



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ARHAVİ İLÇESİNİN (ARTVİN) SEL/TAŞKIN ETKİLENEBİLİRLİK RİSK
ANALİZİ**

Nazlı Demet UYANIK

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY**

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği, Tezli Yüksek Lisans Programı

Ocak, 2025

TEZ KABUL VE ONAYI

Nazlı Demet UYANIK tarafından, Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY danışmanlığında hazırlanan "ARHAVİ İLÇESİNİN (ARTVİN) SEL/TAŞKIN ETKİLENEBİLİRLİK RİSK ANALİZİ" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 28/01/2025 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

	İmza	Sonuç
DANIŞMAN	Prof. Dr. Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Orman Fakültesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Prof. Dr. Ender MAKİNECİ İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Orman Fakültesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Doç. Dr. Oğuz KURDOĞLU Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Ekonomisi Anabilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez çalışmasını memleketim Arhavi'nin ve tüm Türkiye'nin derelerine ithaf ediyorum...

BÜTÇE DESTEKLERİ

ARHAVİ İLÇESİNİN (ARTVİN) SEL/TAŞKIN ETKİLENEBİLİRLİK RİSK ANALİZİ

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.

TEŞEKKÜR

Tez yazım sürecinde bana her konuda destek olan danışmanım Prof. Dr. Doğanay Tolunay’a, ArcMAP analizlerindeki yardımları için Mehmet Ergin’e, öneriler bölümündeki araştırma ve katkıları için Mustafa Alp Dağıstanlı’ya, Artvin’e ışık tutan bilim insanı Arhavili Doç. Dr. Oğuz Kurdoğlu’na, saha çalışmalarında yanımda olan kuzenim Akif Burak Uyanık’a, Arhavi’den Tuncer Torunlar, Avni Küçükay, Erdoğan Güler ve Aşağı Şahinler muhtarı Levent Yılmaz’a teşekkür ederim.

Ocak 2025

Nazlı Demet UYANIK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI.....	ii
BÜTÇE DESTEKLERİ	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	3
2.1. SEL VE TAŞKIN TÜRLERİ	4
2.2. SEL VE TAŞKINLARA NEDEN OLAN FAKTÖRLER	6
2.3. SELLER VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	11
2.4. DÜNYADA SEL VE TAŞKINLAR	15
2.5. TÜRKİYE’DE SEL VE TAŞKINLAR	16
2.6. DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ’NDE SEL VE TAŞKINLAR	20
2.7. ETKİLENEBİLİRLİK VE RİSK ANALİZİ	25
2.7.1. Etkilenebilirlik ve Risk Analizi ile İlgili Genel Kavramlar	25
2.7.2. Etkilenebilirlik ve Risk Analizi Modelleme ve Yöntemleri.....	27
2.7.3. Etkilenebilirlik ve Risk Göstergeleri.....	29
3. YÖNTEM	32
3.1. ÇALIŞMA ALANI	32
3.1.1. Çalışma Alanı ile İlgili Genel Bilgiler	32
3.1.2. İklim Özellikleri	37
3.1.3. Anakaya ve Toprak	38
3.1.4. Arhavi’nin Dereleri	39
3.1.5. Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı	40
3.1.6. Ekosistemler ve Biyoçeşitlilik.....	42
3.2. ETKİLENEBİLİRLİK VE RİSK ANALİZİNİN AŞAMALARI	44

3.2.1. Etki zincirinin oluşturulması	44
3.2.2. Göstergelerin belirlenmesi	45
3.2.3. Verilerin toplanması	45
3.2.4. Normalizasyon	51
3.2.5. Ağırlıklandırma	51
3.2.6. Risk Hesabı	52
4. BULGULAR	54
4.1. ETKİ ZİNCİRİ GÖSTERGE GRUPLARI	55
4.1.1. Tehlike	55
4.1.2. Maruziyet	55
4.1.3. Duyarlılık	56
4.1.4. Uyum Kapasitesi	62
4.2. ANALİZ SONUÇLARI VE GÖSTERGE HARİTALARI	62
4.2.1. Tehlike	65
4.2.2. Maruziyet	65
4.2.3. Duyarlılık	67
4.2.4. Uyum Kapasitesi	67
4.2.5. Etkilenebilirlik	68
4.2.6. Risk	69
4.2.7. Haritalar	69
5. TARTIŞMA	73
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	80
6.1. SONUÇ	80
6.2. ÖNERİLER	81
6.2.1. Kültürel Ekoloji	81
6.2.2. Doğa Temelli Çözümler ve Dünyadan Örnekler	85
6.2.3. Çözüm Önerileri	92
KAYNAKLAR	97

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: 22 Temmuz 2021’de Arhavi’de meydana gelen sel ve taşkının hava fotoğrafı (Foto: Y. Okur, Anadolu Ajansı, 2021).....	3
Şekil 2.2: Orman alanları ile geçirimsiz kentsel alanların yüzeysel akış oranlarının karşılaştırması (FISRWG, 1998).	7
Şekil 2.3: Newaukum ve Mercer Irmaklarının saatlik deşarj grafiği (Konrad, 2003).	9
Şekil 2.4: Küresel ortalama sıcaklık artışı 1,5 °C, 2 °C ve 4 °C olduğunda dünyadaki yıllık toplam yağışlar (IPCC, 2021).....	12
Şekil 2.5: Türkiye’de RCP4.5 senaryosuna göre yağışların yakın, orta ve uzun dönemler ile mevsimlere göre karşılaştırılması (MGM, 2015).	13
Şekil 2.6: Türkiye’de RCP8.5 senaryosuna göre yağışların yakın, orta ve uzun dönemler ile mevsimlere göre karşılaştırılması (MGM, 2015).	13
Şekil 2.7: Farklı afet tiplerine göre afetlerin oluşma yüzdeleri (UNISDR, 2015).	16
Şekil 2.8: Türkiye’de 1940-2023 yılları arasındaki yıllık aşırı hava olayı sayısı (MGM, 2024).	17
Şekil 2.9: Türkiye’de 2010-2021 yılları arasındaki aşırı hava olaylarının dağılımı (MGM, 2022).....	17
Şekil 2.10: Türkiye’de 2010-2021 yılları arasındaki şiddetli yağış/sel afetlerinin illere göre dağılımı (MGM, 2022).	18
Şekil 2.11: Türkiye’de 1950-2018 yılları arasında meydana gelen sel/su baskınları (AFAD, 2018).....	18
Şekil 2.12: Karadeniz Bölgesi illere göre aşırı hava olayı haritası (2010-2021) (MGM, 2022).	19
Şekil 2.13: Karadeniz Bölgesi yıllara göre aşırı hava olayları (2010-2021) (MGM, 2022).	19
Şekil 2.14: Arhavi Kamilet Vadisi’nde Orta HES için açılan yolların yarattığı tahribat (Foto: H. S. Özkazanç, 2016).	23
Şekil 2.15: IPCC AR4 ve AR5 yaklaşımlarının karşılaştırması (Das ve diğ. 2020).....	27
Şekil 3.1: Doğu Karadeniz Havzası (SYGM, 2020).	32
Şekil 3.2: Çalışma alanı olan Arhavi havzasının genel görünümü.	33

Şekil 3.3: Arhavi yükselti (DEM) haritası.	34
Şekil 3.4: Arhavi bakı haritası.....	34
Şekil 3.5: Arhavi eğim haritası.....	34
Şekil 3.6: Arhavi'deki köy ve mahalleler.	35
Şekil 3.7: Arhavi'nin dereleri ve havzaları.	39
Şekil 3.8: Boğaziçi Mahallesi'nin Berzene tepesinden görünümü (Foto: N. D. Uyanık, 2023).	41
Şekil 3.9: Kapisre Havzası'nın Berzene tepesinden görünümü (Foto: N. D. Uyanık, 2023). .	42
Şekil 3.10: Alt bileşenleri ile etki zinciri şablonu.	44
Şekil 3.11: Arhavi Çifteköprü vadisindeki tarihî kemer köprüler ve sonradan inşa edilen giriş köprüler (Foto: Y. Okur, Anadolu Ajansı, 2021).	47
Şekil 3.12: Çifteköprüler vadisinde yer alan taş ocağının Gürgencik Köyü'nden görünümü (Foto: N. D. Uyanık, 2023).....	48
Şekil 3.13: 2018 yılı için Arhavi CORINE Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım haritası.	50
Şekil 3.14: Normalizasyon formülü.	51
Şekil 3.15: Ağırlıklandırma yöntemleri.	51
Şekil 4.1: Etki Zinciri.....	54
Şekil 4.2: Kapisre Havzası'nda (HA1) eğimi 5 derece ve altındaki araziler ile deniz seviyesi ve altında kalan araziler.	58
Şekil 4.3: Arhavi ilçesi akarsulara yakınlık haritası.	59
Şekil 4.4: Arhavi ilçesinde Eylül ayı için 1970-2000 yılları arasındaki ortalama yağışlar.....	59
Şekil 4.5: 2007 yılı için Arhavi nüfus yoğunluğu haritası.	60
Şekil 4.6: 29 Eylül 2019 tarihinde meydana gelen sel ve taşkında, KAVAK HES'in Orçi Deresi üzerindeki regülatörü zarar görmüştür (Foto: N. D. Uyanık, 2019).	66
Şekil 4.7: Arhavi için üretilen haritalar: a. Tehlike Haritası, b. Maruziyet Haritası, c. Duyarlılık Haritası, d. Uyum Kapasitesi Haritası, e. Etkilenebilirlik Haritası, f. Risk Haritası.	70
Şekil 4.8: Alt havzalarıyla Arhavi'nin sel/taşkın etkilenebilirlik haritası.....	71
Şekil 4.9: Alt havzalarıyla Arhavi'nin sel/taşkın risk haritası.	72

Şekil 5.1: Kapisre Deresi üzerinden geçen Kapisre Köprüsü ve Karadeniz Sahil Yolu (Foto: N. D. Uyanık, 2024).	73
Şekil 5.2: Karadeniz Sahil Yolu'nda yer alan bir menfez (Foto: N. D. Uyanık, 2024).	74
Şekil 5.3: Boğaziçi mahallesinin Kale mevkiinden görünümü (Foto: N. D. Uyanık, 2024). ..	75
Şekil 5.4: Kapisre Deresi üzerinde yer alan bir tesise arazi kazandırmak amacıyla dereyi daraltarak kurulan beton istinat duvarları (Foto: N. D. Uyanık, 2024).	76
Şekil 5.5: Kapisre Deresi üzerinde yapımı tamamlanan beton ıslah duvarları (Foto: A. B. Uyanık, 2025).	77
Şekil 5.6: Kapisre Deresi üzerinde inşası devam eden beton ıslah duvarları (Foto: A. B. Uyanık, 2025).	78
Şekil 5.7: Cumhuriyet Mahallesi'nde yer alan beton dere istinat duvarları (Foto: N. D. Uyanık, 2024).	78
Şekil 6.1: Restore edilmiş altı ayaklı bir serender (Foto: N. D. Uyanık, 2024).	82
Şekil 6.2: Hendek çizimi.	83
Şekil 6.3: Aşağışahinler Köyü'nde yer alan bir hendek (Foto: L. Yılmaz, 2024).	84
Şekil 6.4: Yolgeçen Köyü'nde yer alan bir kara duvar (Foto: N. D. Uyanık, 2024).	85
Şekil 6.5: Alicante Taşkın Parkı (İspanya).	92
Şekil 6.6: 2017'deki kuvvetli yağışlar bile Alicante Taşkın Parkı'nın tamamını dolduramamıştır.	92
Şekil 6.7: Jiahe Taşkın Parkı planlaması, çalışma alanının özgül koşulları göz önünde bulundurularak Yemişlik Mahallesi için de uygulanabilir.	94

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Sel türleri (Nied ve diğ., 2014).....	5
Tablo 2.2: Aşırı sıcak hava ve şiddetli yağış olaylarının sıklık ve şiddetinin sıcaklık artışına göre değişimi (Tolunay (2022) tarafından IPCC (2021)'den değiştirilerek).....	12
Tablo 2.3: Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB) verilerine göre 1990-2018 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen bazı aşırı hava olayları ile ölenlerin sayısı (ÇŞB, 2020).	17
Tablo 2.4: Doğu Karadeniz Havzası’nda 1929-2020 yıllarında taşkın sebepli can kayıpları (Yüksek ve diğ. 2022).	20
Tablo 2.5: Doğu Karadeniz Bölgesi’nde sel ve taşkınların başlıca sebepleri.....	24
Tablo 2.6: Arhavi civarında meydana gelen tarihi sel ve taşkınlar (SYGM, 2021).	25
Tablo 2.7: Literatürde sık kullanılan etkilenebilirlik ve risk göstergeleri.	29
Tablo 3.1: Arhavi köy ve mahalle nüfus bilgileri (TÜİK, 2023).....	36
Tablo 3.2: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Arhavi istasyonlarından alınan meteorolojik veriler.	37
Tablo 3.3: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Hopa istasyonundan alınan meteorolojik veriler.....	38
Tablo 3.4: Arhavi’deki alt havzalara göre akarsuların toplam uzunlukları.	40
Tablo 3.5: Etkilenebilirlik ve risk analizinin aşamaları.....	44
Tablo 3.6: Verilerin elde edildiği kaynaklar listesi.	45
Tablo 3.7: Uzman listesi.	52
Tablo 3.8: Risk sınıfları ve dereceleri.	53
Tablo 4.1: Her bir alt havzada meydana gelen geçmiş sel ve taşkınlar.....	55
Tablo 4.2: Maruziyet göstergeleri.....	55
Tablo 4.3: Duyarlılık göstergeleri.	56
Tablo 4.4: Uyum Kapasitesi göstergeleri.	62

Tablo 4.5: Tehlike verileri.....	65
Tablo 4.6: Maruziyet verileri.....	66
Tablo 4.7: Duyarlılık verileri.....	67
Tablo 4.8: Uyum Kapasitesi Verileri.....	68
Tablo 4.9: Etkilenebilirlik Verileri.	68
Tablo 4.10: Risk Verileri.....	69
Tablo 6.1: Kalentzis Havası için RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre Doğa temelli ve Gri (Sert) Çözümlerin fayda/maliyet karşılaştırması.....	90
Tablo 6.2: Örnek tedbirler.	93

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kisaltmalar	Açıklama
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CORINE	: Çevresel Bilginin Koordinasyonu
ÇED	: Çevre Etki Değerlendirme
DSİ	: Devlet Su İşleri
DKH	: Doğu Karadeniz Havzası
GSYH	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
HES	: Hidroelektrik Santral
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
İRAP	: İl Afet Risk Azaltma Planı
KIA	: Kentsel Isı Adası
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
ÖBA	: Önemli Bitki Alanı
ÖKA	: Önemli Kuş Alanı
RCP	: Temsili Konsantrasyon Rotaları
SEGE	: Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Endeksi
STK	: Sivil Toplum Kuruluşları
SYGM	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TABB	: Türkiye Afet Bilgi Bankası
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNDP	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
UNISDR	: Birleşmiş Milletler Afetlerin Azaltılması Uluslararası Stratejisi

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARHAVİ İLÇESİNİN (ARTVİN) SEL/TAŞKIN ETKİLENEBİLİRLİK RİSK ANALİZİ

Nazlı Demet UYANIK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği, Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY

Doğu Karadeniz bölgesi, özellikle sahil yolunun inşasından sonra kentleşmenin artışı, artan nüfusun ilçe merkezinde yoğunlaşması, dere yataklarının işgali, imar affı, ormansızlaşma ve iklim değişikliği gibi faktörlerin etkisiyle sellere karşı çok daha duyarlı hale gelmekte, gün geçtikçe sıklaşan yıkıcı afetlere sahne olmaktadır.

21 Temmuz 2021’de Artvin’in Arhavi ilçesinde yaşanan sel felaketinde şans eseri can kaybı olmasa da ciddi maddi zararlar oluşmuş, geçici hayvan bakımevindeki sokak hayvanlarının bir kısmı boğularak ölmüş, altyapı sistemleri ve tarım arazileri zarar görmüştür.

Selden ve taşkından sonra, Arhavi’nin sellere karşı etkilenebilirliğinin ve risklerin tespiti bir gereklilik halini almıştır. Bu çalışmanın amacı, Arhavi havzasındaki sel/taşkın riskinin alt havzalar arasında “etkilenebilirlik risk analizi” yöntemiyle tespit edip karşılaştırmak ve sel tehlikesine karşı alternatif ve doğa temelli çözüm önerilerinin sunmaktır.

Arhavi’nin sel/taşkın etkilenebilirlik risk analizi için öncelikle kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Arhavi’nin bütün köylerinde saha çalışması yapılmış, sele etki

edebilecek faktörler gözlem yoluyla tespit edilip fotoğraflanmıştır. Sel ve taşkınlarla ilgili genel tanım ve kavramlar açıklanarak kavramsal çerçeve oluşturulmuştur. Arhavi ilçe sınırları ArcMAP 10.3 yazılımı aracılığıyla yedi alt havzaya ayrıldıktan sonra CORINE sisteminden elde edilen veriler haritalandırılmış ve sayısallaştırılmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak etki zinciri oluşturulmuş ve göstergeler “Tehlike”, “Maruziyet”, “Duyarlılık” ve “Uyum” Kapasitesi başlıkları altında derlenmiştir. Sayısal veriler, normalizasyon ve ağırlıklandırma işlemlerine tabi tutulduktan sonra her bir alt havza için etkilenebilirlik ve risk tespit edilmiştir. Son adımda bulgular haritalandırılmış ve görselleştirilmiştir. Tartışma ve sonuç bölümlerinde halihazırda uygulanan sel kontrol yaklaşımlarına değinilmiştir. Bölge halkıyla yapılan görüşmelerle geçmişte sellere karşı nasıl önlemler alındığına dair bilgiler toplanmış, dünyadaki mücadele yöntemlerinden bazı örnekler derlenmiş, var olan sel önleme çalışmalarına alternatif olarak sellerle mücadele edebilmek için doğa temelli çözüm önerileri getirilmiştir.

Ocak 2025 , 127 sayfa.

Anahtar kelimeler: Doğu Karadeniz, Aşırı Hava Olayları, Etkilenebilirlik Risk Analizi, Uyum.

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

FLOOD/TORRENT VULNERABILITY RISK ANALYSIS OF ARHAVI DISTRICT (ARTVIN)

Nazlı Demet UYANIK

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Engineering

Master of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY

The Eastern Black Sea region is becoming more vulnerable to floods, especially due to factors such as the spread of urbanization after the construction of the coastal road, the concentration of the increasing population in the district centers, the occupation of stream beds, zoning amnesty, deforestation and climate change. The flood disasters are becoming more frequent and destructive, day by day.

On July 21st, 2021, Arhavi (Artvin) faced a flood incident that caused serious material damage. Although there has been no loss of human life, some of the stray animals in the animal care center died by drowning. The infrastructural systems and agricultural lands were damaged.

After the flood disaster determining Arhavi's vulnerability and risks to floods became a necessity. The aim of this study is to detect the flood vulnerability and risk in Arhavi, by comparing the subbasins using the "vulnerability and risk analysis" method and to present nature-based solution suggestions against flood threats that may occur in the future.

For vulnerability and risk analysis, a comprehensive literature review was first conducted. Field work was carried out in all villages of Arhavi, and factors that could affect

the flood were determined through observation. A conceptual framework was created by explaining general definitions and concepts related to floods. After Arhavi district borders were divided into seven subbasins through ArcMAP 10.3 software, the data obtained from CORINE system were mapped and digitized. The impact chain was created using the data obtained and the vulnerability risk indicators were compiled under the headings of “Hazard”, “Exposure”, “Vulnerability” and “Adaptation Capacity”. After the numerical data were subjected to normalization and weighting processes, vulnerability and risk were determined for each subbasin. In the final step, the findings were mapped and visualized for a better comparison. Existing and alternative flood control approaches are mentioned in the results and discussion sections. Through interviews with local people, information was collected about what precautions were taken against floods in the past, some examples of combat methods around the world were compiled, and nature-based solution suggestions were put forward to combat floods as an alternative to current flood prevention efforts.

January 2025, 127 pages.

Keywords: Eastern Black Sea, Extreme Weather Event, Vulnerability Risk Analysis, Adaptation.

1. GİRİŞ

Temmuz 2021’de büyük bir sel faciasının eşiğinden dönen Arhavi (Artvin) ilçesinin, tıpkı bütün Karadeniz Bölgesi gibi sel ve taşkınlara karşı son derece açık olduğu bir kez daha anlaşılmıştır. Sahil yolunun inşasından sonra, inşaat sektörünün hızla büyümesi, derelerin ve taşkın alanlarının yapılaşmaya açılması, imar affı/barışı, nüfus artışı ve altyapı sistemlerinin yetersiz kalması gibi sebepler yüzünden sel, taşkın ve heyelan etkilenebilirliği gün geçtikçe artmaktadır. Arhavi için sel ve taşkınlara ilgili etkilenebilirlik ve risk analizi bu nedenlerle bir gereklilik halini almıştır.

Bu tez çalışması, Arhavi’nin sel/taşkın etkilenebilirlik ve riskinin tespitini amaçlamaktadır. Etkilenebilirlik ve risk analizi, ekoloji ve doğa bilimleri alanlarında gün geçtikçe daha fazla başvurulan bir teknik olarak dikkat çekmekte, özellikle de günümüzün en çarpıcı ve zorlu sorunlarından biri olan iklim değişikliğinin etkilerini belirlemek ve azaltmak amacıyla hem ulusal hem uluslararası alanda yaygın olarak kullanılmakta, fizikî ve sosyal planlamalarda önemli bir yer tutmaktadır.

Çalışmada öncelikle sel ve taşkın türleri tanımlanmış, ardından sellere neden olan faktörler sıralanmıştır. Temel kavramların ve sellere sebep olan faktörlerin kapsamlı bir şekilde ortaya konmasından sonra sellerin iklim değişikliğiyle ilişkisi irdelenmiştir. Hem dünyada hem Türkiye’de meydana gelen sel ve taşkınlara dair genel bir çerçeve ortaya konmuş, çalışmanın odağı biraz daha daraltılarak Doğu Karadeniz Bölgesi’nde yoğunlaşmıştır.

Bir sonraki adımda, etkilenebilirlik ve risk analizine dair literatür kaynaklardan elde edilen temel kavramlar derlenmiştir. Etkilenebilirlik ve risk analizi için başvurulan farklı teknik ve modellemelerin anlatımından sonra farklı çalışmalarda kullanılan sel ve taşkın göstergeleri listelenmiştir.

Yöntem bölümünde öncelikle çalışma alanına dair detaylı bilgilere yer verilmiştir. Çalışma alanının genel özellikleri ortaya konmuş, iklim, anakaya ve toprak özelliklerine dair tespitler yapılmıştır. Devamında ise ilçedeki akarsular, akarsuların toplam uzunlukları, arazi örtüsü, ekosistemler ve biyoçeşitlilik gibi bilgiler aktarılmıştır.

Etkilenebilirlik ve risk analizinin aşamaları şunlardır: Etki zincirinin oluşturulması, göstergelerin belirlenmesi, verilerin toplanması, normalizasyon, ağırlıklandırma ve

etkilenebilirlik risk hesabı. Çalışmada bu aşamalar farklı başlıklar halinde ele alınmış ve her biri için kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

Bulgular bölümünde etkilenebilirlik ve risk analizinin ortaya koyduğu sonuçlar anlatılmaktadır. Etki zinciri, her bir başlık altında gruplandırılan göstergelerden oluşmaktadır. Bu çalışmada, etkilenebilirlik, duyarlılık ve uyum kapasitesinin bir fonksiyonu, risk ise etkilenebilirlik ve maruziyetin bir fonksiyonu olarak ele alınmıştır. Etki zincirinde bulunan göstergelerin sayısallaştırılmasından sonra, normalleştirme ve ağırlıklandırma yapılmış, her alt havza için etkilenebilirlik ve risk hesaplanmıştır. Daha sonra, bu sonuçlar karşılaştırılmış ve haritalandırma yoluyla görselleştirilmiştir. Analize etki eden faktörlerin yani göstergelerin sayısı elbette arttırılabilir. Ama bu tez çalışmasında tespiti mümkün, ölçülebilir ve sayısallaştırılabilir olanlarla sınırlandırılmıştır. Yalnızca çalışmada öne çıkan göstergelerin iyileştirilmesine odaklanılarak, ileriye dönük çözümler üretebilmek ve ilçede sel risk ve etkilerini azaltma stratejileri geliştirmek mümkün hale gelebilecektir.

Ülkemizde sellerin etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmaların tartışılmasına ve eleştirel bir bakış açısıyla ele alınmasına tartışma bölümünde yer verilmiştir. Etkilenebilirlik ve riske etki eden fakat veri elde edilemeyen ya da sayısallaştırılamayan diğer göstergeler de bu bölümde tartışılmıştır. Selleri önlemek adına devlet kurumları tarafından uygulanan mühendislik ve inşaat faaliyetlerinin etkileri de yine bu bölümde değerlendirilmiştir. Örneğin, dereleri kanala çeviren beton ıslah duvarlarının işe yarayıp yaramadığı henüz net değilken, bu uygulamanın dere ekosistemlerine ve su kaynaklarına çok ciddi zararlar verdiği kesindir.

Sonuç ve öneriler bölümünde elde edilen bulgular özet halinde sunulmuş, halihazırda uygulanan sel ve taşkın önleme çalışmalarına alternatif olarak çok daha uzun vadeli, ekolojik ve ekonomik çözüm önerilerine yerelden ve dünyadan örnekler eşliğinde yer verilmiştir. Arhavi’de, özellikle kırsal kesimde yerleşik halkın ekolojik bir bilgi birikimine sahip olduğu, bu bilginin asırlar boyunca yaşama doğrudan etki ettiği anlaşılmaktadır. Aynı durum, sel, taşkın ve heyelan gibi bölgeye has doğa kaynaklı afetler konusunda da etkisini göstermektedir. Şehirleşmenin artmasıyla her geçen gün yok olsaktaysa da bu bilgiden ve birikimden faydalanmanın önünde bir engel yoktur. Yerel ekolojik bilgi ve dünyadaki yenilikçi uygulamalar, sel ve taşkınlardan çok daha düşük maliyetlerle ve daha düşük ekolojik tahribatlarla kaçınılabilmenin mümkün olduğunu göstermektedir. Bu yöntemlerin uygulanıp uygulanmamasının idarî bir karar olduğu ise elbette aşîkârdır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Seller kimi zaman ekstrem koşullar dahilinde oluşsalar da kaçınılmaz, sıradan, doğal olaylardır ve engellenemezler. Ama doğru ve akılcı yaklaşımlarla, sellerin etkilerini azaltmak mümkündür.

Bir felakete dönüştüğü zaman seller, bütün dünyada en çok can kaybına ve en büyük zararlara yol açan afetlerdir. Sellerin felakete dönüşmesinde en büyük etken, insanın sellere yatkın alanları işgalidir (Yüksek ve diğ., 2013).

22 Temmuz 2021’de çalışma alanı olan Arhavi (Artvin) ilçesinde ciddi bir sel ve taşkın meydana gelmiştir (Şekil 2.1). Şans eseri insan hayatına mal olmasa da barınakta yaşam mücadelesi veren 30’a yakın sokak hayvanı boğularak can vermiştir. Ayrıca bu afet büyük maddi zararlarla sonuçlanmıştır.

Şekil 2.1: 22 Temmuz 2021’de Arhavi’de meydana gelen sel ve taşkın hava fotoğrafı (Foto: Y. Okur, Anadolu Ajansı, 2021).

Ülkemizde yanlış uygulamalar nedeniyle daha da yıkıcı hale gelen sel ve taşkınlar, bugüne dek çok fazla insanın canına mal olmuştur, hâlâ da olmaktadır. 24 Ağustos 2015’te meydana gelen Hopa selinde 8 kişi hayatını kaybetmiştir (TMMOB, 2015). 2021’de Türkiye meteorolojik afetler tarihinin en büyükleri arasına giren, 11 Ağustos 2021’de meydana gelen

Kastamonu/Bozkurt selinde 65 kişi hayatını kaybetmiş, 7 kişi kaybolmuş ve yüzlercesi afetin yıkıcı etkilerine maruz kalmıştır (Kastamonu Valiliği, 2024). 2023'te şubat depreminin etkileriyle mücadele eden şanlıurfa, 15 Mart 2023'te bir başka sel faciasına sahne olmuştur. Ne yazık ki, sel ve taşkınlar Tşrkiye'de gşndelik bir geręeklik halini almakta, ölümler sıradanlaşmaktadır.

2.1. SEL VE TAşKIN TşRLERİ

Sel ve taşkın terimleri genellikle eř manada kullanılır ama aralarında önemli bazı farklar vardır. Sellerde suyla beraber çok miktarda materyal taşınır, daha çok yukarı havza ve eğimli arazilerde meydana gelir ve sular çekildikten sonra kalan materyaller daha büyük ve sterildir. Taşkınlarda ise daha ince ve verimli bir sediment tabakası kalır. Aşağıda sel ve taşkın terimlerinin anlamları verilmiştir (Görcelioğlu, 2003).

Sel: Çoğunlukla şiddetli yağışların ardından yan derelerden ani olarak gelen ve fazla miktarda katı materyal (asılı yk ve yatak yükü halinde taşıntı) içeren büyük su kütlesi.

Taşkın: Yan derelerden gelen sellerin kısa sürede ana akarsuya ulaşmasıyla vadi boyunca yatakta akan suyun yükselmesi ve normal yatağına sığamayıp taşkın yatağına ve çevresindeki taşkın düzlüğüne yayılması.

Merz ve Blchl (2003) oluşma sebepleri bakımından sel ve taşkınları 5 gruba ayırmıştır.

1-Uzun Süreli Yağış Kaynaklı Sel ve Taşkınlr

Günler ve bazen haftalar süren yağışların, havzayı suya doğgun hale getirerek yüksek akış şartlarının oluşmasıyla meydana gelen sel ve taşkınlardır. Bu tarz yağışlar çok geniş bölgeleri etki altında bırakabilmektedir.

2-Kısa Süreli Yağış Kaynaklı Sel ve Taşkınlr

Kısa süreli ve şiddetli yağışların havzanın belli bir bölümünü suya doğgun hale getirmesiyle meydana gelen sel ve taşkınlardır. Lokal veya bölgesel olabilir.

3-Ani Sel ve Taşkınlr

Kısa süreli, şiddetli ve konvektif kökenli (taşınımlı) yağışların sebep olduğu sel ve taşkınlardır. Toprak kuru olsa da meydana gelebilmektedir. Genellikle küçük havzalarda meydana geldiği için, havzanın tepkisi çok hızlıdır. Genelde yaz ve yaz sonlarında olup lokal yağışlardan kaynaklanmaktadır.

4-Kar Sonrası Yağmur Kaynaklı Sel ve Taşkınlr

Var olan kar örtüsünün üzerine düşen yağmur ile ortaya çıkan sel ve taşkınlardır. Orta seviyeli yağışlar bile çok ciddi akışlara sebep olabilir.

5-Kar Erimesi Kaynaklı Sel ve Taşkınlar

Çok şiddetli olmamakla beraber ciddi kar kütlelerinin biriktiği havzalarda görülmektedir. Ani sıcaklık artışları kar erimesiyle sonuçlanabilmekte, bu tarz sel ve taşkınlara sebep olabilmektedir. Genellikle kış veya bahar aylarında meydana gelmektedirler.

Nied ve diğ. (2014) bu gruptandırma yola çıkarak sel türlerinin özelliklerini daha da detaylandırmış, Merz ve Blöschl (2003) tarafından ortaya koyulan sel türlerini genel özellikleri, birbirleriyle farklılıkları ve ortaklıklarından yola çıkılarak aşağıdaki şekilde tabloştürmüştür (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Sel türleri (Nied ve diğ., 2014).

Gösterge	Sel ve Taşkın Türü				
	Uzun süreli yağış kaynaklı sel ve taşkınlar	Kısa süreli yağış kaynaklı sel ve taşkınlar	Ani sel ve taşkınlar	Kar sonrası yağmur kaynaklı sel ve taşkınlar	Kar erimesi kaynaklı sel ve taşkınlar
Alansal sınır	Bölgesel veya havza bazlı	Lokal ve bölgesel	Lokal	Karla kaplı alanlar ve diğerleri	Karla kaplı alanlar ve aşağı kesimleri
Mevsimsellik	Mevsimsel değil	Mevsimsel değil	Yaz	Kış / Bahar	Kış / Bahar
Kar örtüsü	Olabilir	Olabilir	Yok	Var	Var
Hava sıcaklığı	0°C 'nin üzerinde, karla kaplı alanlarda 0°C 'nin altında	0°C 'nin üzerinde, karla kaplı alanlarda 0°C 'nin altında	0°C 'nin	Karla kaplı alanlarda 0°C 'nin üzerinde	Karla kaplı alanlarda 0°C 'nin üzerinde
Yağış	Havza genelinde düşük seyreden veya havzanın belli noktalarını kademeli şekilde etkileyen uzun süreli şiddetli yağışlar (> 1 gün)	Sınırlı alanda şiddetli veya kısa süreli yağışlar (~1 gün)	Lokal	Karla kaplı alanlarda, ek olarak kar olmayan alanlarda	Yok
Birikme Süresi	Uzun (> 4 gün)	Orta	Kısa (~1 gün)	Orta	Uzun (> 4 gün)

Sel ve taşkınları suyun kaynağına göre yağış kaynaklı seller, akarsu selleri ve kıyı selleri olarak ayırmak da mümkündür (Bateni ve diğ., 2022). Yağış kaynaklı sellere şiddetli yağışlar yol açarken, akarsu selleri büyük akarsuların kapasitesinin dolup taşmasıyla oluşur. Kıyı selleri, kuru ve alçak kıyı bölgelerinin deniz suyuyla dolmasını ifade eder.

Seller, oluştugu ve etkili olduğu konuma göre akarsu selleri, baraj selleri, kıyı selleri, dağlık alan selleri ve kent selleri şeklinde de sınıflandırılmaktadır (Özcan, 2006).

