarafından dolmasının önüne geçebilmek için göl ile kaynak alanı arasında farklı kotlarda setler oluşturulmuştur (Fotoğraf 28).



Fotoğraf 28. Uzungöl'e gelen Demirkapı Deresi üzerindeki setleme ve sedimanı tutma çalışmalarından örnekler

Bu setlerin 1143, 1148 ve 1158 m rakımda kurulmuş ve birbiri ardına kurularak sedimanlar bu alanlarda tutulmaya çalışılmıştır. Kaynak alanına doğru akarsu boyunca devam edilecek olursa 1171 m kot seviyesinde dördüncü set inşa edilmiştir. Dördüncü set üzerinde sürekli çalışmaların devam ettiği görülmektedir. Özellikle HGM tarafından elde edilen ortofotolar üzerinde farklı zaman aralığında setin hem su dolu bir baraj hem de sediman deposu olduğu dikkatleri çekmektedir. Bu setler yıl boyu taşınan sediman miktarı hakkında fikir sahibi olunmasına olanak sağlamaktadır (Şekil 90).



Şekil 90. Uzungöl üzerinde özellikle 3. ve 4. kot seviyeleri olan 1158 ve 1171 m seviyelerindeki sediman durdurma setleri. Her iki fotoğrafta da farklı sediman birikimi olduğu görülmektedir.

Uzungöl’de yapılan arazi çalışmalarından elde edilen bir diğer bulgu ise gölü oluşturan heyelan setinin akarsu topuk erozyonu ile yeni kütle hareketlerine hazır olmasıdır. Özellikle set kütlesi Haldizan Deresi tarafından parçalanmaya başladıktan sonra oluşan şev yenilmelerine elverişli ortamlarda yerleşme alanlarının inşa edilmesi ve bu alanlarda yoğun turizm faaliyetlerinin yapılması bir kütle hareketi olasılığını çok fazla artırmaktadır (Fotoğraf 29).



Fotoğraf 29. Uzungöl’ü oluşturan heyelan seti üzerinde şev yenilmesine duyarlı alanlar ve heyelan risk durumu.

Uzungöl ve çevresi özellikle yaz mevsiminde çok yoğun bir insan baskısına maruz kalmaktadır. Bu insan baskısının olduğu dönemde gerçekleşecek kütle hareketinin çok ciddi sonuçlar doğurması muhtemel bir olaydır. Bu olasılık her zaman dikkate alınmalı ve bu saha göz önünde tutulmalıdır. Bizim çalışma sahalarımızda Zinav Gölü, Sera Gölü sahalarından sonra afet riski açısından kritik olan üçüncü saha Uzungöl sahasıdır.

4.2.7.4. Jeomorofloji ve İnsan İlişkisi

Uzungöl ve yakın çevresinde bölgenin iklim karakteri ve meteorolojik koşullarının yanı sıra jeomorofloji ilişkisine bağlı olarak da farklı yerleşim yerleri bulunmaktadır. Bu yerleşim yerlerinin 2022 yılı TÜİK verilerine göre nüfusları şöyledir; Uzungöl (1419), Karaçam (1005) ve Demirkapı (196) yerleşim yerleri yer almaktadır (TÜİK, 2022).

Artık Uzungöl ve yakın çevresindeki köylerde ekonomik faaliyetler büyük ölçüde turizme dayalıdır. Turizm sektörü, bölgenin ekonomik yapısının temelini oluşturmakta ve özellikle yaz aylarında önemli bir gelir kaynağı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, bu köylerde hala geleneksel hayvancılık ve yaylacılık faaliyetleri de sürdürülmektedir. Bu faaliyetler, turizmle birlikte bölgenin ekonomik çeşitliliğini artırmaktadır.

Özellikle yaz aylarında, turizmin etkisiyle bölge nüfusu önemli ölçüde artmaktadır. Bu dönemde nüfus on binleri aşan rakamlara ulaşabilmekte, böylece bölge yoğun bir kalabalığa ev sahipliği yapmaktadır. Bu turizm talebinin büyük bir kısmı Arabistan'dan gelen ziyaretçiler tarafından karşılanmaktadır. Yaz aylarında Uzungöl'de gözle görülür bir şekilde artan Arap nüfusu, bölgenin kültürel ve demografik yapısında dikkat çekici bir değişime neden olmaktadır. Uzungöl ve çevresinde bu yoğunluğa bağlı olarak yüzlerce otel ve konaklama hizmeti sunulmaktadır.

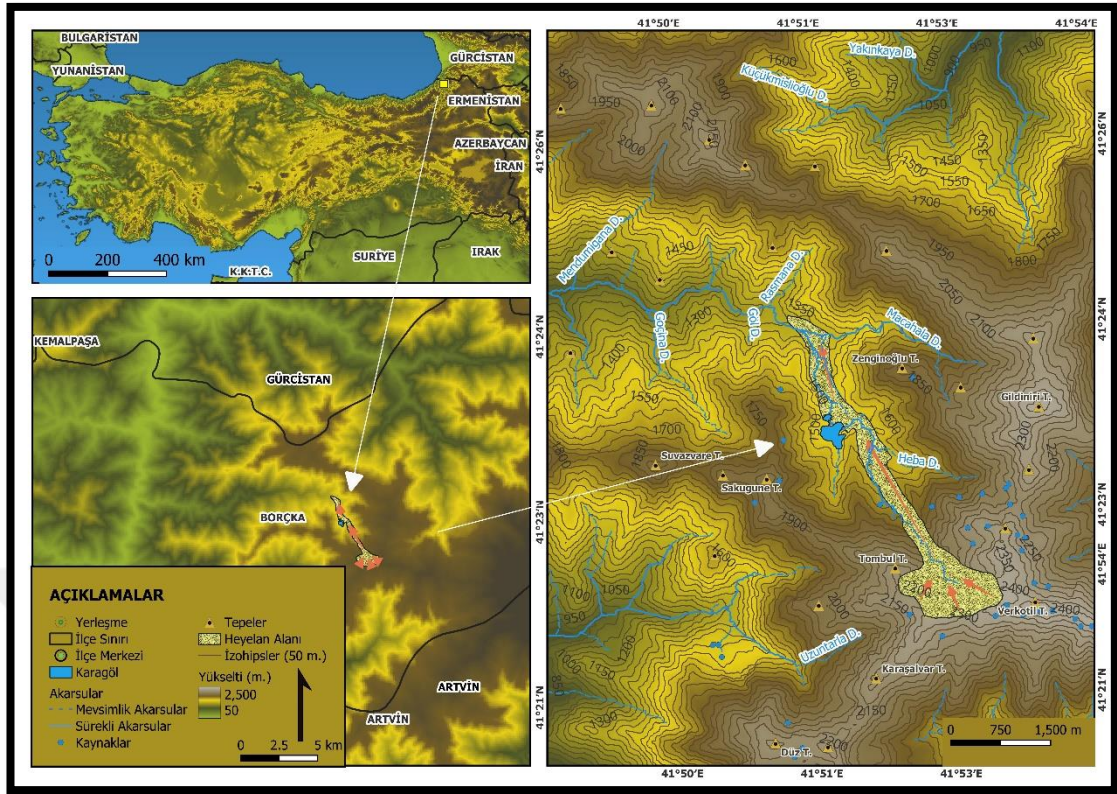
Uzungöl çevresindeki yaylacılık faaliyetleri, turizmle iç içe geçmiş bir yapı oluşturmuştur. Bu -birlikteliğin en önemli örneklerinden biri Karastel Yaylası'nda görülebilir. Yaylada büyükbaş hayvancılıkla uğraşan yerel halk, geleneksel yayla evlerini turistlere yönelik butik otel tarzında konaklama yerlerine dönüştürmüşlerdir. Bu yerleşimler, turistlere doğal ve otantik bir konaklama deneyimi sunmakta, bölgenin kültürel zenginliğini yansıtmaktadır. Bu ortamda geleneksel gastronomi kültürünü de sunan yerel halk turizm için çekici faktörleri genişletmektedir.

4.2.8. Karagöl (Borçka/Artvin)

Bu bölümde Karagöl ile yakın çevresi, fiziki coğrafya ve insan ilişkisi ile ortaya konulmuştur. Böylece göl ve yakın çevresinin daha iyi anlaşılması ve çalışmanın devamındaki durumuna ilişkin projeksiyon oluşturması için altlık yapılmıştır.

4.2.8.1. Genel Fiziki Coğrafya Özellikleri

Karagöl, Artvin ili sınırları içinde yer alır ve idari olarak Borçka ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Bu göl de kütle hareketi sonucu oluşan bir heyelan set gölüdür. Göl ve çevresi, farklı jeolojik ve litolojik karakterlerde birimlerden meydana gelmiştir. Bu alan, yoğun yağışlar ve kar erimeleri sonucu etkilenmiş, bu da çevresinde birçok kütle hareketinin oluşmasına neden olmuştur. Karagöl, 2400 metre rakımlı Maçkinara T. bölgesinden kar erimeleri sonucu tetiklenen kütlenin harekete geçmesi ile moloz akması türünde gelişen heyelanın vadileri tıkaması neticesinde meydana gelmiştir (Şekil 91).

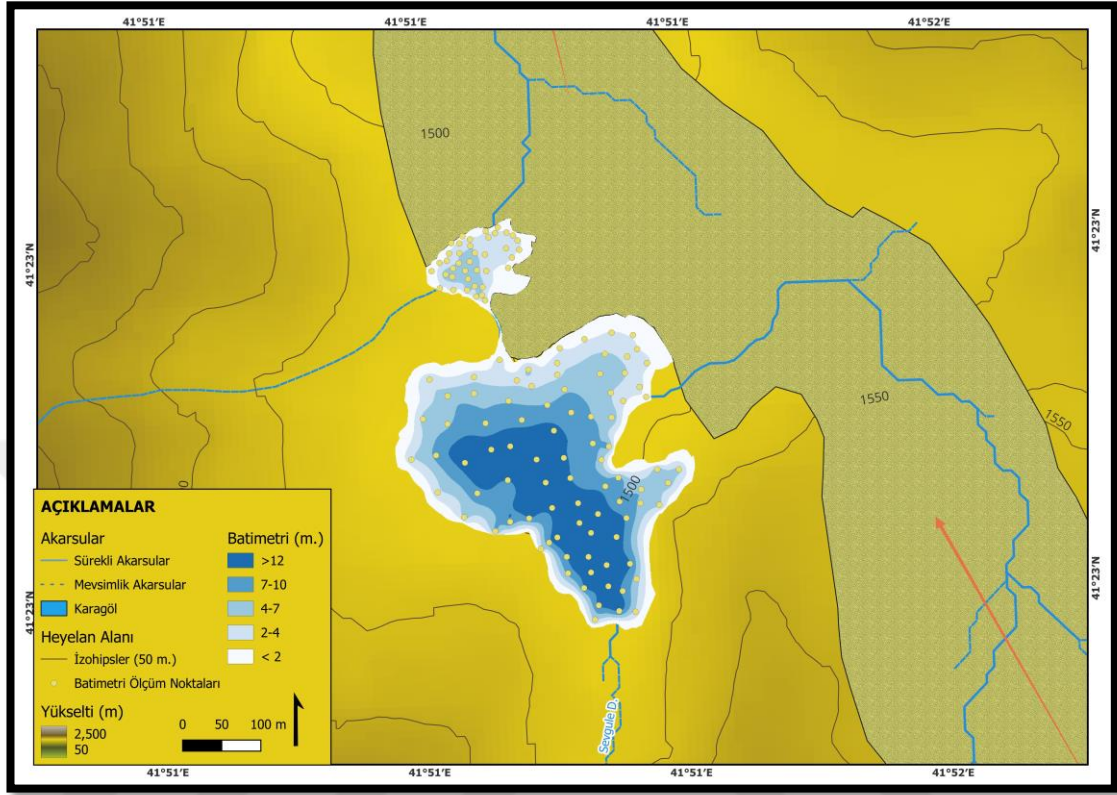


Şekil 91. Karagöl ve yakın çevresinin lokasyon ve topoğrafya haritası

Heyelanın topuğu Mecahala Deresi'nin vadi tabanı içerisinde yaklaşık 1350 m seviyelerine kadar ulaşmıştır. Mecahala Deresi'nin bir kolu olan Heba Deresi Karagöl heyelanı tarafından doldurulmuş ve vadi tıkanmıştır. Bu tıkanma içerisinde Karagöl meydana gelmiştir. Bize göre Karagöl ilk oluştuğunda büyük bir göl olarak meydana gelmiş ancak süreç içerisinde çevresinde yaşanan farklı kütle hareketlerinden biri gölü keserek iki ayrı göl oluşmuş gibi bir görünüm meydana getirmiştir. Bu göllerin kuzeyinde kalanı bu heyelan tarafından doldurulduğu için daha sığ olmasıyla birlikte daha düşük bir kotta kalmış ve güney'deki büyük gölden kuzeydeki bu küçük göle bir su akışı devam etmiştir.

Karagöl, 41°49'D ile 41°54' D boylamları ile 41°20'K ile 41°27'K enlemleri arasında yer almaktadır. 2008 yılında yapılan çalışmalara göre Karagöl'ün en derin yerinin 25 m olduğu ifade edilmektedir (Kopar ve Sever, 2008). Ancak farklı çalışmalarda özellikle Milli Parkların 2013 yılı master planını referans alan bazı kaynaklarda 7 m olarak ifade edilmiştir (Nergiz ve Alar, 2019). 2022 yılında yapılan arazi tatbikatı ile göl üzerinde batimetri çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu durumda

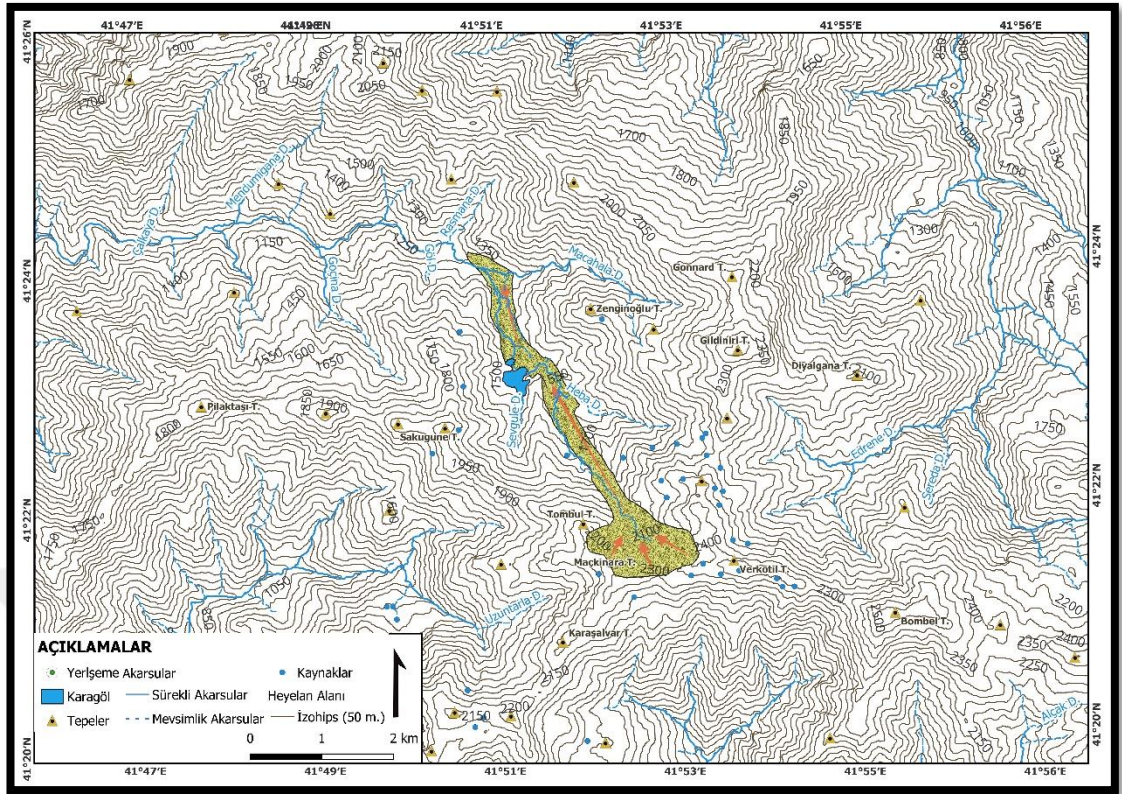
gölün derinliğini belirlemeye yönelik yapılan ölçümler ile en derin noktasının 12 m olduğu tespit edilmiş ve gölün batimetri haritası yapılmıştır (Şekil 92).



Şekil 92. Karagöl ve yakın çevresinin batimetri haritası.

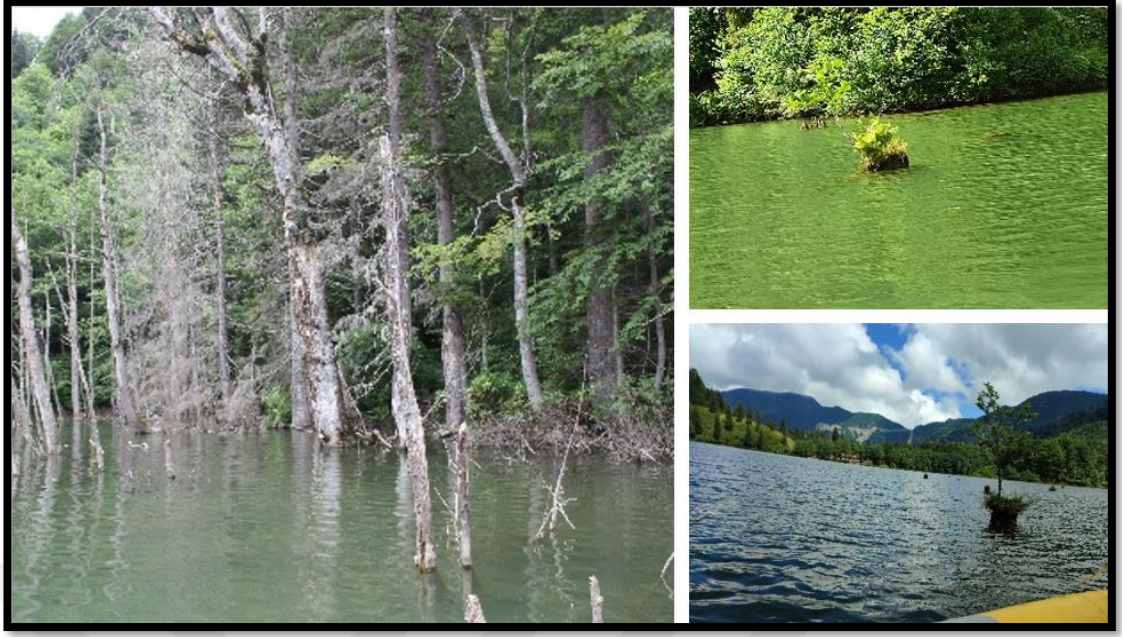
Karagöl iki farklı gölden meydana gelmektedir. İki göl üzerinde de derinlik ölçümleri yapılmış ve batimetrisi oluşturulmuştur. Bu durumda güneyde olan gölde derinlik 12 m olarak ölçülürken kuzeydeki gölün en derin yeri ise 4 m olarak tespit edilmiştir.

Karagöl'e farklı yönlerden sürekli ve mevsimlik olmak üzere birçok akarsu girişi olmaktadır. Ancak Karagöl'ü besleyen en büyük akarsular Heba ve Sevgule Dereleridir (Şekil 93).



Şekil 93. Karagöl ve yakın çevresinin hidrografi haritası

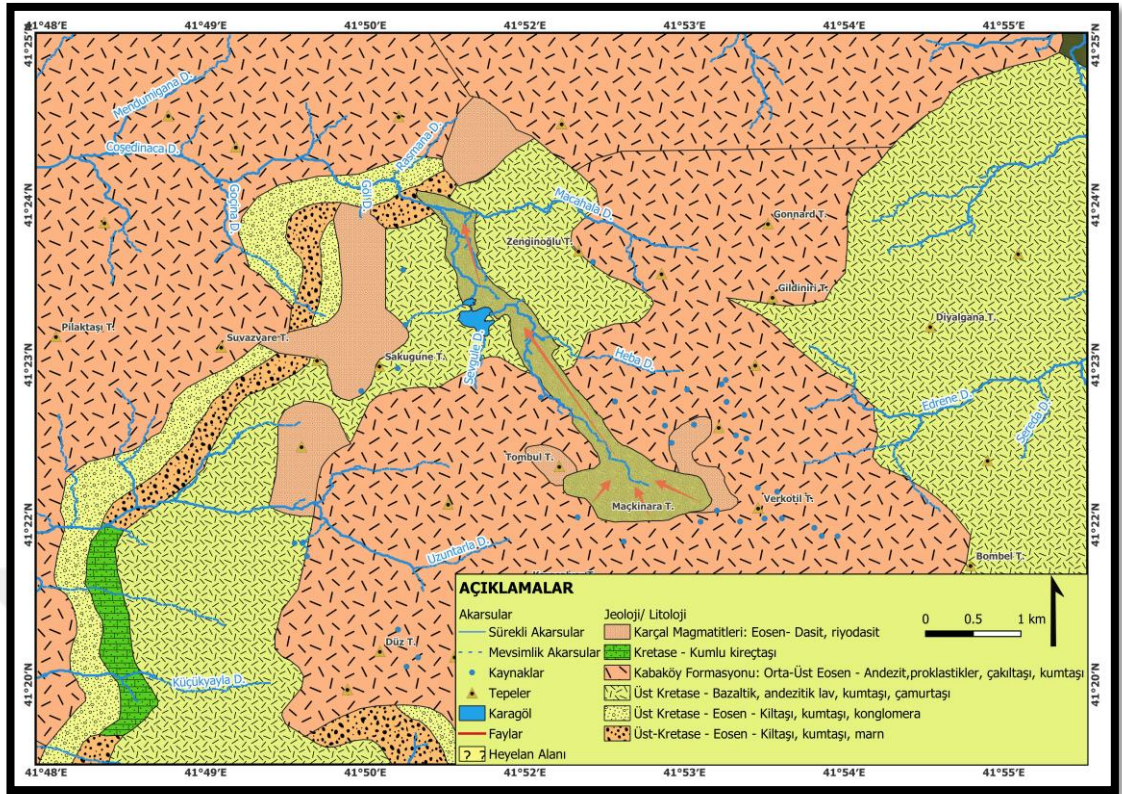
Bu dereler tarafından taşınan sedimanlar ile göl süreç içerisinde dolmaktadır. Özellikle gölün doğusundan katılan Heba Deresi gölde küçük bir delta meydana getirmiştir. Bu deltayı oluşturmuş olması taşıdığı sedimanın büyüklüğü açısından önem arz etmektedir. Bu yüzden gelen alüvyon dolguyu önlemek ve gölün devamlılığını sağlamak adına Heba Deresi üzerine hemen Karagöl'e akarsu kavuşmadan bir setleme çalışması yapılmıştır. Böylece taşınan alüvyon burada tutulmakta ve Karagöl'e doğrudan ulaşması engellenmektedir. Bu göl içerisinde de Sülüklü Göl de olduğu gibi heyelan sonrası kalan ağaçların kütükleri yer almaktadır (Fotoğraf 30). Bu ağaç kütüklerinin su içerisinde varlığını sürdürüyor olması gölün yakın bir dönemde meydana geldiğini işaret etmektedir. Bazı kaynaklarda net bir bilgi olmamakla birlikte gölün 1800'lü yıllarda meydana geldiğine dair bilgiler yer almaktadır (Kopar ve Sever, 2008).



Fotoğraf 30. Karagöl içerisindeki heyelandan sonra su içerisinde kalmış ağaç kütükleri.

Göl ve yakın çevresinin jeolojik ve litolojik durumu gölün meydana gelmesine ortam hazırlayan heyelanın gelişmesi ve oluşması hakkında fikir vermektedir. Karagöl'ü meydana getiren heyelan kütlelerinin harekete geçtiği alanın jeolojisi genel olarak Kabaköy Formasyonu (Tek) olarak ifade edilmektedir (Keskin, 2013). Ancak heyelanın gerçekleştiği alanın yakınlarında kısmen de olsa Karçal Magmatitleri (Tekç) mostra vermektedir (Şekil 94).