Kent selleri, infiltrasyon oranının düşük olduğu geçirimsiz yüzeylerle kaplı ve yoğun nüfuslu bir bölgenin, aşırı yağışların etkisiyle taşıma kapasitesinin aşılması sonucu sular altında kalmasını ifade eder (Sinha, 2023).

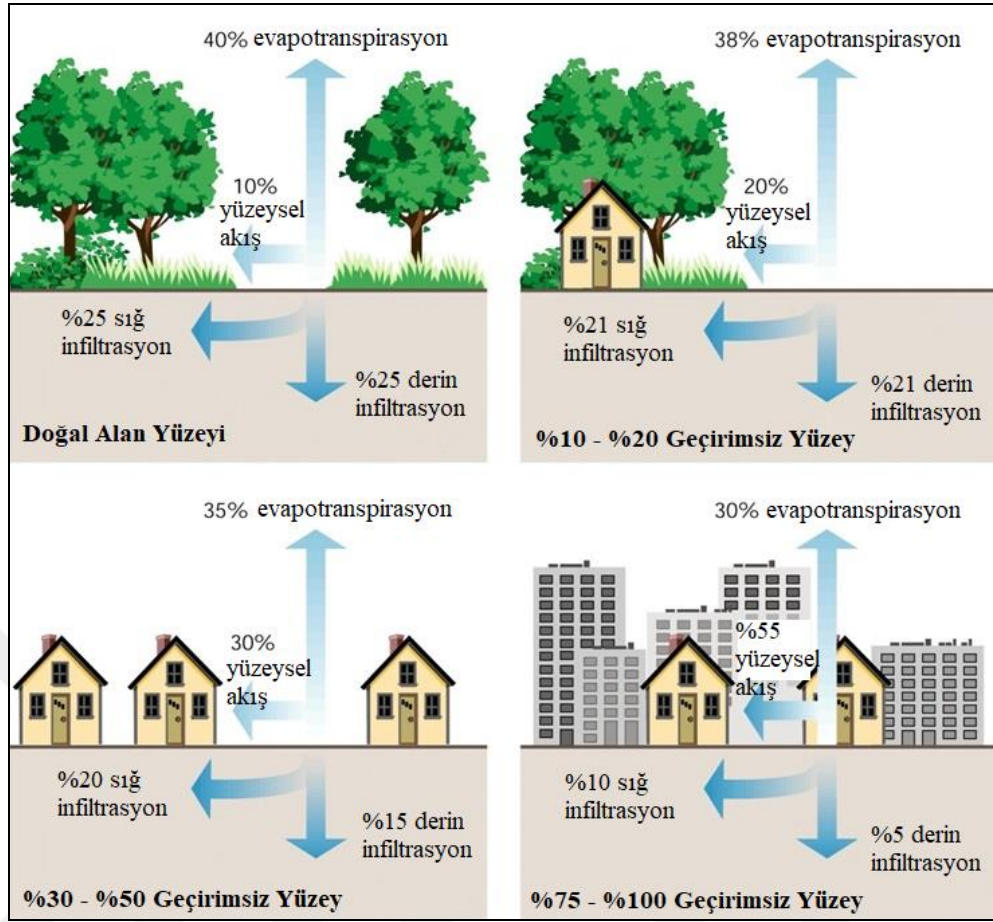
Havzanın yukarısında meydana gelen seller, yerleşim alanlarının ve tarım arazilerin çoğunlukta olduğu aşağı kesimlerde gerçekleşen seller kadar zarar yaratmaz. Kentler, kırsal bölgelere göre daha fazla ve daha önemli maruziyet elementleri barındırdığı için, kentsel bölgelerin sel zararları bakımından değerlendirilmesi daha önemlidir (Bateni ve diğ., 2022).

2.2. SEL VE TAŞKINLARA NEDEN OLAN FAKTÖRLER

Sellere sebep olan faktörler çok çeşitli olup her bölge, havza, hatta akarsuya göre farklılık gösterebilmektedir. Bir havzada sellere yol açan faktörlerin kesin olarak tespit edilebilmesi için çok detaylı inceleme ve analizlerin yapılması, o bölgeye has özelliklerin dikkatle göz önünde bulundurulması önemlidir. Öte yandan, her sel için bazı ortak faktörleri sıralamak da mümkündür.

Arazi örtüsü ve arazi kullanımı, insanların kontrol edebildiği bir faktör olması, öte yandan sonuçlara çok büyük ölçüde etki edebilmesi bakımından diğer faktörlerden ayrılır. Sel felaketinin en önemli sebebi olarak yanlış arazi kullanımı göze çarpar. Huang ve diğ., (2019) sel felaketleriyle ilgili ana problemin kötü tasarlanan ve kötü yönetilen şehirlerin uygunsuz arazi kullanıma bağlı olarak sel riskinin artması olduğunu dile getirmektedir. Bitki örtüsü yönünden zengin olan yerlerde, özellikle çayır ve ormanlarla kaplı alanlarda toprak daha gözeneklidir.

Sellerin etkilerinin azaltılmasında ormanların hayati önemi vardır. Ağaç dalları ve yaprakları, yağışın toprağa ani inişini engeller. Bitki gövdeleri ise, yüzeysel akışın hızını azaltır (Özcan, 2006). Bu bağlamda, ormanların sellere karşı bir tampon görevi gördüğü söylenebilir. Ormanların, yağışın olumsuz etkisini önemli miktarda azaltarak suyun yüzeysel akışa geçmesini büyük oranda önlediği bilimsel olarak kanıtlanmıştır ve orman ekosistemlerinin korunduğu yerlerde sel felaketi olasılığı çok daha düşüktür (Anonim, 2015). Ormanların altında oluşan ölü örtünün yağmur damlalarının toprağa doğrudan çarpma etkisini önleme ve suyu bünyesinde tutma kapasitesi çok yüksek olup ormanlarla kaplı su havzalarının beslediği dereler daha düzenli akımlara sahip, dere yatakları da olası sel ve taşkınlara karşı daha korunaklıdır. Orman alanında suyun %10'u yüzeysel akışa geçerken, %75-100 oranında geçirimsiz alanlarda yüzeysel akış %55'i bulabilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Orman alanları ile geçirimsiz kentsel alanların yüzeysel akış oranlarının karşılaştırması (FISRWG, 1998).

Ormansızlaşma, toprağın yapısını değiştirerek verimliliğini azaltır ve su tutma kapasitesini düşürür. Bu da yüzeyel akışı arttırarak sellerin sıklaşmasına sebep olmaktadır. Polat ve Polat (2007), ormanların koruma etkisine örnek olarak Antalya ve Zonguldak karşılaştırmasını vermiştir. 1971’de Antalya’da kaydedilen 469,9 mm’lik yağış ile 1955’te Zonguldak’ta kaydedilen 438,8 mm’lik yağış karşılaştırıldığında, havzanın tümü ormanlarla kaplı olan Antalya’da en küçük bir zarar oluşmamıştır. Öte yandan, ormanlarını kaybetmiş ve arazi kullanımında her türlü çarpıklığın yaşandığı Zonguldak’ta şiddetli yağış büyük bir felaketle sonuçlanmıştır.

Ne var ki, uzun zamana yayılan yağışlarda orman varlığı da etkisiz kalabilir (Yin ve diğ., 2001). Çünkü bir noktadan sonra orman örtüsü ve toprak suya tamamen doymun hale gelerek suyu tutma becerisini kaybeder.

Seller üzerinde topografyanın, toprak özelliklerinin ve jeolojik yapının etkisi büyüktür. Özcan (2006), Karadeniz havzalarında yaygın olan geçirimsiz ve kaygan olan killi toprağın

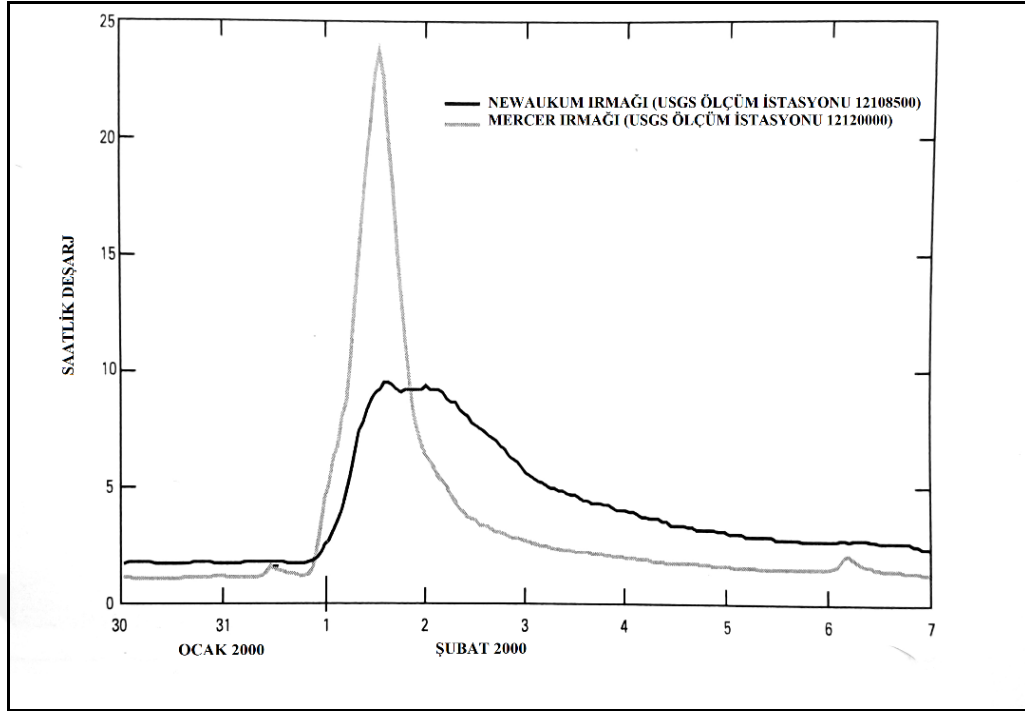
yağışla doygun hale gelmesinin de sellerin meydana gelmesinde etkili olduğunu öne sürmektedir.

Yerleşim alanı seçimi sel ve taşkınlar konusunda büyük önem arz eder. Dere ve taşkın yataklarında yapılaşmanın çeşitli sebeplerle yaygınlaşması, sel esnasında can kayıplarının ve zararların artmasına yol açmaktadır. Özellikle Doğu Karadeniz gibi düzlük arazilerin kısıtlı olduğu bölgelerde bu hataya çok sık düşülmektedir. Bölgedeki neredeyse bütün şehir merkezleri derelere çok yakın noktalara, hatta bazen derelerin üzerine inşa edilmiştir. Dere yatakları ve taşkın alanları hâlâ yapılaşmanın etkisi altındadır ve inşaat uygulamaları sürekli olarak artmaktadır. Giderek daha kestirilmez hale gelen değişken iklim koşullarıyla bölgede çok daha büyük sel felaketleri kaçınılmaz hale gelmektedir.

Şehirleşmenin yayılmasıyla dere yatakları insanlar tarafından işgal edilmektedir. Yağışların olmadığı zamanlarda kuru dere yatakları tarımsal hatta inşaat faaliyetleri için bile kullanılmaktadır. Şiddetli yağışlarda dereler, yerleşim ya da tarım faaliyetleri için işgal edilen bu bölgelere doğru akmakta, sonuç itibarıyla insanlar için maddi manevi büyük zararlar doğmaktadır.

Bahadır (2014), Samsun'da 2012'nin yaz ve bahar aylarında peş peşe meydana gelen sel felaketleri üzerine hazırladığı çalışmada, akarsuların kurumasıyla ortaya çıkan alanların hem ucuz olması hem de şehrin gelişme alanında kalmasında dolayı halk tarafından tercih edildiğini belirtir. Bu durum eski akarsu vadilerinin kısa bir zaman diliminde tamamen işgal edilmesine sebep olmuştur.

Geçirimsiz yüzeyler selleri etkileyen bir başka faktördür. Su tutma kapasitesi düşük olan beton binalar, yollar, alt geçitler ve diğer geçirimsiz yüzeyler, yüzeysel akışı ve ani sel olasılığını arttırır. Plansız ve hızlı şehirleşme, pik akışının ve sellerin sıklığının artmasına neden olur (Konrad, 2003). Çalışmada, Washington şehir sınırları içindeki Mercer Irmağı'yla civardaki kırsal bir bölgede bulunan Newaukum Irmağı'nın hacim karşılaştırmasını örnek verilmiştir. 1 Şubat 2000'deki tek günlük fırtınada, Mercer Irmağı pik noktasına ve yüksek hacme, kırsal bölgede bulunan Newaukum Irmağı'ndan çok daha hızlı ulaşmıştır. Takip eden haftada ise, Newaukum Irmağı'nın hacmi daha büyüktür (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Newaukum ve Mercer Irmaklarının saatlik deşarj grafiğı (Konrad, 2003).

Betonarme yapıların ve geçirimsiz yüzeylerin suyun toprağı infiltrasyonunu engellemesiyle hidrolojik döngünün kentsel bölgelerde işlevini kaybetmesine yol açtığı bilinen bir gerçektir (Huang, 2019).

Çelik ve diğ. (2020), Hopa'daki Sundura deresinin belli kısımlarının yol inşaatlarıyla geçirimsiz, betonarme yüzeyle kaplandığını, bu durumun 2015'teki sel felaketinde 100 yılda bir tekerrüre sahip yağışlardan beklenenden çok daha fazla zarara yol açtığını ifade etmiştir.

Coates (2003), gelecekte suyun akışının, toprağın, iklimin ve insanların belirsizliğine rağmen, geçirimsiz ve kalıcı yapılardan geri dönüşün hiç de kolay olmadığını ifade eder. Asla bozulmayacak yapılar inşa etmek, doğanın değişkenliğini ve belirsizliğini reddetmektir. Seller gibi doğa olaylarında esnekliği ve doğayla uyumu kaybetmiş olmak, tehlike anlarında büyük bir dezavantaj olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Eğim ve bakı da seller için önemli faktörlerdir. Topografik eğimin bölge genelinde yüksek olduğu yerlerde suların toplandığı eğimi düşük alanlarda sel oluşma ihtimali daha fazladır. Aynı şekilde bakısı nemli rüzgâra açık alanların selleri arttırabildiğı düşünülmektedir.

Akarsulara yakınlık sel riskine etki eden bir diğ er unsurdur. Dere yataklarına ve taşkın alanlarına yaklaştıkça risk artar. Şehirler büyüdükçe, taşkın alanlarına yakın bölgelerdeki yoğun arazi kullanımının selin etkisine katkı yaptığı bilinmektedir (Chang ve diğ., 2009).

Derelere müdahaleler de sellerin sonuçları için belirleyicidir. Akarsuların onbinlerce yılda buldukları yataklarına müdahale etmek, akış yönünü değiştirmek, daraltmak, önüne setler çekmek, sel anlarında ciddi risklere yol açabilir ya da var olan riskleri katlayabilir. Derenin su taşıma kapasitesinin çeşitli müdahalelerle azaltılması (istinat duvarları, yollar, köprüler, dere yataklarına hafriyat dökülmesi, vb.), şiddetli yağışlarda yatağına sığmamasına ve taşmasına yol açabilmektedir. Taşkınların en büyük nedenlerinden biri de şehir çevresindeki derelerin ıslah adı altında kanal içine alınması ve akış kesitinin daraltılmasıdır (Bodur, 2018).

Yukarı havzalarda vadi ve orman yapısını yok ederek yapılan inşaat çalışmalarından çıkan hafriyat çoğu zaman ilgili yasal düzenlemelere ve ÇED (Çevresel Etki Değerlendirme) raporlarına uyulmaksızın dere yataklarına boca edilmektedir. Şiddetli yağışlarda dereye dökülen hafriyat, derenin su taşıma kapasitesini azaltarak taşkın oluşumunu hızlandırmaktadır.

Nüfus yoğunluğu seller söz konusu olduğunda göz önünde bulundurulması gereken bir diğer parametredir. Nüfusun sürekli olarak artması ve tek bir bölgede yoğunlaşması, yapılaşmanın ve inşaat faaliyetlerinin sürekli olarak artmasına, derelerin işgal edilmesine, sele yatkın bölgelerde yerleşim bölgeleri kurulmasına yol açar.

Günümüzde kent nüfus yoğunluğu kırsal nüfus yoğunluğunu geçmiştir. 2007-2017 verilerine göre kırsal alanlardan kentlere 1 milyon 507 bin kişi göçmüştür. Şehirlerdeki nüfus artışıyla beraber kentlerin afet potansiyeli de artmaktadır (Turan ve Bekler, 2022).

Doğu Karadeniz Havzası'ndaki sel riskini ilgilendiren en önemli faktörlerden biri, 2007'de hizmete açılan Karadeniz Sahil Yolu'dur. Yılmaz (2008), sahil yolunun açılmasıyla bölgede nüfus hareketliliğinin arttığını, kırdan kente göçlerin hızlandığını, bu durumun kentsel altyapının yetersiz kalmasına yol açtığını belirtmektedir. Nüfusun ilçe merkezinde yoğunlaşması, yeni yerleşim alanı arayışıyla dere yataklarının ve doğal taşkın alanlarının işgal edilmesine yol açmaktadır. Altyapının, menfezlerin, köprülerin ve sanat yapılarının yetersizliği, Karadeniz Sahil Yolu'nu bir baraj haline getirmekte, ilçe merkezinde sellere yol açmaktadır.

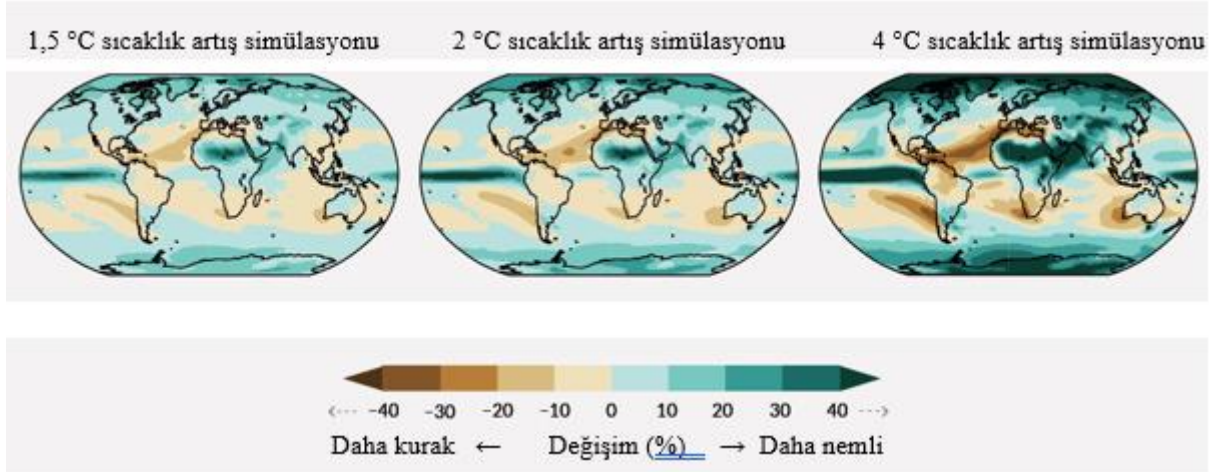
Plansız ve hızlı büyüme, altyapı sorunlarına da yol açmaktadır. Sellerin bölgede bu denli tahripkâr olmasında plansız şehirleşmenin ve altyapı eksikliğinin payı büyüktür. Büyüme hızıyla altyapı paralel şekilde ilerlememekte, şehirlerin altyapısı ekstrem meteorolojik koşullarda yetersiz kalmaktadır. Şehirlerdeki fırtına tahliyesi ve sel önleme yapılarının kapasitesi büyük seller için genelde yeterli değildir (Yüksek, 2013). Köprü ve

menfez gibi sanat yapılarının yetersiz kalarak tıkanması bir başka tetikleyici unsurdur (Yüksek ve diğ., 2022). Yağmur suyu ve atık suların ayrı hatlarla drene edilmemesi de su taşıma kapasitesini düşürmektedir.

İmar affı ya da barışı, tıpkı depremlerde olduğu gibi sel felaketleri söz konusu olduğunda da en ölümcül hatalardan biri olarak göze çarpar. Nüfus artışını karşılayabilmek için yeni yerleşim alanları kaçak şekilde kurulmaktadır (Yüksek, 2013). Dere yataklarında, taşkın bölgelerinde inşa edilen izinsiz yapılar ve tarım arazileri, daha sonra sel tehdidi gerekçesiyle dereleri daraltan ve su taşıma kapasitesini düşüren beton ıslah duvarlarıyla korunmaya çalışılmaktadır. Kapasitesi doğrudan düşürülen derelerin şiddetli yağışlarda taşması ve zarar vermesi kaçınılmaz hale gelmektedir. İmar affının, afetlerin önünü açan ve insan hayatını hiçe sayan bir uygulama olduğu aşikârdır.

2.3. SELLER VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İklim değişikliğinin yağışları düzensiz hale getirdiği, sel riskini ve şiddetini arttırdığı düşünülmektedir. Yükselen sıcaklıkların atmosferde daha fazla nem tutarak küresel su döngüsünü yoğunlaştırdığı ve böylece sel riskini arttırdığı çeşitli çalışmalarda öne sürülmüştür (Huntington, 2006; Kerr, 2006). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan 6. Değerlendirme Raporunda (AR6) yağışların küresel olarak 1901-2019 yılları arasında 10 yıllık dönemlerde 0,57-3,19 mm/yıl kadar arttığı ifade edilmektedir (IPCC, 2021). Dünyadan diğer çalışmalar Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da 1900'lerden bu yana aşırı yağışların trendinde kayda değer artışlar olduğunu ortaya koymuştur (Janssen ve diğ., 2014; Blöschl ve diğ., 2017). Gelecekte, artan sıcaklıkların daha fazla evapotranspirasyona (su, toprak ve bitkiler gibi doğal yüzeylerden buharlaşma) neden olmasının bazı bölgelerde yağışların artmasıyla sonuçlanması beklenmektedir (Şekil 2.4). Sürekli yükselen Karadeniz suyunun sıcaklığı 2024'te 29 °C olmuştur. Deniz suyu sıcaklığının artışı yüzey suyu anomalilerine sebep olmakta, buharlaşmayı arttırmakta ve bölgenin orografik yapısı sebebiyle şiddetli yağışları, ani selleri ve taşkınları tetiklemektedir.



Şekil 2.4: Küresel ortalama sıcaklık artışı 1,5 °C, 2 °C ve 4 °C olduğunda dünyadaki yıllık toplam yağışlar (IPCC, 2021).

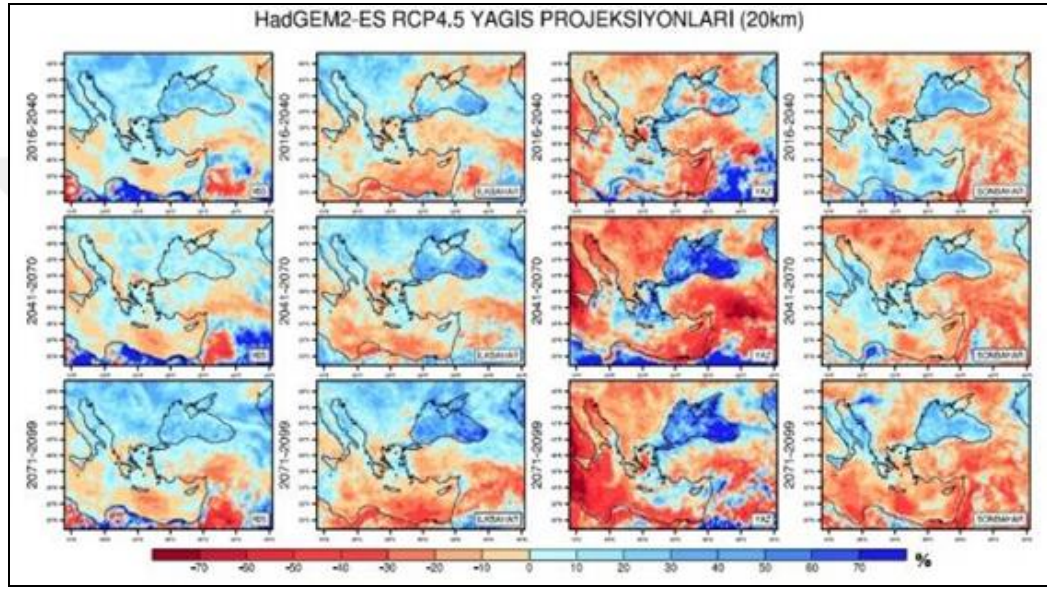
İklim değişikliği sadece sıcaklık artışları değildir. Sıcaklık artışları beraberinde çoğu afet boyutuna ulaşan ve iklim tehlikesi olarak adlandırılan sorunları da getirmektedir. İklim tehlikelerinin başlıcaları sıcak hava dalgaları, sel ve taşkınlar, şiddetli yağışlar, kuraklık, yağış değişkenliği, fırtına, hortumlar ve orman yangınlarıdır. İklim değişikliğinin en önemli etkileri aşırı hava olaylarının sıklığının, şiddetinin ve süresinin artmasına, etki alanlarının genişlemesine ve zamanlamasının değişmesine neden olmasıdır (Türkeş, 2020). Gelecekte sıcaklığın Sanayi Devrimine göre 4 °C kadar artmasının 10 yılda bir görülen şiddetli yağışların 10 yılda 2,7 defa görüleceği öngörülmektedir (Tablo 2.2) (IPCC, 2021).

Tablo 2.2: Aşırı sıcak hava ve şiddetli yağış olaylarının sıklık ve şiddetinin sıcaklık artışına göre değişimi (Tolunay (2022) tarafından IPCC (2021)'den değiştirilerek).

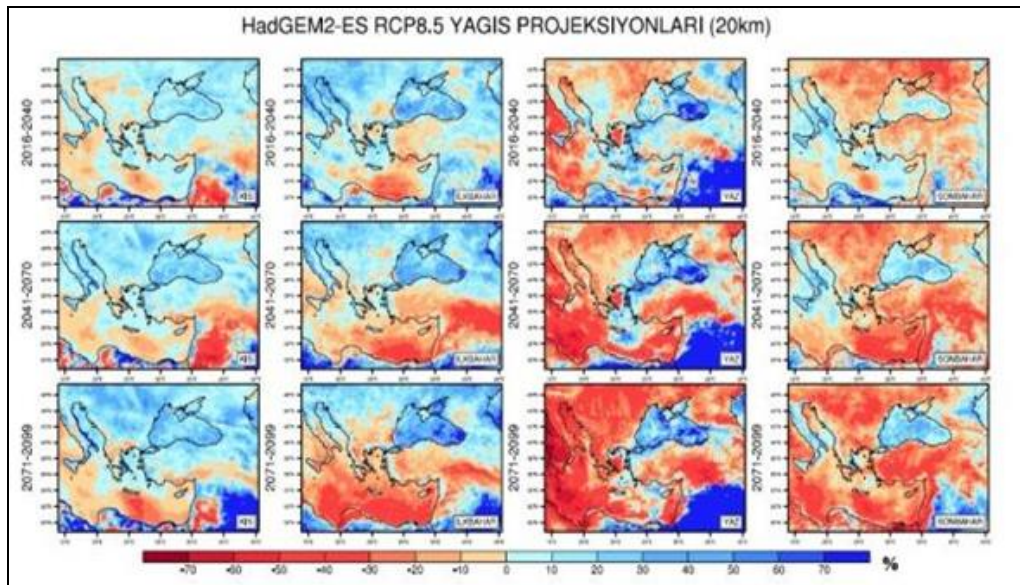
Aşırı hava olayı	Dönem	Sıklık ve şiddet	Günümüz +1 °C	Sıcaklık artışı		
				+1,5 °C	+2 °C	4 °C
Aşırı sıcak hava	10 yılda bir görülme	Sıklık	2,8 kez	4,1 kez	5,6 kez	9,4 kez
		Şiddet	+1,2 °C	+1,9 °C	+2,6 °C	+5,1 °C
	50 yılda bir görülme	Sıklık	4,8 kez	8,6 kez	13,9 kez	39,2 kez
		Şiddet	+1,2 °C	+2 °C	+2,7 °C	+5,3 °C
Şiddetli yağış	10 yılda bir görülme	Sıklık	1,3 kez	1,5 kez	1,7 kez	2,7 kez

Ülkemizde de IPCC'nin RCP Senaryolarına göre gelecekteki yağışlar modellenmiştir. Doğu Karadeniz özelinde Kötünün İyisi (RCP4.5) ve Kötü (RCP8.5) senaryolarına göre tüm dönemlerde kış ve ilkbahar yağışlarında artış olacağı öngörülmektedir. Yaz yağışlarının ise yine her iki senaryoya göre 2016-2040 döneminde artacağı sonrasında azalacağı modellenmiştir. Benzer şekilde tüm dönemlerde sonbahar yağışlarında da azalma beklenmektedir (MGM, 2015) (Şekil 2.5 ve 2.6).

Karadeniz Bölgesinde, Karadeniz’den buharlaşan nem ile doygun hava kütlelerinin dağları aşarken yükselmek zorunda kaldığı ve soğuyarak yağışa dönüştüğü orografik yağışlar hâkimdir. Gelecekte Karadeniz’in daha fazla ısınması ve böylece daha fazla buharlaşma olacağı beklendiği için şiddetli sağanak yağışların da artacağı öngörülmektedir. Dolaylı olarak da sel ve taşkın olaylarının artacağı söylenebilir. Ayrıca uzun süren kuraklıklardan sonraki şiddetli sağanak yağışlar da toprak gözeneklerindeki havanın yağış suları ile yer değiştirmesinin zorlaşması nedeniyle sele dönüşebilmektedir.



Şekil 2.5: Türkiye’de RCP4.5 senaryosuna göre yağışların yakın, orta ve uzun dönemler ile mevsimlere göre karşılaştırılması (MGM, 2015).



Şekil 2.6: Türkiye’de RCP8.5 senaryosuna göre yağışların yakın, orta ve uzun dönemler ile mevsimlere göre karşılaştırılması (MGM, 2015).

Süme (2022), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde özellikle mayıs ve haziran aylarında sel riskinin fazla olduğunu, küresel ısınma ve iklim değişikliği etkisiyle bu dönemde önceki yıllarda 15 günde düşebilecek yağışların bir günde hatta bazen birkaç saatte düştüğünü ifade etmiştir.

Karadeniz Bölgesi'ndeki sellerin neden olduğu can ve mal kayıpları nedeniyle o zamanki adıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 12 Temmuz 2019 tarihinde Rize, Trabzon, Ordu, Samsun, Giresun ve Artvin illerini kapsayan "Karadeniz Bölgesi İklim Değişikliği Eylem Planı" açıklanmıştır. Toplamda 15 eylem içeren planında şu önlemler sıralanmıştır (ÇŞB, 2019):

- Mekânsal strateji planı ve bütün ölçeklerdeki mekânsal planların iklim değişikliği parametreleri dikkate alınarak hazırlanması,
- Trabzon, Rize, Ordu, Giresun, Artvin ve Samsun illeri öncelikli olmak üzere dere yataklarında yer alan binaların tespit edilmesi ve uygun alanlar için kamulaştırma ve taşıma sürecinin planlanması,
- Yetersiz kesit genişliğine sahip köprülerin önceliklendirme yapılarak kaldırılması için tespit çalışmalarının yapılması,
- Karadeniz Sahil Yolu'nun yağış sularının denize ulaşmasına engel olan bölümlerinde menfezlerin kapasitesinin artırılması,
- Karadeniz Sahil Yolu'nda ve risk altında olan karayollarının altyapısının belli noktalarında ani oluşan taşkınların denize iletilmesini sağlayan su hatları ve tünellerin oluşturulması,
- Dere yataklarının doğal yapısının bozulmaması için bölgede faaliyet gösteren tesislerde denetimlerin sıklaştırılması,
- Erken uyarı sistemleri konusunda ilgili kurumlarla koordinasyon sağlanması,

Üzerinden yaklaşık beş sene geçmesine karşın, bu önerilerin nadir durumlar (Ör: Giresun, Dereli'deki kamulaştırmalar) dışında hayata geçirilmediği görülmektedir.

İklim değişikliğiyle ilgili en endişe verici durumun, ciddi bir belirsizlik yaratması olduğu söylenebilir. İklim ve iklime bağlı koşulların öngörülmemiş şekilde düzensizleşmesi, ülkelerin ve ulusların felaketlerle başa çıkabilme kapasitelerini düşürme riskini taşımaktadır.

Bilimsel çalışmalar, öngörülmeyen olayların gelişmiş ve gelişmekte olan ulusları benzer şekilde etkilediğini fakat gelişmekte olan ülkelerin afetlere karşı çok daha etkilenebilir olduğunu ortaya koymaktadır (Rahman, 2016). Dünya genelinde ve özellikle Asya ülkelerinde afet risk faktörlerinin pek çoğunun temelinde yoksulluk yatmaktadır. Afetlere hazırlık ve afet sonuçlarıyla başa çıkabilme bakımından, yoksul ülkeler için risk faktörü çok daha fazladır.

İklim değışikliğıyle ilgili dikkati çeken bir diğeri unsur, şehirlerin daha çok hidrometeorolojik kaynaklı afetlerden etkileniyor olmasıdır. Seller başı çekmekle beraber dünyanın dört bir yanında fırtınalar, şiddetli yağışlar, sıcak dalgaları ve kuraklık gibi afetler görülmektedir. Dünya genelinde, kentsel afetlerin hem sayısında hem de şiddetinde artış olduğu öne sürülmektedir (Rahman, 2016), fakat sel sıklığının ve zararlarının tüm dünyadaki artışına iklim değışikliğinin mi yoksa şehirleşme, insan müdahaleleri gibi başka faktörlerin mi yol açtığını kesin olarak tespit etmek zordur.