Kabaköy Formasyonu (Tek) çalışma alanı ve yakın çevresinde yüzeylenen andezitik, bazaltik lav ve piroklastik malzemeler ile konglomera, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, marn ve tüflerden meydana gelmektedir. Bu birim genel olarak kırıntılı çökeller ve karbonatlı kayalar ile başlayıp üst kesimlerine doğru andezit karakterde volkano-tortul istif olarak yüzeylenmektedir. Bu birim Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Kabaköy Formasyonu ismini istifin en iyi yüzeylenme verdiği Gümüşhane ili güneydoğusunda yer alan Kabaköy yerleşmesinden almaktadır (Keskin, 2013).



Şekil 94. Karagöl ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Keskin, 2013'ten faydalanarak çizilmiştir).

Kabaköy Formasyonu (Tek), genellikle kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn ve tuf ara katmanlarını içeren andezitik karakterdeki bazaltik lavlar ve piroklastiklerden oluşan volkano-sedimanter bir kayaç istifi olarak karakterize edilir. Bu birim, kırmızı renkli dasit, bazalt ve granit çakıllarından oluşan iri taneli konglomera ile başlar. Bu volkanik unsurlardan oluştuğu için, bu istif aglomera olarak da tanımlanabilir. Konglomera/aglomera istifinin üstünde, bol miktarda *Nummulites* içeren kumlu kireçtaşları ve kumtaşları yer alır. Andezitik ve bazaltik lavlar ile piroklastikler, masif veya kalın katmanlı, bol ojit ve hornblend içerir. Bir kılavuz düzeyi olarak, volkanitlerin tabanında gelişen ve bol miktarda fosil içeren çökel kayaçlar bulunur. Kabaköy Formasyonu (Tek), çalışma alanı ve çevresinde tabaka kalınlığı yaklaşık 1000 metre iken, Şavşat ve çevresinde 250-300 metre kalınlığında görülür (Yılmaz vd., 1997; Keskin, 2013).

Yılmaz vd. (1997) tarafından Borçka ve özellikle çalışma alanı olan Karagöl çevresinde elde edilen fosil bulgulara göre bu birimin yaşı Lütesiyen (Orta Eosen)

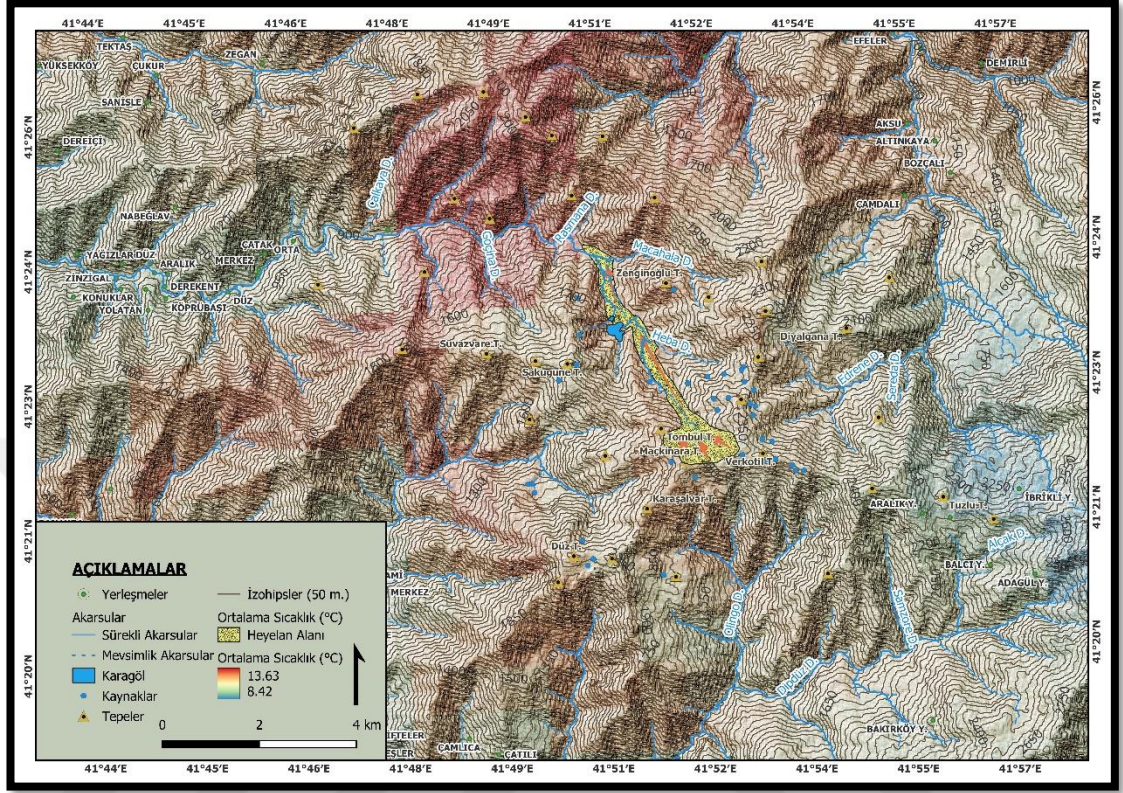
olarak tespit edilmiştir. Kabaköy Formasyonu (Tek) yay volkanizmasının yer yer etkin olduğu, yer yer ara verdiği sıcak sığ denizel bir ortamda çökelmiştir (Keskin, 2013)

Ayrıca, heyelanın hareket ettiği ve taç noktası olarak oluşan derin şev alanı, bazı yerlerde magmatik kayalarla kontak halindedir. Bu kayalar arasında en yaygın olanı Karçal Magmatitleri (Tekç) grubudur. Çalışma alanı ve yakın çevresinde, özellikle Karçal Dağı ve çevresinde, yüzeylenen diyorit, gabro, hornblend andezit, dasit, riyodasit, riyolit gibi intrüzif, damar ve volkanik kayalar ile sil ve dayk toplulukları Yılmaz vd., (1997) tarafından Karçal intrüzif kayaları olarak sınıflandırılmıştır. Bu kayalar, farklı ortamlarda çeşitli formlarla yüzeylenmektedir. Ancak, Karagöl'ü oluşturan heyelanın şev alanı ile temas eden Karçal Magmatitleri, asidik karakterli volkanik kayalardır (Tekça). Bunlar, genç asidik karakterdeki dasit, riyolit ve riyodasitler olup, gri, beyaz ve pembe renklerde görülmektedir. Porfirik dokuya sahip bu kayalar, genellikle bazik karakterdeki volkano-sedimanter istifleri kesen dayk ve sil formundadır. Ayrıca, bazı yerlerde masif kireçtaşlarının içine sokulmuş ve onları kesmiş durumda olan bu kayaların yaşı Orta Eosen olarak belirlenmiştir (Güven, 1990; Keskin, 2013).

Karagöl ve yakın çevresinin iklimi; meteorolojik veriler incelenirken bu bölgedeki meteoroloji istasyonları temel alınmıştır. Borçka istasyonu üzerinden yapılan yorumların, istasyonların vadi içerisinde ve daha yumuşak bir iklim ortamında yer alması nedeniyle birtakım farklılıklar içerebileceği düşünülmüştür. Bu sebeple, Fick ve Hijmans (2017) tarafından oluşturulan dijital raster formatındaki haritalar değerlendirilmiş, böylece Karagöl ve yakın çevresi için sıcaklık ve yağış haritaları oluşturulmuştur (Şekil 995, Şekil 96).

Artvin ve Borçka istasyonlarındaki iklim verilerinin incelenmesiyle Artvin veri seti 1960-2020 yıllarını kapsarken, Borçka'ya ait veriler daha kısa bir süreç olan 2014-2022 yıllarını içermektedir. Bu veri setlerine dayanarak yapılan sıcaklık değerlendirmelerine göre, Artvin'de en soğuk ay 1964 yılının ocak ayında kaydedilen -2,7°C ile belirlenmiştir. Borçka için ise en soğuk ay, 2016 yılının aralık ayında ölçülen 0,6°C olarak tespit edilmiştir. En sıcak aylar konusunda, Artvin için en yüksek sıcaklık değeri 24,6°C ile ağustos ayında kaydedilirken, Borçka'da en sıcak aylar 26.1°C ile haziran ve 26°C ile ağustos ayları olarak gözlemlenmiştir. Fick ve Hijmans (2017)

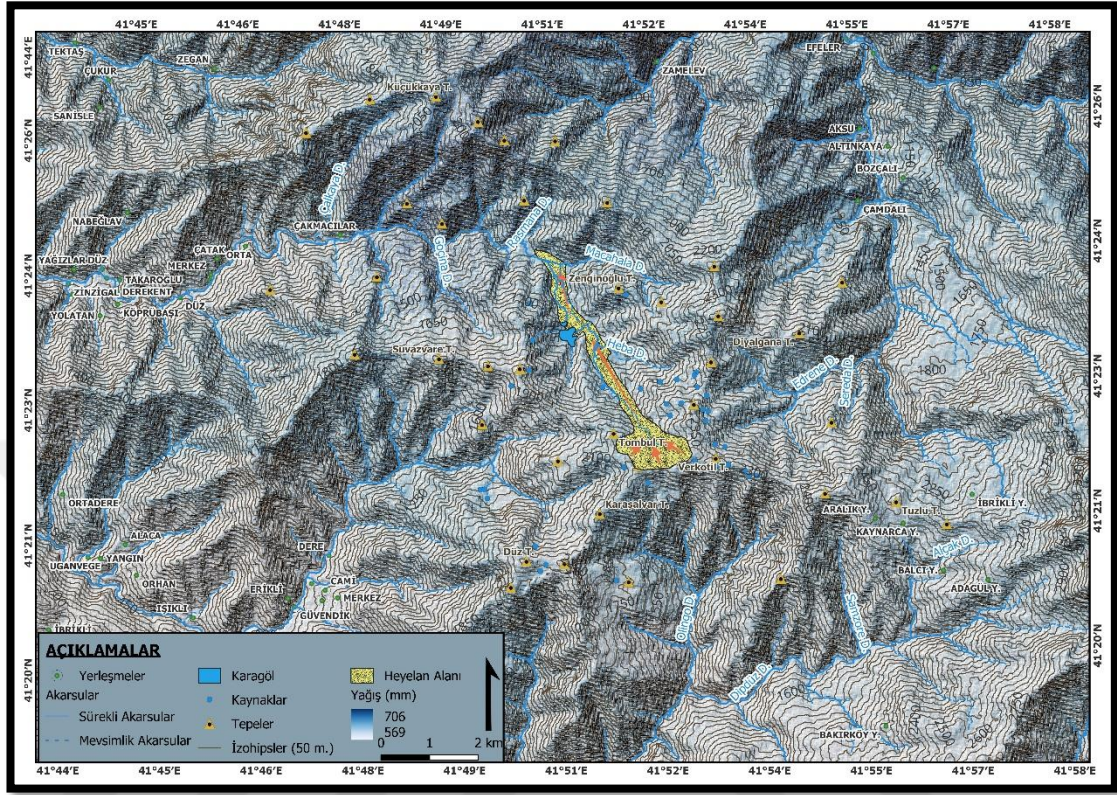
tarafından yapılan çalışmada ise, Borçka ve yakın çevresindeki en yüksek ortalama sıcaklık 13,6°C, en düşük ortalama sıcaklık 8,42°C olarak belirlenmiştir (Şekil 95).



Şekil 95. Karagöl ve yakın çevresinin sıcaklık haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den düzenlenerek yeniden çizilmiştir).

Artvin'deki yağış verileri incelendiğinde, Artvin veri setine göre bu sahada en düşük toplam yağış miktarları 1984 yılı eylül ayında 0,4 mm ve 2010 yılının kasım ayında 0,6 mm olarak kaydedilmiştir. Artvin'de en yüksek yağış değerleri ise 1989 yılının ocak ayında 93,4 mm ve 2015 yılının kasım ayında 80,6 mm olarak ölçülmüştür. İlginç bir şekilde, bazı yıllarda kasım ayı en düşük yağış miktarlarını sunarken, bazı yıllarda ise en yüksek yağış miktarlarına ev sahipliği yapmıştır. Borçka'daki yağış verileri incelendiğinde ise durum şu şekildedir: Borçka'da kaydedilen en düşük yağış miktarları 2020 yılının mart ayında 1,5 mm ve 2022 yılının ağustos ayında 1,8 mm olarak belirlenmiştir. En yüksek yağış miktarları ise 2018 yılının ekim ayında 97,5 mm ile ölçülmüş, ayrıca 2014 yılının kasım ayında 94,1 mm ve 2020 yılının eylül ayında 85,1 mm olarak yüksek yağış değerleri kaydedilmiştir. Fick ve Hijmans (2017) tarafından yapılan çalışmada ise, Borçka ve yakın

çevresindeki en yüksek toplam yağış 706 mm, en düşük toplam yağış ise 569 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 96).



Şekil 96. Karagöl ve yakın çevresinin yağış haritası (Fick ve Hijmans, 2017'den düzenlenerek yeniden çizilmiştir).

Bölgede heyelanların gelişmesinde etkili olan bir diğer iklim parametresi ise kar yağışıdır. Kar yağışının bölgedeki iklim verilerine göre yağış gün sayısı ve karın yerde kalma süresi ise şu şekildedir. Bu kapsamda en geniş veri seti Artvin istasyonundan elde edilmektedir. Artvin istasyonuna göre aylık ve yıllık bazda kar yağışlı gün sayısı en fazla 2022 ve 2012 yıllarında mart ayında görülmüştür. 2022 yılının mart ayında 19 gün, 2012 yılının mart ayında ise 16 gün Artvin'e yağış kar niteliğinde düşmüştür. Artvin ilinin veri setine göre kar örtüsünün yerde kalma süresi ise genel olarak birçok yılda 31 gün ile ocak ayı olduğu belirlenmiştir. Bazı yıllarda ise nisan ayı içerisinde maksimum 5 gün olmakla birlikte kar örtüsü yerde kalmıştır.

Karagöl ve çevresindeki bitki örtüsü; Karagölde bitki örtüsü farklı rakım seviyelerinde çeşitlilik göstermektedir. 1200-1800-2000 m rakıma kadar olan alanlarda, sarıçam (*Pinus sylvestris*), meşe (*Quercus spp.*), kestane (*Castanea sativa*),

kızılağaç (*Alnus glutinosa*), ıhlamur (*Tilia spp.*) ve gürgen (*Carpinus betulus*) gibi türler yaygın olarak bulunmaktadır. Bu türler, bölgenin düşük rakımlı ormanlarının temelini oluşturur ve çeşitli ekolojik koşullara uyum sağlayabilme yetenekleri ile dikkat çekerler. Özellikle bazı farklı ortamlarda mikroklima etkisi ile farklı alçak ve yüksek rakım değerlerinde de yetişebilmektedir.

Öte yandan, çalışma sahasının 2000 - 2200 m seviyelerinden farklı bitki örtüsü gelişmiştir. Bu rakımlarda ve üzerinde, doğu kayını (*Fagus orientalis*), Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana subsp. nordmanniana*) ve doğu ladini (*Picea orientalis*) gibi türler yaygındır. Bu türler, bölgenin daha yüksek rakımlı ormanlarının karakteristik özelliklerini sergilemekte ve zengin bir biyoçeşitlilik sağlamaktadır.

Karagöl ve yakın çevresinin bitki örtüsü, bu şekilde değişen rakım koşullarına bağlı olarak farklı türlerin varlığıyla dikkat çekmektedir. Bu çeşitlilik, bölgenin ekolojik zenginliğinin ve biyoçeşitliliğinin bir göstergesi olarak önem taşır (Fotoğraf 31).



Fotoğraf 31. Karagöl ve yakın çevresindeki karışık (iğne ve geniş yapraklı) bitki örtüsünden görüntüler

4.2.8.2. Karagöl (Borçka/Artvin) Jeomorfolojik İndisler ve Bulgular

Karagöl, Doğu Karadeniz’de Karçal dağlarının 2150 m rakımlardaki kuzeybaki yamaçlarında, heyelan kütlelerinin hareketi ve davranışı göz önüne alındığında moloz akması şeklinde gelişmiş bir heyelanın vadi tabanını tıkaması sonucu oluşan setin gerisinde meydana gelmiş bir heyelan set gölüdür. Heyelanın hareketi ve hareket kabiliyeti incelendiğinde, muhtemelen durum şu şekilde gelişmiştir. Çalışma sahasında volkanik ve sedimanter birimlerin ayrışmaya ve harekete duyarlı kütleler olduğu görülmüştür. 2000 metre üzerindeki yoğun kar yağışı sonucu kar erimeleri, hareketi tetiklemiş ve Coşedinaca Deresi’nin vadisini tamamen doldurmuştur. Karagöl esasen ana bir vadi de gelişmesinin yanı sıra Coşedinaca Deresi’ne kavuşan Heba Deresi vadisinin de katıldığı bir alan da meydana gelmiştir. Bu heyelan Karagöl’ü oluşturan heyelanın hareket ettiği alan olan Aralık Yaylası ile Karagöl’ü de içerisine alan oldukça büyük bir alanda meydana gelmiştir. Heyelanın hareket alanı yaklaşık 2.3 km²’dir.

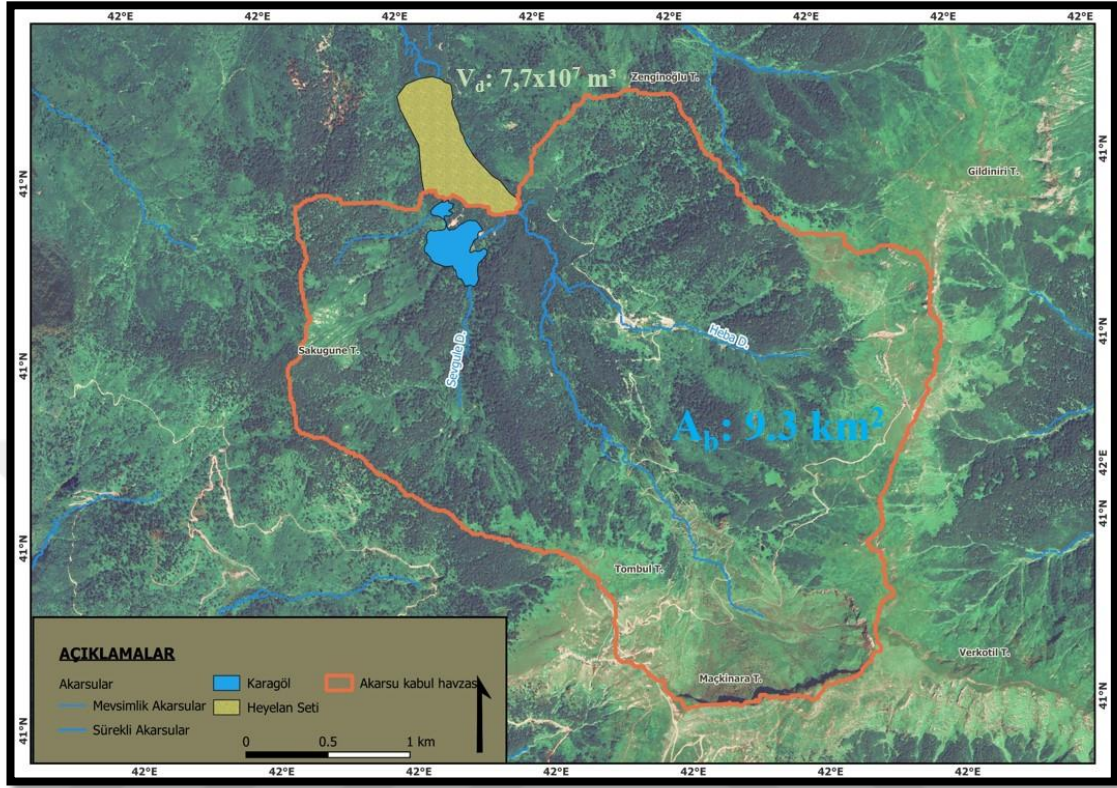
Karagöl heyelanında heyelanın gerçekleştiği alan kar ve buz erimelerinin gerçekleşebileceği coğrafi bir ortamda meydana gelmiştir. Burası yılın büyük bir çoğunluğu yağış alan bir bölgedir. Bu yüzden özellikle Karçal Dağları ve üzerindeki buzul şekilleri ortamın yağış karakterinde kar yağışı ve buzul süreçlerinin etkili olduğunu gösteren bir diğer parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumun yanı sıra bakı özellikleri de karın yerde kalma süresini artırmakla birlikte havanın ısınmasıyla kar erimelerinin özellikle ani yağışlarla da birleşmesiyle ortamın daha duyarlı bir hal aldığı düşünülmektedir.

Karagöl ve yakın çevresinin jeolojik, jeomorfolojik, iklim ve diğer özellikleri, Karagöl’ün Fiziki Coğrafya Özellikleri başlığı altında detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu nedenle, burada bu konulara geniş çapta değinmek yerine, kısa bir değerlendirme ile indislerin sonuçlarından elde edilen bulgulara odaklanılmıştır.

4.2.8.2.1. Karagöl Heyelan Set Gölünde Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular

Blokaj İndisinin hesaplanma yöntemi, heyelan sonucu oluşan setin hacmi ile bu setin arkasında kalan, gölü besleyen akarsuyun topladığı suyun kabul havzasının

büyüklüğü arasındaki ilişkiyi değerlendirerek gerçekleştirilir (Stefanelli vd., 2016) (Şekil 97).



Şekil 97. Blokaj İndisinde kullanılan parametrelerin harita üzerinde gösterimi

Yürütülen çalışmalar neticesinde, Karagöl'ü meydana getiren heyelanın oluşturduğu setin hacminin 76872865,4 m³ olduğu tespit edilmiştir. Harita ve grafiklerde bu miktar 7,7x10⁷ m³ şeklinde ifade edilmektedir. Karagöl'ün oluşumunda rol oynayan unsurlardan biri de akarsulardan gelen suyun set üzerinde oluşturduğu basınçtır. Göle gelen akarsular genel olarak ana su kaynağı olan Coşedinaca Deresiyle birleşmektedir. Ancak Coşedinaca Deresi göl kabul havzasında değildir. Kabul havzasını oluşturan doğudan ve batıdan birleşen Heba, Sevgule gibi sürekli akarsulardır. Bu nehirlerin ve yan kollarının oluşturduğu toplam drenaj havzası, QGIS programı ile gerçekleştirilen hidrolojik analizlere göre 9,3 km² olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak $BI = \log (V_d/A_b)$ formülü uygulandığında, Karagöl'ün Blokaj İndisi (BI) değeri şu şekildedir;

$$BI = \log (76872865,4/9,3) = 6,92 \quad (36)$$

Yapılan hesaplamalara göre Karagöl heyelan set gölü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 3). Karagöl'ün varlığını kararlı

olarak sürdürmesinde akarsu kabul havzası ile setin hacmi arasındaki ilişkiye bakıldığında setin gerisinde büyük bir kabul havzası olmasına rağmen bunu uzun süre taşıyabileceği ve gölün varlığını kararlı bir şekilde sürdürebileceği sonucu elde edilmiştir.

4.2.8.2.2. Karagöl Heyelan Set Gölünde Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine İlişkin Bulgular

Karagöl üzerinde yapılan gölün sürekli olma veya bozulma durumlarının değerlendirilmesine ilişkin bir başka indis ise Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisidir. Bu indis, heyelan setinin hacmi ile gölde biriken su miktarının hacim değerleri arasındaki ilişkiyi ele almaktadır. Karagöl’de gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen verilerle yapılan hesaplamalar sonucu heyelan setinin hacmi yaklaşık olarak (V_d): 76872865,4 m³’tür. Bu değer kısaltılmış olarak harita ve tablolarda $7,7 \times 10^7$ m³ olarak gösterilmektedir. Gölde birikim yapan suyun hacmi ise göl üzerinde manuel ölçümler ile elde edilen derinlik bilgisiyle tespit edilmiştir. Bu değerlendirmelere göre gölün hacim değeri yaklaşık olarak (V_1): 613627,1 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu veriler kullanılarak $II = \log (V_d/V_1)$ formülü uygulandığında Karagölün II değeri şu şekildedir;

$$II = \log(76872865,4/613627,1) = 2,10(37)$$

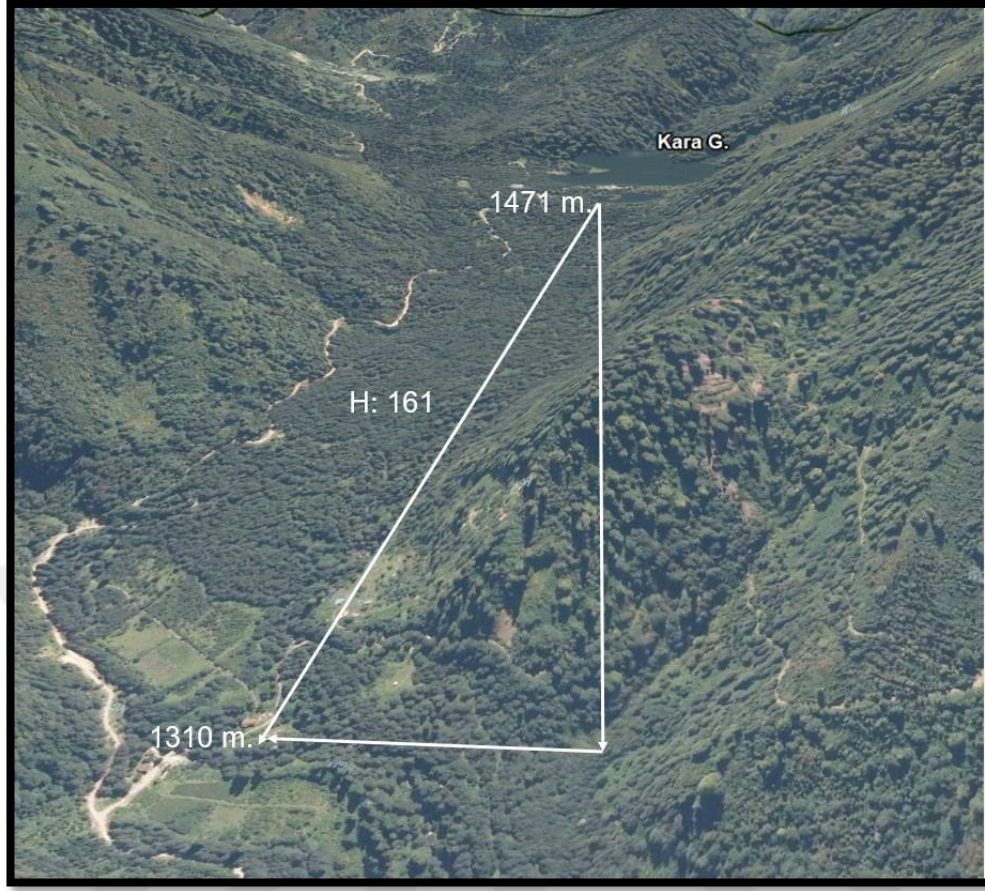
Bu sonuç eşik değeri dikkate alındığında 1’in üstünde bir değer olmasından ötürü **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında değerlendirilmektedir (Tablo 4).

Karagöl’e gelen akarsuların kabul havzasının 9,3 km² gibi büyük bir alanı kaplaması ve yüksek rakımda yer almasından ötürü taşınan sediman oranı önemli ölçüde fazla olması beklenir. Ancak burada özellikle Heba Vadisi içerisinde yapılan arazi çalışmaları ve UA görüntüleri değerlendirildiğinde ikinci bir heyelan set gölünü varlığı da dikkat çekicidir. Bu heyelan set gölü zaman içerisinde Heba Deresi tarafından taşınan sedimanlar ile dolarak asıl sedimanın Karagöl’e ulaşmasını engellenmiştir. Heba Yaylası’nın olduğu bölgede eğim neredeyse 1- 2 derecelere kadar düşmektedir. Bu durumda eğimin düşmesiyle birlikte akarsuyun sediman taşıma gücü de buna bağlı olarak düşmektedir. Ayrıca Heba Deresi Karagöl’e ulaşmadan hemen önce set tarafından engellenmiş ve sediman taşınımı önlenmeye çalışılmıştır.

4.2.8.2.3. Karagöl Heyelan Set Gölünde Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular

Karagöl'ün devamlılığı ve bozulup ortadan kalkma süreci üzerine yapılan analizlerde, bir başka değerlendirme unsuru Boyutsuz Blokaj İndisi'dir (DBI). Bu indis hesaplamasının yapılabilmesi için birkaç temel parametre dikkate alınır. Heyelan setinin hacmi (V_d), setin tıkanma yaptığı ve suyu biriktirdiği alandan kaynak noktasına kadar ki kabul havzasının alanı (A_b) ve heyelan setinin yüksekliğidir (H_d). Bu etkenler, gölün tıkanmasında set yüksekliğinin önemini anlamak açısından fikir vermektedir. Setin tıkanma yapıp vadiyi doldurduğu alan ile heyelanın topuk noktası arasındaki yükseklik farkı ile bu hesaplama elde edilmektedir (Şekil 98).

Vadi yatağını tıkayarak oluşan set göllerinde bir set yüksekliğinin oluşması genel olarak vadi içerisini tıkayan bütün göllerde görülmektedir. Özellikle çalışma alanındaki göllerin genel çoğunluğunda beşerî unsurlarca inşa edilen ulaşım yolları eğim değerinin en düşük olduğu yer olan vadi yatağına yapılmıştır. Heyelan set göllerinde vadi yatağının içinden gelen yollar göle ulaşmak için setin üzerine tırmanırken bir yükseklik artışı açıkça anlaşılmaktadır. Karagöl'de durum biraz farklıdır. Moloz akması şeklinde hareket eden kütleler doğrudan vadiyi tıkamaktansa akışkan ve viskoz içeriğinden ötürü vadi eğiminden de faydalanarak vadi boyunca uzunlamasına akış göstermiştir. Bu da setin dar ve sık bir bölgeye yığılmasını önlemiş ve geniş bir alana ulaşmasına neden olmuştur. Bu durum ise setin yüksekliğinin biraz daha düşük olmasına ortam hazırlamıştır. Karagöl heyelanındaki heyelan setinin yüksekliği 161 m olarak ölçülmüştür.



Şekil 98. Boyutsuz Blokaj İndisinde set yüksekliğinin görünümü (HGM Küre)

DBI indisine göre verilerin hesaplanmasında kullanılan kullanılan formül şu şekildedir; $DBI = \log(A_b \times H_d / V_d)$. Karagölden elde edilen bulgulara göre A_b ; $9,3 \text{ km}^2$, V_d ; $76872865,4 \text{ m}^3$, H_d ; 161 m olarak belirlenmiştir. Bu değerler DBI formülünde yerine konulduğunda;

$$DBI = \log (9,3 \times 161 / 76872865,4) = 1,29 \quad (38)$$

DBI, göl setinin yüksekliğiyle ilgili veriyi kullanarak kabul havzası, set hacmi ve yüksekliği arasındaki ilişkiyi değerlendirerek bir sonuca ulaşmayı amaçlamaktadır. Bu indis tarafından elde edilen değerler, Tablo 5'teki belirli eşik değerlerine göre sınıflandırıldığında Karagöl **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır (Tablo 5).

4.2.8.2.4. Karagöl Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulguları

Heyelan set göllerinin devamlılığını belirlemede etkili bir diğer gösterge ise Morfolojik Tıkanma İndisi (MOI)'dir. Bu indis, vadi genişliğinin yanı sıra diğer faktörleri de dikkate alarak heyelan set göllerinin sürekliliğini değerlendirir. Özellikle, hareket halindeki kütlenin vadi içini doldurduğu durumlarda, vadi genişliği kritik bir role sahiptir. Dar bir vadi, hareket eden kütle tarafından doldurulma ve vadinin tıkanma, set oluşturma süreçleri için daha elverişli bir ortam sunmaktadır. Bu yüzden vadinin genişliğini belirlemek için bu alanda on farklı vadi genişliği ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerin medyan değeri alınarak vadi genişliği değeri tespit edilmiştir. Bu değer 91,1 m olarak belirlenmiştir. MOI'nin hesaplanma yönteminde, heyelanın hacmini (V_d) vadinin genişliğine (W_v) oranlayarak, bu oranın logaritmasının alınmasıyla elde edilmektedir (Stefanelli vd., 2016). Yani, $MOI = \log (V_d/W_v)$ formülü ile belirlenir. Bu formül üzerinde somut veriler yerine konulduğunda;

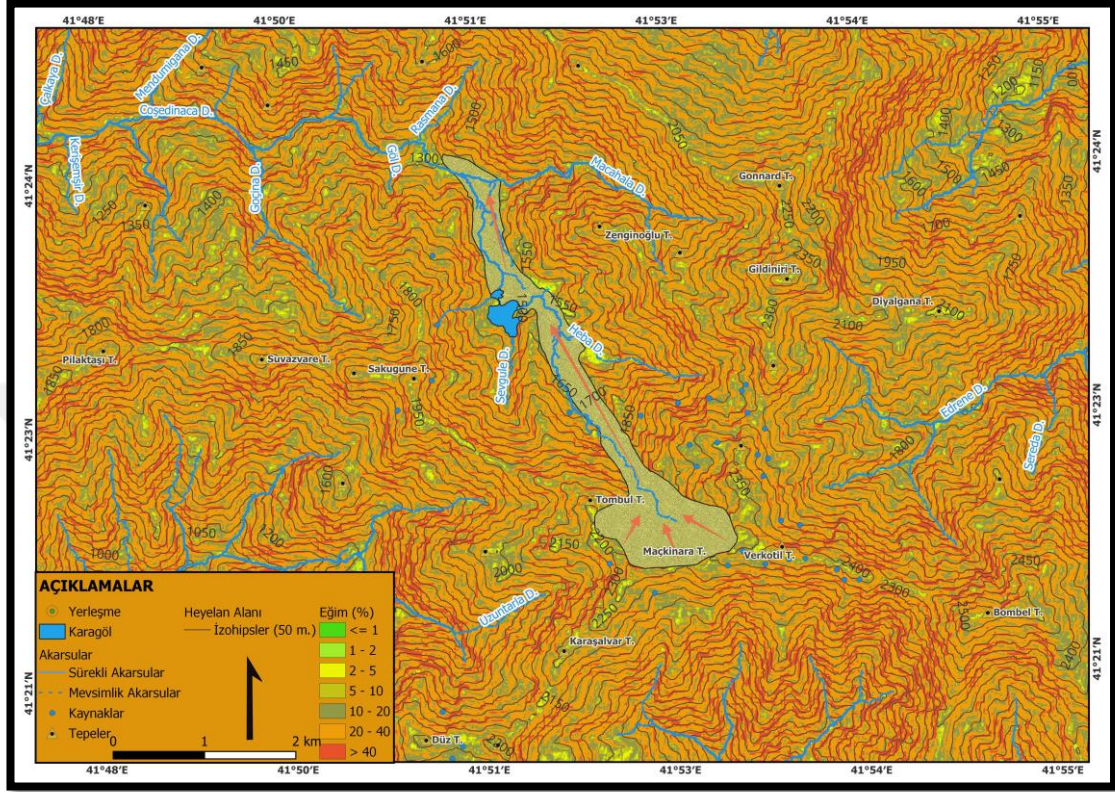
$$MOI = \log(76872865,4/91,1) = 5,92 \quad (39)$$

Sonuç olarak, Karagöl ile ilgili olarak heyelan seti üzerinde yapılan hesaplamalara göre elde edilen MOI değeri 5,92 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada belirlenen MOI değeri, Stefanelli vd., (2016) tarafından önerilen ve MOI değerlerine göre heyelan set göllerini üç farklı kategoride sınıflandıran bir ölçekle değerlendirilmiştir. Bu sınıflandırma çerçevesinde, Karagöl heyelan set gölü, **Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** kategorisinde değerlendirilmiştir (Tablo 6).

4.2.8.2.5. Karagöl'ün Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSI) İlişkin Bulgular

Karagöl'ün eğim değerlerini gölün bozulma ve ortadan kalkma durumunu değerlendirme unsuru olarak esas alan, gölün kararlı olma veya bozulma durumları hakkında fikir veren bir diğer indis ise Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSI)'dir. Burada, vadinin içindeki akarsu yatak eğimi, akarsuyun aşındırma ve sediman taşıma gücü ile ilgili fikir vermektedir. Eğimin durumuna bağlı olarak akarsuyun ne kadar büyük bir alandan sediman taşıma gücüne sahip olduğu eğimin yüksekliği ile doğru orantılıdır. Akarsuyun taşıyabildiği sediman yükü de gölün dolma

ve kapanma veya sürekli olma durumuna ilişkin fikir verebilmesi adına önemlidir. Bu yüzden akarsu ve yakın çevresinin genel eğimini daha iyi anlayabilmek ve yorumlayabilmek adına eğim haritaları oluşturulmuştur (Şekil 99).



Şekil 99. Karagöl ve yakın çevresinin eğim haritası

Karagöl'ü oluşturan heyelanın hacim değeri 76872865,4 m³, heyelanın akarsu kabul havzasının alanı 9,3 km², akarsuyun tıkanma noktasından kaynak alanına doğru yaklaşık 6,4 km'lik bir yatay uzunlukta eğim değeri %10,9 olarak hesaplanmıştır. HDSI formülünde $HDSI = \log (V_d / (A_b \times S))$ ile elde edilmektedir. Elde edilen veriler formül üzerinde işleme konulduğunda;

$$HDSI = \log (76872865,4 / (9,3 \times 0,109)) = 7,88 \quad (40)$$

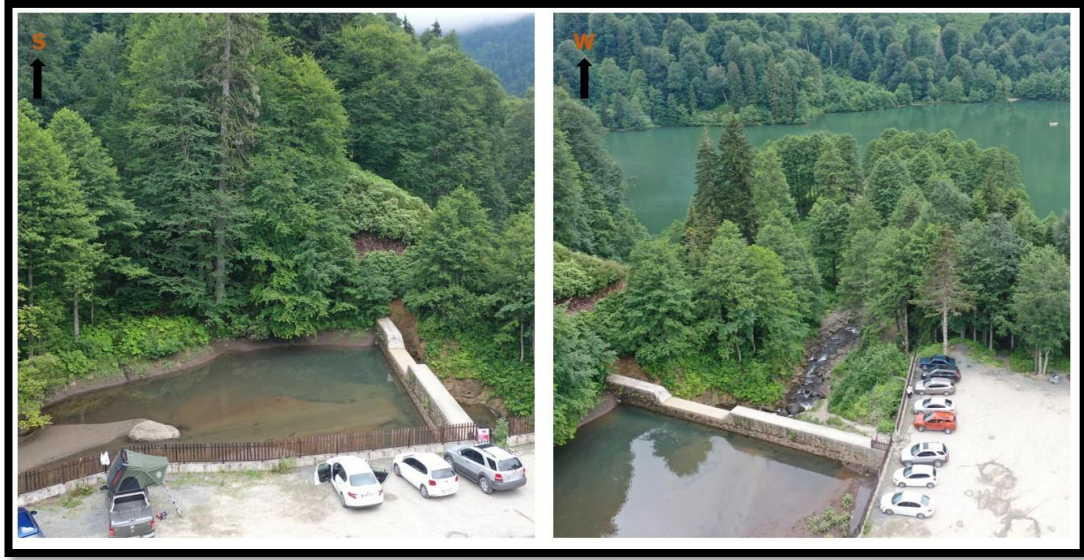
Karagöl için yapılan değerlendirmeler sonucunda, hidromorfolojik set gölü süreklilik indisi (HDSI) 7,88 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, HDSI'nin heyelan set göllerinin sürekli olma veya bozulma durumlarını yansıtmakta önemli bir çıktı olarak değerlendirilebilir. Karagöl'ün HDSI değeri, Stefanelli vd. (2016) yaptığı

sınıflandırma eşik değerlerine göre değerlendirildiğinde, Karagöl **Kararlılık Alanı** kategorisinde yer almaktadır (Tablo 7).

Akarsu vadi yatağındaki eğim değerinin 10'un üzerinde olması bu akarsuyun aşındırma ve taşıma gücünün de yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Özellikle akarsu kabul alanından toplanan su kaynakları yaklaşık 6,4 km boyunca vadi yatağını aşındırarak vadi yatağından söktüğü sediman malzemeleri geçici kaide seviyesi olan göle kadar taşıma potansiyeline sahiptir. Ancak Heba Yaylası bize göre daha önce gerçekleşmiş bir heyelan set gölünün sedimanlar tarafından dolarak kapanması sonucu oluşmuş geçici bir kaide seviyesi ve düzlüğüdür. Bu alan üzerinde yoğun yükünü bırakan Heba Deresi bundan sonra çok kısa bir alanda taşıdığı sedimanları da göle gelmeden yapılan suni set içerisine bırakmaktadır. Ancak set yakın bir zamanda yapılmıştır. Bu yüzden HGM tarafından elde edilen ortofotolar değerlendirildiğin 1969 ve 2012 yılı arasındaki ortofotolarda (Şekil 101) Heba Deresi tarafından taşınan malzemelerin oluşturduğu delta kısmen de olsa büyümüştür. Bu durumda bu yıllarda (1969-2012) sediman taşındığı ve gölün sedimanlar tarafından doldurulduğu söylenebilir.

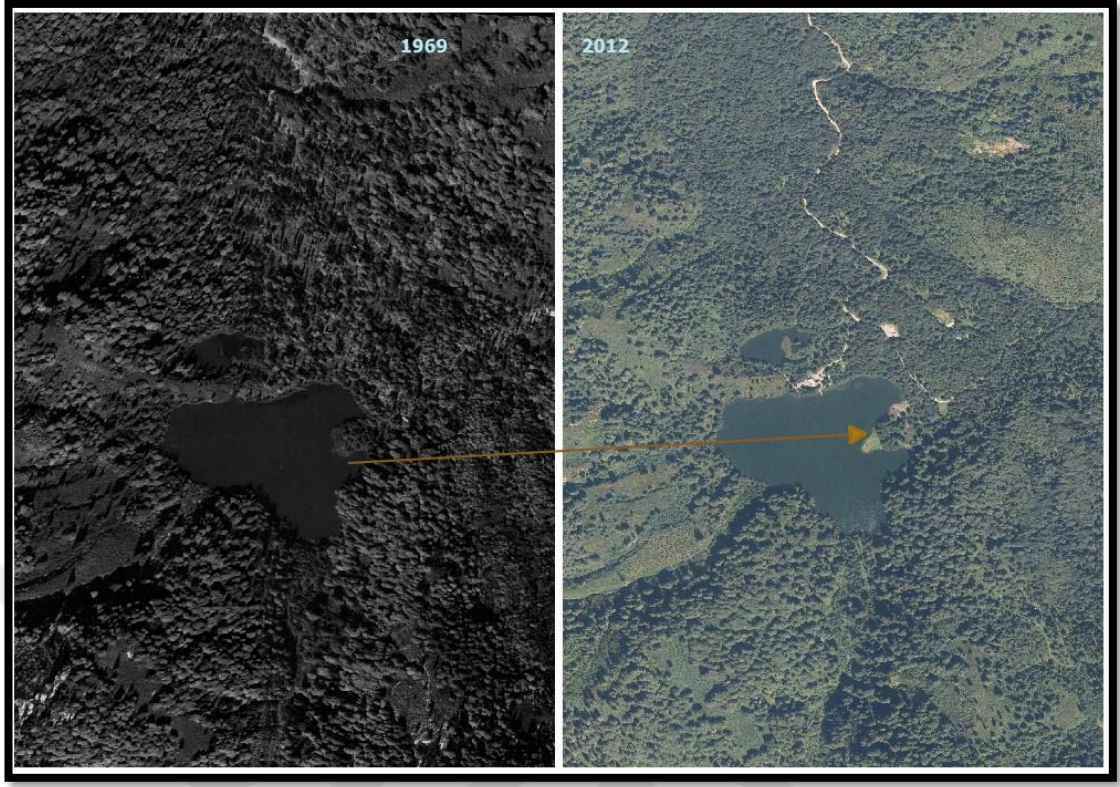
4.2.8.3. Karagöl'ün Arazi Çalışmaları ve İndislere göre Genel Değerlendirmesi

Karagöl'de yapılan arazi çalışmalarında Karagöl'ün sürdürülebilirliği ve turizm olanaklarının devam ettirilebilmesi adına gölü korumak için birtakım önlemler alınmıştır. Bu önlemlerden biri akarsu kabul havzası içerisinde yer alan Heba Deresi'nin taşıdığı sedimanların göle girişinin engellenmesidir. Bu sedimanlar geçmişte Karagöl içerisinde bir delta ovası oluşturacak biçimde birikim yapmış ve gölün içerisinde bu birikim olan delta ovası dikkat çekmektedir. Ancak ovanın büyümemesi ve gölün sediman ile dolmaması için 1490 m kot seviyesine bir set inşa edilmiştir (Fotoğraf 32). Bu set ile daha önce göle gelen sedimanlar engellenerek tutulmaya çalışılmaktadır. Set, vadi yatağına göre ölçüldüğünde yaklaşık 5-6 metre bir yüksekliğe sahip olduğu görülmektedir. Ancak setin 3 m seviyelerine kadar sediman ile dolduğu üzerinde ise su tutulduğu görülmektedir (Fotoğraf 32).



Fotoğraf 32. Karagöl’e gelen Heba Deresi üzerinde setleme çalışmaları, gelen malzeme seti hızlıca doldurmaktadır.

Heba Deresi üzerine kurulan setin dolmaması ve gelecek süreçte sediman ile gölün derinliğinin azalmaması için akarsu üzerine setleme çalışması yapılarak sedimanlar göle girmeden tutulmaya çalışılmıştır. HGM tarafından elde edilen ortofoto görüntüleri incelendiğinde (1969, 2012, 2015) göle gelen Heba Deresi’nin taşıdığı sedimanlar ile oluşan göldeki deltayı görmek mümkündür. Bu deltanın 1969 ile 2012 uydu görüntüleri arasındaki fark dikkate alındığında kendi ölçeğine göre oldukça büyük olduğu söylenebilir (Şekil 100). Ortofotolarda deltanın küçük bir kısmı açık alan olarak görülmekte ise de geriye doğru üzerinde bitki örtüsünün yetiştiği alan da delta sahasıdır.



Şekil 100. Karagöl ve yakın çevresindeki sediman taşınımı ve kütle hareketlerini gösterir ortofotolar.

4.2.8.4. Jeomorfoloji ve İnsan İlişkisi

Karagöl ve yakın çevresi, jeomorfolojik özellikleri ve iklim koşulları açısından çeşitlilik gösteren bir bölgedir. Çalışma alanına en yakın yerleşim yeri Aralık köyüdür. 2022 yılı TÜİK verilerine göre 296 kişilik bir nüfusa sahiptir. Karagöl ve çevresindeki ekonomi hem turizme dayalıdır hem de geleneksel hayvancılık ve yaylacılık alanında ekonomik faaliyetler yürütülmektedir. Bu iki sektör, bölgenin ekonomik yapısının temel taşlarını oluşturmakta ve özellikle turizm, yaz aylarında önemli bir gelir kaynağı sağlamaktadır.

Yaz aylarında, turizmin etkisiyle Karagöl bölgesinde kısmen nüfus artışı gözlemlenmektedir. Burada, yaz dönemi ziyaretçi artışı olmakta ve özellikle ücretsiz kamp alanları, bir restoran ve bireysel ihtiyaçları karşılayabilecek bir market ile ziyaretçilere hizmet sunmaktadır.