Son dönemde, meteorolojik afetlerin artışını Kentsel Isı Adası (KIA) fenomenine bağlayan çalışmaların sayısı artmaktadır. Kentsel ısı adası, kentsel alanlarda çeşitli faktörler sebebiyle çevresindeki kırsal alanlara kıyasla daha yüksek sıcaklıklar kaydedilmesini ifade eder (Deilami ve diğ., 2018). Kentsel ısı adası (KIA)'na neden olan faktörler, “kontrol edilebilir” ve “kontrol edilemeyen” olarak ayrılmaktadır (Rizwan ve diğ. 2007). KIA asıl olarak, indirekt Güneş ısısı ve antropojenik yani insan (enerji santralleri, arabalar, klimalar, vb.) kaynaklı ısı yoluyla oluşmaktadır. İndirekt Güneş ısısı kontrol edilemeyen bir faktörken, antropolojik faktörler kontrol edilebilmektedir.

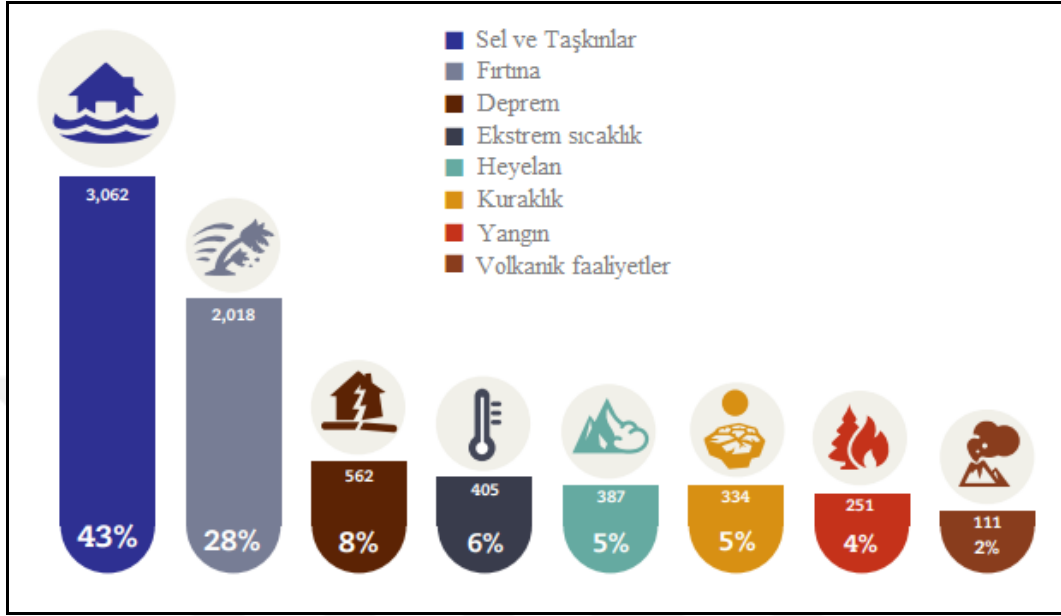
Kentsel ısı adasının iklim değışikliğine katkıda bulunduğu, şiddetli yağışlar ve fırtınalar gibi meteorolojik olayları tetiklediği, kentlerin enerji talebini arttırdığı ve sıcaklıklara bağlı ölümlere neden olduğu farklı çalışmalarla ortaya koyulmuştur.

20. yüzyılın ortasından başlayarak günümüze kadarki zaman diliminde, dünya genelinde ortalama yüzey sıcaklıklarında gözlenen artışın %95'ine kentsel nitelikli alanların neden olduğu ifade edilmektedir (IPCC, 2023). Kentleşme süreci, geçirimsiz yüzeylerin artışı, kirletici emisyonların fazlalığı ve yoğun fosil yakıt kullanımı gibi faktörlerle küresel iklim değışikliğinin itici gücü haline gelmiştir (Baş ve Partigöç, 2023). Baş ve Partigöç (2023) kentleşmenin değışen iklimsel ve meteorolojik koşulların hem başat sebebi hem de öncelikli etkileneni olduğunu öne sürmektedir. Bornstein ve Lin (1999), 26 Temmuz-3 Ağustos 1996 tarihleri arasında Atlanta'da meydana gelen üç fırtınanın kentsel ısı adası etkisiyle oluştuğunu göstermiştir.

2.4. DÜNYADA SEL VE TAŞKINLAR

Su kaynaklı felaketler, diğeri doğa kaynaklı felaketler arasında başı çekmektedir. Aslında sıradan bir doğa olayı olsa da seller, nüfusun hızlı artışı ve şehirleşmenin dünya genelinde yaygınlaşmasıyla can ve mal kaybına yol açan çok ciddi afetlere dönüşmeye başlamıştır.

Birleşmiş Milletler Afetlerin Azaltılması Uluslararası Stratejisi (UNISDR) verilerine göre, 1995-2015 arasında dünya genelinde yaşanan afetler arasında sel ve taşkınlar %43'le ilk sırada yer almaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Farklı afet tiplerine göre afetlerin oluşma yüzdeleri (UNISDR, 2015).

Yine 1995-2015 arasında sellerden etkilenen insan sayısı %56'lık bir oranla 2,3 milyar kişidir. Son 30 yılda sel ve taşkınlar 500 bin kişiden fazla insanın hayatına mal olmuş, 650 milyona yakın kişinin göç etmesine ve 500 milyar dolardan fazla ekonomik zarara yol açmıştır (Brakenridge, 2016). Afetlerin sürekli artışı sigortacılık sistemini de etkilemekte, doğal afet kaynaklı sigorta ödemelerini dünya genelinde çarpıcı ölçüde arttırmaktadır.

2.5. TÜRKİYE'DE SEL VE TAŞKINLAR

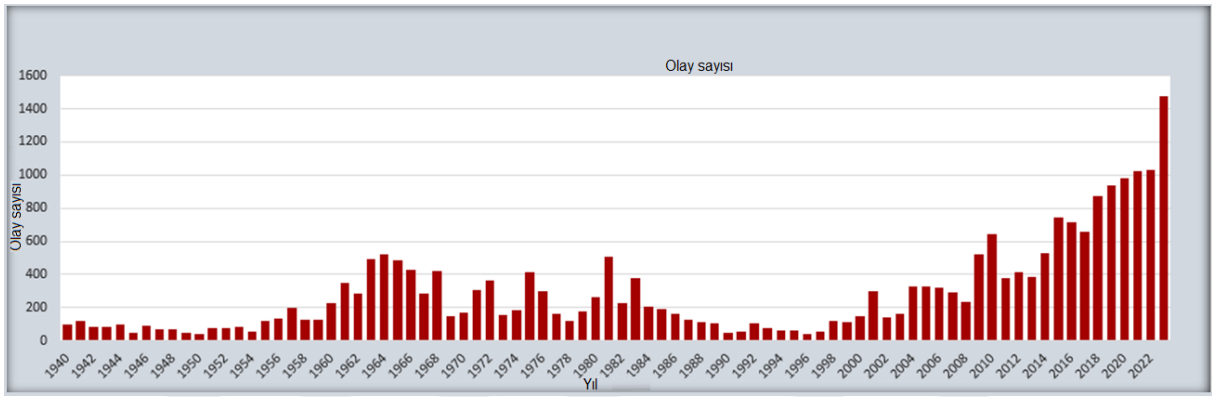
Yanlış şehirleşme, nüfus dağılımındaki dengesizlik, altyapı eksikliği, plansızlık gibi etkenler sebebiyle Türkiye'de doğa kaynaklı olaylar çoğu zaman ciddi afetlerle sonuçlanmaktadır. Afetlerden ders çıkarılmaması da bu can yakıcı olayların sürekli tekrar etmesine yol açmaktadır.

Ülkemizde aşırı hava olayları kaynaklı afet verileri AFAD ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından tutulmaktadır. Ayrıca Türkiye Afet Bilgi Bankasından da (TABB) afet bilgilerine ulaşmak mümkündür. Bunlardan TABB verilerine göre 1990-2018 yılları arasındaki toplam 13.348 afetten 1.839'u seldir (Tablo 2.3). Bu sellerde 221 kişi hayatını kaybetmiştir.

Tablo 2.3: Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB) verilerine göre 1990-2018 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen bazı aşırı hava olayları ile ölenlerin sayısı (ÇŞB, 2020).

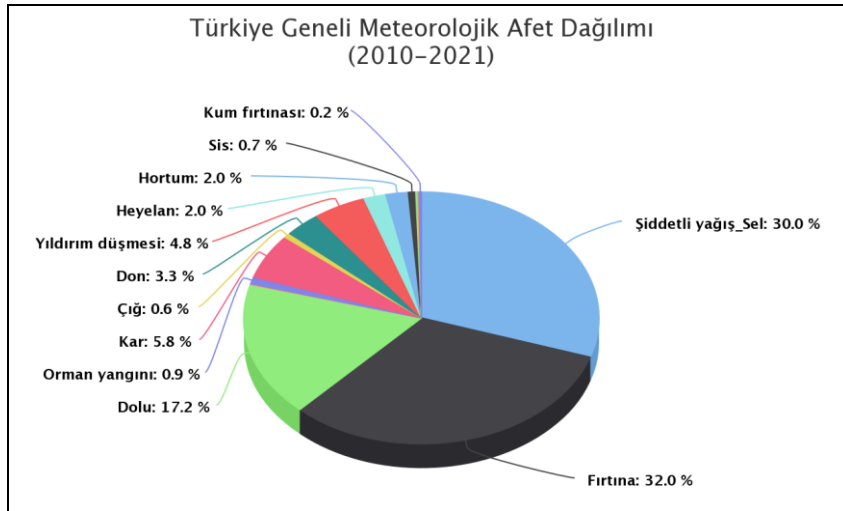
Aşırı hava olayı	Sel	Fırtına	Heyelan	Aşırı kış koşulları	Çığ	Toplam
Olay sayısı	1.839	1.733	7.616	843	1.317	13.348
Ölü sayısı	221	202	28	143	117	711

MGM, 1940’tan itibaren aşırı hava olayları kayıtlarını tutmaktadır. Buna göre, özellikle 2000’li yıllardan itibaren afet sayılarında artış olduğu dikkat çekmektedir. 2021 ve sonrasında yıllık afet sayısı binin üzerine çıkmış ve 2023 yılında 1.475 afet kaydedilmiştir (Şekil 2.8) (MGM, 2024).



Şekil 2.8: Türkiye’de 1940-2023 yılları arasındaki yıllık aşırı hava olayı sayısı (MGM, 2024).

Aşırı hava olaylarının afet tipine dağılımı yıllara göre farklılık gösterse de 2010-2021 ortalamasına göre aşırı hava olaylarında fırtına ve şiddetli yağış/sel ilk iki sırayı almaktadır (Şekil 2.9) (MGM, 2022).



Şekil 2.9: Türkiye’de 2010-2021 yılları arasındaki aşırı hava olaylarının dağılımı (MGM, 2022).

MGM verilerine göre 2010-2021 döneminde seller Ege ve Akdeniz bölgelerinde daha fazladır (Şekil 2.10).



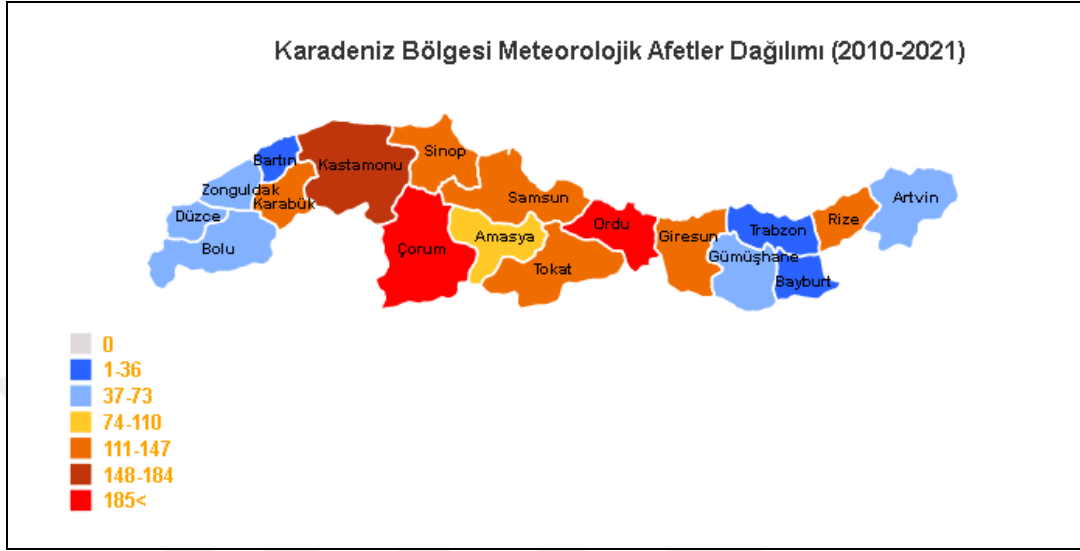
Şekil 2.10: Türkiye’de 2010-2021 yılları arasındaki şiddetli yağış/sel afetlerinin illere göre dağılımı (MGM, 2022).

AFAD verilerine göre, 1950-2018 yılları arasındaki sel ve taşkın olaylarında, Erzurum, Sivas, Van, Adana, Kayseri gibi büyük şehirlerin başı çektiği görülmektedir (Şekil 2.11). Doğu Karadeniz Havzası’nda ise, Giresun ve Trabzon illeri en üst sıralarda yer almaktadır.



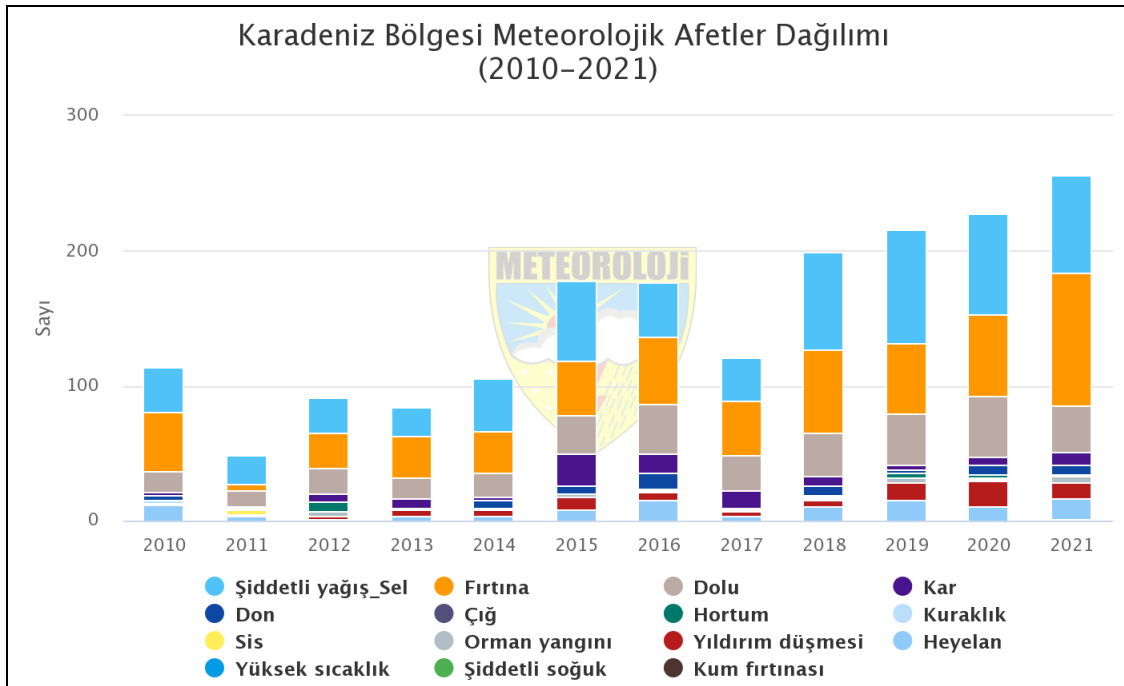
Şekil 2.11: Türkiye’de 1950-2018 yılları arasında meydana gelen sel/su baskınları (AFAD, 2018).

MGM aşırı hava olaylarını coğrafi bölgelere göre de değerlendirmektedir. Buna göre 2010-2021 yılları arasında Orta Karadeniz’de aşırı hava olaylarının daha fazla olduğu Şekil 2.12’den anlaşılmaktadır.



Şekil 2.12: Karadeniz Bölgesi illere göre aşırı hava olayı haritası (2010-2021) (MGM, 2022).

Karadeniz Bölgesi’nde ayrıca yıllara göre de afetler de bir artış olduğu, şiddetli yağış/sel ve fırtınaların en önemli afet türü olduğu MGM verilerinden anlaşılmaktadır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Karadeniz Bölgesi yıllara göre aşırı hava olayları (2010-2021) (MGM, 2022).

2.6. DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ'NDE SEL VE TAŞKINLAR

Doğu Karadeniz Havzası (DKH) Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alır. Toplam havza alanı 22.848 m² olup, büyüklük bakımından 25 havza içinde 15. sıradadır (Yüksek ve diğ. 2022). Türkiye'nin ve Karadeniz'in en çok yağış alan bölgesidir. Havzanın yıllık ortalama yağış miktarı 1500 mm, en yağışlı ili 2400 mm ile Rize'dir (Turgut, 2007).

Değişen iklim koşulları, yanlış arazi kullanımı, çarpık şehirleşme, nüfus yoğunluğu, hızlı büyüme gibi faktörler göz önünde bulundurulduğunda bölgenin sel felaketlerine son derece açık olduğu görülmektedir. Bu sebeplerle bugüne kadar bölgede çok fazla sel ve taşkın meydana gelmiş, çok sayıda insanın hayatına mal olmuştur (Tablo 2.4).

Doğu Karadeniz Havzasında yer alan ve çalışma alanı olan Arhavi'nin de dahil olduğu Artvin ilinin %96,23'lük kısmının VI, VII ve VIII kabiliyet sınıflarındaki tarıma elverişli olmayan çok dik arazilerden oluştuğu bilinmektedir (Anonim, 2015). Dik arazilerin çokluğu, selleri tetikleyen bir faktör olarak afet riskini arttırmaktadır.

Tablo 2.4: Doğu Karadeniz Havzası'nda 1929-2020 yıllarında taşkın sebepli can kayıpları (Yüksek ve diğ. 2022).

Yıl	İl	Can Kaybı	Yıl	İl	Can Kaybı
1929	Trabzon	146	1997	Giresun	5
1959	Trabzon, Rize	13	1998	Trabzon	50
1963	Trabzon	5	2001	Rize	10
1965	Giresun, Trabzon	2	2002	Rize	34
1973	Rize	8	2005	Rize	12
1974	Gümüşhane	3	2005	Trabzon	7
1977	Rize	6	2006	Artvin, Giresun, Rize	6
1981	Rize	27	2009	Rize, Ordu	3
1982	Rize	8	2009	Artvin	10
1983	Rize	27	2010	Rize	13
1985	Rize	10	2010	Giresun	3
1988	Rize, Artvin	3	2011	Trabzon	1
1988	Trabzon	68	2015	Artvin	13
1990	Trabzon	57	2016	Rize, Trabzon	3
1990	Rize	51	2017	Rize	1
1995	Rize, Artvin	9	2019	Rize, Trabzon	8
1996	Trabzon	9	2020	Rize	3

Bölgenin doğal yapısına, binlerce yılda dengesini bulan ekosistemlere çok fazla müdahale vardır. Her türlü koşul sürekli olarak değişmekte, bu da bölgenin özellikle de sel ve taşkın felaketlerine karşı uyum kapasitesini genel olarak azaltmaktadır. Değişen iklim

koşulları göz önünde bulundurulduğunda, ilerleyen dönemde sel ve taşkın tehlikesinin ve olumsuz sonuçlarının ciddi ölçüde artacağı kaçınılmaz görünmektedir.

Bölgede devam eden çarpık yapılaşma, dere kenarlarında palazlanan sanayileşme ve düzenlemeler, son zamanlarda bölgeye inşa edilen barajlar gibi büyük su tesisleri ve derelere inşa edilen hidroelektrik santralleri gibi küçük tesisler nedeniyle bölgenin toprak yapısı, bitki örtüsü, buharlaşma miktarları ve iklimsel kombinasyonlar sürekli etkileşim içindedir (Süme ve diğ., 2016).

Sel riskinin olduğu bilinmesine rağmen, artan nüfus sebebiyle çoğu zaman bölge halkının yasadışı veya izinsiz şekilde sellere açık alanlara yerleşimler kurmasına göz yumulmaktadır. Daha sonra sel veya taşkın riski öne sürülerek dereler betonlanmaktadır. Bu da sel olasılığını ve zararlarını daha da arttırmaktadır. Bir bakıma sel riski kaçınılmaz olmakta, çözümsüzlük bir kısır döngü halini almaktadır.

Bölgeye has en büyük sel faktörlerinden biri çay bahçelerinin kontrolsüzce artmasıdır. Yerel halkın ekonomik ihtiyaçlarının giderilmesi maksadıyla ormanların, dik yamaçların ve dere taşkın alanlarının çay bahçelerine dönüştürülmesine ve çay bahçelerine ulaşmak için gelişigüzel yollar açılmasına çoğu zaman ses çıkarılmamaktadır. Bu hususta temel sorun, hiçbir denetim mekanizmasının olmaması, olsa bile işletilememesidir. Bu kontrolsüzlüğün ve denetimsizliğin bedelini ne yazık ki bölge halkı her afette canıyla ödemektedir.

Bir diğer faktör, bölgede son yıllarda sayısı çok fazla artan hidroelektrik santraller (HES)' dir. HES'ler doğrudan sel ya da taşkınlara sebep olmaz. Hatta, Vietnam'da yapılan bir araştırmada, akarsular üzerinde yer alan büyük HES'lerin şiddetli yağışlarda su depolayabilmeleri sayesinde sel ve taşkın kontrolü sağladığı gösterilmiştir (Nguyen-Tiet ve diğ., 2018). Fakat ülkemizde hem bölgede hem de Türkiye genelinde kurulan HES'lerin büyük bir bölümü nehir tipi küçük santrallerdir (Karadeniz ve diğ., 2013). Nehir tipi küçük HES'ler, herhangi bir sel kontrolü sağlamamaktadır (Gökdemir ve diğ. 2012).

HES'ler, tehlikeli atıkların oluşmaması, sera gazı salınımının düşük seviyelerde olması gibi sebeplerle yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alır. Fakat hem inşa hem de işletme sürecinde çevreye verdikleri zararlar göz önüne alındığında temiz bir enerji yöntemi olarak değerlendirilmesi mümkün olamamaktadır (Turhan ve diğ., 2015). Bu zararlar arasında, sucul ekosistemin tahrip olması, habitat parçalanması, orman alanlarının azalması, yaban hayatın olumsuz etkilenmesi, akarsuların morfolojik yapılarını ciddi derecede tahribata maruz bırakmak, akarsuyun doğal akış düzenini değiştirmek, gürültü, toz ve sosyal etkiler gibi olumsuzluklar sıralanabilir. Son dönemde Türkiye'de, çevresel faktörleri fazla hesaba

katmayan, daha ziyade elektrik üretimi amacıyla su kaynaklarının verimliliğini esas alan politikalar ön plana çıkmaktadır (Özalp ve diğ., 2010). Su gibi çok önemli bir doğal kaynağın kamu yararına planlanması politikasından vazgeçilirken, kamu görev ve yetkilerinin vazgeçilmez olanları da özel sektöre devredilmiş, suyun geleceği özel sektörün tasarrufuna bırakılmıştır. 2005'ten günümüze kadar kurulan HES'lerin tamamı, bugün geçerli olan onlarca yasa ve yönetmelik kapsamı dışında, çevre ve insan faktörleri gözetilmeden yapılmıştır. Akarsu ve çevresinde hayatın devamı demek olan can suyu hesaplarının da dünyanın hiçbir yerinde kullanılmayan basit yöntemlerle hesaplandığı görülmektedir (Gökdemir ve diğ. 2012).

Sel ve taşkınlarla ilişkisine bakıldığında, HES'lerin özellikle inşaat aşamasındaki etkileri daha fazla ön plana çıkmaktadır. İnşaat aşamasında ortaya çıkan hafriyatın dik eğimli yamaçlardan dere yatağına dökülmesi ve dere yatağının morfolojisinin bozulması gibi etkiler sel ve taşkınlarla ilişkilendirilebilmektedir.

Ayrıca, proje alanlarında yüksek miktarda ağaç kesilmesine bağlı olarak orman kalitesinde düşüşler yaşanmakta, su miktarlarındaki değişimlere bağlı olarak yeraltı ve taban suyu seviyelerinde değişimler ortaya çıkmakta, bu da hem orman alanlarını hem de hidrojeolojik yapıyı büyük oranda etkilemektedir (Çobanoğlu ve Ürker, 2012). Akarsu ekosistemlerinin on binlerce yılda oluşturduğu akım rejimlerinin ve hidrolojik döngülerin bozulması, sel anlarında belirsizlik yaratan ve riskleri arttıran bir unsur olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

HES'ler, taş ocakları gibi üretim tesislerinin sel ve taşkınlar kapsamında yol açtığı en büyük problemlerden biri orman alanlarının azalmasıdır. Doğu Karadeniz gibi orman dokusu yoğun bölgelerde bu tarz tesislerin kurulması akarsu ve orman ekosistemlerinin yollarla, inşaat faaliyetleriyle tahrip edilmesine ve şehirleşmenin yoğun olduğu alanların sellere daha duyarlı hale gelmesine yol açmaktadır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: Arhavi Kamilet Vadisi'nde Orta HES için açılan yolların yarattığı tahribat (Foto: H. S. Özkazanç, 2016).

Selleri tetikleyen etkenlerin sürekli olarak artması ve çeşitlenmesi, durumu daha da karışık hale getirmektedir. Bir ya da az sayıda faktörle sınırlı olması sorunu daha çözülebilir kılabilirken, selleri tetikleyen parametrelerin sayısı devamlı olarak artmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde sellere, taşkınlara ve heyelanlara yol açan veya bu afetlerin riskini arttıran başlıca faktörler, literatür taramasıyla elde edilen çalışmalardan derlenerek aşağıda sunulmuştur (Tablo 2.5):

Tablo 2.5: Doğu Karadeniz Bölgesi'nde sel ve taşkınların başlıca sebepleri.

Fizikî	
Topografya ve Toprak	Yüksek eğim, bakı, geçirimsiz toprak
İklimsel	
Yağış	Şiddetli yağışlar, iklim değişikliği, yağış rejiminin düzensizleşmesi, Karadeniz su sıcaklığının artışı
Beşerî	
Ormansızlaşma ve orman tahribatı	Aşırı odun hasadı Ormanların çay bahçelerine dönüştürülmesi HES'ler, Taş ocakları, Yollar, Madenler ve diğer inşaat faaliyetleri Elektrik nakil hatları Şehirleşme ve plansız yapılaşma
Yanlış yerleşim yeri seçimi	Düz yerleşim alanlarının kısıtlı olması Önceleri yamaçlara kurulan yerleşim alanlarının derelere çok yakın alanlara doğru kayması
Derelerin işgali	İmar affı/İmar barışı: Sel riski olan bölgelerde yapılaşmaya izin verilmesi ve denetlenmemesi Taşkın alanlarının tarım arazisi olarak kullanılması
Derelere müdahaleler: Derelerin önüne set çekilmesi, daraltılması, dere yatağının ve akış yönünün değiştirilmesi vs.	Karadeniz Sahil Yolu, yollar, kiriş köprüler, inşaat faaliyetleriyle ortaya çıkan hafriyatın derelere bırakılması, derelerin akış yönünün değiştirilmesi ve yatağına müdahale edilmesi
Nüfus	Göç ile köylerin boşalması ve şehir merkezinde yoğunlaşması
Altyapı eksikliği	Menfezlerin yetersizliği Taşıma kapasitesinin yetersizliği
Doğa ile uyumsuz mühendislik yapılarının artışı	Beton istinat duvarları, derelerin kanal haline getirilmesi, kiriş köprüler

Yukarıda sayılan faktörlerin dışında, bölgede sellere etki eden pek çok madde daha sıralanabilir. Çalışma alanının kendine has fiziksel, sosyal, demografik özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Özellikle yaz ve sonbahar aylarında ilçedeki sel tehlikesi çok daha yüksektir. Hem köylerdeki hem de ilçe merkezindeki yanlış uygulamalar sel ve taşkınların daha sık görülmesine yol açmaktadır. Resmî kayıtlardan elde edilen bilgilere göre, özellikle 2010'ların ortasından itibaren sel ve taşkınların normalin üstünde seyrettiği görülmektedir (Tablo 2.6).

Ayrıca, kayıtlara geçecek kadar etkili ve büyük olmayan lokal taşkınların, eskiye nazaran çok daha fazla vuku bulduğu yerel halk tarafından öne sürülmektedir.

Tablo 2.6: Arhavi civarında meydana gelen tarihi sel ve taşkınlar (SYGM, 2021).

Tarih	Sel / Taşkın	Can Kaybı	Zararlar	Kaynak
1956	Artvin/Arhavi	Yok	-	Saha Çalışması
1.06.1974	Rize/Fındıklı	Yok	-	DSİ
24.08.2015	Artvin/Hopa	13	-	AFAD
28.09.2019	Artvin/Arhavi	Yok	KAVAK HES, Orçi Regülatörü zarar gördü. Regülatör kapakları zamanında açılmadığı için civardaki tarım arazileri ve yollar tahrip oldu.	DSİ
22.07.2021	Artvin/Arhavi	30 civarı sokak hayvanı	Arhavi NERO Hayvan Bakımevi'nde 30'a yakın hayvan boğularak can verdi. Boğaziçi mahallesinde çok büyük maddi zararlar oluştu, işletmeler kullanılamaz hale geldi.	DSİ

2.7. ETKİLENEBİLİRLİK VE RİSK ANALİZİ

Sosyal bilimlerle ilgili bir fenomen olarak ortaya çıkan etkilenebilirlik kavramına, günümüzde afet çalışmalarında daha fazla başvurulmaktadır (Chan ve diğ., 2022). Sayısallaştırılması ve fiziksel ölçümlere tabi tutulması her zaman kolay olmadığı için elde edilen sonuçlar kesin bir yargı oluşturamayabilir. Öte yandan, teknolojik araçlar ve bilgisayar programları aracılığıyla etkilenebilirlik analizlerinde daha tutarlı sonuçlar elde edilmektedir.

2.7.1. Etkilenebilirlik ve Risk Analizi ile İlgili Genel Kavramlar

Etkilenebilirliğin tam olarak anlaşılabilmesi için, bazı temel kavramlar açıklığa kavuşturulmalıdır. Aşağıda, çalışmanın konusu olan başlıca kavramların Avrupa Çevre Ajansı (EEA) sözlüğündeki karşılıkları yer almaktadır.¹

Maruziyet: Bir organizmanın ya da cansız bir ögenin kimyasal, radyolojik, fiziksel bir etkenle teması.

Tehlike: Tehdit edici bir olay veya zarar verme potansiyeli bulunan bir fenomenin belli bir zaman dilimi ve alanda ortaya çıkma ihtimali.

¹ <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary>, [Erişim tarihi: 27.12.2023]

Etkilenebilirlik: Bir sistemin zarar görmeye, hasar almaya açık olması ve bu hasarla başa çıkma becerisinin bulunmaması. Etkilenebilirlik, duyarlılık ve uyum kapasitesinin bir fonksiyonudur.

Risk: Belli bir zaman dilimi ve alanda, bir tehlikeye bağlı olarak doğması beklenen zararlar. Matematiksel anlamda risk, tehlike ve etkilenebilirliğin bir ürünüdür.

Dirençlilik: Bir sistemin bir müdahaleye karşı gösterdiği direnç ve müdahaleden önceki denge durumuna geri dönebilme hızı. Kumar ve Bhattacharjya (2020), bir sistemin maruz kaldığı etkileri göğüsleyebilme gücü olarak tanımlar. Sadece olay esnasını değil, olaydan sonraki durumunu da kapsamaktadır.

De Lange ve diğ. (2010), **Uyum Kapasitesi**'ni, "bir sistemin değişikliklere karşı uyum veya uyumsuzluk düzeyi" olarak tanımlamıştır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin etkilenebilirlik ve risk analizi kapsamındaki tanımlarına aşağıdaki bölümde yer verilmiştir:

Dördüncü Değerlendirme Raporuna (AR4) göre etkilenebilirlik, jeofiziksel, biyolojik ve sosyo-ekonomik sistemlerin iklim değişkenliği ve aşırılıklar dahil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilere baş edemediği derecede duyarlı olmasıdır (IPCC, 2007).

Beşinci Değerlendirme Raporuna (AR5) göre ise etkilenebilirlik, olumsuz yönde etkilenmeye yatkınlıktır (IPCC, 2014).

Etkilenebilirlik, AR4'e göre maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesinin bir fonksiyonu iken, AR5'e göre duyarlılık ve uyum kapasitesi bileşenlerini kapsayan, risk bileşenlerinden sadece biri olarak tanımlanmıştır. Kumar ve Bhattacharjya (2020), etkilenebilirliğin risk analizinin en önemli bileşeni olduğunu ifade etmiştir. Etkilenebilirlik türleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sosyal etkilenebilirlik,
- Kıyı etkilenebilirliği,
- Şehir etkilenebilirliği,
- Altyapı etkilenebilirliği,
- Sel ve bütünleşik sel etkilenebilirliği,
- Ekonomik etkilenebilirlik,
- Ekolojik etkilenebilirlik
- Çevresel etkilenebilirlik.