Karagöl çevresindeki yaylacılık faaliyetleri de turizmle iç içe geçmiştir. Özellikle Heba Yaylası, Aralık Yaylası ve Klaskur Yaylası gibi yaylalar, geleneksel hayvancılık faaliyetleri için kullanılmakta ve turizmle birleşerek bölgenin ekonomik çeşitliliğine katkıda bulunmaktadır. Bu yaylalardan Heba Yaylası'nda yaşayan yerel halk, hayvancılıkla uğraşmanın yanı sıra, turistlere yönelik konaklama ve gastronomi hizmetleri sunarak bölgenin turizm cazibesini artırmaktadır. Bu ortamda sunulan doğal ve otantik konaklama deneyimleri, Karagöl'ün ve çevresinin kültürel zenginliğini yansıtmakta ve bölgeyi ziyaret eden turistler için çekici bir hale getirmektedir.



SONUÇ

Türkiye'de Karadeniz Bölgesi'nde sekiz farklı heyelan set gölü (Sünnet, Sülüklü, Boraboy, Zinav, Gaga, Sera, Uzungöl ve Karagöl) üzerine yapılan bu tez çalışması, göllerin süreklilik ve yenilme durumlarını ele alarak Türkiye coğrafyası için önemli bulgular ve sonuçlar ortaya koymuştur. Bu bölümde, her bir göl için elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak analiz edilmiş, kullanılan metodoloji değerlendirilmiş ve diğer çalışmalarla olan benzerlikler ile farklılıklar karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Son olarak, gelecekteki araştırmalara yön verebilecek öneriler, her bir göl özelinde maddeler halinde sunulmuştur.

Göller üzerinde yapılan değerlendirmeler ve elde edilen bulgulara yönelik tüm göllerin indislerde kullanılan parametreleri, hangi indiste nasıl bir sonuç elde edildiği, gölün oluşumunda tetikleyici unsurlar nelerdir, heyelan nasıl bir heyelan tipiyle şekillenmiştir sorularına cevap verilmiştir. Ayrıca Costa ve Schuster, (1988) yöntemine göre her bir heyelan set gölünün heyelan set gölleri içerisindeki hangi tipte sınıflandırıldığına ilişkin bir tablo da oluşturmuştur (Tablo 8). Bu tabloda heyelan set göllerini oluşturan heyelanların hacmi, göllerin hacmi, set yükseklikleri, akarsu havzası kabul alanları, yatak eğimleri her bir göl için tek bir tabloda verilmiş ve kolaylıkla karşılaştırma imkânı sağlamaktadır (Tablo 8).

Araştırma sahasında en batıdan başlayarak doğuya doğru incelenen göller ve heyelan ilişkisi ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 8. Heyelan set göllerinin parametreler, indisler, tetikleyici unsurlar ve heyelan tipi özelinde gösterimi.

	Çalışma Alanları	PARAMETRELER						İNDİSLER					HEYELAN SÜREÇLERİ ve TIPLARI		
		Heyelan setinin hacmi (V _d : m ³)	Akarsu kabul havzasının alanı (A _b km ²)	Heyelan set gölünün hacmi (V _i m ³)	Heyelan setinin yüksekliği (H _d m)	Vadi genişliği (W _v m)	Akarsu yatak eğimi (S %)	BI	II	DBI	MOI	HDSI	Heyelan oluşumunu tetikleyen süreçler	Heyelanın tipi (Highland ve Babrowsky, 2018)	Heyelan Set Gölünün Tipi (Costa ve Schuster, 1988)
								Kararlı/ Kararsız/ Oluşmamış	Kararlı/ Kararsız/ Oluşmamış	Kararlı/ Kararsız/ Oluşmamış	Kararlı/ Belirsiz/ Oluşmamış	Kararlı/ Belirsiz/ Süreksizlik			
BATI KARADENİZ	Sülüklü	1,07x10 ⁹	2,8	2106037,6	333	76	18,9	8,58 (Kararlı)	2,70 (Kararlı)	-0,06 (Kararlı)	7,15 (Kararlı)	9,31 (Kararlılık)	Tektonizma	Karmaşık heyelan (kayma ve rotasyonel heyelan)	Tip II
	Sünnet	5,7x10 ⁷	11,4	914303,9	64	188	5,4	6,70 (Kararlı)	1,79 (Kararlı)	1,10 (Kararlı)	5,49 (Kararlı)	7,96 (Kararlılık)	Tektonizma	Kayma	Tip II
ORTA KARADENİZ	Boraboy	1,04x10 ⁸	11	721860,8	217	216,4	15,3	6,97 (Kararlı)	2,15 (Kararlı)	1,36 (Kararlı)	5,68 (Kararlı)	7,79 (Kararlılık)	Tektonizma	Kayma	Tip II
	Zinav	4,8x10 ⁷	206,3	3590886,0	174	138,6	5,73	5,36 (Kararsız)	1,12 (Kararlı)	2,87 (Kararsız)	5,54 (Kararlı)	5,60 (Süreksizlik)	Tektonizma	Karmaşık heyelan (kayma ve rotasyonel heyelan)	Tip II
	Gaga	5x10 ⁸	-	539481,8	45	-	-	-	-	-	-	-	Aşırı yağış ve litolojik faktörler	Rotasyonel	Belirsiz
DOĞU KARADENİZ	Sera	3,1x10 ⁷	118	912500,4	115	209,7	7,7	5,42 (Kararsız)	1,53 (Kararlı)	2,64 (Kararsız)	5,17 (Kararlı)	6,53 (Belirsiz)	Aşırı yağış ve litolojik faktörler	Karmaşık (devrilme ve kayma)	Tip II
	Uzungöl	1,1x10 ⁹	116	515797,4	146	203,1	4	6,98 (Kararlı)	3,33 (Kararlı)	1,18 (Kararlı)	6,74 (Kararlı)	8,37 (Kararlılık)	Kar erimleri ve litolojik faktörler	Akma (Moloz akması)	Tip II
	Karagöl	7,7x10 ⁷	9,3	613627,1	161	91,1	10,9	6,92 (Kararlı)	2,10 (Kararlı)	1,29 (Kararlı)	5,92 (Kararlı)	7,88 (Kararlılık)	Kar erimleri ve litolojik faktörler	Akma (Moloz akması)	Tip II

Sülüklü Gölü, Karadeniz Bölgesi'nde, bu bölgenin batısında bulunmaktadır. Bu göl, aynı zamanda Türkiye'nin doğusunda Bingöl, Karlıova'dan başlayarak batısında Saros Körfezi'ne kadar uzanan, 1200 km uzunluğundaki sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın (KAF) (Şengör ve Canitez; 1982; Şengör vd., 2006) güneyinde yer almaktadır. Bu fay hattının kontrolü altında kalan bölgede, tektonik hareketlerin etkisiyle de gelişmiş bir heyelan set gölüdür. Sülüklü Gölü, Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) güney kolu boyunca uzanan ve Mudurnu Çayı'na katılan Tavşansuyu Deresi üzerinde meydana gelen tektonik hareketler sonucunda oluşmuştur. Tavşansuyu Deresi'nin kaynak bölgesine yakın yükselti seviyelerinde gölün hemen doğusunda, Çökekkaşı Tepe'nin (1600 metre) batısında, kuzey ve kuzeybatı yönlerine doğru hareket eden büyük bir toprak kütlesi, dere yatağını tıkayarak Sülüklü Gölü'nü oluşturmuştur.

Bu verilere dayanarak, gölün oluşumunda büyük bir rol oynayan akarsu havzası, heyelanın hacmi, göldeki su miktarı, oluşum yerinin vadideki genişliği ve gölü meydana getiren setin yüksekliği gibi çeşitli parametreler analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda, gölün kararlı bir yapıya sahip olduğu ve uzun süre varlığını sürdüreceği sonucuna varılmıştır. Özellikle kabul havzasının küçüklüğü (12 km²) aynı zamanda tek bir akarsuyun kabul havzasını drene etmesi Sülüklü heyelan set gölünün sedimanlar tarafından doldurulmasına engel olmaktadır. Bu yüzden göl derinliğini korumaktadır. Mudurnu Çayı'nın aktığı vadinin kot değeri 300 m seviyelerindeki iken Mudurnu'ya katılan Tavşansuyu Deresi kaynaklarını yükselti değeri 1200 m seviyelerindeki Soğukpınar kaynağından almaktadır. Akarsu 1200 m'den 300 m'ye çok kısa bir mesafede ulaştığından eğim ve akım gücü çok yüksektir ve vadiler ise bu duruma bağlı olarak oldukça derindir. Sülüklü Gölü'nün meydana geldiği vadinin bu denli derin olması ve sedimanla dolmaması, gölde yapılan batimetri ölçümleri sonucunda gölün oldukça derin olduğunu (42 m) göstermektedir.

Sülüklü Gölünün oluşum, gelişim özellikleri ve jeomorfolojik gelişimi ile ilgili olarak literatürde ayrıntılı çalışmalar bulunmaktadır. Ancak yakın çevresinde yapılan jeoloji ve fiziki coğrafya araştırmaları bölgenin tektonik aktivitesinin ne kadar güçlü olduğunu ortaya koymaktadır (Genç ve Tüysüz, 2010; Ocakoğlu vd., 2013; Sol, 2017). Bölge ve yakın çevresi tektonizma ile parçalanmış ve şekillenmiştir. Bu nedenle gölü oluşturan heyelanın hacimsel değeri oldukça büyüktür, yakın zaman içerisinde heyelan

setinde bir tahrip veya bozulma gibi durumlar beklenmemektedir. Heyelan set gölü elde edilen indisler ile değerlendirildiğinde varlığını uzun yıllar koruyacak olan Kararlı oluşmuş heyelan set gölleri sınıfında değerlendirilmektedir.

Gelecekte göl üzerinde yapılacak olan çalışmalar ve göle ilişkin önerilerimiz şu şekildedir;

- Göl ve çevresindeki tektonik hareketlerin izlenmesi için GPS teknolojisi kullanılmalıdır. Bu yöntem heyelan tehditlerini erken tespit etmek için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, bu veriler bölgenin jeolojik istikrarı hakkında daha derinlemesine bilgi sağlar ve risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde karar vericilere yardımcı olur.
- İklim değişikliğinin göl ekosistemi üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde araştırılmalıdır. Yapılacak bu çalışma, su seviyeleri, sıcaklık değişimleri ve bu değişimlerin flora ve fauna üzerindeki etkilerini içerebilir.
- Göl ve çevresinin Milli Parklar tarafından korunması, bölgenin doğal güzelliklerinin ve biyoçeşitliliğinin korunmasına olanak tanır. Bu koruma çabaları, sürdürülebilir turizm pratiklerini teşvik ederek, bölgedeki ekolojik dengenin korunmasına yardımcı olur. Bu kapsamda, turizm faaliyetlerinin ekosistem üzerindeki baskısını azaltacak yönetim planları ve ziyaretçi yönlendirme süreçleri geliştirilmelidir.
- Göl çevresinde yayla yerleşmeleri yer almaktadır. Bu alanlardaki insanların da turizme katılımı teşvik edilmeli ve bu insanlar koruma, yönetim ve turizm faaliyetlerine dahil edilmelidir. Yerel halkın katılımı, bölgenin korunması ve sürdürülebilir kullanımı konusunda farkındalığın artırılmasına katkı sağlar ve yerel ekonomiye olumlu yansımalar sunar.

Sünnet Gölü temelde büyük bir heyelan olarak Gök Deresi vadisi içerisinde gerçekleşmiştir. Gök Deresi vadisinin doğu (Sarıkaya T.) ve batı (Göldağ T.) yamaçlarında meydana gelen kütle hareketleri eğim yönünde kayarak Gök Dere vadisini doldurmuştur. Böylece vadi içerisinde Sünnet gölü meydana gelmiştir. Bölgenin muhtemel aktif tektonik faaliyetleri sonucu tetiklenen kütlelerin harekete

geçtiği ve özellikle yoğun olarak Sarıkaya T.'den hareket eden birimlerin Gök Deresi vadisini molozlarla doldurduğu düşünülmektedir.

Bu temel verilerden yola çıkarak gölün oluşumunda etkin rol oynayan akarsuyun kabul havzası, gölü oluşturan heyelanın hacimsel büyüklüğü, göl bünyesindeki su miktarı, gölün oluştuğu alandaki vadi genişliği, gölü oluşturan setin yüksekliği parametreleri farklı indisler ile analiz edilerek gölün kararlı bir oluşum sergilediği ve uzun yıllar varlığını devam ettireceği sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu metodolojiye göre elde edilen bulgular gölün varlığının bozulmayacağını söylemektedir. Ancak akarsuların kabul havzasının yeterince büyük olmaması ve beşerî unsurlar tarafından akarsular üzerine setleme çalışmaları yapılmamış olması nedeniyle taşınan sedimanların bu gölü ortadan kaldırma olasılığı bulunmaktadır. Yani bu göl için koruma tedbirleri uygulanmalıdır.

Sünnet Gölü'ndeki göl sedimanları üzerine yapılan araştırmalarda (Ocakoğlu vd., 2015) göldeki seviye değişimine ilişkin farklı değerlendirmeler yapılmıştır. Bu değerlendirmeler anlamlı ve doğru sonuçlar sunmasına rağmen mevcut çalışma bulgularına göre günümüzde farklılıklar göstermektedir. Araştırmalarda 1929 ve 2015 yılları arasında göl seviye değişimlerini gölsel çamurlardaki duraylı izotoplarla değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmelere göre 1929 ve 1950 arasında gölün seviyesinin bugünden düşük olduğu ileri sürülmüştür. Sadece 1940'lı yıllarda 3-4 yıl farklı bir durum gerçekleşmiştir. 1950- 1970 yılları arasında göl 10 m kadar yükselmiştir. Bu veri bizim elde ettiğimiz ortofoto verileri ile doğrulanmaktadır. Göl seviyesi 1972 yılında en yüksek seviyelerindedir. 1970-1990 yılları arasında ise yine gölde yükseliş devam etmiştir. Ancak Ocakoğlu vd., (2015)'e göre küçük salınımlarla sabit kaldığı ifade edilmektedir. Bu sabit kalış ise bizim elde ettiğimiz sonuçlara göre yaklaşık 10 ha 'lık bir yükselişle devam etmiştir. 2010 yılına kadar ise araştırmacıların bulgularını destekler nitelikte Sünnet Gölü sürekli bir düşüş trendi ile karşı karşıyadır. Ancak son yıllarda yükseldiği öne sürülmesine rağmen göl 2011 -2020 yılları arasında sürekli seviye kaybetmiş, gölde de düşüş trendi artarak devam etmiş ve 21.8 ha alandan 14.3 ha alana kadar gerilemiştir.

Sünnet Gölü'nü oluşturan heyelanların varlığı Hoşgören ve Ekinci, (2004) tarafından da tespit edilmiş ve bu tespit bizim çalışma alanımızda yaptığımız ve

belirlediğimiz heyelan alanlarıyla benzerlik göstermektedir. Ancak yazarlar bu heyelanın oluşumunun kar erimeleri, yağışlar ve tektonik faaliyetler ile gerçekleşmiş olma ihtimali ileri sürülmektedir. Bu bölgenin aktif tektonik faaliyetlerden etkilenmiş olması ve yakın çevresinde çokça heyelan set gölünün yer alması tektonik süreçler gibi büyük bir gücün bu kütle hareketlerini oluşturduğu düşünülmektedir.

Göl üzerinde yapılacak olan çalışmalar ve çevresine ilişkin önerilerimiz ise şu şekildedir;

- Bölgedeki heyelanların gerçekleştiği alanlarda kozmojenetik yaşlandırma gibi tarihlendirme çalışmaları yapılarak tarihi depremler ve bu depremler heyelan hareketleri üzerine etkileri hakkında değerlendirmeler yapılmalıdır.
- Aktif tektonik faaliyetlerin Sünnet Gölü üzerindeki uzun vadeli etkileri modellenmeli ve değerlendirmeler yapılmalıdır.
- Gölün düzenli aralıklarla batimetrik haritaları oluşturulmalı, sediman hareketleri ve farklı zamanlarda sediman taşınma hızları izlenmelidir.
- Su seviyesindeki değişiklikleri periyodik olarak kaydedilip bu değişikliklerin göl ekosistemi üzerindeki etkisi biyoloji çalışmaları ile desteklenmelidir.
- İklim değişikliğinin göl hidrolojisi üzerindeki etkilerini belirlemek için uzun vadeli iklim verileri analiz edilmeli ve geleceğe yönelik iklimsel senaryolar yapılmalıdır.
- Göl çevresindeki alanda beşerî faaliyetlerinin ekolojik dengeler üzerindeki etkisini değerlendirilmeli ve sürdürülebilir kullanım yolları geliştirilmelidir.
- Göl çevresindeki turizm faaliyetlerini düzenlemek için stratejiler geliştirilmeli, özellikle doğal kaynakların korunmasına yönelik politikalar oluşturularak yerel topluluklar turizm planlamasına dahil edilerek turizmin bölgede canlandırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Boraboy Gölü, Çatağın Deresi vadisinde meydana gelmiştir. Bu göl, muhtemelen Kuzey Anadolu Fayı'nın tetiklediği bir heyelanın Çatağın Deresi'nin

akışını engelleyerek bir set oluşturması sonucunda ortaya çıkmıştır. Heyelan kütleleri, gölün kuzeyinde bulunan Kaleboynu Tepesi'nin kuzeybatısındaki Aşağı Yayla adlı yerleşim alanının hemen güneyinde başlamış ve litolojinin etkisiyle permien dönemine ait sert kireçtaşı kütlelerinin batısındaki kumtaşı, çamurtaşı ve aglomeradan oluşan karmaşık birimleri harekete geçirmiştir. Bu hareket sonucunda, Çatağın Deresi doldurularak oluşturduğu setin gerisinde Boraboy gölü meydana gelmiştir.

Gölün, tektonik olarak aktif fay hatlarına yakın olmasının ve sahanın litolojik yapısının kaymaya uygun olmasının bir sonucu olarak, hareket eden molozlar Çatağın Deresi vadisinde bir heyelan set gölü oluşturmuştur. Bu doğal heyelan set gölü, bozulma riskine karşı çeşitli indisler üzerinden incelenmiştir. İncelemelerde, gölü besleyen akarsuyun havzası, vadiyi tıkayan heyelanın hacmi, gölde biriken su miktarı, gölün geliştiği vadinin genişliği ve gölü oluşturan setin vadideki yüksekliği gibi temel parametreler dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Göl kabul havzası, 11 km²'lik alanıyla geniş bir su toplama alanı sunar. Bu alanda biriken kaynaklar sayesinde akarsu, göle önemli miktarda su sağlar. Ancak akarsu mevsimsel olarak aktif olduğunda, göle önemli miktarda sediman da taşır. Özellikle gölün batısındaki delta, akarsuyun taşıdığı ve biriktirdiği sedimanı gösteren önemli bir kanıttır. Bu delta ve üzerindeki bitki örtüsü, daha önceki çalışmalarda da (Doğu vd., 1993) dikkat çekmiştir.

Bu nedenle gölün hızlı ve çabuk dolmasını engellemek amacıyla, gölden kabul havzasına doğru farklı yükseklik seviyelerinde sediman taşınmasını önlemek için çeşitli setlemeler yapılmıştır. Bu setler sayesinde Çatağın Deresi, farklı yüksekliklerde engellenmiş ve taşınan sedimanlar bu engellerde tutulmuş, böylece göle ulaşmaları önlenmiştir. Bu sistemle, yaklaşık 20 yıldır göldeki sediman birikimi kontrol edilmekte ve gölün dolması önlenmektedir. Böylece gölün rekreasyon potansiyeli korunmuş ve sürdürülebilirliği sağlanmıştır (Yayla ve Atayeter, 2024).

Boraboy Gölü ve çevresinde yapılan paleosismoloji çalışmaları (Avşar vd., 2015), bu bölgenin ne kadar hareketli olduğunu ve oluşturduğu tehdit potansiyelinin önemini vurgulamaktadır. Araştırmacıların (Avşar vd., 2015) Boraboy Gölü'nde yaptığı çalışmada, sedimantoloji kayıtlarına dayanarak gölün son 600 yılda yaşadığı klimatolojik ve sismolojik süreçler ile sediman birikimi ilişkisi incelenmiştir. Bu

çalışmada, 10 km² olarak belirlenen kabul havzası, bize göre hidroloji çalışmaları kapsamında 11 km² olarak tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada göldeki derinlik bilgisi de sunulmuştur. Avşar vd., (2015) göre Boraboy Gölü'nün derinliği 11 m olarak ölçülmüşken, bu çalışmada en derin noktanın 9,8 m olduğu görülmüştür. Bu durumda 2015'ten günümüze geçen zaman içerisinde akarsu üzerine yapılan sediman engelleme setlerine rağmen gölün 2,2 m kadar sedimanla dolduğu anlaşılmaktadır.

Avşar vd., (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada , sismik hareketlerin, yoğun bitki fosilli sedimanların fay hatları tarafından kontrol edildiği ve sürekliliğinin kesildiği belirtilmiştir. Bu durum, bir depremle oluşan Boraboy Gölü'nün yine benzer bir depremle bozulma potansiyeline sahip olduğunu gösterir. Ancak heyelan seti üzerine yapay olarak inşa edilen dolu savak sayesinde, göldeki su seviyesi kontrol altına alınmış ve suyun yükseldiği dönemlerde kontrollü olarak salınması sağlanmıştır. Bu da gölün sürdürülebilirliğini olumlu yönde etkilemektedir.

Bununla birlikte, göl ve çevresinin sismik risk taşıyan bir bölge olması nedeniyle düzenli olarak izlenmesi ve kontrol altında tutulması önemlidir. Boraboy Gölü'ne ilişkin başka bir çalışmada ise (Çetin vd., 2022), göldeki radyoaktivite ve ağır metal seviyeleri incelenmiş ve bunların normal aralıkta olduğu belirlenmiştir.

Beş farklı indis ile değerlendirilen Boraboy Gölü oluşum itibari ile bu indislerin beşinde de (BI, II, DBI, MOI, HDSI) kararlı olup varlığını uzun yıllar sürdürebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Beşerî müdahaleler ile gölü kontrol altına alıp göl kabul havzasına ve sete müdahale edildiği görülmektedir. Böylelikle gölün doğal süreçlerin olağan dışı bir durum yaşanmadığı mevcut şartlarda uzun bir süre varlığını sürdürebilecek ortam koşulları sağlanmıştır.

Set göllerinde esasen bir set yüksekliğinin oluşması genel bir kabul olarak görülmektedir. Özellikle çalışma alanındaki bütün göllerde beşerî olarak ulaşım yolları genelde eğim değerinin en düşük olduğu yer olan vadi yatağına inşa edilmiştir. Heyelan set göllerinde vadi yatağından gelen yollar setin üzerine tırmanırken bir yüksekliği aştığı açık olarak görülmektedir. Boraboy Gölü'nde de benzer bir durum vardır. Set birden yükseldiğinden göl üzerine ulaşırken eğimi düşürmek için çokça viraj ile irtifanın yükselmesi sağlanmıştır. Burada da yüksek bir set kütlesi olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar ile 217 m olan set yüksekliği setin göldeki suya karşı

yüksek direnç gösterdiği ile ilgili bilgi vermektedir. Burada Boraboy Gölü'nün önündeki setin yüksekliği de ayrıca dikkat çekmektedir.

Göl üzerinde yapılacak olan çalışmalar ve çevresine ilişkin önerilerimiz ise şu şekildedir;

- Bölgedeki heyelan ve tektonik hareketlerin tarihsel kayıtlarına dayalı analizler yapılmalı, özellikle jeolojik ve jeoteknik çalışmalar ile heyelan eğilimleri ile fay ve tektonizma süreçleri ilişkilendirilerek kontrol edilmelidir.
- Gölün batimetrik haritaları düzenli aralıklarla çıkarılarak, su seviyesi değişiklikleri ve sediman taşınma hızları takip edilmelidir.
- Göl kabul havzasındaki sediman tutan setler zaman aralıklı olarak kontrol edilmeli ve akarsuyun periyodik olarak taşıdığı sediman oranı belirlenip bu alanlarda bu oranlara ilişkin kontrol çalışmaları yapılmalıdır.
- Uzun vadeli iklim verileri analiz edilmeli ve Boraboy Gölü'nün hidrolojisi üzerindeki iklim değişikliğinin etkileri belirlenmelidir. İklim değişikliğinin göle olan etkisini değerlendirmek için geleceğe yönelik senaryolar geliştirilmelidir.
- Göl ve çevresinde sismik risk değerlendirmesi yapılarak, risk yönetimi planları oluşturulmalıdır. Fay hatlarına ve heyelan risklerine yakın bölgelerde yer alan mesken veya yerleşme alanları için ekstra önlemler alınmalıdır.