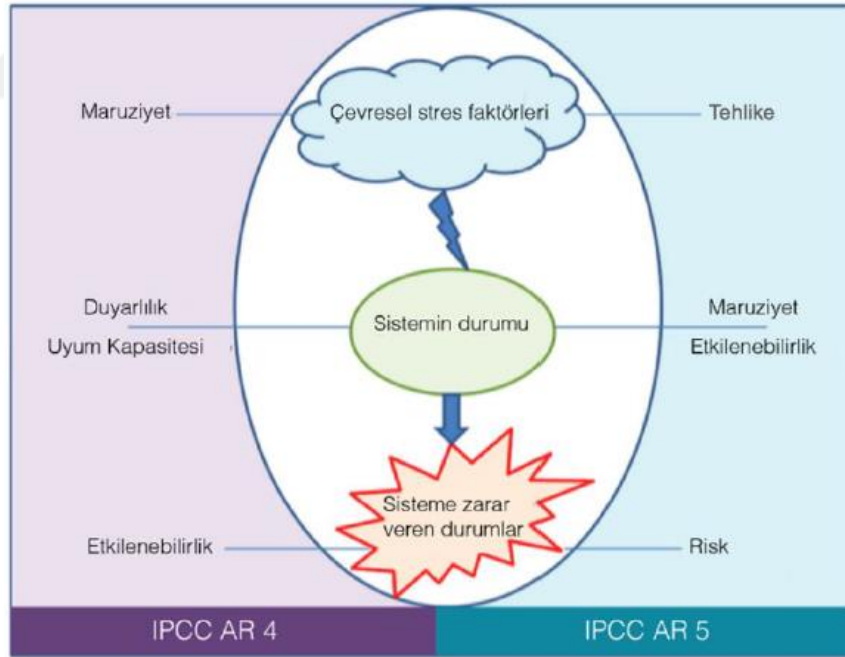
Tehlike, insan ya da doğa kaynaklı zarar verici fiziksel olaydır. Örneğin, sel ve taşkın, bir tehlikedir. Maruziyet, tehlikeye maruz kalacak ve zarar görecektir canlı cansız tüm varlıkları,

ekosistemleri, ekonomik, kültürel ya da sosyal tüm yapıları ifade eder. Maruziyet derecesi ise yoğunluk, oran gibi sayısal şekillerde ifade edilir. Duyarlılık, bir tehlikenin sonuçlarını doğrudan etkileyen faktörler tarafından belirlenmektedir ve sistemin fiziksel, sosyo-ekonomik ve kültürel özelliklerini içermektedir (İklim Uyum Projesi, 2023). Uyum kapasitesi, insanların, sistemlerin, kurum ve kuruluşların potansiyel hasara uyum sağlama, fırsatlardan yararlanma veya sonuçlara yanıt verme yeteneğini ifade etmektedir (IPCC, 2014).

Yine AR5'e göre risk, bir değerin tehlikeye düşmesini ve bu durumun yaratacağı belirsiz sonuçların potansiyelini ifade eder. Olasılık barındırır ve etkilerle beraber hesaplanır. Bu tanım ve yaklaşımlardan hareketle risk (R), tehlike (T), maruziyet (M) ve etkilenebilirliğin (E) bir fonksiyonu olarak belirlenebilmektedir.

$$R = f(T, M, E)$$

Terminolojileri farklı olsa da her iki raporda da yaklaşımın benzer olduğu söylenebilir. IPCC'nin iki yaklaşımı arasındaki benzerlikler ve farklar aşağıda görselleştirilmiştir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15: IPCC AR4 ve AR5 yaklaşımlarının karşılaştırması (Das ve diğ. 2020).

2.7.2. Etkilenebilirlik ve Risk Analizi Modelleme ve Yöntemleri

Etkilenebilirlik ve risk analizi günümüzde disiplinlerarası bir hal almıştır. Bir bölgedeki sel/taşkın etkilenebilirlik risk haritaları ve modellemelerinde hidrologlar, jeologlar,

coğrafyacılar ve başka disiplinlerden uzmanlar biraraya gelerek bütüncül bir analize katkı sunmaktadır.

Etkilenebilirlik ve risk analizi, duyarlılık ve uyum kapasitesinin farklı boyutlarını göz önünde bulunduran çok yönlü ve kapsamlı bir kavram olarak yorumlanmalı, doğrudan ve fizikî etkilerin yanında sosyoekonomik kırılganlık ya da direnç eksikliği gibi doğrudan olmayan etkiler de değerlendirmeye dahil edilmelidir (Cho ve Chang, 2017). Öte yandan, verilerin erişilebilirliği, anlaşılabilirliği de analizin etkinliği ve sonuçların doğruluğu açısından büyük önem arz etmektedir.

Olabilirdiğince çok faktörün en basit ve en hızlı şekilde analize dahil edilebilmesi, daha doğru sonuçlar elde edilebilmesi için her geçen gün yeni modellemeler ve yöntemler geliştirilmektedir. Günümüzde uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), hidrolojik modeller, yapay-zekâ tabanlı algoritmalar gibi coğrafi-mekânsal teknikler kullanılmaktadır (Kumar ve Bhattacharjya, 2020). Kapsamlı literatür taramalarından derlenen başlıca model ve yöntemler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Analitik Hiyerarşi Yöntemi
- Çok Kriterli Karar Verme Modeli
- Kanıtların Ağırlığı Modeli
- Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) Modeli
- Yapay Sinir Ağı Sistemi Modeli
- Frekans Oranı Modeli
- Duyarlılık Eğrisi Modeli
- Duyarlılık İndeks Modeli
- Gösterge-Temelli Model
- Haritalama Yöntemi
- Felaket Zarar Verisi Yöntemi
- CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi)

Araştırmacıların çoğu sel/taşkın etkilenebilirlik ve riskin değerlendirmesinde “Gösterge-Temelli Model”i tercih etmektedir. Sık kullanılmasına karşın bu yöntemin bazı dezavantaj ve zorlukları vardır (Nasiri ve diğ., 2016). Bunlar; belirsizlik, standardizasyon ve sosyal göstergelerin sayısallaştırılması aşamalarındaki zorluklardır. Öte yandan, sonuçların güvenilirliğini arttırmak için farklı yöntemleri birbirine entegre etmek de mümkündür.

2.7.3. Etkilenebilirlik ve Risk Göstergeleri

Etkilenebilirlik ve riski belirlemede analizdeki her bir bileşene etki eden faktörler/parametreler/göstergeler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu elemanları belirtmek için “gösterge” tabiri kullanılacaktır.

Literatür taramalarında, sel/taşkın etkilenebilirlik ve risk analizlerinde çok fazla sayıda ve türde göstergenin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Örneğin, Garbutt ve diğ. (2015), sel/taşkın etkilenebilirliğinin tespitinde 42 göstergelik bir indeks oluşturmuştur (Chan ve diğ., 2022).

Sel ve taşkınlarla ilgili etkilenebilirlik risk analizlerinde, arazi örtüsü ve arazi kullanımı, Sayısal Yükseklik Modeli (DEM), yağış, nüfus yoğunluğu, toprak ve anakaya özellikleri, akarsulara uzaklık, bakı ve eğim gibi göstergeler kullanılmaktadır.

Sellere etki edebilecek bütün göstergelerin göz önünde bulundurulması analizi son derece karmaşık hale getirerek sonuçları kesinlik ve doğruluktan uzaklaştırabilir. Göstergeler arasından haritalandırılması ve sayısallaştırılması kolay olanların seçilmesi, analizi daha doğru, sade ve anlaşılır kılar.

Sel/taşkın etkilenebilirlik ve riskinin tespitinde kullanılan göstergelerin başlıcaları, literatür taramalarından sağlanan referanslarıyla beraber aşağıda listelenmiştir (Tablo 2.7).

Tablo 2.7: Literatürde sık kullanılan etkilenebilirlik ve risk göstergeleri.

ETKİLENEBİLİRLİK ve RİSK GÖSTERGELERİ	
Gösterge	Referanslar
1 Yükselti	Kaya ve diğ. (2022), Schwarz ve diğ. (2022), Natarajan ve diğ. (2021), Afsari ve diğ. (2022), Dandapat ve Panda (2017)
2 Jeomorfoloji ve Topografya	Kaya ve diğ. (2022), Fernando ve diğ. (2022), Zhang ve diğ. (2023),
3 Eğim	Kaya ve diğ. (2022), Liu ve diğ. (2023), Oğuz ve diğ. (2016), Schwarz ve diğ. (2022), Natarajan ve diğ. (2021), Afsari ve diğ. (2022), Stefanidis ve diğ. (2013)
4 Bakı	Kaya ve diğ. (2022), Liu ve diğ. (2023), Oğuz ve diğ. (2016), Afsari ve diğ. (2022)
5 Yağış	Kaya ve diğ. (2022), Liu ve diğ. (2023), Oğuz ve diğ. (2016), Zhang ve diğ. (2023)
6 Toprak	Oğuz ve diğ. (2016), Schwarz ve diğ. (2022), Natarajan ve diğ. (2021), Afsari ve diğ. (2022),
7 Jeoloji	Kaya ve diğ. (2022), Liu ve diğ. (2023), Oğuz ve diğ. (2016), Natarajan ve diğ. (2021), Dandapat ve Panda (2017)
8 Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı	Kaya ve diğ. (2022), Liu ve diğ. (2023), Oğuz ve diğ. (2016), Natarajan ve diğ. (2021), Afsari ve diğ. (2022), Stefanidis ve diğ. (2013), Dandapat ve Panda (2017)

Tablo 2.7 (devam):

9	Yollara Uzaklık	Kaya ve diğ. (2022)
10	Akarsu Ağlarından Uzaklık	Kaya ve diğ. (2022), Liu ve diğ. (2023), Oğuz ve diğ. (2016), Dandapat ve Panda (2017)
11	Drenaj Yoğunluğu	Yalçın ve Akyürek (2004), Stefanidis ve diğ. (2013)
12	Eğim Şekli	Kaya ve diğ. (2022)
13	Topografik Nemlilik	Kaya ve diğ. (2022), Natarajan ve diğ. (2021)
14	Yüzey akışı	Liu ve diğ. (2023), Natarajan ve diğ. (2021)
15	Nüfus Yoğunluğu	Tanır ve diğ. (2022), Zhang ve diğ. (2023), Afsari ve diğ. (2022)
16	Okur-Yazar Oranı	Tanır ve diğ. (2022)
17	Yaşlı Nüfus Oranı	Tanır ve diğ. (2022)
18	Kadın Nüfus Oranı	Tanır ve diğ. (2022)
19	Fakirlik Oranı	Ikram ve diğ. (2023)
20	Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH)	Tanır ve diğ. (2022)
21	Karşılaştırmalı Sosyo-ekonomik Dezavantaj Endeksi	Schwarz ve diğ. (2022)
22	Geçmiş Sel Lokasyonları	Natarajan ve diğ. (2021)
23	Geçirimsiz Yüzeyler	Afsari ve diğ. (2022)
24	Hastane Sayısı	Tanır ve diğ. (2022), Afsari ve diğ. (2022)

Göstergelerin belirlenmesinde, aşağıdaki tekniklerin öne çıktığı görülmüştür:

- Uzman görüşü
- Anketler
- Uydu görüntüleri
- Nüfus sayımı
- Saha gözlemleri
- Resmî raporlar
- Önceki çalışma ve yayınlar

Analizin sonraki aşamaları verilerin toplanması, normalizasyon, ağırlıklandırma, etkilenebilirlik ve riskin hesaplanmasıdır. Normalizasyon, farklı kaynak ve kurumlardan elde edilen verilerin birbirleriyle karşılaştırılabilir hale getirilmesi için ortak bir ölçekte buluşturulması işlemidir (OECD, 2008). Birden fazla normalizasyon yöntemi olmakla beraber, maksimum-minimum normalizasyon yöntemi en sık kullanılanıdır (İklim Uyum Projesi, 2023).

Göstergeler daha sonra ağırlıklandırma işlemiyle birleştirilir. Ağırlıklandırmada uzman görüşü, temel bileşen analizi, faktör analizi, istatistik analizi, bulanık mantık analizi, mekânsal analiz, analitik hiyerarşi prosesi, yerel anketler yapay sinir ağları, CBS gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Normalizasyon ve ağırlıklandırmadan sonra, etkilenebilirlik ve risk analizinin ana bileşenleri arasındaki etkileşimleri ortaya koyan matematiksel hesaplara başvurulur. Bu yolla önce etkilenebilirlik daha sonra risk hesaplanır. Sonuçların daha kolay algılanabilmesi ve yorumlanabilmesi için risk sınıfları ve dereceleri istenen şekilde gruplandırılır. Hesaplamalar eşliğinde etkilenebilirlik ve risk haritaları oluşturulmakta, elde edilen veriler görselleştirilmektedir.

Hem etkilenebilirliğin hem riskin hesaplanmasında birbirinden farklı değişken ve hesaplamalar kullanılmaktadır. Örneğin, kimi çalışmalarda risk hesabında sonuçlarla olasılıkların çarpımı kullanılırken, başka bir çalışmada maruziyet, etkilenebilirlik ve olasılık çarpımıyla risk hesaplanabilmektedir (Diaz ve diğ., 2010). Yukarıdaki kısımlarda belirtildiği üzere bu çalışmada risk, IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporu (AR5) yaklaşımı temel alınarak etkilenebilirlik ve maruziyetin bir fonksiyonu olarak ele alınacak, etkilenebilirlik ise duyarlılık ve uyum kapasitesi göstergeleri aracılığıyla belirlenecektir.

3. YÖNTEM

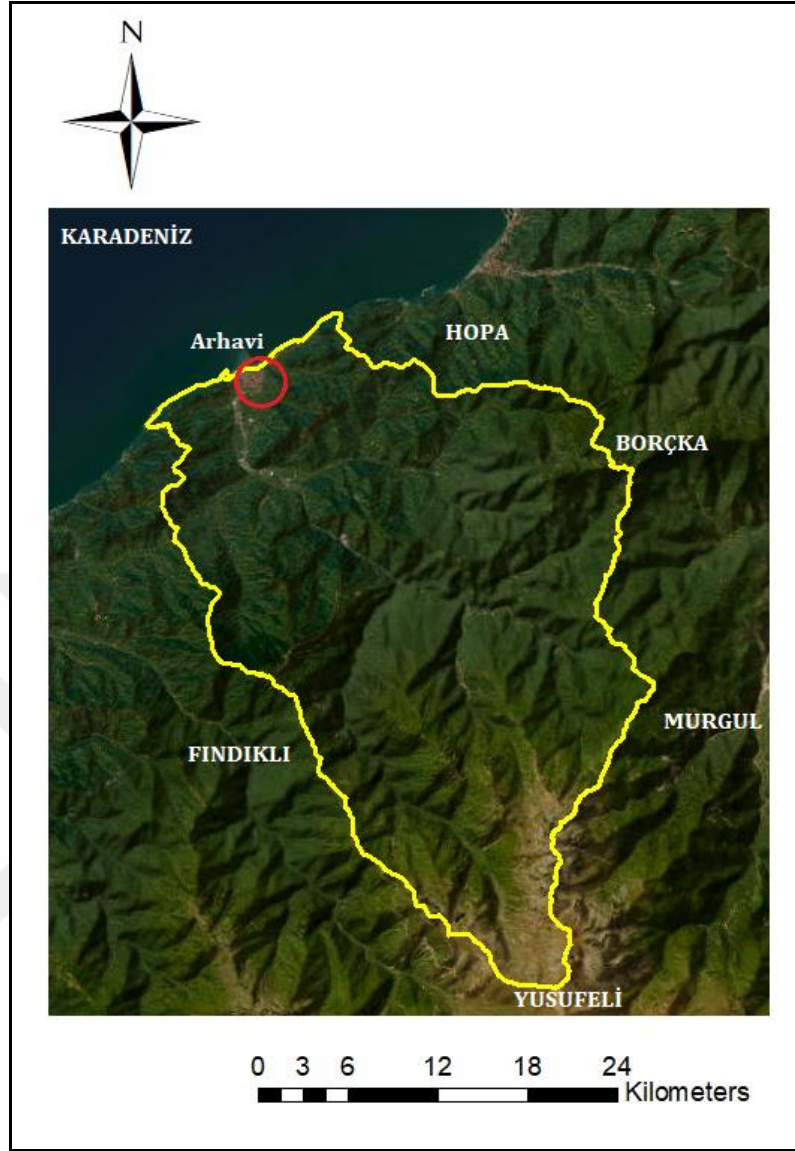
3.1. ÇALIŞMA ALANI

3.1.1. Çalışma Alanı ile İlgili Genel Bilgiler

Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ve Doğu Karadeniz Havzası'nın $41^{\circ} 05' 08''$ - $41^{\circ} 22' 14''$ kuzey enlemleriyle $41^{\circ} 14' 40''$ - $41^{\circ} 31' 33''$ doğu boylamları arasında yer alan Arhavi, Hopa'yla beraber Artvin'in iki kıyı ilçesinden biridir (Şekil 3.1). Kuzeyde Karadeniz, batıda Rize'ye bağlı Fındıklı, doğuda Hopa ve güneyde Borçka, Murgul ile Yusufeli ilçelerine komşudur (Şekil 3.2).



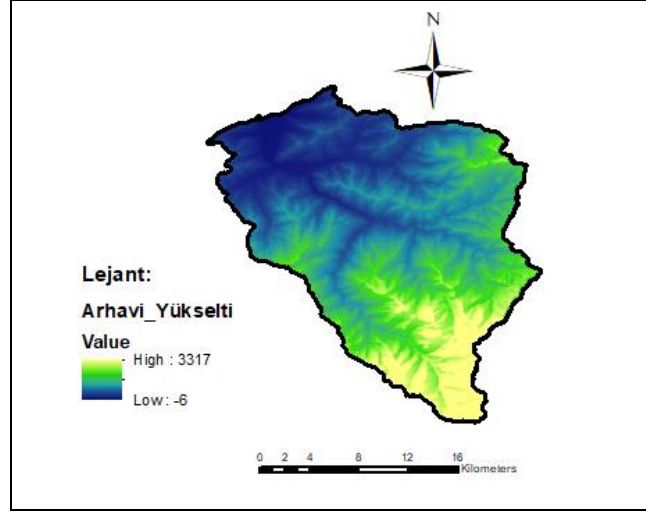
Şekil 3.1: Doğu Karadeniz Havzası (SYGM, 2020).



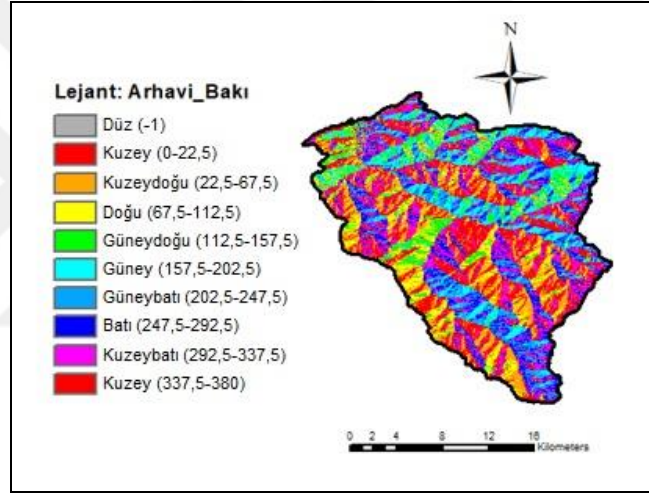
Şekil 3.2: Çalışma alanı olan Arhavi havzasının genel görünümü.

Arhavi, Doğu Karadeniz Bölgesi sahil kesimlerinin genel arazi yapısı ve topografik özelliklerini taşır. Dar sahil şeridinden sonra aniden yükselen dağlar kıyıya paralel şekilde sıralanır. Eğimli arazi yapısı ve dik topografyası sebebiyle yerleşim alanları kısıtlıdır.

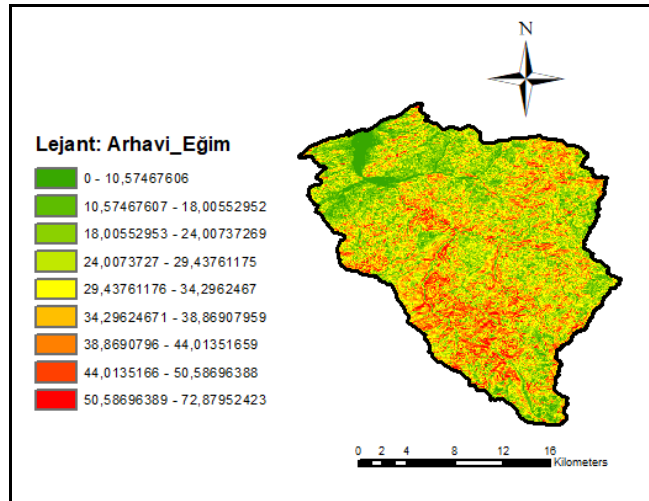
İlçede yükselti -6 ile 3317 m arasında değişmektedir (Şekil 3.3). Belediye sınırları içindeki en yüksek nokta, 600 m rakım ile Ciha Tepesi'dir. En yüksek ortalama yükselti 1808 metreyle Kamilet Vadisi'ndedir. Kamilet Vadisi'ni 1378 m ile Durguna Vadisi takip etmektedir. İlçenin genel bakışı güneydoğudur (Şekil 3.4). Ortalama eğim 29,23 derecedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.3: Arhavi yükselti (DEM) haritası.



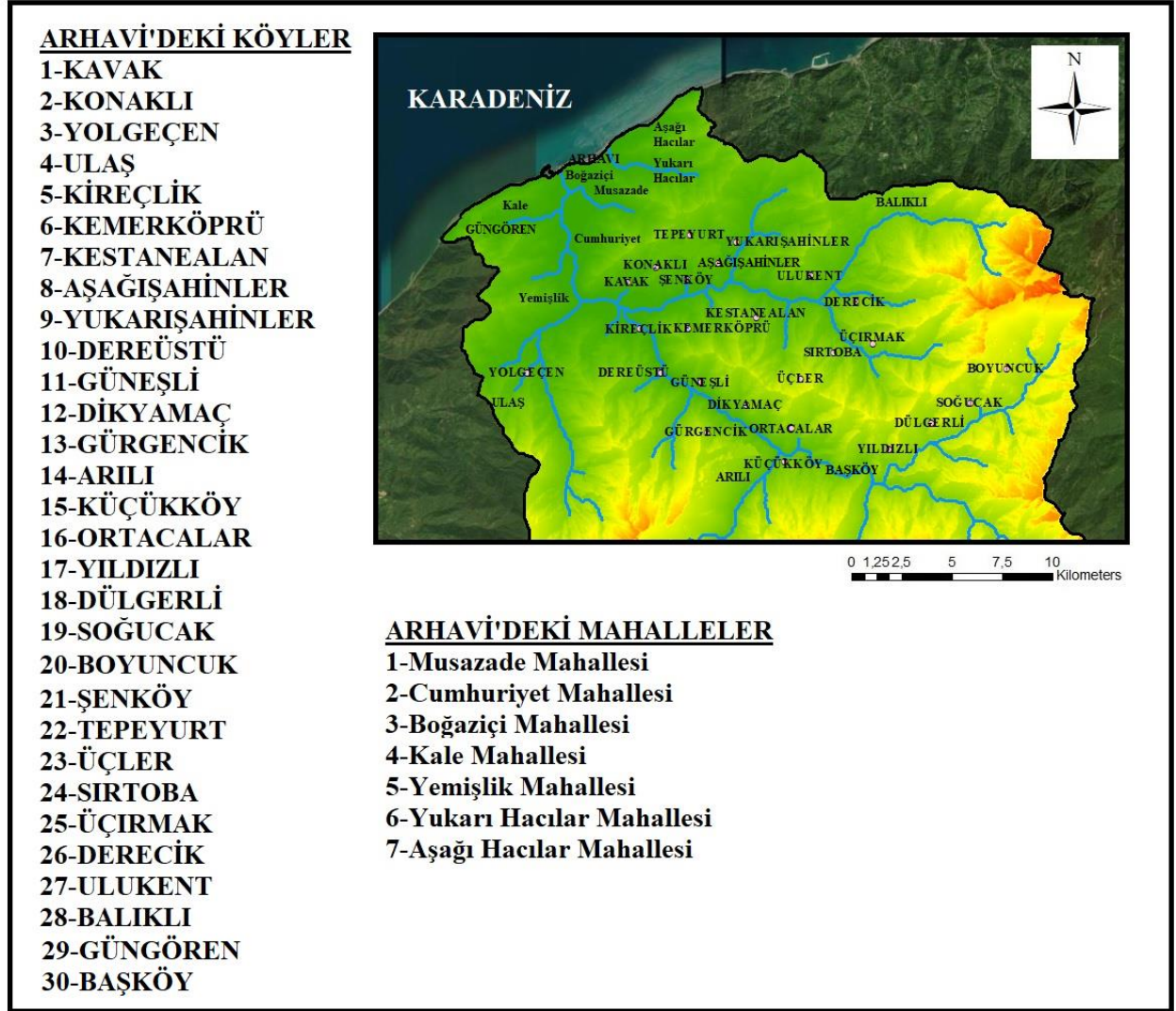
Şekil 3.4: Arhavi bakı haritası.



Şekil 3.5: Arhavi eğim haritası.

İlçenin yüzölçümü yaklaşık olarak 314 km², çevresi 93 km'dir. İlçe merkezi 6 km²'lik bir alan üzerine kurulmuştur. Sahil şeridinin uzunluğu 10 kilometre civarındadır ve 2000'lerin başında biten Karadeniz Sahil Yolu denizle bağlantıyı koparmıştır.

Arhavi 30 köy ve 7 mahalleden oluşur (Şekil 3.6). TÜİK 2022 sonu verilerine göre, ilçenin toplam nüfusu 21.520'dir.



Şekil 3.6: Arhavi'deki köy ve mahalleler.

İlçe merkezindeki nüfus 18.513, köy ve beldelerdeki nüfus toplamı ise 3.007'dir (Tablo 3.1). Yaz aylarında ilçe nüfusunun 30 bin kişinin üzerine çıktığı tahmin edilmektedir.

Tablo 3.1: Arhavi köy ve mahalle nüfus bilgileri (TÜİK, 2023).

MAHALLELER		2007	2012	2018	2022
1	AŞAĞI HACILAR MAHALLESİ	1.548	1.436	1.227	1.392
2	BOĞAZIÇI MAHALLESİ	4.690	4.671	4.934	6.026
3	CUMHURİYET MAHALLESİ	1.073	952	973	828
4	KALE MAHALLESİ	548	529	586	471
5	MUSAZADE MAHALLESİ	6.901	7.052	6.190	7.653
6	YEMİŞLİK MAHALLESİ	324	334	348	317
7	YUKARI HACILAR MAHALLESİ	1.017	999	907	871
<i>TOPLAM</i>		<i>16.101</i>	<i>15.973</i>	<i>15.165</i>	<i>17.558</i>
KÖYLER		2007	2012	2018	2022
1	AŞAĞIŞAHİNLER KÖYÜ	53	62	102	79
2	BALIKLI KÖYÜ	70	134	106	111
3	DERECİK KÖYÜ	84	78	96	120
4	DEREÜSTÜ KÖYÜ	145	159	260	158
5	GÜNEŞLİ KÖYÜ	54	83	65	78
6	GÜNGÖREN KÖYÜ	111	175	256	209
7	GÜRGENCİK KÖYÜ	23	25	45	41
8	KAVAK KÖYÜ	550	531	538	421
9	KEMERKÖPRÜ KÖYÜ	127	118	202	123
10	KESTANEALAN KÖYÜ	99	87	183	127
11	KİREÇLİK KÖYÜ	84	108	179	102
12	KONAKLI KÖYÜ	282	241	263	223
13	ŞENKÖY	34	22	21	29
14	SIRTOBA KÖYÜ	81	87	283	129
15	TEPEYURT KÖYÜ	75	94	231	119
16	ÜÇİRMAK KÖYÜ	51	80	328	179
17	ÜÇLER KÖYÜ	40	81	128	87
18	ULAŞ KÖYÜ	108	106	211	133
19	ULUKENT KÖYÜ	100	138	239	173
20	YOLGEÇEN KÖYÜ	345	363	472	372
21	YUKARIŞAHİNLER KÖYÜ	57	151	330	191
22	ARILI KÖYÜ	42	123	270	149
23	BAŞKÖY	37	102	228	114
24	BOYUNCUK KÖYÜ	23	19	66	26
25	DİKYAMAÇ KÖYÜ	101	74	67	80
26	DÜLGERLİ KÖYÜ	109	181	148	108
27	KÜÇÜKKÖY	65	60	110	57
28	ORTACALAR KÖYÜ	30	52	159	84
29	SOĞUCAK KÖYÜ	37	63	138	95
30	YILDIZLI KÖYÜ	18	32	114	45
<i>TOPLAM</i>		<i>3.035</i>	<i>3.629</i>	<i>5.838</i>	<i>3.962</i>
ARHAVİ NÜFUS TOPLAMI		19.136	19.602	21.003	21.520

Sahil yolu özellikle ulaşım ve lojistik sektöründe bir canlanma yaratmış, ekonomik büyüme nüfusun ilçe merkezinde yoğunlaşmasına, köylerdeki nüfusun azalmasına ve kısıtlı arazilerin zamanla yerleşim alanlarına dönüştürülmesine yol açmıştır.

3.1.2. İklim Özellikleri

Arhavi, Doğu Karadeniz Havzası sahil kesimlerinin iklimsel özelliklerini taşır. Ilıman ve bol yağış alan bir bölgedir. Karadeniz'den taşınan ılık ve nemli hava kütleleri, sahil şeridine yakın bir mesafede set oluşturan Doğu Karadeniz Dağları'na çarparak Arhavi'de orografik yağışlara neden olur.

Arhavi Meteoroloji İstasyonu verilerine göre, 2015-2021 yılları arasında, yıllık ortalama sıcaklık 14,3 °C, yıllık toplam yağış ortalaması 2318,9 mm'dir (Tablo 3.2). 1962-2021 yılları arasındaki gözlem kayıtlarının bulunduğu Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre ise yıllık ortalama sıcaklık 14,8°C, yıllık yağış ortalaması 2288,2 mm'dir (Tablo 3.3). Hâkim rüzgâr yönü, Arhavi Meteoroloji İstasyonu'na göre %26,8 ile GD (Güneydoğu), Hopa Meteoroloji İstasyonu kayıtlarına göre ise %41,5 ile D-GD (Doğu-Güneydoğu)'dur.

Tablo 3.2: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Arhavi istasyonlarından alınan meteorolojik veriler.

İstasyon Arhavi
Yükseklik (m.) 290,0
Yıllar 2015-2021
Enlem / Boylam 41.3166 / 41.2928

Parametre	AYLAR												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
Ortalama sıcaklık (C°)	6,8	7,5	9,2	11,7	16,2	20,0	21,7	22,5	19,6	15,6	11,7	8,6	14,3
En yüksek sıcaklık (C°)	24,0	25,3	27,3	32,0	34,7	33,6	34,9	31,5	33,2	32,4	28,8	24,8	34,9
En düşük sıcaklık (C°)	-6,1	-7,9	-2,3	-1,4	4,0	10,7	12,7	15,6	9,0	5,1	0,1	-3,2	-7,9
Aylık toplam yağış ortalaması (mm)	175,4	142,2	156,1	99,9	102,2	11,4	170,3	209,4	336,3	340,5	235,3	239,9	2318,9
Aylık maksimum yağış (mm)	53,5	71,6	47,0	43,1	52,0	83,3	117,1	160,3	248,4	124,6	116,9	98,9	248,4
Ortalama nisbi nem (%)	69,2	71,0	72,3	72,9	78,6	85,5	86,9	88,2	85,2	82,9	72,5	67,5	77,7
Aylık hakim rüzgar yönü ve yüzdesi (%)	GD 20,48	GD 18,62	GD 14,84	KKB 15,90	KKB 15,12	GD 18,64	GD 22,00	GGD 19,55	GD 22,94	GD 23,08	GD 26,28	GGD 20,47	GD 26,28

Tablo 3.3: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Hopa istasyonundan alınan meteorolojik veriler.

İstasyon Hopa

Yükseklik (m.) 33,0

Yıllar 1962-2021

Enlem / Boylam 41.4065 / 41.433

Parametre	AYLAR												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
Ortalama sıcaklık (C°)	7,5	7,7	9,0	12,2	16,1	20,3	22,7	23,1	20,1	16,2	12,5	9,6	14,8
En yüksek sıcaklık (C°)	25,0	27,3	37,0	38,6	39,8	42,2	39,0	36,2	37,0	35,5	30,6	28,5	42,2
En düşük sıcaklık (C°)	-7,5	-6,0	-5,0	-6,0	4,4	7,0	12,6	12,8	7,1	2,8	-2,8	-6,0	-7,5
Aylık toplam yağış ortalaması (mm)	203,8	159,4	146,3	98,1	93,9	156,6	152,1	185,6	281,6	312,3	251,6	642,9	2288,2
Aylık maksimum yağış (mm)	76,7	67,3	64,1	52,7	87,6	156,3	170,4	222,0	338,7	207,3	148,1	129,0	338,7
Ortalama nisbi nem (%)	62,3	65,3	71,0	74,7	78,3	77,4	79,4	79,9	78,6	76,3	67,6	60,5	72,6
Aylık hakim rüzgar yönü ve yüzdesi (%)	DGD 41,51	DGD 32,14	DGD 21,35	BKB 19,26	BKB 22,49	D 25,82	D 28,89	D 30,02	D 30,22	D 30,37	DGD 33,54	DGD 41,02	DGD 41,51

3.1.3. Anakaya ve Toprak

Doğu Karadeniz Havzası'nda killi ve kompakt yapılı kayaların yaygın olması sebebiyle yüzeysel akış yüksek oranlara ulaşmaktadır (Yüksek ve diğ. 2022). Özellikle bitki örtüsünün zayıf olduğu ya da yok edildiği alanlarda taşkınların etkileri artmakta, bölgenin jeolojisi, özellikle eğimli arazilerde heyelanlara sebep olmaktadır.

Doğu Karadeniz Havzası'nın kuzeyinde bazalt ve andezit gibi volkanik kayalar, güneyinde dağ silsilesini oluşturan granit ve diyorit gibi magmatik kayalar ile kireçtaşı ve fliş özelliğinde tortul kayalar yüzeylenmektedir (Hatipoğlu ve diğ., 2020).

Arhavi ve çevresi Rodop-Pontid Parçası'nın kuzeydoğusunda yer alır (Şengör ve diğ., 2003; Aktaran: Aksoy, G., 2011).

MTA'nın 1/500.000 ölçekli jeoloji haritalarından elde edilen bilgilere göre ilçenin jeolojik yapısı şu şekildedir:

Doğu kısımları üst kretase, fliş yer yer eosen ve üst kretase, volkanik fasies, yer yer neojen, jura-kretase, batı kısımlar üst kretase, fliş, volkanik, yer yer neojen ve jura-kretase, orta kısımlar üst kretase, fliş oluşumdur.

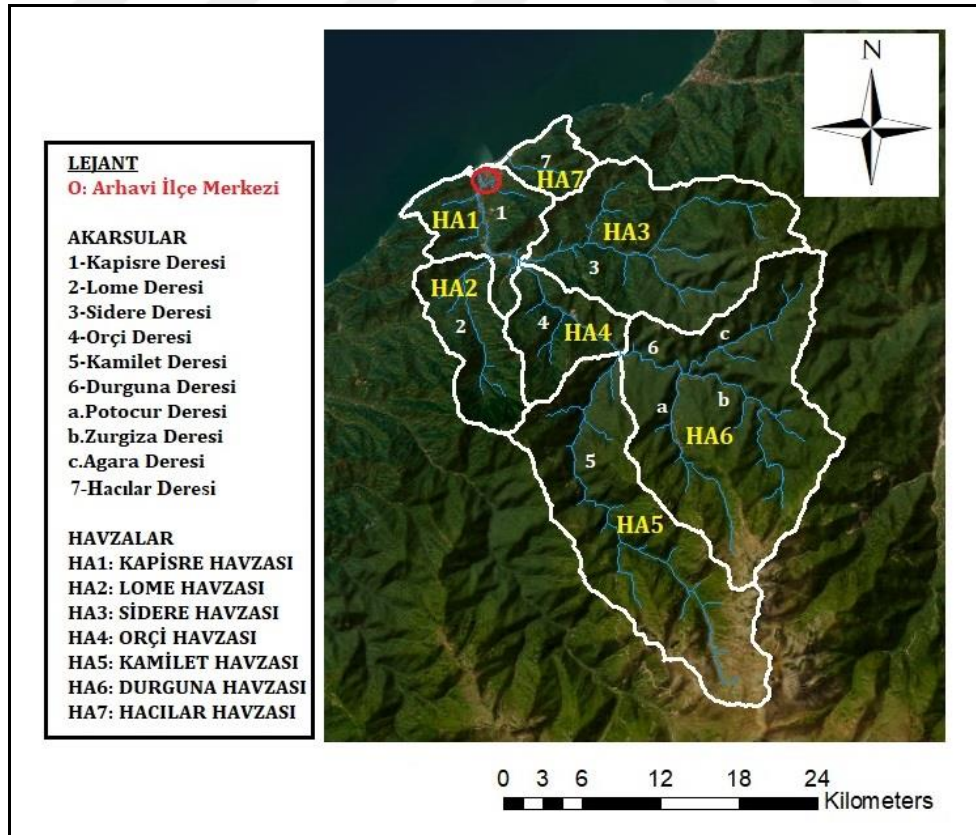
İnceleme alanında yüzeylenen litostratigrafi birimleri yaşıldan gence doğru şöyledir (Aksoy, 2011):

1. Kızılkaya Formasyonu (Santoniyen-Kampaniyen)
2. Çağlayan Formasyonu (Kampaniyen-Mestiştien)
3. Alüvyon ve yamaç döküntüleri (Kuvaterner)

Arhavi toprakları kumlu kil toprağı olup orta derinliktedir. Çok yağmur alan bir bölge olması sebebiyle, toprakların çok fazla yıkanmaya maruz kaldığı, bu yüzden asidik olduğu bilinmektedir. Ayrıca, çay yetiştiriciliğinde kullanılan suni gübre, toprağı kirletmekte, kalitesini ve verimini düşürmektedir. Ağırlıklı olarak kullanılan azotlu gübreler yıkanmaya ve asiditenin armasına da yol açmaktadır.

3.1.4. Arhavi'nin Dereleri

Zirvelerden doğup yağışlarla beslenen Lome, Sidere ve Orçi dereleri, derin vadiler oluşturarak Kapisre Deresi'nde birleşir ve Karadeniz'e akar. Arhavi, Arc-Map 10.3 programının "Watershed" yani "Su Havzası" işlemiyle yedi mikro havzaya ayrılmıştır. Her bir alt havza "HA" ile isimlendirilmiş ve numaralandırılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Arhavi'nin dereleri ve havzaları.

Arc-Map 10.3 programının “Stream Order” işlemiyle Arhavi’deki akarsuların her bir alt havzaya göre toplam uzunlukları tespit edilmiş ve Tablo 3.4’te verilmiştir.

Tablo 3.4: Arhavi’deki alt havzalara göre akarsuların toplam uzunlukları.

Havza Kodu ve Adı	Toplam Uzunluk (km)
HA1 Kapisre Havzası	13,72
HA2 Lome Havzası	13,20
HA3 Sidere Havzası	32,17
HA4 Orçi Havzası	11,97
HA5 Kamilet Havzası	37,66
HA6 Durguna Havzası	42,97
HA7 Hacılar Havzası	3,40
ARHAVİ	155,09

3.1.5. Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı

İlçede başlıca geçim kaynağı çay tarımıdır. Ayrıca, fındık, mısır, fasulye, karalahana, armut, Trabzon hurması gibi meyve ve sebzeler de yetiştirilmektedir. Yerel ekonominin özellikle çay tarımına bağlı olması ormanlar, dere yatakları, taşkın bölgeleri gibi doğal alanların plansız şekilde çay bahçelerine dönüştürülmesine yol açmıştır. Dik arazilere kurulan çay bahçeleri ve onlara ulaşımı kolaylaştırmak amacıyla kontrolsüzce açılan yollar, toprağın su tutma kapasitesini aşan yağışlarda ilçeyi özellikle heyelanlara karşı açık hale getirmektedir. Arhavi İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü’nden alınan bilgiye göre, Arhavi ilçe sınırlarındaki çay bahçelerinin toplam alanı 27.500 dönümdür. Bu da ilçenin yüzölçümünün yaklaşık %10’una tekabül etmektedir.

İnşaat sektöründeki canlanmayla beraber, taş ocakları, mısır ve kereste üretim tesisleri kurulmakta, ilçe merkezinde yoğunlaşan nüfusun yapılaşma gereksinimlerini karşılamak için yeni yerleşim alanları açılmaktadır. Bu tesis ve yapılar, kısıtlı arazi koşulları sebebiyle genellikle orman alanlarına, dere yataklarına veya taşkın alanlarına inşa edilmektedir. Kapisre Deresi’nin deltalaşarak Karadeniz’e mansaplandığı bölge, 1970’lerin ortalarında başlayan yapılaşmayla beraber bugün 6000 civarında insanın yaşadığı Boğaziçi Mahallesi’ne dönüşmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Boğaziçi Mahallesi'nin Berzene tepesinden görünümü (Foto: N. D. Uyanık, 2023).

İlçenin iç kesimlerindeki köylere ulaşımı kolaylaştırmak amacıyla 1990'larda kurulan Kavak yolu (Yeni yol) üzerindeki tesislerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Kavak yolu üzerinde çay fabrikaları, beton santralleri, mıcır ocakları, kömür paketleme, kereste ve pelet üretim tesisleri, 21 Temmuz 2021'deki sel faciasından sonra yıkım kararı verilen geçici hayvan bakımevi, organize sanayi bölgesi, transformatör merkezi ve bir de Çoruh Üniversitesi'ne ait yerleşke kampüsü yer almaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Kapisre Havzası'nın Berzene tepesinden görünümü (Foto: N. D. Uyanık, 2023).

Bu yapıların önemli bir bölümü Kapisre Deresi'nin taşkın alanları üzerine kurulmuş olup şiddetli yağışlarda sel riskini arttırmakta, aynı ölçüde riske maruz kalmaktadır.

3.1.6. Ekosistemler ve Biyoçeşitlilik

Bol yağışlı ve elverişli iklim koşullarıyla, Doğu Karadeniz Bölgesi yoğun bir orman örtüsüyle kaplıdır. Bölgenin geri kalanı gibi Arhavi de orman ekosistemleri ve biyoçeşitlilik bakımından zengindir. Buzul göllerinden doğan, yoğun yağışlarla beslenip Karadeniz'e mansaplanan akarsular, sucul yaşam için son derece elverişlidir. Tüm bu özellikleriyle Arhavi, aralarında endemik türlerin de olduğu kara ve su canlıları için ideal bir yaşam alanıdır.

Geniş yapraklı ormanlar kıyı hattı üzerinden başlar. Yükseldikçe ibrelili türlerin sayısı artar. 1900-2000 metrenin üzerindeki yüksekliklerde, ağaç yetişmesine elverişli olmayan Alpin çayır alanları vardır.

İlçede yer alan Kamilet ve Durguna vadileri, ülkemizdeki 122 Önemli Bitki Alanı (ÖBA) arasındadır. Kurdoğlu ve Akbulut (2015), vadilerin çok sayıda relikt (kalıntı) bitkiye

ev sahipliği yaptığını, bunlardan *Betula medweiewii* ile *Quercus pontica* türlerinin oluşturduğu ormanların, dünya üzerinde yaprak döken ormanların geçmişten günümüze kesintiye uğramadan sağlıklı bir şekilde varlığını devam ettirdiği nadir alanlardan olduğunu belirtmektedir. Kamilet ve Durguna Vadileri, “Doğal Yaşlı Orman” ekosisteminin en güzel örnekleri olarak göze çarpar.

Orman vejetasyonu bazılarını aşağıda saydığımız çok sayıda odunsu ve otsu türleri içermektedir: *Picea orientalis*, *Pinus sylvestris*, *Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana*, *Taxus baccata*, *Fagus orientalis*, *Castanea sativa*, *Quercus petraea* subsp. *iberica*, *Ulmus glabra*, *Populus tremula*, *Tilia rubra* subsp. *caucasica*, *Salix caucasica*, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Ostrya carpinifolia*, *Rhododendron luteum*, *R. ponticum*, *Laurocerasus officinalis*, *Rubus platyphyllos*, *Crataegus microphylla*, *C. monogyna* subsp. *monogyna*, *Ilex colchica*, *Acer campestre* var. *campestre*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *Sambucus nigra*, *Hedera helix*, *H. colchica*, *Sanicula europaea*, *Phedimus stoloniferus*, *Silene compacta*, *Rumex acetocella*, *Hypericum bupleuroides*, *Alliaria petiolata*, *Fragaria vesca*, *Lathyrus laxiflorus* subsp. *laxiflorus*, *Circea lutetiana*, *Oxalis acetosella*, *Geranium robertianum*, *G. purpureum*, *Lycopodium complanatum* subsp. *chamaecyparissus*, *Hymenophyllum tunbrigense* ve *Monotropa hypopithys*. Alan içinde 15 adet endemik takson ile 24 adet nadir özellikte bitki taksonu yayılış göstermektedir (Kurdoğlu ve Akbulut, 2015).

Arhavi ve civarında pek çok memeli, kuş ve balık türü yaşamaktadır. Memeliler arasında bozayı, yabandomuzu, kurt, çakal, tilki, vaşak, yaban kedisi, su samuru, ağaç sansarı, kaya sansarı ve porsuk gibi türler vardır. Yine Kamilet Vadisi’nde Türkiye’deki 170 memeli türünde, 5 takımdan 12 familyaya ait toplam 22 küçük ve büyük memeli hayvan türünün yayılış gösterdiği tespit edilmiştir (Şeker ve Keleş, 2022).

Doğu Karadeniz Bölgesi kuşlar için de önemlidir. Çalışma alanında yer alan Kamilet Vadisi’nde tespit edilen kuş türlerinden bazıları; *Tetrao mlokosiewiczzi*, *Falco peregrinus*, *Gypaetus barbatus*, *Cuculus canorus*, *Strix aluco*, *Picus viridis*, *Cinclus cinclus*’tur (Kurdoğlu ve Akbulut, 2015).

Arhavi, Doğu Karadeniz’in genelinde olduğu gibi, sucul yaşam bakımından da zengin bir bölgedir. Ayrıca akarsu bolluğu hem akarsu hem dere vejetasyonu (riperian) ekosistemleri için son derece elverişli ortamlar yaratmaktadır.

Kamilet ve Durguna Dereleri, Bern Sözleşmesi ile koruma altına alınan denizalası (*Salmo trutta labrax*), kırmızı benekli dere alası (*Salmo trutta fario*)’nın en büyük popülasyonlarının yaşadığı önemli bir habitatır (Kurdoğlu ve Akbulut, 2015).

3.2. ETKİLENEBİLİRLİK VE RİSK ANALİZİNİN AŞAMALARI

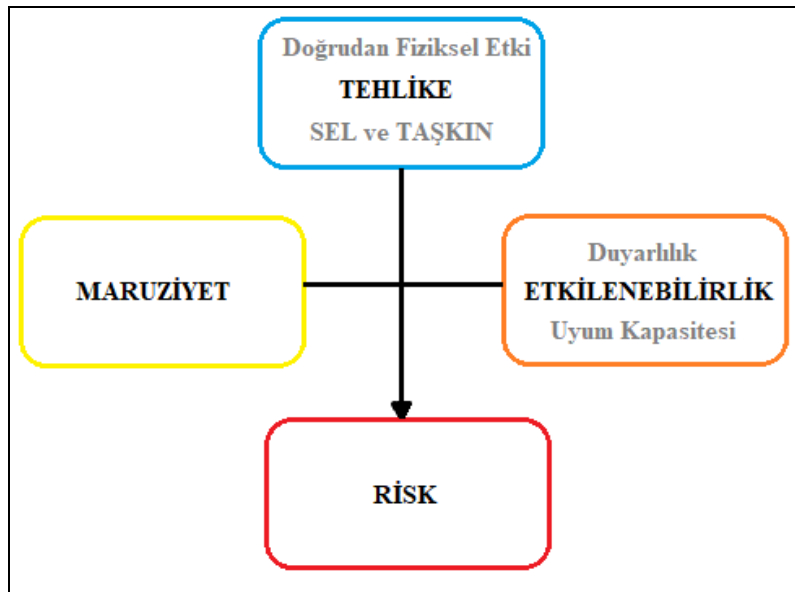
Etkilenebilirlik ve risk analizinin aşamaları aşağıdaki tabloda sunulmuştur (Tablo 3.5). Ön hazırlık aşaması, analizin ana hatlarının çıkarıldığı, çalışmanın amacının, içeriğinin ve kullanılacak tekniklerin belirlendiği en kapsamlı aşamadır ve diğer aşamalar için de bir referans niteliğindedir.

Tablo 3.5: Etkilenebilirlik ve risk analizinin aşamaları.

1	Ön hazırlık
2	Etki zincirinin oluşturulması
3	Göstergelerin belirlenmesi
4	Verilerin toplanması
5	Normalizasyon
6	Ağırlıklandırma
7	Etkilenebilirlik ve risk hesabı
8	Sınıflandırma, derecelendirme ve haritalama

3.2.1. Etki zincirinin oluşturulması

Etki zinciri, bir sistemde riske yol açan faktörlerin daha kolay anlaşılmasına yardımcı olan analitik bir araçtır (İklim Uyum Projesi, 2023). Çalışma alanı olan Arhavi ilçesinin etki zincirinin oluşturulmasında IPCC'nin risk şablonu baz alınmıştır. Sel riski, tehlike, maruziyet ve etkilenebilirlik olmak üzere üç ayrı gösterge grubunun bir fonksiyonu olarak ele alınmaktadır (Şekil 3.10). Etkilenebilirlik ise duyarlılık ve uyum kapasitesi unsurlarından oluşmaktadır.



Şekil 3.10: Alt bileşenleri ile etki zinciri şablonu.

3.2.2. Göstergelerin belirlenmesi

Göstergelerin seçiminde, analizin diğer aşamalarında olduğu gibi birbirinden farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden sadece biri kullanılabildiği gibi, birkaçı aynı anda da kullanılabilir.

Bu çalışmada lokal coğrafi koşullar ve geçmiş sellerde etkili olan faktörler göz önünde bulundurulmuştur. İlk adımda, ilçede sellere etki edebilecek göstergelerin tamamı biraraya getirilmiş, daha sonra bu göstergelerden hangilerinin ulaşılabilir olduğunun tespiti için tamamlayıcı araştırmalar ve çalışmalar yapılmıştır. Sonuçları daha tutarlı hale getirebilmek için, çalışma alanında öne çıkan fizikî ve sosyal faktörler de analize olabildiğince dahil edilmiştir. Ayrıca gösterge listesi, güncel literatüre ve diğer bazı önemli kaynaklara bakılarak zenginleştirilmiştir. Göstergelerin tespitinde, uzman görüşü, uydu görüntüleri, saha gözlemleri, resmî raporlar, önceki çalışma ve yayınlar gibi pek çok yöntem birlikte kullanılmış ve analize entegre edilmiştir.

3.2.3. Verilerin toplanması

Verilerin toplanma aşamaları aşağıdaki kısımlarda anlatılmış olup göstergelerin nerelerden edinildiği Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.6: Verilerin elde edildiği kaynaklar listesi.

		Veri	Kaynak
ETKİLENEBİLİRLİK	MARUZİYET	1 İnsan Nüfusu	Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)
		2 Hayvan Nüfusu	Arhavi İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü
		3 Yerleşim Alanı	CORINE Sistemi
		4 Tarım Alanı	CORINE Sistemi
		5 Yollar	CORINE Sistemi
		6 HES, Taş Ocağı ve Madenler	Saha Çalışması ve Devlet Su İşleri (DSİ)
		7 Tarihi Yapılar	Artvin İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
		8 Kamu Binaları	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
	DUYARLILIK	1 Duyarlı Araziler	ArcMAP 10.3
		2 Eğimi 5 derece Altında Kalan Araziler	ArcMAP 10.3
		3 Deniz Seviyesi Altında Kalan Araziler	ArcMAP 10.3
		4 Yükseklik	USGS - STRM
ETKİLENEBİLİRLİK	DUYARLILIK	5 Eğim	DEM - ArcMAP 10.3
		6 İmar Affı Verilen Arazi ve Binalar	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
		7 Akarsulara Yakınlık	DEM - ArcMAP 10.3
		8 Akarsu Yatağının Daraltılması	Saha Çalışması
		9 Aylık (Eylül) Yağış	Worldclim.org
		10 Nüfus Yoğunluğu	TÜİK ve Matematiksel Hesaplamalar
		11 Nüfus Artış Oranı	TÜİK ve Matematiksel Hesaplamalar
		12 Kiriş köprüler	Saha Çalışması

Tablo 3.6 (devam):

ETKİLENEBİLİRLİK	DUYARLILIK	13	HES, Taş Ocağı ve Madenler	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
		14	Karadeniz Sahil Yolu	Saha Çalışması
		15	Taşıma Kapasitesi	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
		16	Arazi Değişimi	CORINE Sistemi
		17	Bakı	DEM - ArcMAP 10.3
		18	Yaş Bağımlılık Oranı	TÜİK
	UYUM KAPASİTESİ	19	Çevre Yolu	Saha Çalışması
		1	Orman Alanı Oranı	CORINE Sistemi
		2	Kemer Köprüler	Saha ve Literatür Çalışması
		3	Kamulaştırılan Arazi ve Binalar	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
		4	Kırsal Yaşama Uyum	Saha ve Literatür Çalışması
		5	Sel Deneyimi	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
		6	Doğa/Çevre STK'leri	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
		7	Acil Müdahale Ekipleri	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
		8	Sağlık Hizmeti Kapasitesi	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
		9	Taşıma Kapasitesi	Saha Çalışması
		10	Gri (Sert) Uyum Önlemleri	Saha Çalışması
		11	Doğa Temelli Çözümler	Saha Çalışması
		12	Erken Uyarı Sistemi	Resmi Kaynaklar
		13	Afet Yönetim Planı	Resmi Kaynaklar
		14	Afet Sigortacılığı	Saha Çalışması ve Resmi Kaynaklar
		15	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Skoru	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
		16	Geçirimli Yüzeyler	Saha Çalışması

3.2.3.1. Literatür taraması

Çalışma alanı olan Arhavi ilçesinin sel/taşkın etkilenebilirlik ve risk analizi için öncelikle çok kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Etkilenebilirlik ve risk analiziyle ilgili genel kavramların tespitinden sonra materyal ve yaklaşımlar araştırılmış, dünya genelinde çok farklı yöntem ve modellerin kullanıldığı görülmüştür.

İnsan nüfus bilgileri TÜİK'in "Adrese Dayalı Kayıt Sistemi" üzerinden elde edilmiştir. Kayıtlı hayvan nüfus verisi ise Arhavi İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden doğrudan elde edilmiştir. 2022 yılındaki yaş bağımlılık oranı, Arhavi geneli için 0-14 ile 65 yaş üstü nüfusun 14-65 yaş aralığındaki nüfusa oranını ifade etmektedir. Nüfus artış oranı, TÜİK'ten elde edilen veriler ışığında tespit edilmiş olup 2007-2022 yılları arasındaki artış oranıdır. Nüfus yoğunluğu hektar başına düşen kişi sayısını göstermektedir ve TÜİK'ten alınan 2022 nüfus verisinin alt havza hektar alanına bölünmesiyle hesaplanmıştır.

Arhavi'de yer alan tarihi yapılara ait verilere Artvin İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü'nden ulaşılmıştır. Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Endeksi (SEGE) demografik yapı, sağlık, eğitim, refah düzeyi, teknolojik kapasite, yaşam kalitesi gibi parametreler

üzerinden bir bölgenin gelişmişliğinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Arhavi ilçesinin SEGE skoru için, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü tarafından üretilen 2022 yılı endeksi kullanılmıştır (Acar ve diğ., 2022). Bu skor ilçe geneli için geçerli olduğundan alt havzalar bazında bir karşılaştırma yapılamamaktadır.

3.2.3.2. Saha Çalışmaları

Çalışmanın veri toplama aşamasının en önemli bileşenlerinden biri saha çalışmasıdır. Saha çalışmaları kapsamında Arhavi’de yer alan köy ve mahallelerin neredeyse tamamı ziyaret edilmiştir. Yaklaşık iki haftayı bulan bu ziyaretlerde sellere etki eden faktörlerin gözlem yoluyla ön tespiti amaçlanmıştır. Ziyaretler esnasında havzalar bazında detaylı notlar çıkarılmış, çalışma alanı kapsamında her bir havzanın göze çarpan özellikleri kâğıda dökülüp fotoğraflanmıştır. Saha çalışmaları sonucunda, göstergelerle ilgili verilerin elde edilebilmesi için bir kez daha yerli ve yabancı kaynaklar taranmış, hangi veriye nasıl ulaşılacağı konusunda bilgiler derlenmiştir.

Saha çalışmalarında her bir akarsu üzerinde yer alan kiriş ve kemer köprüler tek tek sayılıp kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.11). Kiriş köprüler, dereye paralel şekilde inşa edilen ve genelde beton kullanılarak yapılan düz köprülerdir. Sel ve taşkın anlarında suyun önünde set oluşturarak göllenmeye ve selin zarar verici etkilerini arttırmaya yol açabilmektedirler. Kemer köprüler ise, bölgenin topografik ve iklimsel özelliklerine uyumlu yapılar olarak uyum kapasitesi göstergeleri arasında yer almaktadır. Bugüne kadar Arhavi’de meydana gelen sel veya taşkınlardan etkilenen tek bir kemer köprü yoktur. Orçi Deresi üzerindeki kemer köprü ise insan müdahaleleri ve patlatmalar sonucunda yıkılmıştır.



Şekil 3.11: Arhavi Çifteköprü vadisindeki tarihî kemer köprüler ve sonradan inşa edilen kiriş köprüler (Foto: Y. Okur, Anadolu Ajansı, 2021).

HES, taş ocağı ve madenler, sele etki etmeleri ve selden etkilenmeleri sebebiyle hem maruziyet hem de duyarlılık göstergeleri altında yer almaktadır. İlçede yer alan HES sayısı Devlet Su İşleri (DSİ) 2022 verilerinden elde edilmiştir. Taş ocağı ve madenler verisine saha çalışması ve sayım yoluyla ulaşılmıştır (Şekil 3.12). Devlet Su İşleri (DSİ) kaynaklarında, derelerin beton kanal içine alınması şeklinde uygulanan taşkın kontrol yapıları veya diğer ismiyle beton dere ıslah duvarlarına ait detaylı bir bilgi veya sayısal veri bulunmamaktadır. Bu sebeple, beton dere ıslah duvarları tartışma bölümünde ele alınacaktır.



Şekil 3.12: Çiftköprüler vadisinde yer alan taş ocağının Gürgencik Köyü’nden görünümü (Foto: N. D. Uyanık, 2023).

Kamu binaları, taşıma kapasitesi, çevre yolu, doğa ve çevre ile ilgilenen STK’ler, kırsal yaşama uyum, afet yönetim planları, erken uyarı sistemi, kamulaştırılan veya imar barışından faydalanan arazi ve binalar, afet sigortacılığı, geçmiş sel deneyimi, geçirimli yüzeyler, gri (sert) uyum önlemleri ve doğa temelli çözümler gibi göstergelere ait veriler de aynı şekilde saha çalışmaları yoluyla elde edilmiştir. Sağlık hizmeti kapasitesi ve acil müdahale ekiplerinin tespitinde Arhavi sınırları içinde yer alan tüm sağlık merkezleri ve müdahale ekipleri ele alınmıştır. Karadeniz Sahil Yolu da sel/taşkın etkilenebilirliğinde göz önünde bulundurulmalıdır. Sahil yoluna ait sayısal veriler “Yollar” göstergesi içinde yer almaktadır ve bağımsız olarak tespit edilememektedir. Bu sebeple, sahil yolunun hangi alt havzalardan geçtiği bilgisine göstergeler arasında yer verilmiştir. Karadeniz Sahil Yolu’na ait daha detaylı açıklamalara fotoğraflar eşliğinde tartışma bölümünde yer verilmiştir.

Dere yataklarının daraltılması ve doğal taşkın alanlarının işgal edilmesi, sel riskini arttırmaktadır. Ülkemizde sellerin bir afete dönüşmesinin en büyük sebeplerinden biri olması sebebiyle bu gösterge duyarlılık altında yer almaktadır.

Saha çalışmaları, gözlem ve birebir görüşmeler yoluyla elde edilen bilgiler, basılı ve resmî kaynaklarla da desteklenmiştir.

3.2.3.3. Dijital veriler, uydu görüntüleri ve CBS analizleri

2017 ve sonrasındaki çalışmalar, sel ve taşkınların etkilerinin belirlenmesinde mekânsal ve coğrafi-mekânsal tekniklerin kullanıldığını (Kumar ve Bhattacharjya, 2020) ve bu yönetime çokça başvurulduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılacak bazı coğrafi-mekânsal ve dijital verileri üretmek için Arc-MAP 10.3 yazılımı kullanılmıştır. Arhavi ilçe sınırı, Arhavi, Kayadibi ve Kemerköprü Orman İşletme Şeflikleri'ne göre belirlenmiştir.

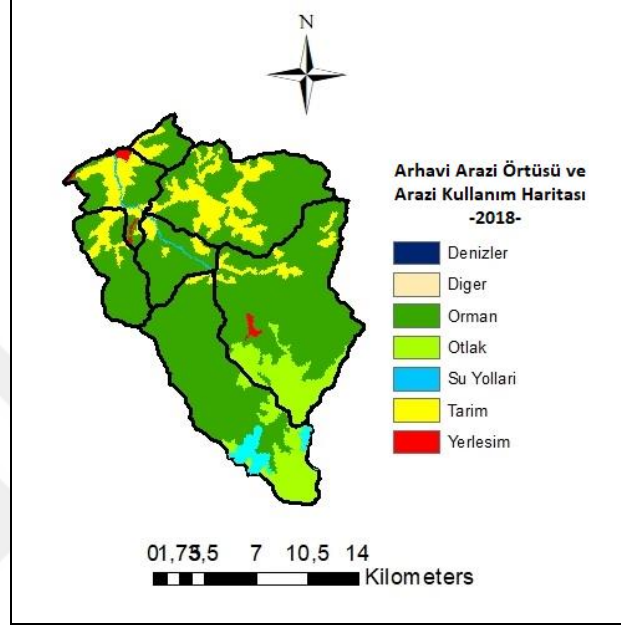
USGS (Birleşik Devletler Jeoloji Kurumu) veritabanından erişilen Sayısal Yükselti Modeli (DEM) verisi ilçe sınırına göre kesilmiştir. DEM verisi, sırayla *Fill (Doldur)*, *Flow Direction (Akış Yönü)* ve *Flow Accumulation (Akış Birikimi)* analizlerine tabi tutulduktan sonra, her bir dere üzerinde drenaj noktaları seçilerek *Watershed/Su Havzası* işlemi yapılmış, böylece Arhavi ilçesinin alt havzaları belirlenmiştir.

ArcMAP'te bulunan hidroloji analizleri arasındaki *Stream Order (Akarsu Düzeni)* aracı kullanılarak Arhavi'deki akarsular görselleştirilmiş ve uzunlukları tespit edilmiştir.

Yine DEM verisi kullanılarak Arhavi ilçesinin eğim ve bakı haritaları, Stream Order (Akarsu Düzeni) verisi kullanılarak akarsulara yakınlık haritaları üretilmiştir. Akarsulara yakınlık göstergesinin hesaplanmasında, *Euclidian Distance* yani *Öklid Mesafesi* analizi kullanılmıştır. Daha sonra, Arhavi'nin genelini kapsayan akarsuya yakınlık verisi alt havzalara bölünmüştür. Akarsu ağlarına daha yakın olan bölgelerde sel/taşkın etkilenebilirliği yüksek olacağından, her bir alt havza için 50 metrenin altında kalan toplam alanlar hesaplanmıştır. 50 metre sınırı, 22 Temmuz 2021'de ilçede yaşanan taşkında sel sularının yaklaşık olarak yayılma mesafesine göre belirlenmiştir.

Elde edilen dijital veriler arasında, etkilenebilirlik ve risk analizinin en önemli bileşenlerinden olan CORINE (Çevresel Bilginin Koordinasyonu) Arazi örtüsü/Arazi kullanımı haritaları da vardır. 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarını kapsayan 100x100 metrelik Arazi Örtüsü Raster (Tarama) verileri Avrupa Çevre Ajansı (EEA)'nın internet sitesinden indirildikten sonra, önce Arhavi ilçe sınırlarına göre kesilmiş, ardından, karşılaştırma yapmaya uygun hale gelmesi amacıyla önceden belirlenen alt havzalara

ayrılmıştır. 1990 verileri, güncellik, hesaplamaların tutarlılığı, karşılaştırma zorlukları ve çalışma alanında sel afetlerinin esas olarak 2000’lerden sonra sıklaşması gibi gerekçelerle analiz dışında bırakılmıştır. Arazi türleri, “Yerleşim, Tarım, Orman, Otlak, Su Yolları, Denizler ve Diğer” olmak üzere yedi ana grupta toplanmış ve ArcMAP 10.3 aracılığıyla yeniden haritalanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: 2018 yılı için Arhavi CORINE Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım haritası.

Yerleşim ve tarım alanlarından oluşan sel/taşkın etkilenebilirliği yüksek yani duyarlı araziler, her bir alt havzanın toplam alanına bölünerek hesaplanmıştır. Seller söz konusu olduğunda, koruma ve engelleme işlevi gören orman alanlarına ait sayısal veriler aynı haritalar aracılığıyla bulunmuştur.

Arazi değişimi, selden etkilenebilirliği yüksek olan duyarlı arazilerin yıllar arasındaki değişimini ortaya koyan önemli bir göstergedir. 2000-2018 yılları arasındaki arazi değişim oranlarının hesabında, yedi ana sınıfta toplanan CORINE arazi verileri kullanılmıştır.

Eğimi 5 derece ve altındaki araziler ile deniz seviyesi ve altındaki arazilerin tespitinde yine ArcMAP 10.3 yazılımından faydalanılmıştır. Öznitelik tablosuna referans değerler girildikten sonra Raster (Tarama) verilerinin projeksiyonu değiştirilmiş ve belirlenen referans değerlerine göre duyarlı arazilerin alanı matematiksel olarak hesaplanmıştır.

Yağış göstergesi için World Climate üzerinden 1 km çözünürlüklü aylık yağış verileri indirilmiştir. Arhavi’de en şiddetli yağışların görüldüğü Eylül ayı verileri ArcMAP yazılımına yüklenmiştir. Sitedeki veriler dünya genelini kapsadığından, indirilen yağış bilgisi Arhavi ilçe sınırına göre kesilmiş ve sayısal veriler analize dahil edilip görselleştirilmiştir.

Son olarak, elde edilen bütün veriler hem Excel formatında hem de ArcMAP'teki öznetelik tablosunda bir araya getirilmiştir. Etkilenebilirlik ve risk şablonu erişilen verilere göre güncellenmiştir.

3.2.4. Normalizasyon

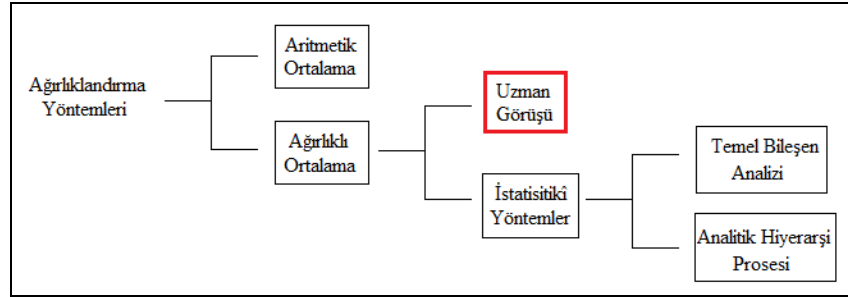
Normalizasyon, farklı kaynaklardan elde edilen farklı tür ve birimdeki verilerin birbirleriyle kıyaslanabilir ve ölçülebilir hale gelmesi amacıyla uygulanan önemli bir teknik aşamadır. Bu çalışmada, "Maksimum-Minimum Normalizasyon" yöntemi kullanılmıştır (Şekil 3.14).

$$\text{Normalize Edilmiş Değer} = \frac{\text{Gerçek Değer} - \text{Minimum Değer}}{\text{Maksimum Değer} - \text{Minimum Değer}}$$

Şekil 3.14: Normalizasyon formülü.