Zinav Gölü, Zinav Deresinin batısında yer alan Çeğil T. (1150)'nin güneyinden güney doğusuna doğru hareket eden kütlenin Zinav Deresi vadisini doldurması ve akarsuyu setlemesi sonucu oluşmuştur. Zinav Gölü muhtemelen Kelkit Çayı depresyonu içerisinde aktivasyonunu sürdüren Kuzey Anadolu Fayı'nın muhtemel hareketleri ile şekillenmiş bir göldür.

Zinav Gölü ve yakın çevresi Kelkit Çayı depresyonuna doğru topoğrafyada farklı lokasyonlarda farklı kütle hareketleri ile dikkati çekmektedir. Özellikle gölün idari sınır olarak bağlı olduğu Reşadiye ilçe merkezinde de heyelanlı kütleler aktif olarak beşerî faaliyetleri etkilemektedir. Gölün tektonik olarak KAF'a yakın bir

lokasyonda yer alması ve killi kireçtaşı birimlerinden meydana gelmesi volkanik birimlerle diskordant bir yapı göstermesiyle muhtemel harekete geçmiştir. Topoğrafyanın deformasyonu ve aşınım süreçleri dikkate alındığında gölün çok eski yıllarda oluştuğu düşünülmektedir.

Zinav Gölü'nün oluşumunda etkin rol oynayan birtakım parametreler ve bu parametrelere bağlı olarak oluşan sonuç değerlendirmelerine göre Zinav Gölü iki indis olan BI ve HDSI'de kararsız ve süreksizlik alanı içerisinde sonuç vermiştir. BI göllerin kabul havzası ve set hacmi ilişkisine bağlı olarak genel anlamda dünyada birçok çalışmada heyelan set göllerinin duraylılığı hakkında fikir vermektedir. Bu indisin Zinav Gölü özelinde kararsız bir durum göstermesi arazi çalışmaları ile de göl ve yakın çevresindeki durum dikkate alındığında gölün afet oluşturma olasılığı her daim gündemde tutulmalı ve buna göre dikkate değer çalışmalar yapılmalıdır.

Zinav Gölü özelinde diğer üç indis kararlı bir durumu göstermektedir. Ancak bu indislerden elde edilen veriler ve arazi çalışmaları değerlendirilerek nihai bir durum değerlendirilmesi yapılmış ve mevcut şartlarda Zinav Gölü, Karadeniz Bölgesindeki seçilmiş örnekler arasında en büyük riski taşımaktadır. Bu riskin temel sebebi gölün mevcut şartlarda yoğun bir şekilde bir baraj gölü gibi kullanılmasıdır. Göl'ün etrafı HES (Hidroelektrik Santral)'ler tarafından yapılan uygulamalar ve çalışmalar ile sürekli tahrip edilmektedir. Duraylılığı zayıf olan heyelan seti üzerinde kurulan tribünler ve yapay su kanalları bölgede hareketi hızlandırmakta ve kütle hareketleri aktif bir şekilde varlıklarına yenilerini ekleyerek devam etmektedir.

Zinav Gölü ile ilgili olarak yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, bizim bulgularımıza benzer nitelikte bulgular olmakla birlikte birtakım farklılıklar vardır. İlk olarak çalışmanın benzerliklerini değerlendirmek gerekirse; Zeybek (2002)'ye göre Zinav heyelan set gölü bir heyelan sonucu meydana gelmiştir. Bu heyelanın tetiklenmesinde litolojik faktörlerle birlikte KAF'ın tektonik faaliyetlerinin etkisi oldukça önemlidir. İlk olarak batıdan hareket eden kütleler Zinav Deresi vadisini doldurmuş ve dereyi doğuya doğru ötelemiştir. Bu durum, iki farklı bakış açısına göre de kabul edilmektedir. Ancak bu çalışmada elde edilen bulgulara göre, Zinav Gölü'nü oluşturan esas heyelan, gölün batısından harekete geçen heyelandır. Özellikle eğrisel/dairesel kayma şeklinde harekete geçen kütlelerin üzerinde oluşan depresyonun

su ile dolması sonucu oluşan Sülük Gölü'nün (Bu Zinav Gölü'nü oluşturan heyelan kütlelerinin üzerinde gelişen göldür, Batı Karadeniz'deki Sülüklü Gölü ile karıştırılmamalıdır), farklı bir heyelanla değil, aynı batıdan hareket eden heyelanın kayma süreçlerindeki farklılıklarla meydana geldiğini düşünülmektedir. Bu durumda göl doğudaki Gökağşak Tepenin yamaçlarındaki büyük hareketlerle (Zeybek, 2002) meydana gelmemiştir. Bize göre doğudaki kütle hareketleri tam olarak şu şekilde gelişmiştir. Özellikle batıdan hareket eden kütle, Zinav Deresi vadisini tıkamış ve tıkanan alanın gerisinde büyük bir göl oluşmuştur.

Zinav Deresi, 206,3 km² alandan kaynaklanan büyük ve güçlü bir akarsudur. Bu akarsu, tıkanan vadinin gerisindeki alanı hızla doldurduktan sonra setin üzerinden taşmaya başlamıştır. Setin üzerinden taşan akarsu, KAF depresyonu içindeki Kelkit Çayı'na doğru hızla akış göstermektedir. Bu akış yönünde, doğu yamaçlarının vadi içerisinde aşındırılmasıyla topuk erozyonu oluşmuş ve duyarlı kütleler hareket etmiştir; ancak bu hareket zamanla gerçekleşmiştir. Günümüzde de bu hareketler devam etmektedir. Sonuç olarak, heyelanın oluşmasına sebep olan esas kütle batıdan gelen kütledir. Ancak, hangi kütlelerin daha eski veya daha yeni olduğunu belirleyebilmek için yaşlandırma yöntemleri uygulanarak yapılacak yeni çalışmalar, bölgedeki hareketin zamansal ve mekânsal farklılıklarını daha net anlamamıza yardımcı olacaktır.

Zinav Gölü üzerinde farklı sediman hareketleri ile ilgili yapılmış çalışmalar da vardır (Doğan vd., 2015). Doğan vd. (2015)'e göre, Zinav Gölü ve yakın çevresinde toprak kaybı üzerine uzaktan algılama yöntemleri ile yapılan çalışmada oluşturulan toprak kaybı haritasına göre gölün kuzeybatısındaki alanlarda toprak kaybının fazla olduğu görülmektedir. Bu bölge Büşürüm Köyü ve yakın çevresine karşılık gelmektedir. Bu alanda yapılan tarım faaliyetleri, ortamda bitki örtüsünün az olması toprak kaybını artırabilmekle birlikte, bir diğer toprak kaybının fazla olduğu alan ise set üzerindeki kısmi kütle hareketi olan ve beşerî müdahaleler ile hareketin tetiklendiği alanlar olarak gösterilebilir. Doğan vd. (2015)'e göre Zinav Gölü'nün kuzeydoğusundaki alanlarda toprak kaybının 2-5 değerleri ile yüksek değerlerde yer alması, ancak göl kıyısındaki alanların yoğun orman örtüsü ile kaplı olması, bu alanlarda toprak aşınım ve kaybının az olması beklenmektedir. Yani arazi gözlemleri ile bu veriler farklılık göstermektedir.

Zinav Gölü ve yakın çevresindeki sediman birikimi ve tektonik faaliyetler arasındaki ilişkiyi ele alan farklı bir çalışmada (Boës vd., 2010), radyonüklid analizleri ve depremlerin jeokronolojisi üzerine değerlendirmeler yapmıştır. Çalışmada özellikle jeonüklid analizleri ile yapılan sediman birim kayıtlarına bakıldığında 1920 ve 1940 yılları arasında ortamda bazı taşkınlar ve yoğun sediman hareketliliği dikkat çekmektedir. Bu durum bizim çalışmalarımızla da doğrulanmaktadır 208 km² kabul havzasına sahip olan Zinav Deresi taşıdığı sedimanlar ve yüksek debiyle akış gerçekleştirdiği dönemlerde taşkınlar olduğu, ayrıca alandaki büyük depremler ile jeokronolojik verilerin değerlendirildiği görülmektedir.

Bütün bu sonuçlara göre göl ile ilgili olarak bu çalışmanın sonucunda birtakım önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler şöyle sıralanabilir;

- Bölgede topoğrafyanın yüzey su seviyesinin yüksek olması ve litolojik birimlerin etkisi ile ortamda sürekli farklı alanlarda kütle hareketleri meydana gelmektedir. Bu hareketlerle ilgili olarak risk ve tehdit oluşturan alanlar belirlenmeli ve buna göre planlamalar yapılmalıdır.
- Zinav Gölü heyelan set gölü olarak varlığını sürdürmektedir. Ancak set üzerinde birtakım beşerî faaliyetlerle elektrik üretme işlemleri yapılmaktadır. Bu işlemlerde daha dikkatli olunmalı ve gölde oluşabilecek bozulma ya da stabilite sorunlarına karşı maksimum önlem alınmalıdır.
- Gölde zaman aralıklı batimetri çalışmaları yapılmalı, bu çalışmalarla göldeki seviye değişimleri ve sediman taşıma miktarlarına yönelik kontrol ve takip süreçleri işe koşulmalıdır.
- Uzun vadeli iklim verileri analiz edilmeli ve Zinav Gölü'nün hidrolojisi üzerindeki iklim değişikliğinin etkileri tespit edilmelidir. İklim değişikliğinin göle olan etkisini değerlendirmek amacıyla geleceğe yönelik senaryolar oluşturulmalıdır.
- Zinav Gölü ve çevresinde sismik risk değerlendirmesi yapılmalı ve bu doğrultuda risk yönetimi planları geliştirilmelidir. Fay hatları ve heyelan risklerinin bulunduğu bölgelerdeki meskenler ve yerleşim alanları için ek güvenlik önlemleri alınmalıdır.

- Zinav Gölü ve yakın çevresindeki kütle hareketlerinin jeokronolojik yaşları, tarihlendirme yöntemleri kullanılarak belirlenmeli ve detaylandırılmalıdır. Bu süreç, kütle hareketlerinin oluşum zamanlarını ve süreçlerini ortaya çıkarmak açısından önemlidir. Ayrıca, elde edilen veriler kullanılarak paleoiklim koşulları ve göl kayıtları üzerine kapsamlı değerlendirmeler yapılmalıdır. Bu tür analizler, bölgedeki tarihi iklim değişikliklerini anlamamıza ve bu değişikliklerin kütle hareketleri üzerindeki etkilerini değerlendirmemize yardımcı olacaktır.

Gaga Gölü, Bolaman Çayı vadisi içerisinde vadinin hemen batısındaki yamaçta (400 m) harekete geçen kütlenin rotasyonel hareketler ile Bolaman Çayı vadisine doğru yöneldiği ve bu yönelme sürecinde heyelan kütlelerinin üzerinde bir depresyon meydana getirdiği hareketler ile oluşmuştur. Yani Gaga Gölü bir vadiyi tıkayarak oluşmuş bilinen heyelan set göllerinden değildir. Oluşum ve sınıflandırma olarak heyelanla ilişkili farklı bir göldür.

Gaga Gölü oluşum ve gelişim süreci içerisinde diğer heyelan set göllerinde olduğu gibi indisler üzerinden değerlendirilememiştir. İndisler üzerindeki birçok parametre Gaga Gölü'ne uygulanamamıştır. Özellikle Gaga Gölü bir vadinin tıkanmasıyla meydana gelmediği için vadinin kabul havzasına yönelik bir değerlendirme yapılamamış olup indisler işe koşulamamıştır. Ancak bu duruma rağmen Gaga Gölü içerisinde batimetri çalışmaları yapılmış ve gölün en derin yeri gölün ortasındaki adanın batısındaki alanda 13,5 m olarak ölçülmüştür. Gölün içinde bir adanın bulunması ve gölün derinliğinin 13,5 metre gibi dikkate değer bir seviyeye ulaşması burada önemli bir parametredir. Göl ile ilgili eksik ve var olan değerler Tablo 8'de sunulmuştur.

Gaga Gölü'nün oluşumuna benzer göller Sülüklü ve Zinav Göllerini oluşturan heyelan kütlelerinin üzerinde de yer almaktadır. Bu göller esasen burada bize hareketin şekli ve kayma tipi hakkında fikir vermektedir. Rotasyonel bir kütleli döngü oluşturan heyelanlar kütleyi yükselterek bir depresyon alanı meydana getirmektedirler. Bu alanlarda çevredeki sularla birlikte yer altı sularının da birikmesiyle bu tip göller meydana gelebilmektedir. Ancak bize göre Gaga Gölü'nü oluşturan heyelan kütlesi, sadece Gaga Gölü'nü oluşturmamış rotasyonel olarak hareket eden kütle ilk olarak

Bolaman Çayı'nı tıkamış ve gerisinde bir heyelan set gölü meydana getirmiştir. Ancak zaman içerisinde ya dolup alüvyonlar ile kaybolmuş ya da bozularak vadi önündeki seti açmış ve yatağı derine ve yana aşındırmaya devam etmiştir. Bu olasılıklar üzerine alanda yapılacak yeni çalışmalarımız ile daha ayrıntılı ve net bilgiler elde edilebilecektir.

Fatsa ve Aybastı yolu kenarında bulunan Gaga Gölü, yol üzerinden geçen araçların ağırlığı ve topoğrafyaya uyguladıkları titreşimler nedeniyle etkilenmektedir. Ayrıca, gölün sularını emen kıyıdaki fliş birimleri bu titreşimlerle yumuşamaktadır. Bu durum, Fatsa-Aybastı yolunun sürekli onarım ve bakım gerektirmesine neden olmaktadır.

Gaga Gölü'nün oluşumu ve gelişimi ya da jeomorfolojik süreci hakkında literatürde yalnızca Akkan ve Gürgen (1993) tarafından yapılmış bir çalışma bulunmaktadır. Bu araştırma, heyelanın ve gölün farklı bir oluşum mekanizmasına sahip olduğunu öne sürmektedir. Çalışmaya göre, heyelan tipik vadi içi tıkanan heyelan set göllerinden biri değildir; aksine, heyelan topuğunda yapısal bir yükselme sonucu meydana geldiği iddia edilmektedir. Ancak, bizim Bolaman Çayı vadisinde gerçekleştirdiğimiz arazi çalışmaları, heyelanın vadi içine kadar ulaştığını ve akarsuyu öteleyerek vadiyi doldurduğunu göstermektedir. Bu süreç, ötelenen akarsuyun gerisinde büyük bir göl oluşmasına neden olmuştur. Zamanla bu göl ya dolmuş ya da setin bozulmasıyla yok olmuştur.

Gaga Gölü ve çevresinin paleolimnolojik ve paleoklimatik özelliklerini belirleyecek yeni çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmalar, bölgenin tarihsel iklim ve çevre koşulları hakkında daha fazla bilgi sağlayacak ve literatürdeki eksiklikleri giderecektir. Gaga Gölü özelinde yapılan birçok çalışma biyologlar tarafından gerçekleştirilmiş ve suyun kalitesi, balıkların yaşama potansiyel ve durumları değerlendirilmiştir (Koleron vd., 2011; Dönel, 2012).

Ayrıca Gaga Gölü için bütün sonuçlar değerlendirildiğinde şu önerilerde bulunulabilir;

- Gaga Gölü'nün oluşumu ve gelişimi hakkında literatürdeki eksiklikleri gidermek amacıyla daha fazla jeolojik, jeomorfolojik araştırma

yapılmalıdır. Özellikle paleolimnolojik ve paleoklimatik çalışmalar, bölgenin tarihsel çevre koşulları hakkında daha fazla bilgi sağlayacaktır.

- Gaga Gölü'nü oluşturan heyelan kütesinin dinamikleri üzerine daha ayrıntılı araştırmalar yapılmalıdır. Heyelanın Bolaman Çayı üzerindeki etkileri ve bu etkilerin uzun vadede nasıl değişebileceği incelenmelidir. Bolaman Çayı farklı alan ve lokasyonlarda da setleme yapmış mıdır yapmışsa bu alan ve yakın çevresinin litolojik, jeolojik ve jeomorfolojik süreçleri üzerine değerlendirme yapılarak Gaga Gölü ve yakın çevresi ile karşılaştırılmalıdır.
- Gölün batimetri haritası detaylandırılmalı ve su seviyesindeki değişiklikler düzenli olarak izlenmelidir. Gölün derinlik yapısı ve su hareketleri, göl kenarındaki Fatsa-Aybastı yolu için önemli bir kriter olup bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.
- Gaga Gölü'nü oluşturan heyelan kütesinin dinamikleri üzerine daha ayrıntılı araştırmalar yapılmalıdır. Heyelanın Bolaman Çayı üzerindeki etkileri ve bu etkilerin uzun vadede nasıl değişebileceği incelenmelidir. Bu bağlamda, heyelan setinin stabilitesini artıracak yapısal önlemler değerlendirilebilir.

Sera Gölü, çalışma alanındaki sekiz göl arasında oluşum tarihi bilinen ve tarihsel olarak en yakın geçmişte meydana gelen tipik bir heyelan set gölüdür. Bu göl, heyelanın etkisiyle oluşmuş olup, diğer göllerin oluşum süreçlerine kıyasla en güncel örneklerden biridir. Sera Gölü 21 Şubat 1950 tarihinde Beret (1955)'e göre ilk önce zeminde derin yarılmalar olmuş ve andezit ve çakıl bloklarından oluşan sert birim devrilme heyelan şekliyle kütleyi sıkıştırmıştır. Bu hareketi ile sıkışan ve hareket eden kütle kayarak Sera Deresinin önünü doldurmuştur. Ancak Sera Deresi içerisinde düzlemsel kaymalar devam ederek dere tabanını içerisindeki akarsu çakılları ve bitki örtüsünü alıp yaklaşık 90 m seviyelerine kadar yükseltmiştir. Bu oluşum şekline göre heyelan kompleks bir heyelan süreci göstermiştir.

Göle katılan Yıldızlı veya Sera Deresi oldukça geniş bir kabul havzası olan 118 km² alandan sularını toplayarak Sera Gölü'ne gelmektedir. Bu durum Sera Gölü'nün

taşınan sedimanlar açısından hızlıca dolmasına ve hatta kapanmasına ortam hazırlayabilir. Ancak göl ve yakın çevresi rekreasyon açısından kullanılması sebeplerinden ötürü göl kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Gölün setten taşma yaptığı alana bir dolusavak inşa edilmekle birlikte aynı zamanda gölün sedimanlar tarafından dolmasına engel olmak için de gölden kaynak alanına doğru farklı kotlarda sediman durdurma setleri inşa edilmiştir. Böylece göl beşerî faaliyetler ile kontrol altına alınmaya çalışılmıştır.

Beret (1950)'ye göre, o dönemin koşullarında yapılan gözlem verilerine dayanarak, gölün en derin kısmının yaklaşık 50 m olduğu ve ortalama derinliğin ise 20 m seyrettiği öne sürülmüştür. Ayrıca, mevcut verilere dayanan kaba bir hacim hesabına göre, gölde yaklaşık 6.000.000 m³ su biriktiği tahmin edilmiştir. Ancak, bizim tarafımızdan yapılan güncel arazi çalışmaları sonucunda, gölde batimetri çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara göre, göl uzun süre sediman taşınımına maruz kalmış ve sedimanlarla dolmuştur. Batimetri verilerine göre, gölün en derin noktası kuzeyde 11 m olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, batimetri verilerinden elde edilen verilere dayanarak, göldeki su kütlesinin hacmi 912.500 m³ olarak hesaplanmıştır. Yoğun sediman taşınımının kanıtları, hem sediman durdurma setlerinin durumunun ortofotolarda açıkça görülmesiyle (Şekil 82) hem de gölün güneyinde yoğun sediman birikimi nedeniyle derinliğin 2-3 m seviyelerinde olmasıyla ortaya konulmuştur.

Bu durumun yanı sıra, gölü oluşturan set üzerinde çeşitli meskenler inşa edilmiş ve bu alanlarda sosyal ve ekonomik faaliyetler yürütülmektedir. Ancak, risk ve tehdit açısından Zinav Gölü'nden sonra en büyük sorun teşkil eden diğer heyelan set gölü Sera Gölü'dür. Sera Gölü'nde dolusavaktan taşarak akışına devam eden Yıldızlı Deresi, akarsu aşındırma faaliyetleri nedeniyle heyelan setinin tabanında topuk erozyonuna yol açmakta ve bu bölgede aşınmaya neden olmaktadır. Bu durum, set üzerinde yer alan ve kaymaya duyarlı alanlarda bulunan meskenler için risk ve tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca, kütle hareketinin gerçekleşmesinden sonra taç noktasında veya heyelan alanında asılı kalan bazı kaya blokları da set üzerindeki farklı meskenler açısından risk ve tehdit yaratmaktadır (Fotoğraf 22-23).

Sera Gölü üzerinde sedimanlar ve ağır metal ilişkisine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Ustaoglu vd., 2022). Bu çalışmada Sera Gölü'nde yapılan araştırmada ağır metallerin dağılımı ve kaynakları incelenmiştir. Sonuçlara göre, Mn, Mangan (manganeze) konsantrasyonu dışında diğer metallerin seviyeleri ortalama değerlerin altında kalmaktadır. Mn "orta zenginleşme" ve "orta kontaminasyon" sınıfında yer alsa da diğer metaller sediman biyotası için risk teşkil etmemektedir. Sera Gölü üzerinde tarafımızca yapılan çalışmalarda teknik olarak veriler analiz edilmemiş ancak gözlem ve arazi çalışmalarına dayalı olarak su yüzeyinde batimetri çalışmaları gerçekleştirilirken suyun renginin oldukça koyu olması ve suda kötü koku olması suyun kirliliğini göstermektedir. Ancak daha detaylı deneysel çalışmalar yapılarak suyun kalitesi ve durumu üzerine değerlendirmeler elde edilebilecektir.

Sera Gölü'nde Yıldızlı Deresi üzerindeki sediman hareketleri, özellikle akarsuyun askıda sediman taşıma gücü üzerine çalışmalar yapılmış ve sediman taşınımı ile ilgili olarak birtakım sonuçlar elde edilmiştir (Mete vd., 2022; Mete ve Bayram, 2024). Bu çalışmalarda Sera Gölü Havzası'nda yapılan çalışmada, sediman depolama barajlarının askıda sediman taşınımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma, yukarıdan aşağıya on farklı izleme istasyonunda gerçekleştirilmiştir. Sera Gölü, askıda sedimanın %33'ünü tutmuştur. Sediman depolama barajları, askıda sedimanın %25,8 ila %44'ünü tutmada başarılı olmuştur, ancak sedimantasyonu tamamen önleyememiştir. Havzanın yıllık ortalama toprak kaybı, RUSLE yöntemine göre 1,65 ton/ha olarak belirlenmiştir. Havzanın sediman teslim oranı (SDR) 0,104 olarak hesaplanmıştır. Genel olarak, Sera Gölü'nde önemli miktarda sediman birikimi mevcuttur ve sediman depolama barajları bu sorunu tam olarak çözmemiştir. Daha etkili bir yönetim için stratejik çevre yönetim planları gereklidir. Bizim tarafımızdan yapılan değerlendirmelerde de benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Ortofotolardan ve arazi çalışmalarındaki batimetri gözlemlerinden Sera Gölü'ne yoğun bir sediman taşınımı olmaktadır.

Bu çalışma sahası için şu önerilerde bulunulabilir;

- Gölü sürdürülebilir kılmak için sediman tutan setlerin durumu iyileştirilmeli ve göle gelen sediman daha doğru planlama ile önlenmelidir.
- Gölün dolma süreci takip edilmeli ve zaman aralıklı batimetri çalışmaları ile göle giren sediman hareketi sürekli gözlenmelidir.
- Meskenlerin olduğu alanlarda heyelan izleme çalışmaları yapılmalı ve heyelanların hareket ve durumları GPS yardımı veya In-SAR teknolojileri ile takip edilerek meskenlerin zarar görmesi engellenmelidir.
- Detaylı su analizleri yapılarak Sera Gölü'ndeki suyun kirliliği ve kalitesi takip edilmeli, özellikle Mn konsantrasyonları yakından izlenmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.
- Havza özelinde kirliliği azaltmak için çalışmalar yapılmalı ve havza bazlı Yıldızlı Deresinin ıslah çalışmaları yapılmalıdır.

Uzungöl, Karadeniz Bölgesi'ndeki seçilmiş örnekleri içerisinde tetikleyici unsur olarak kar erimelerinin etkili olduğu bir heyelan set gölüdür. Göl, Karastel Yaylası'nın bulunduğu Sivri Tepe (2261 m) bölgesindeki farklı litolojik unsurların harekete geçmesiyle oluşmuş ve Haldizan Deresi vadisini doldurmuştur. Uzungöl'ü oluşturan heyelan kütlesi, moloz akışı şeklinde akarsu vadisine inmiştir. Bu durum, heyelanın davranışından açıkça anlaşılmaktadır. Taç noktasından kopan kaya blokları, karlı veya karların eridiği nemli bir ortamda harekete geçmiştir. Bu koşullar altında, kütleler vadi yatağında sürüklenerek Haldizan Vadisi'ni doldurmuş ve büyük bir set oluşturmuştur. Moloz akışı içerisinde hareket eden blokların durumu, bölgenin jeolojik ve litolojik özellikleriyle yakından ilişkilidir. Heyelanın meydana geldiği yüksek rakımlı alanlar, özellikle Karastel Yaylası ve Sivri Tepe, Berdiga Formasyonu'na ait neritik kireçtaşlarından oluşur. Bu kireç taşları, Üst Jura- Senomaniyen dönemine ait fosiller içerir. Haldizan Deresi'ne doğru uzanan Hamurkesen Formasyonu ise, volkanik ve sedimanter kayalar ile granitoidlerin sınırında 300-500 metre kalınlıktadır ve Lias dönemine tarihlenmiştir. İki farklı birimin dokanak yaptığı alanda yoğun kar erimleri sonucu ayrıışan birimler kütle hareketlerini kolaylaştırmış ve Uzungöl heyelan set gölü meydana gelmiştir.

Zaman içerisinde Uzungöl turizm faaliyetleri için dikkat çekmiş ve setin üzerinde akarsuyun aştığı alana bir dolusavak inşa edilerek set kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Ayrıca Uzungöl'e gelen akarsulardan özellikle Demirkapı üzerine farklı kotlarda sediman durdurma setleri inşa edilmiş ve bu setlerde göle sediman girişi yavaşlatılmaya çalışılmıştır. Çünkü 116 km² alandan sularını drene ederek Uzungöl'e katan Demirkapı Deresi güçlü ve büyük bir akarsu olarak Uzungöl'ü hızlı ve çabucak doldurma kapasitesine sahiptir. Bu durum ortofotolardan elde edilen zaman aralıklı görüntülerin karşılaştırması ile açıkça görülmektedir. Bu durum Verep vd., (2002) çalışmasında da ayrıca ifade edilmektedir. Özellikle bu çalışmada öngörülerimizi doğrular nitelikte değerlendirmeler yapılmıştır. Yıl boyunca, Haldizen Deresi'nin Uzungöl'e ortalama 9,50 mg/L, Balastel Deresi'nin ise 10,20 mg/L sediman taşıması nedeni ile gölde yılda ortalama 533 ton sediman birikebileceği tahmin edilmiştir. Bu hesaplamalara göre, Uzungöl'ün yıllık ortalama 355 m³'lük hacim kaybına uğrayabileceği belirlenmiştir. Çalışmada, Uzungöl'ün son 20 yıl içindeki hacim kayıpları göz önüne alındığında, yakın gelecekte gölün bir bataklığa dönüşebileceği ve bu durumun gölün turistik, ekolojik ve su ürünleri potansiyelini kaybetmesine neden olabileceği belirtilmiştir. Son 22 yıllık süre içerisinde beşerî müdahaleler ile göl kontrol edilmeye ve korunmaya çalışılmaktadır. Aksi takdirde bozularak yok olması kaçınılmazdır (Şekil 91).

Uzungöl'ün derinlik seviyesi ile ilgili olarak farklı çalışmalarda farklı derinlik değerleri verilmektedir. Bu durum özellikle sediman tarafından dolan gölün her dönemde farklı seviyelerde ve derinliklerde olduğunu göstermektedir. Yazıcı ve Cin'in (1997) çalışmasında gölün derinliği 8 m olarak belirtilmiştir. Verep vd., (2002)'nin araştırmasında ise gölün derinliği 5,8 m olarak rapor edilmiştir. Taşeli'nin (2013) çalışmasında gölün derinliği 6,9 m olarak verilmiştir. Bu çalışma ile 2022 yılında yapılan güncel ölçümlerde ise gölün maksimum derinliği 7,3 metre olarak tespit edilmiştir. Bu durum, göle hızlı bir sediman girişinin olduğunu ve aynı zamanda beşerî faaliyetler ile sedimanların gölden temizlendiğini göstermektedir. Bu durumu doğrulayan bir diğer kanıt ise, göl sularının altında kalan gölün kuzeyindeki araç yoludur.

Uzungöl'ün su kalitesi ve ağır metal çalışmaları, göl suyunda bazı olumsuzluklar olduğunu ortaya koymuştur. Taşeli'ye (2013) göre, Haldizan Deresi

amonyum-azot, toplam fosfat ve toplam fekal koliform sayısı açısından Uzungöl'ün su kalitesini orta derecede etkilemektedir. Haldizan Deresi vadisinde yapılan bir diğer çalışmada ise, havzadaki ağır metallerin değerlendirilmesi sonucu, Cu (bakır) ve As (arsenik) seviyelerinin toksisite seviyesinde olduğu belirlenmiştir (Ozseker ve Eruz, 2016). Ancak, bu duruma rağmen, Uzungöl havza içerisindeki temiz ve doğal ortam alanlarından biridir. Uzungöl, Sera Gölü kadar kirlenmemiş olsa da sınır eşik değerinde bulunmakta olup, koruma ve kontrol çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Hava fotoğrafları ve haritalar yardımı ile yapılan değerlendirmelere göre 1973'ten 2008'e kadar geçen 35 yıllık dönemde Uzungöl yoğun bir yapılaşmayla karşılaşmıştır (Atasoy, 2010). Son zamanlarda yapılan yapılaşmalar, Uzungöl'ü bir bina yığını haline getirmiştir. Arazi çalışmalarımızdan elde ettiğimiz verilerle karşılaştırıldığında, gölü oluşturan set üzerinde yapılan binaların, Haldizan Deresi'nin seti aşındırması sonucu heyelana duyarlı alanlar üzerinde yer aldığı görülmüştür. Bu yerleşimlerin bir sonucu olarak, Uzungöl de bizim çalışma alanlarımız içerisinde yer alan Zinav ve Sera göllerinden sonra risk ve tehdit altında kalan bir diğer alan olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma sahası için şu önerilerde bulunulabilir;

- Demirkapı Deresi, oldukça büyük ve güçlü bir akarsudur. Bu nedenle, Uzungöl'e gelen akarsulardan kaynaklanan sediman girişini azaltmak amacıyla daha fazla sediman durdurma seti inşa edilmelidir. Ayrıca, bu setlerin düzenli bakımı ve izlenmesi sağlanmalıdır.
- Heyelana duyarlı alanların belirlenmesi için detaylı heyelan duyarlılık haritalama çalışmaları yapılmalıdır. GPS veya In-SAR gibi teknolojik süreçlerle buradaki alanlar daha hassas kontrol edilmeli. Bu alanda risk haritaları oluşturularak yapılaşma ve yerleşim kararlarında kullanılmalıdır.
- Uzungöl ve havzasında su kalitesini düzenli olarak izlemek için kapsamlı bir su kalitesi izleme programı oluşturulmalıdır. Amonyum-azot, toplam fosfat ve koliform sayısı gibi parametreler düzenli olarak kontrol edilmelidir.

- Uzungöl ve çevresinin sürdürülebilir kullanımı ve korunması için bütünleşmiş bir yönetim planı hazırlanmalıdır. Bu plan, turizm, tarım ve diğer insan faaliyetlerinin göl üzerindeki etkilerini en düşük seviyeye indirecek stratejiler içermelidir.
- Uzungöl'ün ekoturizm potansiyelini korumak için turizm faaliyetleri sürdürülebilir hale getirilmelidir. Plansız yapılaşma engellenmeli ve mevcut yapıların doğal çevreyle uyumlu hale getirilmesi sağlanmalıdır.
- Uzungöl ve çevresinde uzun vadeli ekolojik ve çevresel araştırmalar yapılmalıdır. Bu araştırmalar, göl ekosisteminin dinamiklerini ve insan faaliyetlerinin etkilerini anlamaya yönelik olmalıdır.
- Bölgedeki tek yönlü Arap turizmi yerine, farklı milletlerden turistlerin gelmesini teşvik edecek imkanlar oluşturulmalıdır.

Karagöl, oluşum ve gelişim süreçleri değerlendirildiğinde kar erimeleri sonucu harekete geçen kütlelerin bir moloz akması yoluyla önce Heba Deresi tıkamış ardından Coşedinaca Deresi vadisi içerisinde molozlar akışını veya hareketini sürdürmüş ve Mecehala Deresinin Coşedinaca Deresine katıldığı alana kadar heyelan molozlarını ulaştırmıştır. Bu seviye yaklaşık 1300 m seviyelerine tekabül etmektedir. Oysa Karagöl heyelanı ilk hareketini aldığı alan 2400 m seviyeleridir. Yaklaşık 1100 m bir kot farkı ile kütle hareket etmiştir. Kütlenin bu kadar uzun ve büyük alanda hareket etmesi bünyesindeki malzemenin viskoz ve daha sıvı özellik göstermesinden kaynaklanmaktadır.

Karagöl ve yakın çevresi kütle hareketleri bakımından oldukça zengin ve hareketlidir. Burada özellikle farklı kütle hareketleri ile bize göre ilk oluştuğunda tek bir göl olan Karagöl zaman içerisinde farklı heyelanlar ile orta kısmından kesilerek iki farklı göl şeklini almıştır. Çalışma bulgularına göre Karagöl iki farklı akarsu kaynağının büyük bir moloz akması tarafından tıkanması sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Bu akarsular Sevgule ve Heba Dereleridir.

Bu derelerden özellikle Heba Deresi Heba Yaylasının olduğu alanda bize göre daha önceki dönemlerde farklı bir kütle hareketi ile bir göl meydana getirmiş ve bu göl zaman içerisinde taşınan alüvyonlar ile dolmuştur. Dolan bu düz alüvyon alanda Heba

Yaylası yer almaktadır. Heba Deresi güncel dönemde Karagöl'e ulaşmadan sediman durdurma seti ile kontrol altına alınmıştır. Özellikle farklı zaman aralıklı ortofotolar ile taşıdığı sedimanlar sonucu oluşan delta da dikkati çekmektedir.

Araştırma sahası ile ilgili çok fazla jeolojik ve jeomorfolojik çalışmalar yapılmamıştır. Ancak gerek bu çalışma gerekse alanda daha önce gerçekleştirilen Kopar ve Sever (2008)'in yaptığı çalışma özelinde bir değerlendirme yapılacaktır. Bu değerlendirmelere göre heyelan set gölünün oluşum sürecinde esasen bir heyelan set gölü olmadığı ancak heyelan gölü olduğu vurgulanmaktadır. Esasen bizim arazi üzerinde ve uzaktan algılama çalışmaları ile elde ettiğimiz bulgulara göre Maçkinara T.'nin kuzeybakı yamaçlarında yoğun kar erimeleri sonucu tetiklenen ve heyelan davranışına göre de akma türünde bir hareket gerçekleştiren heyelandır. Akma olarak hareket etmesini heyelanın davranışından açık bir şekilde anlamak mümkündür. Heyelan 2400 m seviyelerinden 1300 m seviyelerine ulaşabilmesi için katı bir yapı göstermesinden ziyade daha sıvı ve viskoz bir yapı ile bu kadar uzun mesafeler hareket kabiliyeti geliştirebilir. Heyelanın bu denli uzun yol kat etmesi bize bir akma türünde heyelan olduğunu göstermektedir. Kopar ve Sever (2008)'e göre heyelan karmaşık bir heyelan özelliğinde zaman zaman kaymalar ve zaman zaman ise çökmelerle birlikte akmaların olduğu ifade edilmektedir. Bize göre ise Karagöl heyelanının oluşmasında özellikle akma türü bir hareket gerçekleşmiş bu hareketin etkisi ile vadinin batısında farklı zamanlarda Karagöl'ü iki farklı göl olarak ayıran kayma türünde farklı heyelanlar da meydana gelmiştir.

Güncel dönemlerde Karagöl ve yakın çevresinde küçük çaplı kütle hareketleri orman örtüsü ile kaplanan alanda UA verileri ile açık bir şekilde gözlenebilmektedir. Alanda aktif heyelanların varlığı kendini göstermektedir. Ancak Karagöl yapılan çalışma ve elde edilen indis bulguları sonucunda kararlı olarak varlığını devam ettireceği düşünülmektedir. Karagöl bir turizm destinasyon merkezi olarak kullanılmakta ve bu alanın turist gruplarının uğrak alanı olarak uzun bir süre varlığını koruması düşünülmektedir.

Bu çalışma sahası için şu önerilerde bulunulabilir;

- Karagöl ve çevresinde sediman taşıma ve birikimini izlemek için detaylı çalışmalar yapılmalıdır. Bu kapsamda, akarsuların getirdiği sediman

miktarları ve bu sedimanların gölde birikme hızları düzenli olarak ölçülmelidir.

- Göl içerisinde bulunan ölü ağaç kütükleri üzerinde dendrokronoloji çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmalar, geçmiş iklim koşullarını ve bölgenin tarihi iklim değişikliklerini anlamamıza yardımcı olacaktır.
- Dendrokronoloji verileri, diğer iklim verileri ile karşılaştırılarak bölgenin iklim tarihçesi hakkında daha kapsamlı bilgiler elde edilmelidir. Bu, gelecekteki iklim değişikliklerine hazırlık yapmamıza da katkı sağlayacaktır.
- Karagöl'ün korunması ve sürdürülebilir kullanımı için bütünleşmiş koruma ve yönetim planları hazırlanmalıdır. Bu planlar, ekosistem koruma, su kalitesi yönetimi, turizm ve yerel kalkınma gibi unsurları içermelidir.
- Karagöl'ün turizm olanakları, yayla turizmi ve ekoturizm faaliyetleri ile çeşitlendirilmelidir. Bu, bölgenin doğal ve kültürel değerlerini korurken, yerel ekonomiye de katkı sağlayacaktır.

Karadeniz Bölgesi'nde batıdan doğuya doğru yer alan Sülüklü, Sünnet, Boraboy, Zinav, Gaga, Sera, Uzungöl ve Karagöl gibi göller, oluşum süreçleri ve jeomorfolojik özellikleri ile dikkat çekmektedir. Bu göller, heyelan set gölleri olarak farklı doğal ve beşerî etkenlerin bir araya gelmesiyle şekillenmiştir. Her bir gölün kendine özgü oluşum süreci ve çevresel dinamikleri bulunmaktadır. Örneğin, Uzungöl ve Karagöl kar erimeleri ve moloz akışları ile oluşmuşken, Sünnet, Sülüklü, Boraboy ve Zinav gölleri tektonik hareketlerin tetiklediği heyelanlar sonucunda meydana gelmiştir. Gaga ve Sera gölleri ise ani ve sağanak yağışlar sonucu litoloji ve jeoloji faktörünün etkisiyle hareket etmiş ve oluşmuş göllerdir.

Bu göllerin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için yapılması gerekenler arasında sediman taşıma ve birikimini izlemek, su kalitesini düzenli olarak kontrol etmek, heyelan ve tektonik hareketleri izlemek gibi çalışmalar sıralanabilir. Özellikle, dendrokronoloji çalışmaları ve uzun vadeli iklim verileri analizleri, bu göllerin ekosistem dinamiklerini anlamamıza ve gelecekteki değişikliklere hazırlıklı olmamıza yardımcı olacaktır. Aynı zamanda bazı göllerde heyelanlar aktif ve bu aktif hareketlerin GPS ve In-SAR gibi farklı yöntemlerle takibi yapılmalı ve oluşabilecek afet

durumlarının önüne geçilmelidir. Ayrıca, bölgedeki turizm faaliyetlerinin ekosistem üzerindeki baskısını azaltacak sürdürülebilir turizm stratejileri geliştirilmelidir.

Sonuç olarak, Sülüklü, Sünnet, Boraboy, Zinav, Gaga, Sera, Uzungöl ve Karagöl gibi göllerin korunması, hem bölgenin doğal ve kültürel mirasının gelecek nesillere aktarılması hem de yerel ekonominin sürdürülebilirliği açısından önemli bir değere sahiptir. Her bir göl üzerinde bir turizm tesisinin varlığı ve turizm olanaklarıyla göllerin kullanılması bu durumu ortaya koymaktadır.



KAYNAKÇA

- Adamia, S. A. vd., (1981). Tectonics of the Caucasus and adjoining regions: Implications for the evolution of the Tethys Ocean. *Journal of Structural Geology*, 3(5), pp. 437-447.
- Ağca, M., Gültekin, N. & Kaya, E. (2020). İnsansız hava aracından elde edilen veriler ile kaya düşme potansiyelinin değerlendirilmesi: Adam Kayalar örneği, Mersin. *Geomatik*, 5(2), ss. 134-145.
- Akbayram, K., Okay, A. I. & Satır, M. (2013). Early Cretaceous closure of the intra-Pontide Ocean in western Pontides (northwestern Turkey). *Journal of Geodynamics*, 65, pp. 38-55.
- Akçalı, E. (2011). Heyelan-Yağış İlişkisinin Modellenmesi ve Analizi; Trabzon İli Örneği. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış). Doktora Tezi, Sakarya.
- Akgün, A. (2007). Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, İzmir.
- Akkan, E. ve Gürgen, G. (1993). Gaga Gölü (Ordu). *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 2: ss. 241–249
- Akkan, E. vd.,(1993). Uzungöl, *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 2: ss. 251–262
- Akın, Ö. (2020). Trabzon-Ortahisar İlçesi Güneyindeki Heyelanlı Alanların Zemin Özelliklerinin Aktif ve Pasif Yüzey Dalgası Yöntemleriyle İncelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Trabzon.
- Aktimur, H. T., Tekirli, M. E. ve Yurdakul, M. E. (1990). 1/100.000 ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Tokat D-22 (G-36) paftası. Ankara: MTA, Jeoloji Etüdleri Dairesi.

- Altner, D. vd., (1991). Jurassic-Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of the southern part of North-Western Anatolia (Turkey). In A. Farrinacci, D. V. Ager, & U. Nicosia (Eds.), *Geology and Paleontology of Western Pontides, Turkey. Geologica Romana*.
- Alias, M. F., Udin, W. S. & Pirmli, M. K. (2022, November). High-Resolution Mapping Using Digital Imagery of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) at Quarry Area, Machang, Kelantan. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1102, No. 1, p. 012019). IOP Publishing.
- Atallah, N.W. (2013). An Investigation of The Origin Of Rock City and Cause of Piping Problems at Mountain Lake, Giles County, Virginia. Degree of Master of Science. Kent State University, USA.
- Atasoy, M. (2010). Monitoring land use changes in tourism centers with GIS: Uzungöl case study. *Scientific Research and Essays*, 5(8), pp. 790-798.
- Arđos, M. (1979). *Türkiye jeomorfolojisinde Neotektonik*. İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 2621, Coğrafya Enstitüsü Yayınları No: 113. İstanbul Üniversitesi.
- Argentin, A. L. vd., (2022). Influence of rheology on landslide-dammed lake impoundment and sediment trapping: Back-analysis of the Hintersee landslide dam. *Geomorphology*, 414, 108363.
- Argentin, A. L. vd., (2023). The scaling of landslide-dammed lakes. *Global and Planetary Change*, 228, 104190.
- Atalay, İ. (1972). Devrez çayı havzasında toprak erozyonu problemleri. *Jeomorfoloji Dergisi* (4).
- Atalay, İ. (1974). Kızılırmak havzasının Osmancık-Kargı-Kamil arasında toprak erozyonu, taşkın ve sedimantasyon problemleri. *Tabiat ve İnsan Dergisi*, 8(4), ss. 43-49.
- Atalay, İ. (2017). Türkiye Jeomorfolojisi. Meta Basım ve Matbaacılık İşlemleri: İzmir.
- Atalay, İ. ve Mortan, K. (2007). Resimli ve Haritalı Türkiye'nin Bölgesel Coğrafyası. İnkılap Yayınevi: İstanbul.

- Atayeter, Y. Yayla O. ve Tozkoparan U. (2020). Tekeli Gölü'nün (Kop Dağı/Bayburt) Fiziki Coğrafyası ve Turizm Potansiyeli Açısından Önemi. Türkan ERDOĞAN, Abidin TEMİZER, Ruhi İNAN içinde, Sosyal Bilimlerde Akademik Çalışmalar. Montenegro : Ivpe Cetinje.
- Avşar, U. vd., (2015). Sedimentary records of past earthquakes in Boraboy Lake during the last ca 600 years (North Anatolian Fault, Turkey). *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 433, pp. 1-9.
- Aytuğ, B., & Kılıç, A. (1986, September). Contribution D'une Étude Dendrochronologique Á La Constatacion De L'âge Du Lac Sülük (Bolu). In *Proceeding 5th Optima Meeting, Istanbul* (pp. 8-15).
- Baker, V. R. vd., (1987). *Catastrophic flooding*. Allen and Unwin.
- Barker, R.D., 1981. Offset System of Electrical Resistivity Sounding and its use With a Multicore Cable, *Geophysical Prospecting* 29, 1, pp. 128-143.
- Bayık, Ç. (2018). Çok zamanlı ve çok frekanslı SAR-GNSS verileri ile heyelanların araştırılması: Beylikdüzü-Esenyurt örneği. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Zonguldak.
- Bayrakdar, C. ve Görüm, T. (2012). Yeşil Göl heyelanının jeomorfolojik özellikleri ve oluşum mekanizması. *Türk Coğrafya Dergisi*, (59), ss. 1-10.
- BCK (1941). Birinci Coğrafya Kongresi (6-21 Haziran 1941) – Raporlar, Müzakereler, Kararlar. T.C. Maarif Vekilliği.
- Bektaş, O. vd., (1995). Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of carbonates breccias and turbidites as evidences of a drowned platform. *Geologia*, 57(1-2), pp. 233-244.
- Bektaş, O. vd., (1999). Tectonic evolution of the Pontides, Turkey: An example of multiple accretionary processes. *International Geology Review*, 41(4), pp. 365-387
- Beret, B. (1955). Sera Heyelanı, *Türk Coğrafya Dergisi*, 13-14, ss.155-161.

- Boës, X. vd., (2010). Records of large earthquakes in lake sediments along the North Anatolian Fault, Turkey. *Journal of Paleolimnology*, 43, pp. 901-920.
- Bostan, P. (2017). Basic Kriging Methods in Geostatistics. *Yüzuncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 27(1), pp. 10-20.
- Canoğlu, M.C. (2014). Heyelan Duyarlılığı Haritalamasında Yüzey Suyunun Etkisinin Araştırılması: Yenice (Karabük) Havzası Örneği. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Ankara.
- Canuti, P., Casagli, N. & Ermini, L. (1998). *Inventory of landslide dams in the Northern Apennine as a model for induced flood hazard forecasting*. In K. Andah (Ed.), *Managing hydro-geological disasters in a vulnerable environment* (pp. 189–202). CNR-GNDICI-UNESCO (IHP).
- Casagli, N. & Ermini, L. (1999). Geomorphic analysis of landslide dams in the Northern Apennine. *Transactions-Japanese Geomorphological Union*, 20, pp. 219-249.
- Chai, S. vd., (2022). Failure Mechanism and Dynamic Response Characteristics of Loess Slopes Under the Effects of Earthquake and Groundwater. *Frontiers in Earth Science*, 10, 814740.
- Chen, F. vd., (2002). Geochronology of the Karadere basement (NW Turkey) and implications for the geological evolution of the Istanbul zone. *International Journal of Earth Sciences*, 91, pp. 469-481.
- Chen, C. Y. vd., . (2004). A landslide dam breach induced debris flow—a case study on downstream hazard areas delineation. *Environmental Geology*, 47(1), pp. 91-101.
- Chen, F. W. & Liu, C. W. (2012). Estimation of the spatial rainfall distribution using inverse distance weighting (IDW) in the middle of Taiwan. *Paddy and Water Environment*, 10, pp. 209-222.
- Cihangir, M.E. (2018). Kelkit Çayı Vadisinde (Umurca-Koyulhisar Arası) Heyelan Riskinin Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış). Doktora Tezi, İstanbul .