3.2.5. Ağırlıklandırma

Literatür çalışmaları sonucunda, ağırlıklandırma işleminde ağırlıklı ortalama yönteminin öne çıktığı görülmüştür (Şekil 3.15). Ağırlıklı ortalama hesabında istatistiksel araçlar çok fazla kullanılmaktadır.



Şekil 3.15: Ağırlıklandırma yöntemleri.

Bu çalışmada ağırlıklandırma işlemi "Uzman Görüşü" yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Farklı üniversite ve kurumlarda çalışan 19 uzmandan (Tablo 3.7), her bir göstergenin sel/taşkınlar üzerindeki etkileri için 1 ile 5 arasında puan vermeleri istenmiştir. Verilen puanlar toplanmış, toplam puanlar uzman sayısına bölünerek önce aritmetik ortalaması alınmıştır. Ardından, her bir gösterge için belirlenen ağırlıklar, normalize edilmiş değerlerle çarpılarak göstergeler ağırlıklandırılmıştır.

Tablo 3.7: Uzman listesi.

UZMAN LİSTESİ			
	Unvan / Meslek	Üniversite / Kurum	Fakülte / Alan
1	Prof. Dr.	AÇÜ	Orman Mühendisliği, Havza
2	İnşaat Yük. Mühendisi	KTÜ ve DSİ	Akarsu Yapıları
3	Doç. Dr.	KTÜ	Orman Mühendisliği, Orman Ekonomisi
4	Dr.	OGM	Orman Mühendisi
5	Prof. Dr.	İÜC	Orman Mühendisliği, Toprak İlmi ve Ekoloji
6	Prof. Dr.	İÜC	Orman Mühendisliği, Toprak İlmi ve Ekoloji
7	Doç. Dr.	İÜC	Orman Mühendisliği, Toprak İlmi ve Ekoloji
8	Prof. Dr.	KTÜ	Çevre Mühendisliği, Havza Su Yönetimi ve Hidrolojik Modelleme
9	Doç. Dr.	KTÜ	Çevre Mühendisliği, Havza Su Yönetimi ve Hidrolojik Modelleme
10	Dr.	KTÜ	Çevre Mühendisliği, Havza Su Yönetimi ve Hidrolojik Modelleme
11	-	AÇÜ	Orman Mühendisliği, Havza
12	Doçent	AÇÜ	Peyzaj
13	Prof. Dr.	KTÜ	Orman Mühendisliği, Havza
14	Prof. Dr.	Hacettepe Üniversitesi	Jeoloji Mühendisliği, Hidrojeoloji
15	Doç. Dr.	KTÜ	Orman Mühendisliği, Orman İnşaatı ve Geodeji Fotogrametri
16	Doç. Dr.	Amasya Üniversitesi	Mimarlık, Peyzaj Mimarlığı
17	-	AÇÜ	Orman Mühendisliği, Havza
18	-	AÇÜ	Orman Mühendisliği, Havza
19	-	AÇÜ	Orman Mühendisliği

3.2.6. Risk Hesabı

Etkilenebilirlik ve riskin tespitinde amaç, kapsam, koşullar ve önceliklere göre değişiklik gösteren işlemler kullanılmaktadır. Araştırmacılar, farklı kapsamdaki çalışmalar için farklı formüller önerebilmektedir.

Bu çalışmada, güncel IPCC şablonu baz alınarak her bir alt havza için önce etkilenebilirlik, daha sonra risk hesaplanmıştır. Öncelikle her bir alt havza için tehlike, maruziyet, duyarlılık, uyum kapasitesi, etkilenebilirlik ve risk hesapları yapılmıştır. Etkilenebilirliğin tespitinde duyarlılık ve uyum kapasitesi göstergeleri kullanılmıştır.

$$\text{Etkilenebilirlik} = \text{Duyarlılık} \times (1 - \text{Uyum Kapasitesi})$$

Riskin tespitinde ise maruziyet ve etkilenebilirlik verileri kullanılmıştır.

$$Risk = Maruziyet \times Etkilenebilirlik$$

Elde edilen veriler normalize edildikten sonra, aşağıdaki örnekte olduğu gibi tüm sonuçlar 5 sınıfla derecelendirilmiştir (Tablo 3.8).

Tablo 3.8: Risk sınıfları ve dereceleri.

Metrik Risk Sınıfları (0'dan 1'e kadar)	Risk Sınıfları (1'den 5'e kadar)	Risk Derecesi
0-0,20	1	Çok Düşük
0,21-0,40	2	Düşük
0,41-0,60	3	Orta
0,61-0,80	4	Yüksek
0,80-1,00	5	Çok Yüksek

4. BULGULAR

Arhavi ilçesinin sel/taşkın etkilenebilirlik ve risk analizi için elde edilen tüm veriler, bilgisayar yazılımları ve matematiksel hesaplamalarla sayısal hale getirilmiştir. Tüm veriler, “Tehlike, Maruziyet, Duyarlılık, Uyum Kapasitesi ve Risk” gösterge grupları altında listelenmiş, böylece “Etki Zinciri” oluşturulmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Etki Zinciri.

4.1. ETKİ ZİNCİRİ GÖSTERGE GRUPLARI

4.1.1. Tehlike

Tehlike gösterge grubu, çalışma alanındaki alt havzalar bazında, geçmişte meydana gelen sel ve taşkınlara göre tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Her bir alt havzada meydana gelen geçmiş sel ve taşkınlar.

HAVZA KOD	HAVZA ADI	Sel/Taşkın Yılı	Sel/Taşkın Sayısı
HA1	Kapisre	1956, 1974, 2021	3
HA2	Lome	1956, 1974, 2021	3
HA3	Sidere	1956, 1974, 2019, 2021	4
HA4	Orçi	1956, 1974, 2019, 2021	4
HA5	Kamilet	2021	1
HA6	Durguna	2021	1
HA7	Hacılar	2015	1

4.1.2. Maruziyet

İnsan ve hayvan nüfusu, yerleşim alanı, tarım alanı, yollar, HES, taş ocakları, madenler, tarihi yapılar ve kamu binalarına ait sayısal veriler, etki zincirinin maruziyet başlığı altında toplanmıştır (Tablo 4.2). Maruziyette toplam 8 gösterge yer almaktadır.

Tablo 4.2: Maruziyet göstergeleri.

		MARUZİYET							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		İnsan Nüfusu	Hayvan Nüfusu	Yerleşim Alanı	Tarım Alanı	Yollar	HES, Taş Ocağı ve Madenler	Tarihi yapılar	Kamu Binaları
HAVZA KOD	HAVZA ADI	2022	Tem.24 (Adet)	2018 (ha)	2018 (ha)	2018 (ha)	2018 (Adet)	2018 (Adet)	2023 (Adet)
HA1	Kapisre	16.250	1.868	155	835	23	3	3	41
HA2	Lome	505	105	0	447	0	0	12	4
HA3	Sidere	1.467	736	0	1.786	0	1	32	17
HA4	Orçi	357	59	0	273	0	2	7	5
HA5	Kamilet	149	94	0	89	0	1	8	1
HA6	Durguna	529	410	80	498	0	3	2	7
HA7	Hacılar	2.263	254	17	245	13	0	18	6

Arhavi'nin nüfusu 2022'de 21.520'dir. Nüfusun yalnızca 3007'si köylerde kayıtlıdır, geriye kalan 18.513 kişi ilçe merkezinde yaşamaktadır. Veriler, nüfusun ilçe merkezinde, Kapisre (HA1) ve Hacılar (HA7) alt havzalarında yoğunlaştığını göstermektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı Arhavi İlçe Müdürlüğü'nden 2024 Temmuz ayı için alınan kayıtlara göre, Arhavi ilçesindeki kayıtlı hayvan nüfusu 3.526 olup aralarında büyük ve küçük baş hayvanlarla kedi ve köpekler vardır.

Yerleşim alanı, tarım alanı ve yollar için CORINE sistemi üzerinden yıllar bazında indirilen veriler aracılığıyla hektar cinsinden alan tespit edilmiştir. Yerleşim alanları ve yollar, Kapisre (HA1) ve Hacılar (HA7) havzalarında yoğunlaşmaktadır. Tarım alanları ise sırasıyla Sidere (HA3) ve Kapisre (HA1) alt havzalarında en fazladır.

HES, taş ocağı ve madenlere ait sayısal veriler adet cinsinden verilmektedir. Arhavi’de toplam 5 HES, 3 taş ocağı, 2 mıcır ve taş kırma tesisi vardır. Akarsu ve taşkın alanlarında sözü edilenlerin dışında da çok fazla üretim tesisi vardır fakat bu tesisler yerleşim alanı göstergesi altında yer aldığından ayrıca belirtilmemiştir. Artvin İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü’nden alınan verilere göre, Arhavi sınırlarında 82 adet tarihi yapı vardır. En fazla tarihi yapı 32 adet eserle Sidere (HA3) alt havzasındadır. Kamu binaları verisi, belediye kaynakları ve saha çalışmaları yoluyla adet cinsinden hesaplanmıştır.

4.1.3. Duyarlılık

Duyarlılık başlığı altında toplamda 19 gösterge tespit edilmiştir. Bu göstergelerden çevre yolu hiçbir alt havzada olmaması sebebiyle, yaş bağımlılık oranı ise alt havzalar bazında tespit edilemediği için analiz dışı bırakılmıştır. Bakı göstergesi, seller üzerindeki etkisinin göz ardı edilebilir olması sebebiyle analizden çıkarılmıştır. Analize dahil edilen 16 duyarlılık göstergesi aşağıdaki tabloda sunulmuş olup her bir gösterge için elde edilen sayısal veriler ilerleyen kısımlarda açıklanmıştır (Tablo 4.2).

Tablo 4.3: Duyarlılık göstergeleri.

		DUYARLILIK							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Duyarlı Araziler	Eğimi 5 Derece ve Altında Kalan Araziler	Deniz Seviyesi ve Altında Kalan Araziler	Yükseklik	Eğim	Akarsu yatağında olup imar affı verilen bina ve araziler	Akarsulara Yakınlık <50 m	Akarsu Yatağının Daraltılması
HAVZA KOD	HAVZA ADI	2018	Alan (ha)	Alan (ha)	Ortalama (m)	Ortalama (Derece)	Adet	Alan (ha)	Var/Yok (1-0)
HA1	Kapisre	0,44	332,43	6,40	184	20,71	3	141,12	1
HA2	Lome	0,18	14,05	0,00	597	27	0	135,47	1
HA3	Sidere	0,28	61,95	0,00	637	27,6	0	323,16	1
HA4	Orçi	0,13	12,65	0,00	608	30,94	0	124,89	1
HA5	Kamilet	0,01	14,36	0,00	1.808	33,11	0	393,72	1
HA6	Durguna	0,06	3,73	0,00	1.378	29,82	0	481,21	0
HA7	Hacılar	0,31	28,86	7,40	225	25	0	33,16	1

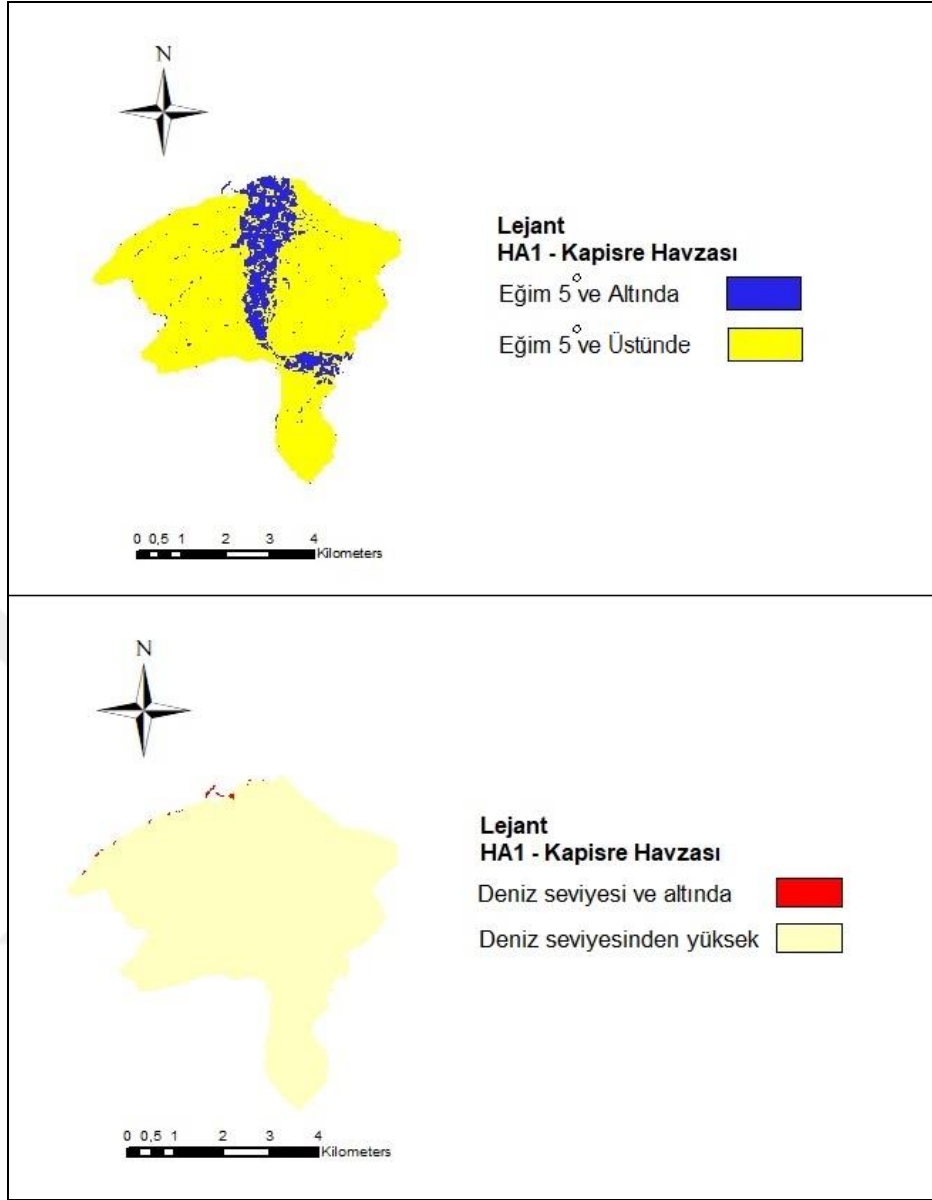
Tablo 4.2 (devam):

		DUYARLILIK							
		9	10	11	12	13	14	15	16
		Yağış	Nüfus Yoğunluğu	Nüfus Artış Oranı	Kiriş Köprüler	HES, Taş Ocağı ve Madenler	Karadeniz Sahil Yolu	Taşıma Kapasitesi	Yerleşim Alanı Değişimi
HAVZA KOD	HAVZA ADI	1970-2000 Eylül Ort. (mm)	2022 (kişi/ha)	2007-2022 (%)	Adet	Adet	Var/Yok (1-0)	Yağmur suyu-Kanalizasyon Hattı Aynı Var/Yok (1-0)	2006-2018 (%)
HA1	Kapisre	201	7,02	12	26	3	1	0	44
HA2	Lome	162	0,21	11	6	0	0	1	43
HA3	Sidere	160	0,23	68	17	1	0	1	57
HA4	Orçi	160	0,17	11	3	2	0	1	0
HA5	Kamilet	91	0,02	255	1	1	0	1	4
HA6	Durguna	105	0,06	66	5	3	0	1	193
HA7	Hacılar	198	2,55	-12	13	0	1	1	0

Duyarlı araziler, en fazla Kapisre (HA1), Hacılar (HA7) ve Sidere (HA3) alt havzalarındadır.

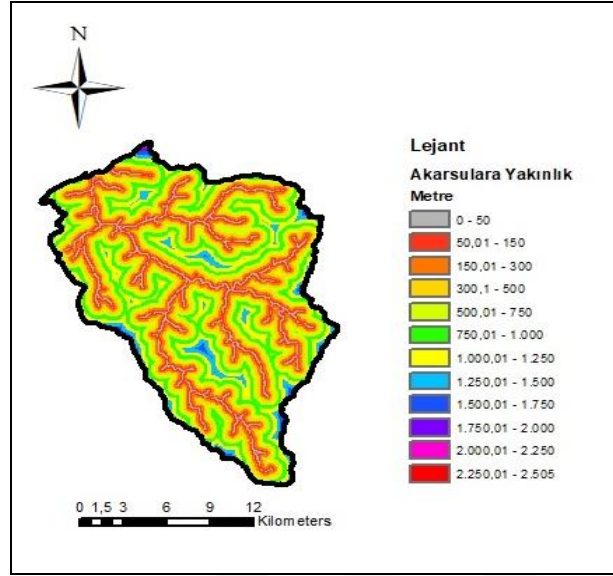
Akarsu yatağında olup imar affı verilen bina ve tesislere ait bilgiler belediye yetkililerinden şifahen edinilmiştir. İmar affından faydalanan tesislerin 3'ü de (beton santrali, HES ve pansiyon) Kapisre (HA1) alt havzasında yer almaktadır.

Eğimi 5 derece ve altında kalan araziler 332,43 hektarlık alanla en fazla Kapisre (HA1) alt havzasındadır. Deniz seviyesi ve altında kalan arazilerin ise Hacılar (HA7) alt havzasında daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki duyarlılık göstergesi de sayısal veriler aracılığıyla hesaplanmış ve haritalandırılmıştır (Şekil 4.2). Bu iki göstergeye bağlı olan duyarlı arazilerin, diğer alt havzalara kıyasla sellerin olumsuz etkilerine karşı açık olan Kapisre (HA1) ve Hacılar (HA7) alt havzalarında yer aldığı görülmektedir.



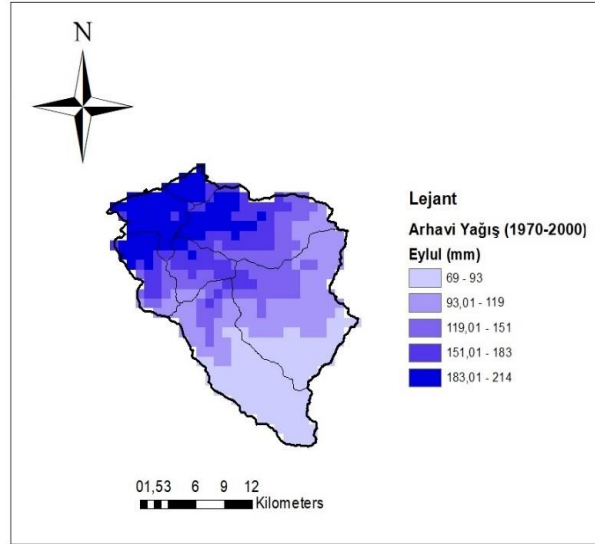
Şekil 4.2: Kapisre Havzası'nda (HA1) eğimi 5 derece ve altındaki araziler ile deniz seviyesi ve altında kalan araziler.

CORINE sisteminden elde edilen kaynak veriler, bilgisayar yazılımında bazı analizlere tabi tutulduktan sonra, akarsulara yakınlık verisi metre cinsinden gruplara ayrılmıştır (Şekil 4.3). Sonraki adımda, akarsuların 50 metre veya daha yakınında yer alan duyarlı arazilerin hektar cinsinden alanı hesaplanmıştır. Akarsulara 50 metre yakınında en geniş alan Durguna (HA6) alt havzasındadır. Bunda, alt havzanın alan olarak büyüklüğünün etkisi vardır.



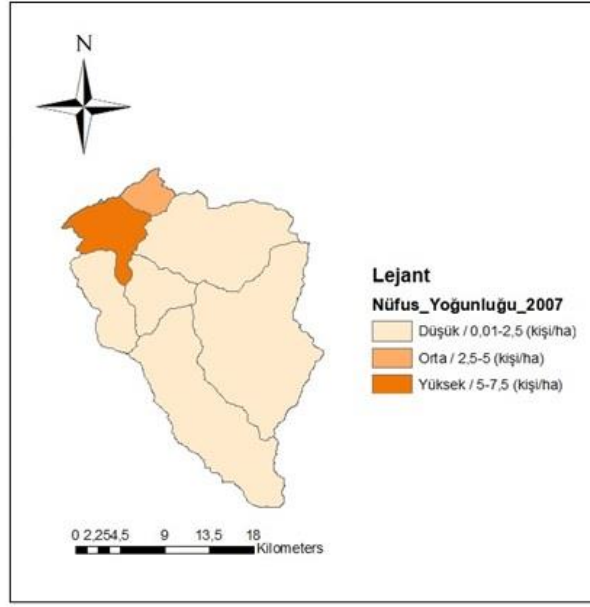
Şekil 4.3: Arhavi ilçesi akarsulara yakınlık haritası.

1970-2000 yılları arasında yağışın en yüksek seyrettiği Eylül ayı için ortalama yağış verisi çalışma alanı sınırlarına uygulanmıştır (Şekil 4.4). Her bir alt havzaya ayrıldığında, orografik yağışların kırsal alandan daha çok ilçe merkezinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu da nüfusun yoğunlaştığı ilçe merkezinde sel riskini arttıran bir faktördür.



Şekil 4.4: Arhavi ilçesinde Eylül ayı için 1970-2000 yılları arasındaki ortalama yağışlar.

Nüfus yoğunluğu, her bir alt havza için nüfus verisinin alt havza alanına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Bir kez daha ArcMAP 10.3 yazılımı kullanılarak nüfus yoğunluk haritası oluşturulmuş ve “Düşük-Orta-Yüksek” yoğunluk gruplarına ayrılıp görselleştirilmiştir (Şekil 4.5). Nüfusun ilçe merkezinde yoğunlaşması, Kapisre (HA1) ve Hacılar (HA7) alt havzalarındaki riski arttıran bir faktördür.



Şekil 4.5: 2007 yılı için Arhavi nüfus yoğunluğu haritası.

2007-2022 yılları arasındaki nüfus artış oranı, her bir alt havza için sırasıyla %12, %11, %68, %11, %255, %66 ve -%12'dir. Yalnızca Hacılar (HA7) havzasında nüfusun azaldığı görülmektedir.

Sellere etki eden en önemli faktörlerden biri, akarsuların ve taşkın alanlarının daraltılması ya da işgal edilmesidir. Özellikle arazilerin kısıtlı olduğu Doğu Karadeniz Bölgesinde bu durum çok yaygındır. Arhavi'de sahil yolunun inşasından sonra köylerdeki nüfusun azalması ve ilçe merkezinde yoğunlaşması, dere yataklarının daraltılması ve taşkın alanlarının işgaliyle sonuçlanmıştır. Alt havzalar arasında, lokal alanlar dışında derelerin daraltılmadığı tek yer Durguna (HA6) alt havzasıdır. Durguna çok derin bir vadidir ve yerleşim alanları genelde yamaçlara kurulmuştur. Kamilet (HA5) alt havzasında, 2021'deki selden sonra yaklaşık 3,5 km boyunca yol genişletilmiş, dere yatağı daraltılmış, yolu korumak amacıyla kaya tahkimatlar yapılmıştır. Sidere (HA3) alt havzasında yerleşim alanları genellikle dereden uzaktır. Fakat 1990'larda kurulan taş ocağına ulaşmak için Çifteköprüler üzerindeki Orçi Deresi yol ile daraltılmıştır. Çifteköprüler üzerindeki taş ocakları ve dere istinat duvarları da Orçi (HA4) üzerinde yer alan, Kamilet ve Durguna derelerinin birleştiği Orçi Deresi'ni daraltmaktadır.

HES, taş ocağı ve madenler, özellikle yapım aşamasındaki inşaat faaliyetleri sebebiyle sellere etki edebilmektedir. Sellere doğrudan sebep olmasa da dolaylı etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Neredeyse tüm örneklerde, ortaya çıkan hafriyat, depolama alanları yerine dere yataklarına ve vadilerden aşağıya boca edilmektedir. Kamilet (HA5) alt havzasında

kurulan 1 adet, Durguna (HA6) alt havzasındaki 3 adet HES için vadilerde çok fazla tahribat oluşmuş, ortaya çıkan bütün malzeme sel ve taşkın anlarında ilçe merkezine doğru taşınmıştır. Arhavi ilçesinde, 1'i Kapisre (HA1), 3'ü Durguna (HA6) ve 1'i Kamilet'te (HA5) olmak üzere toplamda 5 HES vardır. İki adet taş ocağı Orçi (HA4), bir tanesi de Sidere (HA3) alt havzasında yer almaktadır. Mıdır ocağı ve taş kırma tesislerinin her ikisi de Kapisre (HA1) alt havzasındadır. Henüz metalik maden yoktur. Ama Sidere (HA3) alt havzasındaki 9 köyü içine alan 1930 hektarlık bir alan için arama ihalesi yapılmış ve ruhsatlandırılmıştır.

Sel anında, yağışların şiddetine ve akarsuların debisine bağlı olarak, kiriş köprülerin duyarlılığı arttırdığı söylenebilir. Ülkedeki pek çok sel felaketinde, kiriş köprülerin derenin önünde set oluşturduğu, rüsubat taşınması yüzünden tıkanmalara ve göllenmelere sebep olarak taşkınlara yol açtığı kimi zaman da yıkıldığı görülmüştür. Arhavi özelinde bakıldığında da aynı durum gözlenebilmektedir. Çok yağış alan bir bölge olmasına karşın ilçede çok sayıda kiriş köprü inşa edilmiştir. Ayrıca, kiriş köprülerin ya çok dar kaldığı ya da DSİ (Devlet Su İşleri) tarafından yanlış debi hesabıyla inşa edildiği görülmektedir. Bu sebeple, kiriş köprüler de duyarlılık göstergeleri arasında yer almaktadır. Kiriş köprüler, saha çalışmalarında birebir sayım yoluyla adet cinsinden elde edilmiştir. Yapılaşmanın en yüksek olduğu Kapisre (HA1) alt havzasındaki irili ufaklı dereler üzerinde 26 adet kiriş köprü sayılmıştır.

Taşıma kapasitesi, sel ve taşkınlar açısından önemli bir diğer göstergedir. Yağmur suyu ve kanalizasyonun ayrı olması, taşıma kapasitesini arttıran bir faktör olup sel anlarında drenajı kolaylaştırmakta ve sellerin yıkıcı etkilerini azaltmaktadır. Drenaj sistemlerinin aynı olması durumundaysa tam tersi bir etki yaratmaktadır. Bu sebeple, taşıma kapasitesine hem duyarlılık hem de uyum kapasitesi altında yer verilmiştir. Arhavi'de yağmur suyu ve kanalizasyon hatları Kapisre (HA1) alt havzasındaki bir cadde haricinde aynıdır. 2021'deki selden sonra ilçe merkezindeki sözü edilen cadde üzerindeki yağmur suyu ve kanalizasyon hatları birbirinden ayrılmıştır. Daha sonra taşıma kapasitesinin artırılması için herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Karadeniz Sahil Yolu, akarsuların denizle birleştiği alanlarda baraj işlevi görebilmektedir. Menfezlerin yetersizliği de suyun yıkıcı etkisini arttıran bir faktördür. Karadeniz Sahil Yolu, CORINE sisteminde "Yollar" göstergesi altında yer almaktadır. Fakat başlı başına sahil yoluyla ilgili bir sayısal veri bulunmamaktadır. Karadeniz sahil yolu Kapisre (HA1) ve Hacılar (HA7) alt havzalarından geçmektedir.

Arazi değişimi, CORINE sisteminden elde edilen veriler ışığında, 2000-2018 yılları arasındaki arazi örtüsü/ arazi kullanım değişimini göstermektedir. Yerleşim alanı, Kapisre

(HA1) alt havzasında %150 artmıştır. Orman alanları, Sidere (HA3) ve Orçi (HA4) dışında azalmıştır. Tarım ve otlak alanlarında da genel anlamda bir düşüş olduğu görülmektedir.

4.1.4. Uyum Kapasitesi

Arhavi ilçesinin sellerin etkileriyle başa çıkabilme becerisini ifade eden uyum kapasitesi 11 göstergeden oluşmaktadır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Uyum Kapasitesi göstergeleri.

		UYUM KAPASİTESİ					
		1	2	3	4	5	6
		Orman Alanı Oranı	Kemer Köprüler	Akarsu yatağında olup kamulaştırılan bina ve araziler	Kırsal Yaşama Uyum	Sel Deneyimi	Doğa ve Çevre STK'leri
HAVZA KOD	HAVZA ADI	2018	Adet	Adet	Var/Yok (1-0)	Adet	Adet
HA1	Kapisre	0,53	0	1	0	3	3
HA2	Lome	0,82	0	0	1	3	3
HA3	Sidere	0,72	2	0	1	4	4
HA4	Orçi	0,83	1	0	1	4	3
HA5	Kamilet	0,71	1	0	1	1	3
HA6	Durguna	0,74	1	0	1	1	4
HA7	Hacılar	0,70	0	0	0	1	3
		7	8	9	10	11	
		Acil Müdahale Ekipleri	Sağlık Hizmeti Kapasitesi	Taşıma Kapasitesi	Gri (Sert) Uyum Önlemleri	Doğa Temelli Çözümler	
HAVZA KOD	HAVZA ADI	Adet	Adet	Yağmur suyu - Kanalizasyon Hattı Ayrı Var/Yok (1-0)	Adet	Var/Yok (1-0)	
HA1	Kapisre	7	1	1	3	0	
HA2	Lome	6	0	0	0	1	
HA3	Sidere	6	0	0	0	1	
HA4	Orçi	6	0	0	0	1	
HA5	Kamilet	6	0	0	0	1	
HA6	Durguna	6	0	0	0	1	
HA7	Hacılar	7	1	0	0	0	

Etki zincirinde uyum kapasitesi altında yer alan geçirimli yüzeyler, sosyo-ekonomik gelişmişlik endeksi (SEGE), afet yönetim planları, afet sigortacılığı ve erken uyarı sistemi göstergeleri analize dahil edilmemiştir. Geçirimli yüzeyler, kentsel alanlardaki yeşil alan ve parkları ifade etmektedir ve kırsal alan için böyle bir veri bulunmamaktadır. Sosyo-ekonomik

gelişmişlik endeksine de ilçe genelinde geçerli olması sebebiyle alt havza analizinde yer verilmemiştir.

Orman alanlarının toplam alt havza alanına oranı 2018 yılı için verilmiştir. Orçi (HA4) ve Lome (HA2) alt havzalarında orman alanı en yüksektir. En az orman alanına sahip alt havza yapılaşmanın da yüksek olduğu Kapisre (HA1) alt havzasındadır.

Kemer köprüler, ilçenin coğrafik ve iklimsel özelliklerine uyumlu yapılardır. Bugüne kadarki sel ve taşkınlarda kiriş köprülerin çoğu zarar görürken, tek bir kemer köprü zarar görmemiştir. Akarsuların önünde set oluşturmadağı için suyun drenajını ve taşıma kapasitesini engellemez. Kemer köprüler Sidere, Kamilet ve Durguna dereleri üzerindedir. Orçi Deresi üzerinde dinamitler ve HES inşaatı yüzünden büyük bölümü yıkılan kemer köprünün restorasyonu yeni bitmiştir.

İlçede akarsu yatağında olup kamulaştırılan araziler çok kısıtlıdır. Yalnızca Kapisre (HA1) alt havzası sınırlarında yer alan Kireçlik mevkiinde tersip bendi inşası için kamulaştırma yapılmıştır.

Kırsal yaşama uyum ve doğa temelli çözümler göstergeleri, kırsal ve kent ayrımı yoluyla belirlenmiştir. Kırsal alanda yaşayan azınlık nüfusun doğaya ve kırsal yaşama uyumunun daha yüksek ve kentsel alanda yaşayan nüfusa kıyasla çok daha gelişkin olduğu, saha gezileriyle ve birebir iletişim yoluyla görülebilmektedir. Kentleşme etkisi, insanları doğadan ve doğanın etkilerine karşı hazırlıklı kalma yetisinden uzaklaştırmakta, bu da uyum kapasitesini etkilemektedir. Bu sebeple, kentleşmenin etkisinde kalan Kapisre (HA1) ve Hacılar (HA7) alt havzalarında kırsal yaşama uyumun diğer alt havzalara kıyasla daha düşük olduğu varsayılmıştır. Doğa temelli çözümler, çalışma alanında gün geçtikçe yok olsaydı da kırsal alanda kültürel ekolojiye dayanan çözümleri ifade etmektedir. Bunlar; hendekler, dört veya altı ayaklı serenderler (genelde tarım ürünleri saklamak için kullanılan ahşap yapılar) ve su basmanlar gibi yapılardır. Kapisre (HA1) ve Hacılar (HA7) alt havzalarında kentleşme ve yapılaşma etkisiyle bu doğal çözümlere artık neredeyse hiç başvurulmamaktadır.

Sel deneyimleri, olası sel tehditlerine karşı daha hazırlıklı olma hususunda bir bilinç oluşturmaktadır. Deneyimler hem bölge halkının hem de devletin resmî kurumlarının sellerle ilgili bilinç düzeyini ve farkındalığını arttırmaktadır. Bu noktada dikkat çeken en önemli unsur, geçmişte (1956, 1974, vd.) çok büyük taşkınlar yaşanmasına karşın, sellerin daha önce Arhavi ilçesinde afete dönüşmemiş olmasıdır. Özellikle 2010 sonrası sellerin sıklığı da etkileri de artmıştır. Hacılar (HA7) havzasında 24 Ağustos 2015'te meydana gelen Hopa

selinde ciddi tahribat oluşmuştur. 22 Temmuz 2021 selinden ise Hacılar hariç diğer tüm alt havzalar olumsuz etkilenmiştir. Akarsulara müdahaleler ve sele yatkın alanlarda yapılaşma arttıkça, afetlerin yaşanma olasılığının da yıkıcı etkilerinin de artma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Doğa ve çevre konuları üzerine çalışan yerel STK ve derneklerin varlığı, bölge halkının doğa kaynaklı afetlere karşı farkındalığını arttıran bir faktör olarak uyum kapasitesi göstergeleri arasında yer almaktadır. İlçe genelinde faaliyet gösteren üç doğa-ekoloji platformu vardır. Bunlar; Arhavi Doğa Koruma Platformu, 2024 yılı temmuz ayında kurulan Arhavi Çevre Derneği ve 2024 Temmuz ayında gündeme gelen maden projesi sonrası kurulan Vaminon hareketidir. Diğer iki dernek Pilarget Doğa ve Yaşam Derneği ve Çamlıca Doğa Koruma Derneği'dir. İlçe dışındaki ve büyükşehir merkezli STK'ler (İstanbul Arhavililer Derneği, Arhavililer Vakfı, vb.) göstergelerin dışında tutulmuştur.