- Cihangir, M. E. ve Görüm, T. (2016). Kelkit vadisinin aşağı çığırında gelişmiş heyelanların dağılım deseni ve oluşumlarını kontrol eden faktörler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (66), ss. 19-28.
- Chiles, J. P. & Delfiner, P. (2012). *Geostatistics: modeling spatial uncertainty* (Vol. 713). John Wiley & Sons.
- Conforti, M.vd., (2011). Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in the Turbolo stream catchment (Northern Calabria, Italy). *Natural Hazards*, 56, pp. 881-898.
- Costa, J. E. & Schuster, R. L. (1988). The formation and failure of natural dams. *Geological society of America bulletin*, 100(7), pp. 1054-1068.
- Costa, J. E. & Schuster, R. L. (1991). *Documanted historical landslide dams from around the world*. U.S. Geological Survey Open Report 91-239. Vancouver, Washington, pp.1-4.
- Cruden, D. (1991). A simple definition of a landslide. *Bulletin of Engineering Geology & the Environment*, 43(1).
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J., (1996). Landslide Types and Processes. In: Turner, R.L. Schuster, A.K. (Eds.), *Landslide Investigations and Mitigation*. *Transportation Research Board*, Washington D.C., pp. 36–75.
- Çömert, R. (2018). İnsansız Hava Aracı Verilerinden Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımı ile Sığ Heyelanların Tespiti. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Eskişehir.
- Cui, P., Wei, F. Q. & He, S. M. (2008). Geo-hazards and countermeasures in 5.12 Wenchuan Earthquake area. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 23(4), pp. 317-323.
- Cui, Y. vd., (2021). A catastrophic natural disaster chain of typhoon-rainstorm-landslide-barrier lake-flooding in Zhejiang Province, China. *Journal of Mountain Science*, 18, pp. 2108–2119.

- Çavuş, A. (2014). Trabzon'da doğa turizmi açısından değerlendirilmesi gereken turistik bir alan: Sera Gölü. *Türk Coğrafya Dergisi*, (63), ss. 43-50.
- Çavuş, M. (2018). Erkilet Taşhan Mahallesi (Kocasinan\Kayseri) heyelanının coğrafi analizi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Çellek, S. (2013). Sinop-Gerze yöresinin heyelan duyarlılık analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Trabzon.
- Çetin, B., Canımkurbey, B. & Gül, M. (2022). Boraboy Lake from Amasya, Turkey: Natural radioactivity and heavy metal content in water, sediment, and soil. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(6), pp. 513.
- Çırak, O. (2019). Babadağ (Denizli) Heyelan Afeti ve Coğrafi Etkileri. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- Dağ, S. (2007). Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Trabzon.
- Dağ, S. & Bulut, F. (2012). Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasına bir örnek: Çayeli (Rize, KD Türkiye). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 36(1), ss. 35-62.
- Dağ, S. vd., (2020). Medium scale earthflow susceptibility modelling by remote sensing and geographical information systems based multivariate statistics approach: an example from Northeastern Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 79, pp. 1-21.
- Dağdelenler, G. (2013). Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Örneklem ve Doğrulama Stratejilerinin Değerlendirilmesi (Gelibolu Yarımadası'nın Doğu Kesimi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Ankara.

- Dai, F. C. vd., (2005). The 1786 earthquake-triggered landslide dam and subsequent dam-break flood on the Dadu River, southwestern China. *Geomorphology*, 65(3-4), pp. 205-221.
- Davies, T. R. & Korup, O. (2010). Sediment cascades in active landscapes. *Sediment cascades: An integrated approach*, pp. 89-115.
- Dean, W. T. vd., (2000). Lower Palaeozoic stratigraphy and palaeontology, Karadere–Zirze area, Pontus mountains, northern Turkey. *Geological Magazine*, 137(5), pp. 555-582.
- Demir, G. (2011). Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Niksar-Suşehri Arasındaki Alanın CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Trabzon.
- Derin Cengiz, L. (2020). Farklı Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemlerinin Heyelan Duyarlılığı Haritalamalarındaki Etkinliğinin Araştırılması. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Ankara.
- Dewey, J. F. vd., (1973). Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. *Geological Society of America Bulletin*, 84(10), pp. 3137-3180.
- Diaconu, D. C. vd., (2019). The importance of the number of points, transect location and interpolation techniques in the analysis of bathymetric measurements. *Journal of hydrology*, 570, pp. 774-785.
- Doğan, H. M. vd., (2015). Integration of GIS and remote sensing with the USLE model in the assessment of annual soil loss and sediment input of Zinav Lake basin in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(1A), pp. 172-179.
- Doğu, A.F., Çiçek, İ. ve Gürgen, G. (1994). Borabay Gölü (Amasya), *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 3, ss. 242-254.
- Dong, J. J. vd., (2009). Discriminant analysis of the geomorphic characteristics and stability of landslide dams. *Geomorphology*, 110(3-4), pp. 162-171.

- Dong, J. J. vd., (2011). Logistic regression model for predicting the failure probability of a landslide dam. *Engineering Geology*, 117(1-2), pp. 52-61.
- Dong, J. J. vd., (2014). Deriving landslide dam geometry from remote sensing images for the rapid assessment of critical parameters related to dam-breach hazards. *Landslides*, 11(1), pp. 93-105.
- Dönel, K. E. (2012). Gaga Gölü (Ordu-Türkiye) balık faunasının belirlenmesi. Ordu Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Ordu.
- Dönmez, Y. (1979). *Kocaeli Yarımadasının Bitki Coğrafyası*. İ.Ü. Coğrafya Enst. Yayınları, 112, İstanbul.
- Duman, T. Y. (2009). The largest landslide dam in Turkey: Tortum landslide. *Engineering Geology*, 104(1-2), pp. 66-79.
- Elibüyük, M. ve Yılmaz, E. (2010). Türkiye'nin coğrafi bölge ve bölümlerine göre yükselti basamakları ve eğim grupları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 8(1), ss. 27-56.
- Elbaşı, E., ve Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi. *Coğrafya Dergisi*, 36, ss. 63-84.
- Eker, R. (2018). Heyelan ve Kar Kaynaklı Doğal Afetlerin İzlenmesi ve Haritalanmasında Modern Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanılması. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Düzce.
- Ercan, T. ve Gedik, A. (1983). Pontid'lerdeki volkanizma. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 7(3), ss. 3-22.
- Erener, A. (2009). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Kullanılarak Heyelan Riski Belirleme Yaklaşımı. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Ankara.
- Erinç, S., Bilgin, T., & Bener, M. (1961). Ilgaz üzerinde periglasyal şekiller. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 12, ss. 90-99.

- Erinç, S. (2015). Jeomorfoloji-I. İstanbul: Der yayınları.
- Erinç, S. (2015). Jeomorfoloji-II. İstanbul: Der yayınları.
- Ermini, L.& Casagli, N. (2002). *Criteria for a preliminary assessment of landslide dam evolution*. In: Rybar, J., Stemberk, J., Wagner, P. (Eds.), *Landslides. Proceedings 1st European Conference on Landslides 24–26 June 2002*. Balkema, Prague, pp. 157–162
- Ermini, L. & Casagli, N. (2003). Prediction of the behaviour of landslide dams using a geomorphological dimensionless index. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 28(1), pp. 31-47.
- Erol, O. (1989). *Türkiye jeomorfolojisi: Türkiye'nin jeomorfolojik evrimi ve bugünkü genel jeomorfolojik görünümü*. Yayınlanmamış ders notu, İstanbul.
- Ersayın, K. (2022). Heyelan Duyarlılığı Analizine Bir Örnek: İyidere Havzası (Rize). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı. (Yayınlanmamış) Doktora Tezi, Samsun.
- Evans, S.G. vd., (2011). The Classification of Rockslide Dam. In: Evans, S.G., Hermanns, R.L., Strom, A., Scarascia-Mugnozza, G. (Eds.) *Natural and artificial rockslide dams* (581-595). New York: Springer Science & Business Media.
- Evcimen, Ö. vd., (2020). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nin jeolojisi (Ordu-Giresun). *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 29, ss.101-113.
- Eyüboğlu, Y., Bektas, O. & Pul, D. (2007). Mid-Cretaceous olistostromal ophiolitic melange developed in the back-arc basin of the eastern Pontide magmatic arc, northeast Turkey. *International Geology Review*, 49(12), pp. 1103-1126.
- Eyüboğlu, Y. vd., (2007). Geochemical constraints on the petrogenesis of the Eastern Pontide volcanic rocks, NE Turkey: Implications for convergent margin volcanism. *Lithos*, 98(1-4), pp. 34-54.

- Eyüboğlu, Y. (2010). Late Cretaceous high-K volcanism in the eastern Pontide orogenic belt: Implications for the geodynamic evolution of NE Turkey. *International Geology Review*, 52(2-3), pp. 142-186
- Fan, X. vd., (2012). Analysis of landslide dams induced by the 2008 Wenchuan earthquake. *Journal of Asian Earth Sciences*, 57, pp. 25-37.
- Fan, X. vd., (2012). Simulating dam-breach flood scenarios of the Tangjiashan landslide dam induced by the Wenchuan Earthquake. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(10), pp. 3031-3044.
- Fan, X. vd., (2017). Characteristics and classification of landslide dams associated with the 2008 Wenchuan earthquake. *Geoenvironmental disasters*, 4(1), pp. 1-15.
- Fan, X. vd., (2018). What we have learned from the 2008 Wenchuan Earthquake and its aftermath: A decade of research and challenges. *Engineering Geology*, 241, pp. 25-32.
- Fan, X. vd., (2020). The formation and impact of landslide dams—State of the art. *Earth-Science Reviews*, 203, 103116.
- Fan, X. vd., (2021). Recent technological and methodological advances for the investigation of landslide dams. *Earth-Science Reviews*, 103646.
- Fick, S. E. & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Fidan, S. (2019). Türkiye'deki Ölüme Sebep Olan Heyelanların Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Fontana, G. D. & Marchi, L. (2003). Slope–area relationships and sediment dynamics in two alpine streams. *Hydrological Processes*, 17(1), pp. 73-87.
- Gedikoğlu, A. (1970). *Giresun G39-d1 jeoloji haritası*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Jeoloji Etütleri Dairesi.

- Genç, Ş. C. & Tüysüz, O. (2010). Tectonic setting of the Jurassic bimodal magmatism in the Sakarya Zone (Central and Western Pontides), Northern Turkey: a geochemical and isotopic approach. *Lithos*, 118(1-2), pp. 95-111.
- Görür, N. (1988). Timing of opening of the Black Sea basin. *Tectonophysics*, 47, pp. 247-262.
- Görür, N. vd., (1997). Palaeogeographic and tectonic position of the Carboniferous rocks of the western Pontides (Turkey) in the frame of the Variscan belt. *BULLETIN-SOCIETE GEOLOGIQUE DE FRANCE*, 168, 197-206.
- Görüm, T. (2006). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi: Melen Boğazı ve Çevresi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Görüm, T. (2019). Tectonic, topographic and rock-type influences on large landslides at the northern margin of the Anatolian Plateau. *Landslides*, 16(2), pp. 333-346.
- Günal, N. (2013). Türkiye’de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Acta Turcica*, 1, ss. 1-22.
- Gedik, İ. & Aksay, A. (2002). 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 38 Adapazarı-H25 Paftası. Ankara: Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Güven, İ.H. (1990). Artvin – Borçka arasında kalan bölgenin jeoloji ve prospeksiyon raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9186. Ankara.
- Güven, İ. H. (1990). Artvin – Borçka arasında kalan bölgenin jeoloji ve prospeksiyon raporu (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9186). Ankara: Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Güveni İ.H. (1993). Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/25.000 ölçekli kompilasyonu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Güven, İ. H. (1998). 1:100.000 ölçekli açınısma nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 58 Trabzon C29-D29 paftaları. Ankara: MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi.

- Güven, İ. H. (1998). *1:100.000 ölçekli açınısama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 59 Trabzon C30-D30 paftaları*. Ankara: MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Haas, W. (1968). Das Alt-Paläozoikum von Bithynien (Nordwest Türkei). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 131, pp. 178-242.
- Hancock, G. R. vd., (2006). A comparison of SRTM and high-resolution digital elevation models and their use in catchment geomorphology and hydrology: Australian examples. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 31(11), pp. 1394-1412.
- Hartvich, F. vd., (2020). Landslide-dammed lake sediment volume calculation using waterborne ERT and SONAR profiling. *Earth Surface Processes and Landforms*, 45(14), pp. 3463-3474.
- Hastaoğlu, K. Ö. (2009). GPS hızlı statik yöntem ile heyelanların izlenebilirliğinin araştırılması: Sivas Koyulhisar örneği. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, İstanbul.
- Hermanns, R. L. vd., (2011). *The classification of rockslide dams*. In Natural and artificial rockslide dams (pp. 581-593). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Hewitt, K. (1982). Natural dams and outburst floods of the Karakoram Himalaya. *IAHS*, 138, pp. 259-269.
- Hewitt, K. & Liu, J. (2010). Ice-dammed lakes and outburst floods, Karakoram Himalaya: historical perspectives on emerging threats. *Physical Geography*, 31(6), pp. 528-551.
- Henrico, I. (2021). Optimal interpolation method to predict the bathymetry of Saldanha Bay. *Transactions in GIS*, 25(4), pp. 1991-2009.
- Highland, L. & Bobrowsky, P. (2018). Landslide types: Descriptions, illustrations and photos (1-41). In K. Sassa, F. Guzzetti, H. Yamagishi, Ž. Arbanas, N. Casagli, M. McSaveney, & K. Dang (Eds.), *Landslide dynamics: ISDR-ICL landslide interactive teaching tools* (Vol. 1, Fundamentals, mapping and monitoring). Springer.

- Hoşgören, M. Y. ve Ekinçi, D. (2004). Heyelan seti göllerine tipik bir örnek: Sünnet Gölü. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 12, ss. 1-11.
- Huang, R. (2009). Some catastrophic landslides since the twentieth century in the southwest of China. *Landslides* 6, pp. 69–81.
- Hutchinson, J. N. (1988). Morphological and geotechnical parameters of landslide in relation to geology and hydrogeology, 5th International Symposium on Landslides, 10 - 15 July, Lausanne,
- Hungr, O., Leroueil, S. & Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, 11(2), pp. 167-194.
- IPCC, (2002), AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability report. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Isaaks, E.H. & Srivastava, R.H. (1989). *Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York, ISBN: 0195050134.
- Iverson, R. M. (1997). The physics of debris flows. *Reviews of Geophysics*, 35(3), pp. 245-296.
- İnkaya, S., & Avcı, M. (2019). Uzungöl çevresinde bitki örtüsünün dağılışı. In *İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı* (20-22 Haziran 2019).
- James, A. & De Graff, J. V. (2012). The draining of Matthieu landslide-dam lake, Dominica, West Indies. *Landslides*, 9(4), pp. 529-537.
- Kaçka, N. (2019). Karamürsel (Kocaeli) güneyi ve güneybatısındaki heyelanların sismik deformasyon analizi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Ankara.
- Kadakci Koca, T. (2021). Çağlayan Barajı Göl Alanındaki Heyelanların Çok Zamanlı Stabilitésinin İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, İzmir.
- Kadı, F. (2022). Heyelanların Jeodezik Deformasyon Analizleriyle Araştırılması: Trabzon-Esiroğlu Örneği. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri

- Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeodezi Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Trabzon.
- Kallen, D. vd., (2006). Landslides at Qingjiang river in the downstream area of Shuibuya dam site, China. *Journal of China University of Geosciences*, 17(2), pp. 158-162.
- Kanoğlu, S. S., Aksoy, N. & Kaya, A. (2016). Sülüklü Göl Bolu-Adapazarı/Türkiye çevresinin florası. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 3(2), ss. 20-42.
- Kandemir, Ö. vd., (2019). From arc evolution to arc-continent collision: Late Cretaceous–middle Eocene geology of the Eastern Pontides, northeastern Turkey. *GSA Bulletin*, 131(11-12), pp. 1889-1906.
- Kara, S. (2011). Dendrokronolojik Analizler ile Sıcaklık ve Yağış Koşullarının İlişkisinin Değerlendirilmesi: Uludağ'ın Güneyinden İki Örnek Alan, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kaya Topaçlı, Z. (2023). Havza Ölçeğinde Heyelandan Kaynaklanan Zararların Azaltılmasına Yönelik Metodoloji ve Yöntemlerin Geliştirilmesi (Bolaman Mikro Havzası, Ordu). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Ankara.
- Keskin, İ. (2011). *1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:152 Perşembe F-39 ve Giresun G-39 Paftaları*. Jeoloji Etütleri Dairesi. Ankara.
- Keskin, İ. (2013). *1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:179 Artvin – E47 ve F47 Paftaları*. Jeoloji Etütleri Dairesi. Ankara.
- Keskin, İ. (2016). *M.T.A. Genel Müdürlüğü Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, 1:25.000 Ölçekli Trabzon-H44c3 Paftası*, Ankara: M.T.A. Yayınları.
- Ketin, İ.: 1966 Tectonic units of Anatolia. *Maden Tetkik ve Arama Bulletin*, 66, pp. 23-34.
- Koç, E. (2021). Erkenez Havzası Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,

- Coğrafya Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Koloren, Z., Taş, B. ve Kaya, D. (2011). Gaga Gölü (Ordu, Türkiye)'nün mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), ss. 74-85.
- Kopar, İ. ve Sever, R. (2008). Karagöl (Borçka-Artvin). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11 (1), ss. 21-38.
- Kopar, İ., ve Sevindi, C. (2013). Tortum Gölü'nün (Uzundere-Erzurum) güneybatısında aktüel sedimentasyon ve siltasyona bağlı alan-kıyı çizgisi değişimleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (60), ss. 49-66.
- Korup, O. (2002). Recent research on landslide dams-a literature review with special attention to New Zealand. *Progress in Physical Geography*, 26(2), pp. 206-235.
- Korup, O. (2004). Geomorphometric characteristics of New Zealand landslide dams. *Engineering Geology*. 73 (1), pp. 13–35.
- Korup, O. & Tweed, F. (2007). Ice, moraine, and landslide dams in mountainous terrain. *Quaternary Science Reviews*, 26(25-28), pp. 3406-3422.
- Küçükönder, M. (2012). Heyelanlara İlişkili Arazi Değişimlerinin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Adana.
- Lacaze, B., Dudek, J. & Picard, J. (2018). GRASS GIS Software with QGIS. In N. Baghdadi, C. Mallet, & M. Zribi (Eds.), *QGIS and Generic Tools*, Volume 1 (pp. 67-106)
- Li, Y. vd., (2021). Chasing a complete understanding of the failure mechanisms and potential hazards of the slow moving Liangshuijing landslide. *Engineering Geology*, 281, 105977.

- Liao, H. M. vd., (2020). Increase in hazard from successive landslide-dammed lakes along the Jinsha River, Southwest China. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 1115-1128.
- Ling, S. (2015). Landslide damming in Western Sichuan Province, China, with special reference to the 1786 Dadu River and 1933 Diexi events. Degree of Master of Science in Earth Sciences. University of Waterloo. Waterloo, Ontario, Canada.
- Larsen, I. J., Montgomery, D. R. & Korup, O. (2010). Landslide erosion controlled by hillslope material. *Nature Geoscience*, 3(4), pp. 247-251.
- Lu, G. Y. & Wong, D. W. (2008). An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers & Geosciences*, 34(9), pp. 1044-1055.
- Luhmann, T. vd., (2014). *Close range photogrammetry and 3D imaging*. De Gruyter.
- Lloyd C.D. (2006). *Local Modals for Spatial Analysis*, 244 p., ISBN: 0-4153-1681-2.
- Mason, K. (1929) Indus floods and Shyok glaciers. *Himalayan Journal*, Vol. 1, 10-29.
- McKean, J. & Roering, J. (2004). Objective landslide detection and surface morphology mapping using high-resolution airborne laser altimetry. *Geomorphology*, 57(3-4), 331-351.
- Mete, B., Baki, O. T. ve Bayram, A. (2022). Sera Deresi Havzasında (Trabzon) Askıda Katı Madde Hareketinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 27(1), ss. 419-436.
- Mete, B. & Bayram, A. (2024). Effects of sediment-storage dams on suspended sediment transport in the Sera Lake Watershed, northeast Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 83(8), pp 1-12.
- Ming, P. & Mingzi, J. (2018). Experimental Studies on Landslide Dam Stability Under Surge Action. In *Proceedings of GeoShanghai 2018 International Conference: Geoenvironment and Geohazard* (pp. 226-232). Springer Singapore.

- Moore, I. D., Grayson, R. B. & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological processes*, 5(1), pp. 3-30.
- Morgenstern, R. vd., (2024). The New Zealand landslide dam database, v1. 0. *Landslides*, 21(1), 121-134.
- Moyroud, N. & Portet, F. (2018). Introduction to QGIS. In N. Baghdadi, C. Mallet, & M. Zribi (Eds.), *QGIS and Generic Tools*, Volume 1 (pp. 1-17). Wiley.
- Nash, T.R. (2003). Engineering Geological Assessment of Selected Landslide Dams Formed from the 1929 Murchison and 1968 Inangahua Earthquakes. Degree of Master of Science in Engineering Geology at the University of Canterbury. New Zealand.
- Nergiz, H. ve Alar, M. M. (2019). Artvin Borçka Karagöl Tabiat Parkı'nın Ornitofaunası. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(3), ss. 883-888.
- Ocakoğlu, F. vd., (2013). Early to Mid-Holocene lake level and temperature records from the terraces of Lake Sünnet in NW Turkey. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 369, pp. 175-184.
- Ocakoğlu, F., Kapan, S., & Licht, A. (2015, April 6-10). Sünnet Gölü'nde KB Türkiye Mollusk Kavkı İzotoplarına Dayalı Orta Holosen Mevsimlik Yüzyıllık İklim Değişimleri. In 68. *Türkiye Jeoloji Kurultayı* (pp. 512-513). Türkiye.
- Okay, A. I., Şengör, A.M.C. & Görür, N. (1994). Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions. *Geology*, 22(3), pp. 267-270.
- Okay, A. I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. Geological Society, London, *Special Publications*, 156(1), pp. 475-515.
- Okay, A. I. (2008). Geology of Turkey: a synopsis. *Anschnitt*, 21, pp. 19-42.
- Okay, A. I. & Nikishin, A. M. (2015). Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region. *International Geology Review*, 57(5-8), pp. 1051-1076.