Acil müdahale ekipleri arasında itfaiye, ambulans, polis, jandarma, orman ekipleri, zabıta ve yerel bir arama kurtarma timi olan Arhavi Arama Kurtarma Timi (ARTİM) yer almaktadır. İlçede, İl Afet Riski Azaltma Planı (İRAP) dışında detaylı ve kapsamlı bir afet yönetim planı olmadığı için göstergeler arasından çıkarılmıştır.

Sağlık hizmeti kapasitesi için yerel sağlık merkezleri sayılmıştır. Arhavi Devlet Hastanesi, Kapisre (HA1) sınırlarında, Aile Sağlığı Merkezi ise Hacılar (HA7) sınırlarında yer almaktadır. Diğer alt havzalardaki sağlık ocakları faaliyette değildir. İlçede afet sigortacılığıyla ilgili bir çalışma yoktur, bu yüzden analiz dışı bırakılmıştır.

Gri ya da sert uyum önlemleri, sel ve taşkınların etkilerini azaltmak amacıyla yapılan katı mühendislik çalışmalarını ifade etmektedir. Sel kontrolü amacıyla, Kapisre (HA1) alt havzasında üzeri betonlanan Musazade deresinin üstü açılarak betondan arındırılmıştır. Aynı cadde üzerindeki kanalizasyon ve yağmur suyu hattı da birbirinden ayrılmış, taşıma kapasitesi arttırılmıştır. Ayrıca Musazade deresinden yeni bir kol açılarak doğrudan Kapisre Deresi'ne bağlanmıştır. Bu sayede suyun bir bölümü şehir merkezine girmeden ana dereye aktarılmaktadır. Kireçlik sınırlarında kurulan tersip bendiyle, ana dereyle doğrudan su bağlantısı kurulmuştur. Bu uygulamayla, Kavak köyü sınırları içindeki sel tahribatının azaltılması amaçlanmıştır.

Gri (sert) uyum önlemleri içinde dereleri beton kanal içine alan taşkın kontrol yapıları da vardır. 2021'deki selden sonra Kapisre Deresi 1,3 km boyunca çift kademeli beton duvarlarla çevrilmiştir. Aynı süreçte, Sidere (HA3) havzasında yer alan Ulukent Köyü'nde de dereler duvar içine alınmıştır. Beton dere ıslah duvarları ve akarsular üzerindeki diğer

mühendislik faaliyetlerinin seller üzerinde büyük etkileri olmasına karşın, resmî kaynaklardan detaylı bir veri elde edilemediği için analize dahil edilememiştir. Beton dere istinat duvarlarıyla ilgili daha detaylı yorumlara tartışma bölümünde yer verilmiştir.

Erken uyarı sistemleri, sel ve taşkınlara karşı alınabilecek hayati önlemlerden biridir. Fakat çalışma alanı olan Arhavi’de erken uyarı sistemi olmaması sebebiyle analizde yer almamaktadır.

4.2. ANALİZ SONUÇLARI VE GÖSTERGE HARİTALARI

4.2.1. Tehlike

Arhavi sel/taşkın tehlike analizi geçmiş sellere dayanarak oluşturulmuştur (Tablo 4.5). Tehlike, normalizasyon işlemiyle sınıflarının belirlenmesinden sonra 1 ile 5 arasında sınıflandırılmıştır.

Tablo 4.5: Tehlike verileri.

HAVZA KOD	HAVZA ADI	Tehlike	Tehlike Sınıfı	Tehlike Derecesi
HA1	Kapisre	0,67	4	Yüksek
HA2	Lome	0,67	4	Yüksek
HA3	Sidere	1,00	5	Çok Yüksek
HA4	Orçi	1,00	5	Çok Yüksek
HA5	Kamilet	0,00	1	Çok Düşük
HA6	Durguna	0,00	1	Çok Düşük
HA7	Hacılar	0,00	1	Çok Düşük

Sel ve taşkınların geçmişte en çok Sidere (HA3) ve Orçi (HA4) alt havzalarında meydana geldiği ya da etkili olduğu görülmektedir. Yaylalarda yani yukarı havzalarda düşen yağışlar Orçi ve Sidere derelerinin büyüklüğünü ve debisini arttırmaktadır. Orçi’nin, Kamilet ve Durguna derelerinin ve kısmen de Sidere Deresi’nin birleştiği ana dere olmasının etkisi büyüktür. Havzalardaki tüm dereler, ilçe merkezinin bulunduğu Kapisre Deresi’nde birleşerek Karadeniz’e akar. Hacılar (HA7) alt havzası, 24 Ağustos 2015’teki Hopa selinden ciddi şekilde etkilenmiştir. Hacılar alt havzasındaki sel ve taşkınlar, Karadeniz Sahil Yolu’nun inşasından sonra tehlike arz etmeye başlamıştır.

4.2.2. Maruziyet

Maruziyet, 8 adet maruziyet göstergesinin ortalamasının normalize edilmesiyle hesaplanmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Maruziyet verileri.

HAVZA KOD	HAVZA ADI	Maruziyet	Maruziyet Sınıfı	Maruziyet Derecesi
HA1	Kapisre	1,00	5	Çok Yüksek
HA2	Lome	0,02	1	Çok Düşük
HA3	Sidere	0,42	3	Orta
HA4	Orçi	0,08	1	Çok Düşük
HA5	Kamilet	0,00	1	Çok Düşük
HA6	Durguna	0,26	2	Düşük
HA7	Hacılar	0,20	1	Çok Düşük

Kapisre (HA1) alt havzasında maruziyet en yüksektir. Arhavi'nin ilçe merkezi olması sebebiyle nüfus ve kamu binaları bu alt havzada en fazladır. KAVAK HES'in Orçi (HA4) alt havzası sınırlarında yer alan regülatörü, 29 Eylül 2019'daki şiddetli yağışlarda kapakların zamanında açılmaması sebebiyle zarar görmüş ve santral yaklaşık üç ay boyunca faaliyet dışı kalmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: 29 Eylül 2019 tarihinde meydana gelen sel ve taşkında, KAVAK HES'in Orçi Deresi üzerindeki regülatörü zarar görmüştür (Foto: N. D. Uyanık, 2019).

Aynı santralin biri Orçi (HA4), diğeri Kapisre (HA1) alt havzasında yer alan iki regülatörü, 22 Temmuz 2021 sel ve taşkında da tahrip olmuş, baraj etkisi görerek çevredeki arazilere zarar vermiş ve maddi zararlara yol açmıştır.

Sidere (HA3)'nin maruziyetini arttıran bir faktör, nüfusun görece yüksek olmasının yanında tarihi yapıların fazlalığıdır. En düşük maruziyet Lome (HA2), Orçi (HA4), Kamilet (HA5) ve Hacılar (HA7) alt havzalarındadır. Durguna (HA6) alt havzasında yer alan üç HES maruziyet katsayısını arttırmaktadır. Alt havza sınırlarında yer alan Soğuksu HES, 2021'deki selde çok ciddi zarar görmüş ve uzun süre faaliyet dışı kalmıştır.

4.2.3. Duyarlılık

Duyarlılık, 16 adet duyarlılık göstergesinin ortalama değerlerinin normalize edilmesiyle hesaplanmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: Duyarlılık verileri.

HAVZA KOD	HAVZA ADI	Duyarlılık	Duyarlılık Sınıfı	Duyarlılık Derecesi
HA1	Kapisre	1,00	5	Çok Yüksek
HA2	Lome	0,00	1	Çok Düşük
HA3	Sidere	0,34	2	Düşük
HA4	Orçi	0,08	1	Çok Düşük
HA5	Kamilet	0,26	2	Düşük
HA6	Durguna	0,23	2	Düşük
HA7	Hacılar	0,42	3	Orta

Kapisre (HA1) alt havzasının diğer alt havzalara göre duyarlılığı yüksektir. Kapisre'yi orta derece duyarlılıkla Hacılar (HA7) alt havzası takip etmektedir. Orografik yapı sebebiyle düşen yağış miktarının yüksek olması ve nüfus yoğunluğunun fazlalığı gibi faktörler sözü edilen iki havzadaki sel ve taşkın duyarlılığını arttırmaktadır. Kamilet (HA5), Durguna (HA6) ve Sidere (HA3) alt havzalarında yer alan HES'ler, düşük düzeyde de olsa duyarlılık katsayısını arttırmaktadır.

4.2.4. Uyum Kapasitesi

Uyum kapasitesinin tespitinde, 11 adet uyum kapasitesi göstergesinin ortalaması alınmıştır. Ortalama değer normalize edildikten sonra her bir alt havzanın gösterge dereceleri bulunmuştur (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: Uyum Kapasitesi Verileri.

HAVZA KOD	HAVZA ADI	Uyum Kapasitesi	Uyum Kapasitesi Sınıfı	Uyum Kapasitesi Derecesi
HA1	Kapisre	0,90	5	Çok Yüksek
HA2	Lome	0,45	3	Orta
HA3	Sidere	1,00	5	Çok Yüksek
HA4	Orçi	0,71	4	Yüksek
HA5	Kamilet	0,25	2	Düşük
HA6	Durguna	0,57	3	Orta
HA7	Hacılar	0,00	1	Çok Düşük

En yüksek uyum kapasitesi Sidere (HA3) alt havzasındadır. Doğa ve Çevre STK'lerinin fazlalığı, kemer köprüler, kırsal yaşama uyumun yüksek olması ve doğa temelli uygulamalar Sidere'nin uyum kapasitesini arttırmaktadır. Uyum kapasitesi, Kapisre (HA1) alt havzasında gri (sert) uyum önlemleri ve kamulaştırma gibi sebeplerle yüksek çıkmıştır. Orçi (HA4) alt havzasının uyum kapasitesi, orman alanının fazlalığıyla paralel şekilde yüksek sonuçlanmıştır. Hacılar (HA7) en düşük uyum kapasitesine sahip alt havzadır. Bunun sebebi, sel deneyiminin kısıtlı olması ve kırsal yaşama uyumun düşük düzeyde kalmasıdır.

4.2.5. Etkilenebilirlik

Etkilenebilirlik, duyarlılık ve uyum kapasitesi göstergeleri kullanılarak hesaplandıktan sonra 1 ile 5 arasında derecelendirilmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9: Etkilenebilirlik Verileri.

HAVZA KOD	HAVZA ADI	Etkilenebilirlik	Etkilenebilirlik Sınıfı	Etkilenebilirlik Derecesi
HA1	Kapisre	0,24	2	Düşük
HA2	Lome	0,00	1	Çok Düşük
HA3	Sidere	0,00	1	Çok Düşük
HA4	Orçi	0,05	1	Çok Düşük
HA5	Kamilet	0,46	3	Orta
HA6	Durguna	0,23	2	Düşük
HA7	Hacılar	1,00	5	Çok Yüksek

Kamilet (HA5) alt havzasında etkilenebilirliğin orta derece çıkmasında Kamilet deresinin Mençuna şelalesi ve turizm noktasına giden yol sebebiyle daraltılmasının etkisi büyüktür. Ayrıca Orta HES inşaatı sebebiyle vadideki tahribat oldukça fazladır. Kapisre (HA1) alt havzasında etkilenebilirliğin düşük çıkması ise uyum kapasitesi önlemlerinin fazlalığıyla ilişkilendirilebilir. Durguna (HA6) alt havzası da Kapisre (HA1) gibi düşük

etkilenebilirlik düzeyine sahiptir. Kırsal bölgede yer alan Lome (HA2), Sidere (HA3) ve Orçi (HA4) alt havzalarında ise etkilenebilirlik en düşük düzeydedir. Etkilenebilirlik en yüksek Hacılar (HA7) alt havzasındadır. Duyarlılığın yüksek olması ve uyum kapasitesinin düşüklüğü bu sonuç üzerinde etkilidir.

4.2.6. Risk

Risk, tehlike, maruziyet ve etkilenebilirlik verileri aracılığıyla hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar 1 ile 5 arasında derecelendirilmiştir (Tablo 4.10).

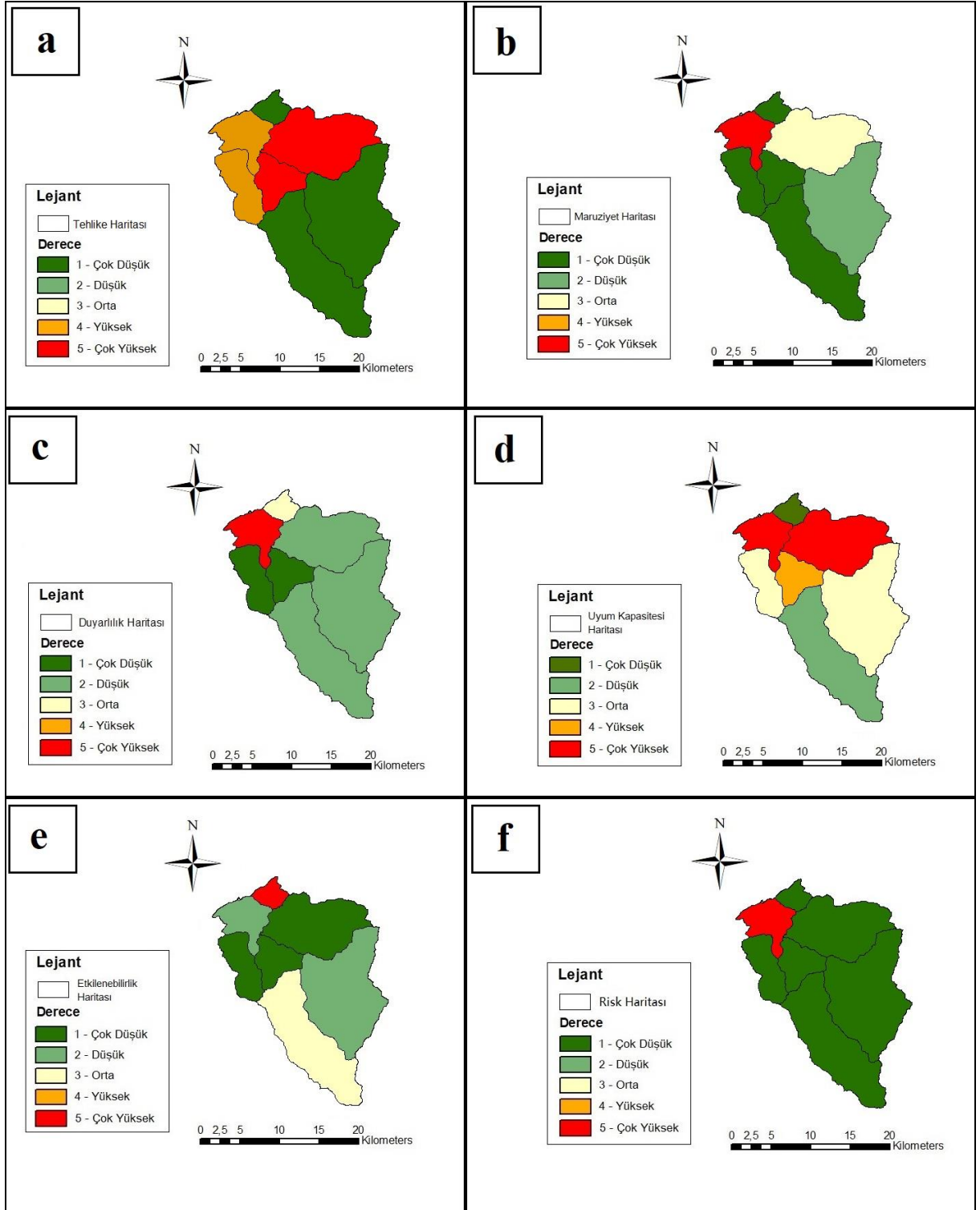
Tablo 4.10: Risk Verileri.

HAVZA KOD	HAVZA ADI	Risk	Risk Sınıfı	Risk Derecesi
HA1	Kapisre	1,00	5	Çok Yüksek
HA2	Lome	0,00	1	Çok Düşük
HA3	Sidere	0,00	1	Çok Düşük
HA4	Orçi	0,03	1	Çok Düşük
HA5	Kamilet	0,00	1	Çok Düşük
HA6	Durguna	0,00	1	Çok Düşük
HA7	Hacılar	0,00	1	Çok Düşük

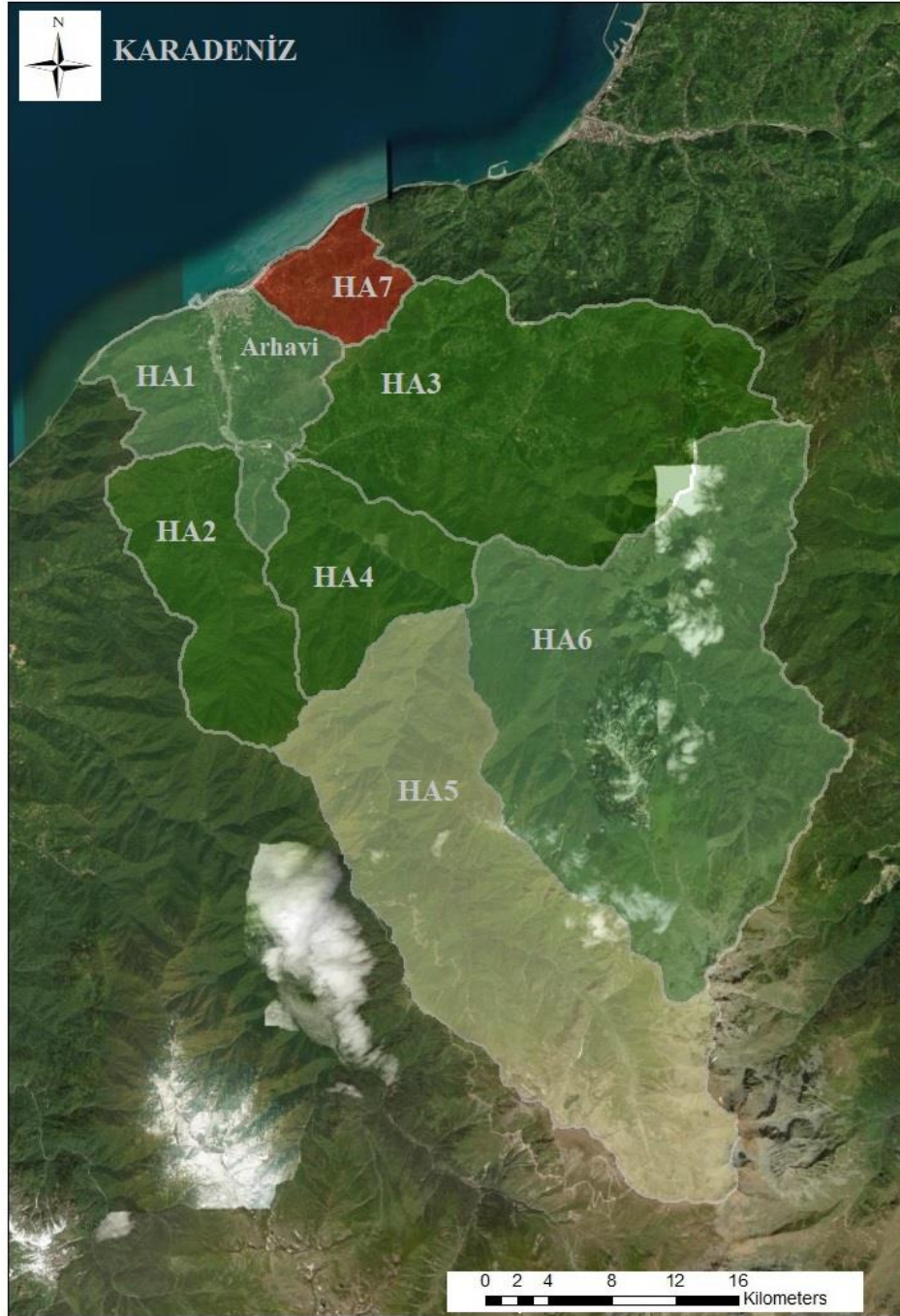
Uyum kapasitesi önlemlerine ve etkilenebilirliğin düşüklüğüne karşın maruziyetin yüksek olması sebebiyle Kapisre (HA1) alt havzasında risk en fazladır. Hacılar (HA7) alt havzasında ise, uyum kapasitesinin en düşük ve etkilenebilirliğin en yüksek sonuçlanmasına karşın, risk en düşük derecede çıkmıştır. Tehlike ve maruziyet katsayılarının düşüklüğü bu sonuçta etkilidir. Kırsal alanda yer alan tüm alt havzalarda risk, tıpkı Hacılar'da olduğu gibi "1" ile en düşük düzeydedir.

4.2.7. Haritalar

Normalizasyon, ağırlıklandırma ve çeşitli matematiksel hesaplamalar sonucu elde edilen sayısal veriler ve sonuç tabloları, alt havzaların birbirleriyle karşılaştırılmasını ve görsel olarak algılanmasını kolaylaştırmak amacıyla haritalanmıştır (Şekil 4.7). Son adımda, saptanan etkilenebilirlik ve risk dereceleri, çalışma alanının uydu görüntüleriyle entegre edilerek görselleştirilmiştir (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9).



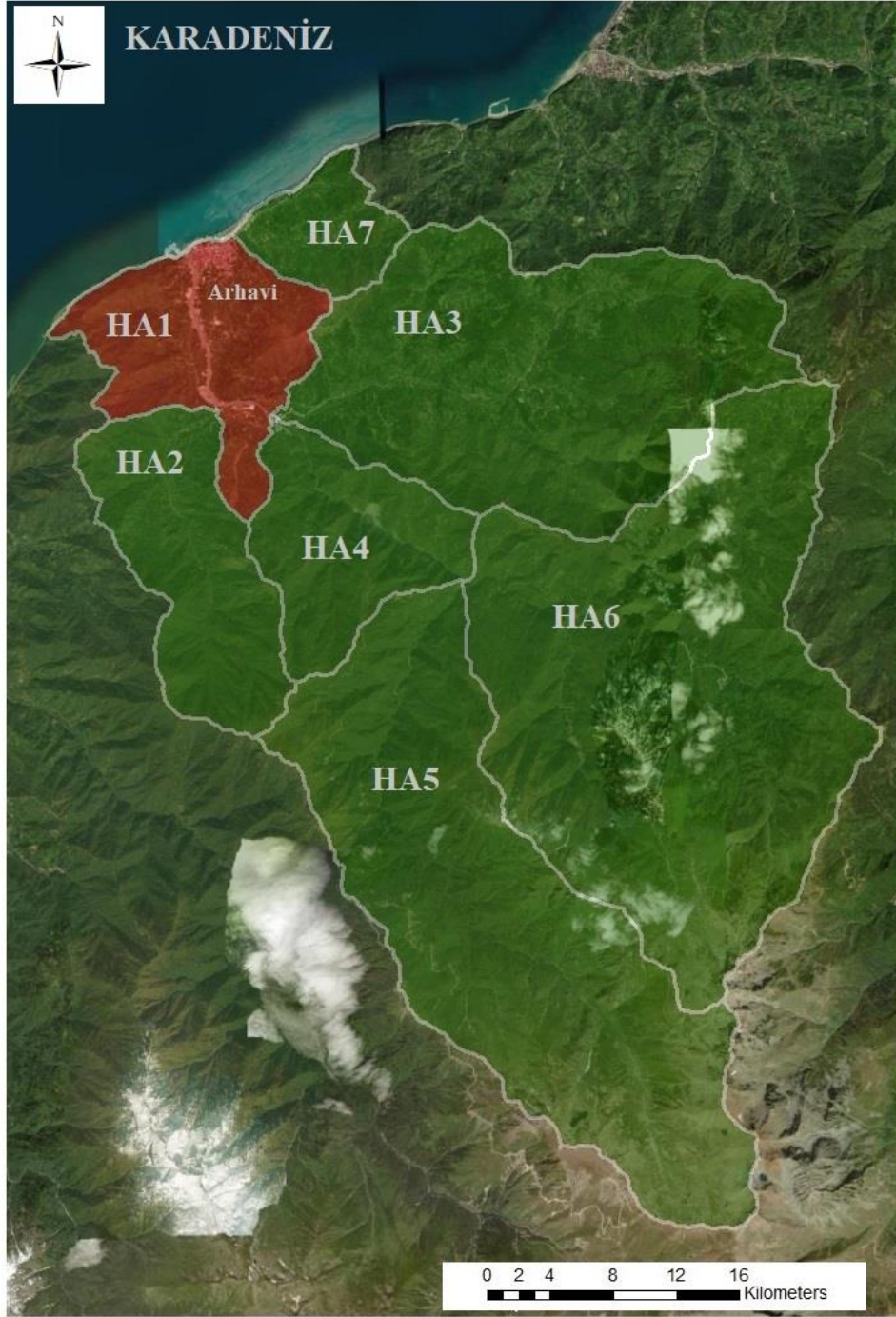
Şekil 4.7: Arhavi için üretilen haritalar: a. Tehlike Haritası, b. Maruziyet Haritası, c. Duyarlılık Haritası, d. Uyum Kapasitesi Haritası, e. Etkilenebilirlik Haritası, f. Risk Haritası.



Arhavi alt havzalar sel/taşkın ETKİLENEBİLİRLİK sınıf ve dereceleri

HA1 - Kapisre: 2 - DÜŞÜK	
HA2 - Lome: 1 - ÇOK DÜŞÜK	
HA3 - Sidere: 1 - ÇOK DÜŞÜK	
HA4 - Orçi: 1 - ÇOK DÜŞÜK	
HA5 - Kamilet: 3 - ORTA	
HA6 - Durguna: 2 - DÜŞÜK	
HA7 - Hacılar: 5 - ÇOK YÜKSEK	

Şekil 4.8: Alt havzalarıyla Arhavi'nin sel/taşkın etkilenebilirlik haritası.



Arhavi alt havzalar sel/taşkın RİSK sınıf ve dereceleri

HA1 - Kapisre:	5 - ÇOK YÜKSEK	■
HA2 - Lome:	1 - ÇOK DÜŞÜK	■
HA3 - Sidere:	1 - ÇOK DÜŞÜK	■
HA4 - Orçi:	1 - ÇOK DÜŞÜK	■
HA5 - Kamilet:	1 - ÇOK DÜŞÜK	■
HA6 - Durguna:	1 - ÇOK DÜŞÜK	■
HA7 - Hacılar:	1 - ÇOK DÜŞÜK	■

Şekil 4.9: Alt havzalarıyla Arhavi'nin sel/taşkın risk haritası.

5. TARTIŞMA

Arhavi ilçesinde sel/taşkın etkilenebilirlik ve riskine etki eden tüm göstergeler, coğrafi, fiziki ve sosyal koşullar göz önünde bulundurularak analize dahil edilmiştir. Analiz sonuçları, ilçe özelinde sel/taşkın etkilenebilirlik ve riskini tutarlı ölçüde yansıtmaktadır.

Öte yandan, veri eksikliği sebebiyle analize dahil edilemeyen göstergeler de vardır. Bu, büyük ölçüde, resmî kaynaklardaki veri eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Resmî kaynaklarda yer alan verilerin yeterince detaylı olmaması da bazı göstergelerin analize dahil edilememesinin en önemli nedenidir.

Çalışma alanındaki sel/taşkın etkilenebilirlik ve riskine eden fakat sayısallaştırılamayan göstergeler aşağıdaki kısımlarda ele alınmaktadır. Sel önleme ve kontrol çalışmalarıyla ilgili genel yaklaşım ve prensiplerin sorgulanmasına da yine bu bölümde yer verilmiştir.

Karadeniz Sahil Yolu arazi kullanımlarını, akarsuların drenaj kapasitesini de zincirleme şekilde bozmuş, sel ve taşkınlarda tehlikeyi katlayan fiziksel bir unsur halini almıştır (Şekil 5.1). Gerek yol inşaatı sonrasında gerekse kentlerde artan nüfusun da etkisiyle yerleşim ve küçük sanayi siteleri için ihtiyaç duyulan alanlar akarsu yataklarının doldurularak yapay bir şekilde daraltılmasıyla oluşmaktadır.



Şekil 5.1: Kapisre Deresi üzerinden geçen Kapisre Köprüsü ve Karadeniz Sahil Yolu (Foto: N. D. Uyanık, 2024).

Hem Karadeniz Sahil Yolu hem de diğer dereler üzerinden geçişi sağlayan köprülerin alçak inşa edilmesi, köprü ayaklarının dere yataklarına yerleştirilmesi sel esnasında bu köprülerin tıkanmasına, bir baraj görevi görerek kentlerin sular altında kalmasına yol açmaktadır (Yılmaz, 2008). Nitekim yakın tarihte meydana gelen Giresun Dereli ve Kastamonu Bozkurt sellerinin neden olduğu tahribatın artmasında benzeri sanat yapılarının etkisi olmuştur.

Huang (2019) benzer bir duruma örnek olarak Niigata'yı vermiştir. Ortaya koyulan simülasyonlar, Niigata'daki Güneybatı karayolunun tıpkı Karadeniz sahil yolunda olduğu gibi sel sularının önünde engel oluşturabileceğini göstermektedir.

Şiddetli yağışlarda yolların farklı etkileri vardır. Örneğin, dağlık ve kırsal bölgede heyelanları tetiklerken, kentsel alanlarda setler oluşturarak, suyun rahat drene olmasına engel olabilmektedir. Karadeniz Sahil Yolu, hat boyunca şehir merkezlerini dikey şekilde kesmekte, akarsuların önünde set oluşturarak büyük su kütlelerinin şehir merkezlerine doğru tepmesine yol açmaktadır. Menfezlerin yetersizliği, yolun çok yüksek olması ve şehir kotunun alçakta kalması gibi sebepler, şehir merkezlerinde su birikmesine neden olmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: Karadeniz Sahil Yolu'nda yer alan bir menfez (Foto: N. D. Uyanık, 2024).

Arhavi ilçesinde Kapisre Deresi'ne paralel şekilde kurulan ve derenin denizle birleştiği alanda yer alan Boğaziçi mahallesinde sel/taşkın etkilenebilirliği ve riski çok yüksektir. Bunun en önemli sebeplerinden biri, mahallenin derenin adeta üzerinde ve Kapisre Deresi'nin denize açıldığı ve genişlemesi gereken alanda yer almasıdır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Boğaziçi mahallesinin Kale mevkiinden görünümü (Foto: N. D. Uyanık, 2024).

Yaklaşık 6000 kişinin yaşadığı Boğaziçi Mahallesi köt olarak da deniz seviyesinden aşağıda kalmaktadır. Bu durum her yağmurda bölgenin sular altında kalmasına, sahil yolunda yer alan menfezlerin yetersizliği sebebiyle sele sebep olmaktadır. Boğaziçi mahallesinde yerleşmenin ilk dönemlerinde kurulan yapılarda bodrum katlar bulunmaktadır. Günümüzde, bodrum katlar yaşam alanı olarak değil, depolama veya odunluk olarak kullanılmaktadır. Yeni yönetmelikle kurulması planlanan binalarda sel riskinden ötürü bodrum katlar yasaklanmıştır.

2021'deki selden sonra, Kapisre alt havzasında (HA1) yer alan bir cadde üzerindeki yağmur suyu ve kanalizasyon şebekeleri birbirinden ayrılmıştır. Fakat taşıma kapasitesi ilçe merkezinde hâlâ son derece düşüktür.

Dereelerin daraltılması ve taşkın alanlarının işgali, Karadeniz'in neredeyse tüm il ve ilçeleri için geçerli bir durum olarak, sel ve taşkınların en önemli etkenlerinden biridir. Sellere karşı kayda değer oranda koruma sağlayan doğal taşkın alanları Arhavi'de de yapılaşma ve inşaat faaliyetleri yüzünden yok edilmektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4: Kapisre Deresi üzerinde yer alan bir tesise arazi kazandırmak amacıyla dereyi daraltarak kurulan beton istinat duvarları (Foto: N. D. Uyanık, 2024).

Kale ve Yemişlik mahallelerinde yer alan doğal taşkın alanları, beton dere istinat duvarları yüzünden faydalanılamaz hale gelmiştir. Bu iki bölgede Kapisre Seresi, taşkın alanlarında yayılıp şiddetini azaltma imkânı bulabilecekken beton duvarlar sebebiyle işlevini kaybetmiştir. Ayrıca dere yatağında kurulan çeşitli tesislere bu duvarlarla arazi kazandırılmaktadır. İşletmelere sağlanan imkânlar sebebiyle dereeler daraltılmakta ve sel riski önemli ölçüde artmaktadır.

Akarsuları beton içine alan istinat duvarları, işlevsellik, ekonomik maliyetler, sürdürülebilirlik ve ekosistem tahribatı gibi farklı etkileriyle sel riski açısından dikkat çekmektedir. Arhavi gibi çok yağış alan, eğimli ve ekosistem varlığı son derece zengin bir

coğrafyada bu yapıların olumlu ve olumsuz etkileri geniş perspektifte, detaylı bir değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Son yıllarda DSİ tarafından çok fazla beton dere istinat duvarı inşa edilmektedir. Arhavi’de ilk dere istinat duvarları, ilçe merkezinin su aldığı Lome (HA2) alt havzasında inşa edilmiştir. 2015’teki selden sonra Hacılar (HA7) alt havzasında yer alan akarsu ve ırmaklar betonlanmıştır. 2021’deki selden sonra Kapisre Deresi’ne yaklaşık 1,3 km boyunca çift kademeli beton duvarlar kurulmuştur. Beton ıslah duvarları ilçe merkezinden Arhavi havzasının yukarısına doğru ilerlemekte (Şekil 5.5) ve inşası hâlâ devam etmektedir (Şekil 5.6).