- Okay, A. I. vd., (2018). Geological evolution of the Central Pontides. *Geological Society, London, Special Publications*, 464(1), pp. 33-67.
- Okalp, K. (2013). Kalitatif ve Yarı-Kantitatif Yöntemlerle Türkiye'nin Heyelan Duyarlılık Çalışması. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Ankara.
- Ozseker, K. & Eruz, C. (2016). Ecological pathways of heavy metal pollution in Solakli River Basin (river bed, uzungol lake and estuary) sediment of southeastern Black Sea region, Turkey. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. Vol:45 (1), pp 62-69
- Özçağlar, A. (2003). Türkiye’de Yapılan Bölge Ayrımları ve Bölge Planlama Üzerindeki Etkileri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 1 (1), ss. 3-18.
- Özdemir, H. (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, İstanbul.
- Özdemir, H. (2016). *Afetler coğrafyası*. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Yayınları. İstanbul.
- Öztürk, B. ve Erginal, A. (2008). Bayramdere Havzasında (Biga Yarımadası, Çanakkale) havza gelişiminin morfolometrik analizler ve jeomorfik indislerle incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (50), ss. 61-68.
- Palacky, G.J., (1987). *Resistivity Characteristics of Geologic Targets*, In: M.N. Nabighian, Editor, *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics Investigations in Geop.*
- Peng, M. & Zhang, L. M. (2012). Breaching parameters of landslide dams. *Landslides*, 9(1), pp. 13-31.
- Penna, D. vd.,. (2013). Soil moisture temporal stability at different depths on two alpine hillslopes during wet and dry periods. *Journal of hydrology*, 477, pp. 55-71.

- Pirocchi, A. (1992). Laghi di sbarramento per frana nelle Alpi: tipologia ed evoluzione. *Atti I convegno Nazionale Giovani Ricercatori in Geologia Applicata*, 93, pp. 128-136.
- Remondino, F. vd., (2014). State of the art in high density image matching. *The Photogrammetric Record*, 29(146), pp. 144-166.
- Rossi, M. vd., (2018). *Italian National Early Warning System*. In K. Sassa, F. Guzzetti, H. Yamagishi, Ž. Arbanas, N. Casagli, M. McSaveney, & K. Dang (Eds.), *Landslide dynamics: ISDR-ICL landslide interactive teaching tools* (Vol. 1, Fundamentals, mapping and monitoring). Springer.
- Sarı, M. (2019). Bayburt kırklartepe barajı eksen yeri ve göl alanının kaya kütle geçirimsizliğinin jeofizik ve jeoteknik yöntemlerle belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Trabzon.
- Sayın, H. (2019). Van Gölü Havzasının Doğusunda Heyelan Duyarlılık Analizi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Van.
- Saygın, F. (2020). Orta Karadeniz Koşullarında CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Modeli Oluşturulması ve Model Geçerliliğinde Nokta Koordinat Değişimlerinin İzlenmesi ve Analizi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Samsun.
- Shan, Y., Chen, S., & Zhong, Q. (2020). Rapid prediction of landslide dam stability using the logistic regression method. *Landslides*, 17(12), pp. 2931-2956.
- Shang, Y. vd., (2003). A super-large landslide in Tibet in 2000: background, occurrence, disaster, and origin. *Geomorphology*, 54(3-4), pp. 225-243.
- Shafieiganjeh, M., Mitsova, H., & Harmon, R. S. (2011). Efficient extraction of drainage networks from massive, radar-based elevation models with least cost path search. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(2), pp. 667-678.
- Shafieiganjeh, R. vd., (2022). Assessment of the landslide dams in Western Austria, Bavaria and Northern Italy (part of the Eastern Alps): Data inventory

- development and application of geomorphic indices. *Geomorphology*, 415, 108403.
- Shen, D. vd., (2020). Longevity analysis of landslide dams. *Landslides*, 17(8), pp. 1797-1821.
- Shroder Jr, J. F. (1998). Slope failure and denudation in the western Himalaya. *Geomorphology*, 26(1-3), pp. 81-105.
- Simoni, A. & Houlsby, G. T. (2006). The direct shear strength and dilatancy of sand-gravel mixtures. *Géotechnique*, 56(3), pp. 225-238
- Sol, B. (2017). Mudurnu Çayı Havzası'nın (Taşburun–Abant Gölü batısı arası) flüvyo-tektonik jeomorfolojisi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, (Yayımlanmamış) Doktora tezi. İstanbul.
- Song, K. vd., (2022). Risk assessment on the stability of barrier dam induced by Caijiaba landslide, SW China. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 81(6), 235.
- Sümengen, M. (2013). *1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 189 Tokat - H38 Paftası*. Ankara: MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38(6), 913.
- Stefanelli, C. T. (2014). Landslide dams in Italy: analysis of main predisposing factors and damming susceptibility mapping. Phd. Thesis.
- Stefanelli, C. T., Catani, F. & Casagli, N. (2015). Geomorphological investigations on landslide dams. *Geoenvironmental Disasters*, 2(1), 21.
- Stefanelli, C. T. vd., (2016). Geomorphic indexing of landslide dams evolution. *Engineering Geology*, 208, pp. 1-10.
- Stefanelli, C. T. vd., (2018). Morphological analysis and features of the landslide dams in the Cordillera Blanca, Peru. *Landslides*, 15(3), pp. 507-521.
- Swanson, F.J., Oyagi, N. & Tominaga, M. (1986). Landslide dams in Japan. In: Schuster, R.L. (Eds.), *Landslide Dams: Processes Risk and Mitigation* (pp. 131–145). New York: Geotechnical Special Publication.

- Şengör, A. C. & Yilmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3-4), pp. 181-241.
- Şengör, A. C. & Canitez, N. (1982). The North Anatolian Fault. *Alpine-Mediterranean Geodynamics*, 7, pp. 205-216.
- Şengör, A. M. C. (1996). Paleotectonic of Asia: fragments of a synthesis. *The tectonic evolution of Asia*, pp. 486-640.
- Şengör, A. M. C. vd., (2005). The North Anatolian fault: A new look. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, pp. 37-112.
- Şener, E. (2019). İnsansız hava araçları kullanılarak olası kaya düşmelerinin coğrafi bilgi sistemleri tabanlı 3D modellenmesi: kasımlar köyü (Isparta-Türkiye) Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), ss. 419-426.
- Sensoy, S. vd., (2008). Türkiye iklimi. *Turkish State Meteorological Service (DMİ), Ankara*.
- Tarolli, P., Cavalli, M. & Masin, R. (2019). High-resolution morphologic characterization of conservation agriculture. *Catena*, 172, pp. 846-856.
- Taseli, B. (2013). Water quality changes in Uzungol lake due to influent tributaries and land-based fish-farms. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8, ss. 125-136.
- Taşkanat, T. (2020). Evrimsel Algoritmalar Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Kayseri.
- Taşoğlu, E. (2020). Devrek İlçesinin (Zonguldak) Yapay Sinir Ağları ile Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi. Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- Tekin, S. (2019). Göksu Nehri Havzasının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Jeomorfometrik Analizi ve Niceliksel Heyelan Olası Tehlike

- Değerlendirmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Adana.
- Terlemez, İ.ve Yılmaz, A. (1980). Ünye, Ordu, Koyulhisar, Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 23(2), ss. 179-191.
- Tetik Biçer, Ç. (2017). Heyelan Risk Haritalaması Üzerine Yarı Sayısal Bir Değerlendirme. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Ankara.
- Tezel, K. (2021). Beşikdüzü (Trabzon) Yöresi Heyelan Tehlike Analizleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Trabzon.
- Tokgöz, S. & Partal, T. (2020). Karadeniz Bölgesinde yıllık yağış ve sıcaklık verilerinin yenilikçi şen ve mann-kendall yöntemleri ile trend analizi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), pp. 1107-1118.
- Troiani, F. & Della Seta, M. (2008). The use of the Stream Length–Gradient index in morphotectonic analysis of small catchments: A case study from Central Italy. *Geomorphology*, 102(1), pp. 159-168.
- Türk Coğrafya Kongresi (1941). “Birinci Coğrafya Kongresi 6-21 Haziran 1941, Raporlar, Müzakereler, Kararlar”.
- Tüysüz, O. (1999). Geology of the Cretaceous sedimentary basins of the Western Pontides. *Geological Journal*, 34(1-2), 75-93.
- Uçar, F. (2020). Zaman Atlamalı Elektrik Öz direnç Yönteminin (tl-ERT) Heyelan Aktivitesinin Modellenmesinde Kullanımı: Batı Antalya'dan Örnek Uygulamalar. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi. Antalya.
- Uçarlı, A. C. vd.,. (2021). Farklı GNSS uydu sistemlerinin hassas nokta konumlama (PPP) tekniğinin performansına etkisinin incelenmesi. *Geomatik*, 6(3), ss. 247-258.

- Ustaoglu, F., Islam, M. S. & Tokatli, C. (2022). Ecological and probabilistic human health hazard assessment of heavy metals in Sera Lake Nature Park sediments (Trabzon, Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 15(7), 597.
- Ustaömer, P. A., Ustaömer, T. & Robertson, A. (2012). Ion probe U-Pb dating of the Central Sakarya basement: a peri-Gondwana terrane intruded by late Lower Carboniferous subduction/collision-related granitic rocks. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21(6), pp. 905-932.
- Uzun, A. (1992). Kop Dağı Heyelanı. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7, ss. 272-282.
- Varnes, D. J. (1958). Landslide types and processes. *Landslides and Engineering Practice*, 24, pp. 20-47.
- Varnes, D.J. (1978). Slope movements: types and processes. In: Schuster, R.L., Krizek, R.J.(Eds.), *Landslide Analysis and Control*. Transportation Research Board, Special Report No. 176, Washington, DC, 11-33.0
- Verep, B., Çelikkale, M. S. ve Düzgüneş, E. (2002). Uzungöl'ün Bazı Limnolojik ve Hidrografik Özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 19(1).
- Villanueva, V.R. vd., (2017). Recent catastrophic landslide lake outburst floods in the Himalayan mountain range. *Progress in Physical Geography*. 41 (1), pp. 3-28.
- Walder, J. S. & Costa, J. E. (1996). Outburst floods from glacier-dammed lakes: The effect of mode of lake drainage on flood magnitude. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21(8), pp. 701-723.
- Wang, G. vd.,. (2013). The internal structure of a rockslide dam induced by the 2008 Wenchuan (Mw7. 9) earthquake, China. *Engineering Geology*, 156, pp. 28-36.
- Wang, H. vd., (2022). Spatial and temporal distribution of landslide-dammed lakes in Purlung Tsangpo. *Engineering Geology*, 308, 106802.
- Wang, L. vd., (2022). Two multi-temporal datasets to track debris flow after the 2008 Wenchuan earthquake. *Scientific Data*, 9(1), pp. 1-9.

- Wang, W. vd., (2019). Practical application of the coupled DDA-SPH method in dynamic modeling for the formation of landslide dam. *Landslides*, 16(5), pp. 1021-1032.
- Wartman J. vd., (2016) The 22 March 2014 Oso landslide, Washington, USA. *Geomorphology* 253:275–288.
- Webster, R. & Oliver, M.A. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists*. Wiley ISBN: 978-0-470-02858-2.
- Weidinger, J. T. (2006). Landslide dams in the high mountains of India, Nepal and China-stability and life span of their dammed lakes. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 1, pp. 67-80.
- Weiguo, L. vd., (2021). Shock and Vibration of Rainfall on Rotational Landslide and Analysis of Its Deformation Characteristics. *Geofluids*, 2021.
- Wetherell, R.L. (2018). Quantifying Sedimentation Patterns of Small Watersheds In The Central Oregon Coast Range Using Landslide-Dammed Lakes. Degree Master of Science Geology. Central Washington University. Ellensburg, USA.
- Winsemann, J. & Lang, J. (2020). *Flooding Northern Germany: Impacts and Magnitudes of Middle Pleistocene Glacial Lake-Outburst Floods*. In *Palaeohydrology* (pp. 29-47). Springer, Cham.
- Xu, P. vd., (2009). The 12 May Wenchuan earthquake-induced landslide lakes: distribution and preliminary risk evaluation. *Landslides*, 6, pp. 209-223.
- Xu, Y. & Zhang, L. M. (2009). Breaching parameters for earth and rockfill dams. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135(12), pp. 1957-1970.
- Xu, Q. vd., (2009). Landslide dams triggered by the Wenchuan Earthquake, Sichuan Province, south west China. *Bulletin of engineering geology and the environment*, 68(3), pp. 373-386.
- Xu, Y. & Zhang, L. M. (2009). Breaching parameters for earth and rockfill dams. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135(12), pp. 1957-1970.

- Yayla, O. ve Atayeter, Y. (2024). Boraboy Heyelanında (Amasya) Jeomorfometrik Değerlendirmeler. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(1), ss. 169-187.
- Yayla, O., Atayeter, Y. ve Tozkoparan, U. (2021). Heyelan Set Göllerinin Oluşum ve Gelişim Şartlarının Jeomorfolojik İndislerle Değerlendirilmesi: Kop (Akburak) Gölü (Bayburt) Örneği. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (7), ss. 1-18.
- Yazıcı, H. ve Cin, M. (2014). Uzungöl turizm merkezinde coğrafi gözlemler. *Türk Coğrafya Dergisi* (32), ss. 57-77.
- Yılmaz, A. vd., (1997). *Geoscientific studies of the area along Turkish -Georgian border*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdları Dairesi Rapor No: 521, Ankara.
- Yılmaz, E., Sesli, F. A. ve Uzun, Ö. F. (2023). Batimetri Haritalarının Akustik İskandil ve Uydu Görüntüleri Yöntemi ile Üretimi: Sinop Hurmadibi Örneği. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(3), ss. 764-780.
- Yüregir, M.B. (2021). Kirazlık (Gümüşhane) Heyelanından Kaynaklanacak Olası İtki Dalgalarının Torul Baraj Gölündeki Yayılımının Değerlendirilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Trabzon
- Zeybek, H.İ. (2002). Sinan (Zinav) Gölü (Reşadiye / Tokat). *Türk Coğrafya Dergisi*.38, ss. 105-120
- Zeybek, M. (2017). Yüksek Çözünürlüklü Topografik Veriler Yardımıyla Heyelanların İzlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Konya.
- Zhang, Y. vd., (2011). A Pleistocene landslide-dammed lake, Jinsha River, Yunnan, China. *Quaternary International*, 233(1), pp. 72-80.
- Zhang, S. vd., (2015). A seismically triggered landslide dam in Honshiyuan, Yunnan, China: from emergency management to hydropower potential. *Landslides*, 12(6), pp. 1147-1157.

- Zhang, M., Yin, Y. & McSaveney, M. (2016). Dynamics of the 2008 earthquake-triggered Wenjiagou Creek rock avalanche, Qingping, Sichuan, China. *Engineering Geology*, 200, pp. 75-87.
- Zhang, L. vd., (2016). *Dam failure mechanisms and risk assessment*. John Wiley & Sons.
- Zhang, M. & McSaveney, M. J. (2017). Rock avalanche deposits store quantitative evidence on internal shear during runout. *Geophysical Research Letters*, 44(17), pp. 8814-8821.
- Zhang, J. vd., (2022). Investigation of flow characteristics of landslide materials through pore space topology and complex network analysis. *Water Resources Research*, 58(9).
- Zheng, H. vd., (2021). Recent advances in stability and failure mechanisms of landslide dams. *Frontiers in Earth Science*, 9, 659935.
- Zhou, J. W., Cui, P. & Fang, H. (2013). Dynamic process analysis for the formation of Yangjiagou landslide-dammed lake triggered by the Wenchuan earthquake, China. *Landslides*, 10(3), pp. 331-342.
- Zhou, Y. vd., (2022). Failure characteristics of landslide dams considering dam formation features in laboratory experiments. *Landslides*, 19(10), pp. 2379-2395.
- Zhong, Q. vd., (2020). Back analysis of breaching process of Baige landslide dam. *Landslides*, 17(7), pp. 1681-1692.
- Zhu, X. vd., (2020). Influence of textural properties on the failure mode and process of landslide dams. *Engineering Geology*, 271, 105613.
- Zorba, H. (2019). Devrez Çayı Havzası'nın Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Yardımıyla Taşkın ve Heyelan Risklerinin Belirlenmesi. Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı. (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Karabük

İNTERNET KAYNAKLARI

<https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf> (Son Erişim: 29.01.2021)

<https://www.usgs.gov/programs/landslide-hazards/landslide-basics> (Son Erişim: 22.12.2023)

<https://pro.arcgis.com/en/proapp/latest/help/analysis/geostatisticalanalyst/deterministic-methods-for-spatial-interpolation.htm> (Son Erişim: 22.01.2023)

<https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture/> (Son Erişim: 13.05.2022)

<http://www.tasova.gov.tr/koylerimiz> (Son Erişim: 22.01.2023)

<https://www.ecologiaverde.com/lahar-que-es-y-como-se-forma-3639.html> (Son Erişim: 16.12.2023)

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (Son Erişim: 30.01.2024)

<http://www.osgeo.org> (Son Erişim: 03.02.2024)

<https://www.ecologiaverde.com/lahar-que-es-y-como-se-forma-3639.html> (Son Erişim: 16.12.2023)

DİĞER KAYNAKLAR

Harita Genel Müdürlüğü. Harita verileri

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Meteoroloji verileri.

Maden ve Tetkik Arama Genel Müdürlüğü. Jeoloji verileri.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2022). Nüfus verileri.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Onur YAYLA

Eğitim Bilgileri

Lisans : Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Sosyal Bilgiler Eğitimi (2009-2013)

Yüksek Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Sosyal Bilgiler Eğitimi (2017-2019)

Doktora : Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı (2020-2024)

Başlıca Bilimsel Çalışmalar

Makaleler

Yayla, O., & Atayeter, Y. (2024). Boraboy Heyelanında (Amasya) Jeomorfometrik Değerlendirmeler. Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(1), 169-187.

Alevkayalı, Ç., Atayeter, Y., Yayla, O., Bilgin, T., & Akpınar, H. (2023). Burdur Gölü'nde uzun dönemli kıyı çizgisi değişimleri ve iklim ilişkisi: Zamansal-mekânsal eğilimler ve tahminler. Türk Coğrafya Dergisi, (82), 37-50.

Alevkayalı, Ç., Yayla, O., & Atayeter, Y. (2023). Monitoring and classification of karst rocky desertification with Landsat 8 OLI images using spectral indices, multi-endmember spectral mixture analysis and support vector machine. International Journal of Engineering and Geosciences, 8(3), 277-289.

- Yayla, O., & Bozkurt, F. 6-8 Yaş Arası Çocuklarda Mekânsal Algı ve Yorumlama: Bireysel Algısal Farklılıkların Mekânsal Referanslamaya Etkisi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(14), 95-112.
- Uyar, Ş., Yayla, O., & Zünber, H. (2022). Examination of map reading skills with orienteering activity: An example of Many Facet Rasch Model. International Journal of Assessment Tools in Education, 9(Special Issue), 258-282.
- Atayeter, Y., Temurçin, K., & Yayla, O. (2022). Baraj Göllerinde Arazi Kullanım Planlamasındaki Çevresel Hassasiyet Analizi: Burdur Gölü Kapalı Havzasında Karaçal Baraj Gölü Havzası Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, (56), 221-238.
- Yayla, O., Atayeter, Y., & Tozkoparan, U. (2021). Heyelan Set Göllerinin Oluşum ve Gelişim Şartlarının Jeomorfolojik İndislerle Değerlendirilmesi: Kop (Akburak) Gölü (Bayburt) Örneği. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (7), 1-18.
- Tozkoparan, U., Atayeter, Y., & Yayla, O. (2020). Altınpınar (Limni) Gölü (Torul/Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Rekreasyon Potansiyelinin Belirlenmesine Yönelik Bir Yöntem Uygulaması. Eastern Geographical Review/Doğu Coğrafya Dergisi, 25(44).
- Atayeter, Y., Yayla, O., & Tozkoparan, U. (2019). Şelaleler, Türkiye'nin Şelalelerine Yeni Bir Örnek Tekke (Çorçol) Şelalesi ve Turizm Potansiyeli (Gümüşhane). Doğu Coğrafya Dergisi, 24(42), 103-122.
- Atayeter, Y., Tozkoparan, U., & Yayla, O. (2018). Halgent şelalesi (Gümüşhane). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1(45), 260-277.

Kitap Bölümleri

- Atayeter, Y., & Yayla, O. (2024). Heyelan (Kütle Hareketleri). In Yiğit İlker (Ed.), Türkiye'de Doğal Afetler (1923-2023) (1st ed., pp. 1-284). Atatürk Araştırma Merkezi Yayınları. ISBN: 978-975-17-5768-5.

- Atayeter, Y., & Yayla, O. (2021). Burdur İli Genel Coğrafya Özellikleri. In Her Yönü ile Burdur 2021 (1st ed., pp. 1-21). Uyum Ajans. ISBN: 978-605-74312-2-6.
- Atayeter, Y., & Yayla, O. (2021). Morphometric Analysis of Dolines on Kestel (Burdur) Mountain. In Tourism Studies and Social Science (1st ed., pp. 1-15). ST. Kliment Ohridski University Press. ISBN: 978-954-07-5202-0.
- Atayeter, Y., Yayla, O., & Tozkoparan, U. (2020). Tekeli Gölü'nün (Kop Dağı/Bayburt) Fiziki Coğrafyası ve Turizm Potansiyeli Açısından Önemi. In Erdoğan Türkan, Temizer Abidin, & İnan Ruhi (Eds.), Sosyal Bilimlerde Akademik Çalışmalar (1st ed., pp. 1-26). İvpe Publisher. ISBN: 978-9940-4601-29
- Atayeter, Y., Yayla, O., Tozkoparan, U., & Sakar, T. (2018). Sosyal Bilgiler Öğretmen Adaylarının Mekânsal Düşünme Becerilerinin İncelenmesi (Burdur İli Örneği). In Harun Şahin (Ed.), Multidisipliner Çalışmalar-4 (Eğitim Bilimleri) (1st ed., pp. 1-213). Institut Za Geografiju Podgorica-Montenegro. ISBN: 978-9940-745-05-9.
- Atayeter, Y., Tozkoparan, U., Yayla, O., & Sakar, T. (2018). 2017-2018 Eğitim Öğretim Yılı 6. Sınıf Sosyal Bilgiler Ders Kitabının Coğrafya Görselleri Yönünden Değerlendirilmesi. In Harun Şahin (Ed.), Multidisipliner Çalışmalar-4 (Eğitim Bilimleri) (1st ed., pp. 1-213). Institut Za Geografiju Podgorica-Montenegro. ISBN: 978-9940-745-05-9.
- Atayeter, Y., Tozkoparan, U., Yayla, O., & Sakar, T. (2018). Coğrafi Bir Mekan Olarak Burdur İli'nin Doğa Turizmi Potansiyelinin Değerlendirilmesi. In Burak Eryılmaz, Kurtuluş Ersözlü, Yusuf Bahadır Keskin, & Cem Yüçetürk (Eds.), Current Academic Studies in Social Sciences-2018 (1st ed., pp. 1-709). Gece Kitaplığı. ISBN: 978-605-288-227-6.

Bildiriler

- Atayeter, Y., & Yayla, O. (2023). Boğazköy (Burdur)'de Taşkına Neden Olan Durumlar. V. International Congress on Geographical Education (Özet Bildiri/Sözlü Sunum). Yayın No: 8745159.
- Atayeter, Y., Yayla, O., & Dağ, S. (2021). Tekeli (Bayburt) Heyelan Set Gölü'nün Jeomorfolojik İndislerle Değerlendirilmesi. 3. Ulusal Heyelan Sempozyumu (Özet Bildiri/Sözlü Sunum). Yayın No: 7541322.

Projeler

- Tozkoparan, U., & Yayla, O. (Yürütücüler). (2019-2020). Mekânsal Algılamada Oryantiring. Diğer kamu kuruluşları (Yükseköğretim Kurumları hariç). 15 Kasım 2019 - 15 Haziran 2020. (ULUSAL).
- Yayla, O. (Danışman). (2023). Geleceğin Su Muhafızları. TÜBİTAK PROJESİ. 19 Nisan 2023 (Devam Ediyor). (ULUSAL).
- Yayla, O. (Danışman). (2023). Sosyal Bilgiler Dersinde 6. Sınıf Öğrencileri İle Okul Dışı Öğretim Uygulaması: Isparta/Gölcük Tabiat Parkı İncelemesi. TÜBİTAK PROJESİ. 19 Nisan 2023 (Devam Ediyor). (ULUSAL).
- Yayla, O., & Tozkoparan, U. (Yürütücüler). (2018). Hayaller İçin İlk Adım Projesi (Burdur). Diğer kamu kuruluşları (Yükseköğretim Kurumları hariç). 1 Kasım 2018 - 2 Aralık 2018. (ULUSAL).