Şekil 5.5: Kapisre Deresi üzerinde yapımı tamamlanan beton ıslah duvarları (Foto: A. B. Uyanık, 2025).



Şekil 5.6: Kapisre Deresi üzerinde inşası devam eden beton ıslah duvarları (Foto: A. B. Uyanık, 2025).

İlçe merkezindeki sel kontrol çalışmalarıyla eşzamanlı şekilde, Sidere (HA3) alt havzasında yer alan Derecik ve Ulukent köylerindeki dereler beton veya taş duvarlarla çevrilmiştir. İlçe merkezindeki sel riski son derece yüksekken, Arhavi havzasının üst kısımlarında yer alan ve çok fazla sel riski olmayan kırsal alanda derelerin betonlanması suyun debisini artırıp ilçe merkezindeki sel riskini arttırmaktadır (Şekil 5.7).



Şekil 5.7: Cumhuriyet Mahallesi'nde yer alan beton dere istinat duvarları (Foto: N. D. Uyanık, 2024).

Beton dere istinat duvarları konuma ve yağış miktarına göre yapılaşmanın olduğu alanları lokal olarak koruyabilir. Kentsel alanda beton istinat duvarlarının kurulması kontrolsüz inşaat faaliyetleri yüzünden kaçınılmaz kabul edilse bile, havzanın yukarı bölümlerinde betonlamanın sel ve taşkınları tetikleyici etkileri mutlaka hesaba katılmalıdır. Öte yandan, sayısal veri eksikliği sebebiyle beton duvarların sel/taşkın etkilenebilirlik ve riskine kesin katkısı ölçülememektedir. Bugüne kadar sel veya taşkın sebebiyle Arhavi’de can kaybı olmamasına karşın, beton dere istinat duvarları yüzünden yaralananlar ve hayatını kaybedenlerin olması dikkat çekicidir. Pek çok yaban hayvanı yine bu duvarlar yüzünden yaralanmış veya ölmüştür.

Beton dere istinat duvarları ayrıca sahte bir güvenlik algısı yaratmakta ve sele yatkın alanlarda daha fazla yapılaşmanın önünü de açmaktadır. Ekosistemler üzerindeki etkileri ise çok daha kapsamlı bir çalışma konusudur. Beton duvarlar suyu tutma kapasitesi olan bitki örtüsünü ve dere vejetasyonunu (riperian alanları) yok etmekte, karasal canlıların ve insanların derelere yani suya erişimini engellemekte, suyun toprakla ilişkisini koparmakta ve ciddi bir su kaybına yol açmaktadır. Su varlığının bu kadar hayati olduğu günümüzde, bu tarz mühendislik yapılarının boyutları çok daha özenli bir değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Sellere karşı etkilenebilirlik ve riskin azaltılması, bütüncül bir yaklaşımla sağlanabilmektedir. Yukarı ve aşağı havza ilişkisi sel/taşkın etkilenebilirliğinde mutlaka dikkate alınmalıdır. Özellikle havzaların yukarı kısımlarındaki çeşitli müdahaleler aşağı bölgelerde farklı ve kestirilmez sonuçlara yol açabilmektedir.

Kentleşmenin hidrolojik döngü üzerinde büyük bir etkisi vardır. Hem sel kontrol çalışmaları hem de insan müdahaleleriyle akarsu dinamikleri ve on binlerce yılda oluşan akış rejimleri sürekli olarak değişmektedir. Bu müdahaleler ilçe merkezinde baskı ve belirsizlik yaratmakta, risklerin ölçülebilirliğini engellemekte ve uyum önlemlerini imkânsız hale sokmaktadır.

Arhavi’deki sel kontrol çalışmaları ülkenin pek çok yerinde olduğu gibi, “sudan bir an önce kurtulma” prensibine dayanmaktadır. Her coğrafya ve her akarsu birbirinin aynı kabul edilmekte ve aynı şekilde muamele görmektedir. Doğanın ve iklim değişikliğinin gerektirdiği adaptasyonu zorlaştıran, esnek olmayan ve kalıcı yapılar kurmak mühendislik ve inşaat faaliyetlerini sürekli hale getirmekte, maliyetleri katlamaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. SONUÇ

Tez çalışmasında yalnızca çalışma alanının fiziki koşulları değil, etkilenebilirlik analizinin olanak verdiği şekilde sosyal faktörler de göz önünde bulundurulmuştur. Yedi alt havzaya ayrılan Arhavi ilçesinin etkilenebilirlik ve risk analizinin sayısal sonuçları, çalışma alanının genel karakteristiğine uygun ve tutarlıdır.

Doğa kaynaklı bir afet olmasına rağmen insan müdahalesinin sel ve taşkınların afete dönüşmesindeki en önemli etken olduğu açıkça görülmektedir. Bu nedenle sel/taşkın etkilenebilirlik ve riski hesabında fiziki veya meteorolojik faktörlerin yanında insan müdahalesi ve insan müdahalesine bağlı faktörlere ağırlık verilmiştir.

Geçmişte meydana gelen sel ve taşkınlar aracılığıyla hesaplanan tehlike en yüksek Sidere (HA3) ve Orçi (HA4) alt havzalarındadır. Buna rağmen, her iki alt havzada da risk en düşük düzeyde sonuçlanmıştır.

En yüksel etkilenebilirlik, Kapisre (HA1) alt havzasına komşu şekilde ilçenin sahil kesiminde yer alan Hacılar (HA7) alt havzasındadır. Hacılar alt havzası bazında duyarlılık faktörlerinin fazlalığı ve uyum kapasitesinin düşüklüğü bu sonuç üzerinde etkilidir.

İlçe merkezinin konumlandığı ve nüfus yoğunluğunun en yüksek olduğu Kapisre (HA1) alt havzasında sel ve taşkın riski çok yüksektir. Diğer tüm alt havzalarda risk en düşük seviyededir. Kapisre’de maruziyet ve duyarlılık da en üst seviyededir. Bu alt havzada uyum kapasitesinin yüksek, etkilenebilirlik düzeyinin düşük olmasına rağmen riskin çok yüksek çıkması çalışma alanı özelliklerinden beklenen şekilde tutarlıdır.

Analiz sonuçları, sel/taşkın riskinin azaltılması amacıyla Kapisre (HA1) alt havzasına öncelik verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Fakat tüm taşkın kontrol uygulamaları Arhavi havzasının bütünlüğü ve alt havzaların birbirleriyle ilişkisi gözetilerek planlanmalı ve hayata geçirilmelidir. Riskin en düşük çıktığı diğer tüm alt havzalarda yapılacak yanlış taşkın kontrol çalışmalarının Kapisre’de sel/taşkın riskini düşürmek yerine arttırabileceği hesaba katılmalıdır.

Veri eksikliği ve sağlıklı veriye ulaşım konusundaki zorluklar, analiz sonuçlarına doğrudan etki etmesi sebebiyle yapılacak değerlendirmelerde mutlaka dikkate alınmalıdır.

Planlanan veya hayata geçirilen taşkın kontrol çalışmalarına ait detaylı ve kapsamlı veriler, resmî kaynaklar üzerinden yeterince erişilebilir değildir. Sağlıklı veri üretimi konusunda da sıkıntılar vardır. Herhangi bir Avrupa ülkesinde hangi akarsu üzerinde hangi çalışmanın yapıldığına dair çok detaylı ve kapsamlı bilgiler yer almakta, bu verilere dileyen herkes rahatlıkla ulaşabilmektedir. Ülkemizde sürdürülen veya planlanan taşkın kontrol çalışmalarına ait veriler ise son derece yüzeyseldir ve bu verilere erişim oldukça zordur.

Çalışma alanı sınırlarında durmaksızın devam eden inşaat çalışmaları ve dereler üzerindeki sürekli müdahaleler de sağlıklı veri üretilmesini ve çalışmanın hedeflediği insan müdahalesi etkisinin tespitini zorlaştırmaktadır. Bölgedeki koşulların insan müdahaleleriyle sürekli olarak değiştirilmesi analizin eksik sonuçlar vermesini ve çok daha önemlisi, etkili afet önlemlerinin geliştirilmesini zorlaştırmaktadır.

Dikkat çeken bir diğer unsur, sel/taşkın kontrol çalışmalarının ülke genelindeki tüm akarsular üzerinde tek tipte uygulanmasıdır. Her bir akarsu bile birbirinden son derece farklıken, ülkemizde değil tüm akarsular, tüm coğrafi bölgeler dahi birbirinin aynı koşullara sahipmişçesine muamele görmektedir. Bu yaklaşım, planlanan ya da hayata geçirilen tüm sel/taşkın önleme çalışmalarını işlevsiz kılma riski taşımaktadır.

Arhavi’de sel ve taşkınların afete dönüşmemesi için, uyum kapasitesinin arttırılmasına ve doğa temelli uygulamalardan faydalanılmasına yönelik çok daha kapsamlı ve detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca, sel ve taşkın kontrol yaklaşım ve prensiplerinin yeniden gözden geçirilmesi, gerçekçi, güncel, bilimsel ve ekolojik çözümlere odaklanması afet yönetiminde hayatidir.

6.2. ÖNERİLER

6.2.1. Kültürel Ekoloji

Geçmişte Arhavi’de büyük seller meydana gelmesine karşın 2010’lardan sonra afete dönüşmeye başlamıştır. Bunda kentleşmenin ve yanlış yapılaşmanın etkisi çok büyüktür. Doğal alanların bugünkü kadar tahrip edilmemiş, derelerin akış rejimlerinin bozulmamış, taşkın alanlarının işgal edilmemiş olması da son derece etkilidir.

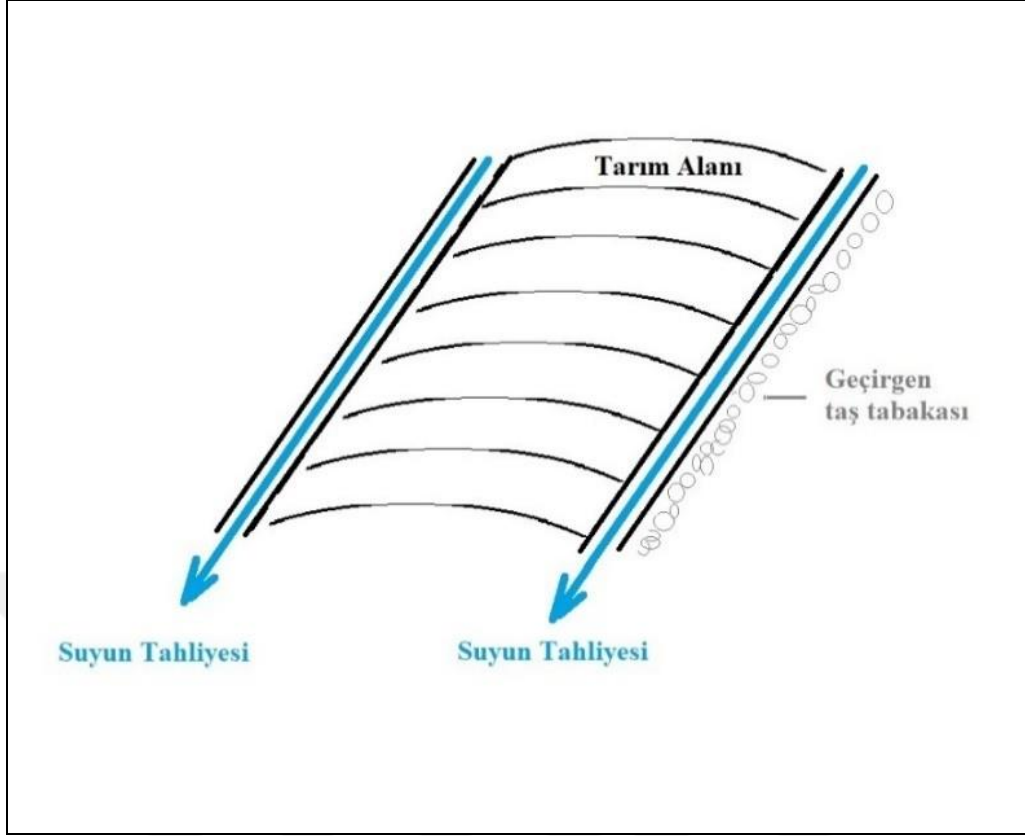
Arhavi tarihinde kültürel ekoloji kapsamında ele alınabilecek doğaya uygun mimari yapıların tasarlandığı ve doğa temelli çözümlerin son derece yaygın kullanıldığı görülmektedir. Eğimli ve dik arazilerin çokluğuna karşın, bölge halkı geçmişte doğaya ve doğanın değişken, zorlu koşullarına uyum sağlamıştır.

Evler genel itibarıyla yamaçlara, düzlük alanlarda ise akarsulardan uzağa kurulmuştur. Mimari yapılarda çoğunlukla nemli ve yağışlı iklime uygun doğal malzemeler kullanılmıştır. Örneğin, eski evlerde çokça kullanılan kestane ağaçları, yaklaşık 1 sene boyunca tuzlu suda bekletilmekte, böylece suya ve böceklenmeye karşı dayanıklılığı artırılmaktadır. Evlerin tasarımına bakıldığında, kimi yapılarda bodrum katlar olsa bile genellikle yaşam alanı olarak kullanılmadığı görülmektedir. Ayrıca, evlerin hepsinde subasman vardır. Tarımsal faaliyetlerden elde edilen hasadı hem haşerattan hem de sudan korumak amacıyla 4 veya 6 ayaklı “serender”ler inşa edilmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1: Restore edilmiş altı ayaklı bir serender (Foto: N. D. Uyanık, 2024).

Çok sulak ve yağışlı bir bölge olması, Arhavi’de doğa temelli ve suyun akışını göz önünde bulunduran çözümlerin geliştirilmesine önyak olmuştur. Hendek sistemleri bunlardan biridir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2: Hendek çizimi.

Tarımsal faaliyetlerin yapıldığı eğimli arazilerde genellikle suyun zararlarını azaltmak amacıyla hendekler inşa edilmiştir. Hendekler, suyun akarsularla buluşmasına yardımcı olan büyük arklar olarak düşünülebilir (Şekil 6.3). Yüzeysel akışı azaltmak amacıyla hendeklerin tabanı geçirgen taş tabakasıyla örtülmektedir. Hendeklerle suyun ana dereye bağlanarak kolayca drene olmasını sağlanmaktadır. Hendekler ayrıca araziler arası sınır (Sinor) görevi de görmektedir. Daha küçük arklara yerel dilde (Lazca) “Xerki²” denmektedir. Bu küçük kanallar bağımsız şekilde veya hendekler arasındaki su bağlantısını kurmak amacıyla kullanılmaktadır.

² Okunuşu: Herki.



Şekil 6.3: Aşağışahinler Köyü'nde yer alan bir hendek (Foto: L. Yılmaz, 2024).

Kara duvarlar, geçmişte sıkça kullanılan ekolojik yapılardır (Şekil 6.4). Derelere belli bir mesafede kurulan kara duvarlarda harç kullanılmaz. Sel veya taşkın anlarında büyük parçalı sedimentin geçişini engellerken, hızını düşürdüğü suyun ve milli toprağın geçişine olanak verir. Bu sayede toprağın verimliliği de arttırılmış olur.



Şekil 6.4: Yolgeçen Köyü’nde yer alan bir kara duvar (Foto: N. D. Uyanık, 2024).

Özellikle eğimli arazilerin çok olduğu ve tarımsal faaliyetlerin yapıldığı kırsal bölgede bu tarz yapılara çok fazla rastlanmaktadır. Öte yandan, kentleşmenin ve inşaat faaliyetlerinin artmasıyla her geçen gün zarar görmekte ya da kaybolmaktadır.

Dere ıslah duvarları, beton duvarlar gibi mühendislik çalışmaları bölgenin coğrafi yapısına uygun olmamakla beraber ekonomik olarak da sürdürülebilir gözükmemektedir. Beton ve inşaat odaklı, esnek olmayan sel kontrol yapıları seller karşısında kısa vadeli çözümler olarak mühendislik faaliyetlerini ve ekonomik maliyetleri sürekli kılar.

Arhavi’deki güçlü ekoloji kültüründen miras kalan yapılar ise çok daha uzun vadeli koruma sağlamaktadır. Sellerin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla bu yapılar olabildiğince korunmalıdır.

6.2.2. Doğa Temelli Çözümler ve Dünyadan Örnekler

Endüstrileşmiş ülkeler 19. yüzyıldan kalma taşkın koruma uygulamalarından ve modellerinden tamamen vazgeçmektedir. Bu konuda başı çeken Avrupa ülkeleri birkaç on yıldır beton duvarlarla, engellerle, barajlarla akışını kestikleri akarsuları özgürleştirmeyi

hedeflemektedir. Temel mantık, öncülüğünü Hollanda'nın yapıp formüle ettiği "Nehir İçin Yer" (Room for the River) yaklaşımıdır. Eski uygulamaların taşkınları önlemede yetersiz kaldığı görülmüş, gelişen doğa/çevre bilincinin de katkısıyla doğa temelli çözümlere yönelinmiştir. Bu yaklaşım akarsuları sadece akan ve bir an önce kurtulunması gereken su olarak değil, birçok ekosistemler barındıran bütüncül bir habitatın kalbi olarak görmektedir. Dolayısıyla çok-disiplinli bir konu olarak algılanmakta ve bu algıyla çözüm yolları aranmaktadır. Bu yüzden, bu ülkelerde (ve Avrupa Birliği kapsamında da) akarsulardan sorumlu örgütlerin ve kurumların personel yapısı da çalışma şekli de bu çok-disiplinli yaklaşımı yansıtmaktadır. Ayrıca, yerel halkın katılımını ve görüşlerini de karar süreçlerine mutlaka dahil etmektedir.

2007'de Nehir İçin Yer Programı'nı³ uygulamaya başlayan Hollanda çözümleri şu temel ilkeye dayandırmaktaydı: "Ana hedef, taşkın yataklarının seviyelerini düşürerek, su tamponları oluşturarak, setleri yeniden konumlandırarak, yan kanalların derinliğini arttırarak ve taşkın baypasları inşa ederek nehirlerdeki yüksek su seviyelerini yönetmek."

Bunda başarılı oldular; 2021'de başta Almanya'da olmak üzere batı Avrupa'da büyük zararlara ve can kayıplarına yol açan sellerden en az Hollanda etkilenmiştir.

Türkiye'de akarsulardan sorumlu olan Devlet Su İşleri'nin ise barajlar, sulama kanalları, "taşkından koruma"yı hedefleyip akarsuları kanallar içine alan duvarlar, bentler inşa etmek üzere yapılanmış, değişen şartlara, gelişen bilimsel verilere, tecrübelerle göre kendini yenileyememiş bir kuruluş olduğu görülmektedir. DSI'nin gösterdiği değişim, daha önce "taşkın koruma tesisleri" dediği yapıları artık "taşkın kontrol tesisleri" diye adlandırmaktan ibarettir. Doğa temelli çözümler her nehri/havzayı özel olarak ele almayı gerektirir, DSI'nin gri yaklaşımı ise her akarsuya aynı çözümü uygulamaktadır. Bu çözümler sadece önemsiz bir-iki farklılık gösterir; temel mantık aynıdır. Personel yapısı DSI'nin hala bir inşaat kurumu olduğunu göstermektedir. Arhavi'nin de içinde olduğu, Çoruh gibi çok önemli bir nehri/havzayı da barındıran 26. Bölge Müdürlüğü'nde çalışanların dökümü⁴ bu özelliği yansıtmaktadır:

Mühendis 40
Sözleşmeli mühendis 3
Tekniker 7
Avukat 5
Memur 11
Sözleşmeli memur 3

³<https://www.dutchwatersector.com/news/room-for-the-river-programme>

⁴<https://bolge26.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/936> (Erişim tarihi: 5.12.2024)

Yardımcı hizmetler 2
Daimi işçi 54
Sürekli işçi 83

Sözü edilen ülkelerde akarsularla ilgili kurumların ve programların temel felsefesi doğayı gözetmektir. Biyo-çeşitliliği korumak birincil önceliktir; çözümler buna uygundur ve üstelik bu çözümler hem daha etkili hem de genellikle daha ekonomiktir. Bu kurumların yönergelerinde, yönetmeliklerinde, programlarında, ilgili tüm metinlerinde bu felsefe vurgulanmaktadır. Ayrıca doğayla, çevreyle, biyolojik çeşitlilikle, doğa korumayla ilgili standartlar, dayanan uluslararası sözleşmeler ve düzenlemeler açık olarak belirtilmektedir.

DSİ'nin ilgili metinlerinde, ilgili yasalarda, yönetmeliklerde böyle bir felsefeye rastlanmamaktadır. Sözü ettiğimiz bu metinlerin hiçbirinde "biyolojik çeşitlilik" kavramı geçmemektedir. Bir yerde "çevre duyarlılığı sürdürülebilirlik esasları" tabiri geçmekteyse de bunun da altını dolduran, uygulama örnekleri veren bir açıklama yoktur. Bu terimlerin geçtiği metinlerde bile DSİ bir inşaat kurumu olarak tanımlanmaktadır. Taşkın ve Rüşubat Kontrolü Yönetmeliği⁵ bunun iyi bir örneğidir:

“Akarsu ıslahlarının çevre ile uyumlu olarak yapılması esas olup, uygun görülen yerlerde rekreasyon alanları ile bütünleşik olarak yapılır. Devamlı akışı olan akarsuların yerleşim yerlerinden geçen kısımlarında yapılacak olan ıslahlardaki kılavuz kanal boyutlandırmasında, baz akıma karşılık gelen debi esas alınır. Söz konusu boyutlandırmada seçilecek debi, akarsu akış rejimi ve yatak özellikleri de dikkate alınarak artırılabilir.”

Öbür metinler de aynı karakteri vurgulamaktadır. Örneğin, 4 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nin 121'inci maddesinde DSİ'nin görev ve yetkileri şöyle sıralanmaktadır:

“Taşkın sular ve sellere karşı koruyucu tesisler meydana getirmek, Sulak alanları ıslah etmek, erozyon ve rüşubat kontrolü ile ilgili etüt ve planlama işlerini yapmak veya yaptırmak, kendi tesislerini korumaya yönelik erozyon kontrolü maksatlı ağaçlandırma çalışmaları yapmak, Akarsularda ıslahat yapmak ve icap edenleri seyrüsefere elverişli hale getirmek.”

2024-2028 dönemini kapsayan 12. Kalkınma Planı da DSİ'nin önceliğini şöyle belirtmektedir:

“Taşkın koruma ve kontrol yatırımlarında bölgelerin mevsimsel yağış şartları, nüfusu, stratejik tesisler ve tarım arazilerinin durumu dikkate alınacak, taşkın koruma ve kontrol tesislerinin sayısı artırılacaktır.”

DSİ'nin 2024-2028 Stratejik Planı'nda yer alan amaç ve hedefler de şunlardır:

⁵<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=31468&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>

“Akarsu ve dere yataklarında, ıslah ve taşkın kontrolü tesisleri inşa edilecek ve mevcut tesislerin devamlılığı sağlanacaktır; Taşkınla mücadelede makine ve ekipman kullanımının etkinliği artırılabilecektir.”

Sözü edilen ülkelerde temel ilkelerden biri her akarsu havzasının özel olarak ele alınması, etüd edilmesi, buna uygun çözümler bulunmasıdır. Yine de bu örneklerin hem öğretici tarafları vardır hem de benzer koşullardaki başka akarsu havzalarına transfer edilebilir çözümler sunmaktadır.

Örneğin, Türkiye'nin de üyesi olduğu Avrupa Çevre Ajansı'nın "Avrupa'da doğa temelli çözümler -İklim değişikliğine uyum ve afet riskinin azaltılması için politika" raporu bu şekilde sınıflanmış örneklere yer vermektedir. Aşağıdaki bölümlerde bu örneklerden bazıları sıralanmıştır.

Brague Havzası- Fransa⁶

Sorun: Havza (Nice ve Cannes arasındaki 68 km²) ciddi ani sel baskınlarından muzdaripti. 2015 selinde (1/100 ila 1/500 sıklıkta) dört kişi öldü ve havza ölçeğinde 200 milyon avrodan fazla kayba neden oldu. Sel baskınları suyun getirdiği büyük ağaçların köprüleri tıkamasıyla etkisini arttırıyordu.

Çözüm: Dört taşkın azaltma stratejisi değerlendirildi: iki gri çözüm ve iki seviyeli doğa temelli çözüm stratejisi. Doğa temelli stratejiler, nehre yer açan su tutma tedbirlerini kaynaştırıp düzenler: Bunu da üst havzada küçük doğal su tutma alanları oluşturarak, alçak arazilerdeyse taşkın yatağına yeniden bağlantı sağlayıp nehir koridorunu genişleterek yapar. Klasik gri çözümler, köprüleri tıkayan ağaçları yakalamayı ve suyu tutacak iki büyük barajı hedefliyordu. Fakat büyük fırtınalardan etkilenen nehirlerde, üst ve orta havzada inşa edilecek iddialı su toplama yapıları bile aşağı havzadaki taşkın yataklarının taşmasını önlemede yetersizdir. Bu nedenle, nehre öyle geniş bir koridor sağlanmalıdır ki, suyunu mansaptaki akarsu sistemine ya da denize taşıyabilsin. Çözüm için, nehir yatağı birçok yerde genişletilecek, nehir ağzı genişletilecek, köprüler uzayacak, sulak alanlar restore edilecek, nehrin uygun yerlerine ağaç-kapanlar yerleştirilecek, bir noktada karayolu güzergahında bir kavis yapılacak, 50-75 bina kamulaştırılıp yıkılacak.

Konu beş ayrı çok-disiplinli araştırma ekibi tarafından üç yıl boyunca çalışılıp analiz edilmiştir.

Kalenzis Havzası- Yunanistan⁷

⁶<https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe>

Sorun: Kalentzis havzası 654 kilometre karelik bir alana yayılmış dört nehri barındırmaktadır: Kalentzis, Karambalis, Gavras, Lipsimos. Karambalis, Gavras ve Lipsimos birleşip Kalentzis'e katılmaktadır. Teselya'da önemli bir tarım alanı olan bu havza 1920'lerden itibaren büyük değişim geçirmiştir. Tarım alanlarını sellerden korumak hedefiyle bir dizi tedbir alınmıştır: Nehirleri yüksek duvarlı kanallar içine alarak geniş bir drenaj sistemi inşa edilmiştir. Nehirlerin yatakları düzleştirilmiş, sulak alanlar kurutulmuş, küçük ırmaklar yok olmuştur.

Hidrolojik şartların bu denli değişmesi, tarıma bağlı ekonominin ve insanların sellerde büyük zarar görmesinde baş etken sayılmaktadır. 2020'deki fırtına 15.500 hektar alanı etkilemiş, 1 milyar avroluk hasara yol açmıştır. 2023'teki seller ise 75.000 hektarlık alanı etkileyerek 5 milyar avroluk zarar yaratmıştır.

Çözüm: Sulak alanların restorasyonu sünge misali bir alan yeniden yaratılacak, böylece yağışlı havalarda taşkın sularını tutup nehir yatağındaki baskıyı azaltacak, aynı zamanda kurak dönemlerde de su deposu işlevi görecektir. 1933 tarihli bir rapora göre, Kalentzis nehirlerinin aktığı ovada 6500 hektarlık bir bataklık olduğu, sel geldiğinde de 53.500 hektarlık tarım alanını kapladığı belirtilmektedir.

Kalentzis ve Karambalis nehirlerinin üst kısmı, Melissa ve Rouso köylerine kadar genişlemektedir ve iyi gelişmiş bir kıyı (riparian) ormanına sahiptir. İndikçe daralan nehirler 10-12 metre yüksekliğe varan bariyerlerle taşkın yataklarından koparılmıştır. Havzayı restore etme planının bir parçası olarak, bu yanal bariyerlerin yaklaşık 80 kilometresinin -Kalentzis ve Karambalis nehirlerinin her iki tarafında 40 kilometre- kaldırılması veya nehir kıyılarından daha uzağa taşınması önerilmektedir.

Doğa Temelli Altyapı (DTA) müdahalelerinin ardından nehrin bitişik tarım arazileriyle bağlantısı tekrar kurulacak ve araziler aşırı yağışlarda taşkın yatağı işlevine geri dönecektir. Böylece nehir tahrip yaratmadan akarak taşkın ihtimalini de azaltacaktır. Tarım arazileri taşkın yatağı olarak kullanılan çiftçilere teşvikler ve tazminatlar verilecektir. Daha doğru bir perspektifte yorumlanması için, gri çözümlerle doğa temelli çözümler mali ölçekte karşılaştırılmıştır.

⁷https://www.feu.awsassets.panda.org/downloads/rivers2restore-report_v6-0.pdf

Tablo 6.1: Kalentzis Havası için RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre Doğa temelli ve Gri (Sert) Çözümlerin fayda/maliyet karşılaştırması.

	DTA: Riparian tamponlar ve tutma havuzları		Hibrit: DTA ve küçük barajlar		Gri: Bentler	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Maliyet (bin Avro)						
İnşaat	6.820	6.820	9.320	9.320	1.310	1.310
Bakım	0	0	0	0	330	330
Toplam maliyet	6.820	6.820	9.320	9.320	1.640	1.640
Ek faydalar (bin Avro)						
Tarımsal üretim	4.480	4.350	4.480	4.350	0	0
Gelir vergisi	-120	-120	-120	-120	-3	-3
İhtiyari harcamalar	-210	-210	-220	-220	-6	-6
Toplam ek faydalar	4.150	4.020	4.140	4.010	-9	-9
Kaçınılan maliyetler						
Sediment temizleme maliyeti	2.550	2.550	5.100	5.100	2.550	2.550
Karbon emisyonu maliyeti	12.810	12.810	12.810	12.810	0	0
Su kirliliği maliyeti	80	80	83	83	0	0
Kaçınılan toplam maliyet	15.440	15.440	17.990	17.990	2.550	2.550
Net faydalar (bin Avro)	12.770	12.640	12.810	12.680	900	900
Fayda-maliyet oranı	2.9	2.9	2.4	2.4	1.5	1.5

Jiahe Nehri Parkı- Çin⁸

2014'te açılan Jiahe Nehri Yantai kentini (Çin) taşkından korumayı da amaçlamaktadır. Jiahe Nehri taşkın kontrol sınırını aştığında tahliye kapağı açılarak parkı doldurmaktadır. 48 hektarlık bir alanı kaplayan park geçici su tutma havuzu işlevi görmekte, böylece taşkın bir kısmını alarak nehrin yükünü azaltmaktadır. Park, kent sokaklarına düşen yağmur sularını da alabilmektedir. Jiahe Nehri Parkı aşırı yağışlarda 60 bin metreküpten fazla su tutabilmektedir.

⁸<https://landscape.coac.net/jiahe-river-country-park-response-urban-flood-risk>

Ayrıca, suyu arıtmak için biyolojik havuzlar gibi sistemler kurulmuştur. Akışın düzenlenmesi ve çevresini besleyebilmesi için nehrin %92'si eski kıvrımlı yapısına da kavuşturulmuştur. Parkın kurulduğu arazide daha önce bazı tarım arazileri, bakımsız seralar, birkaç dağınık kulübe bulunmaktaydı.

Alicante Taşkın Parkı- İspanya⁹

İspanya'nın 350 bin nüfuslu Alicante kentindeki La Marjal parkı, kuvvetli yağışlarda taşkın boyutunu azaltmak için tasarlanmıştır. Mazgalların, giderlerin baş edemeyeceği kadar şiddetli yağmur yağdığında, taşan su parka yönlendirilmektedir. Fırtına ve şiddetli yağışlarda, yükselen su seviyesi alarmı tetikleyerek insanların tahliyesini sağlamak ve parka erişimi kapatılmaktadır. Şehrin alçak bir bölgesinde kurulan bu park 18 olimpik havuzun hacmi kadar su depolayabilmektedir. Bu su kentin temizliğinde, parkların sulanmasında kullanılmaktadır.

Gölete sivrisineklerin üremesini engellemek amacıyla larva yiyen balıklar bırakılmıştır. Alg ve yosun oluşumunu önlemek için gölete oksijen verilmektedir.

2015'te açılan park yerel Akdeniz bitkileriyle donatılmış, yerleşik ve göçmen kuşlar ve küçük yaratıklar da hemen parkı doldurmuştur. Parkta yaklaşık 90 kuş türü görülmüştür. Park normal zamanlarda rekreasyon alanı olarak kullanılmaktadır (Şekil 6.5 ve Şekil 6.6).

⁹<https://www.aguasdealicante.es/en/obras-y-proyectos>



Şekil 6.5: Alicante Taşkın Parkı (İspanya).



Şekil 6.6: 2017'deki kuvvetli yağışlar bile Alicante Taşkın Parkı'nın tamamını dolduramamıştır.

6.2.3. Çözüm Önerileri

Sürdürülebilir, doğa temelli çözümlerin temel özellikleri son araştırmalar, örnek uygulamalar ışığında iyice formüle edilmiş durumdadır (Tablo 6.2).

Tablo 6.2: Örnek tedbirler.

Kategori	Tedbir alanı	Örnek tedbirler	Etkileyeceği hedef	
Tarım	Tarımsal habitatlar	. Tarımsal ormancılık ve ürün çeşitlendirmesi . Tampon şeritleri ve çitler . Tarım alanlarında su tutma kapasitesinin iyileştirilmesi . Çayırılar ve meralar	. Sel . Su baskını . Kuraklık	
	Tarım yönetimi	. Ürün rotasyonu . Az toprak işlemeli tarım . Toprak işlemez tarım . Yeşil örtü		
Orman	Orman dikimi	. Yeniden ormanlaştırma . Ağaçlandırma . Riparian alanlardaki ormanlardaki arazi kullanımını dönüştürme . Kaynak suları alanlarında orman örtüsünün bakımı	. İklim değişikliğinde azalma . Toprak kaymaları . Seller . Sıcak dalgaları	
	Orman yönetimi	. Suyu duyarlı orman yönetimi . Kaba odunsu döküntüler . Sürekli orman örtüsü		
Kentsel	Yeşil altyapı	. Yeşil çatılar . Yağmur bahçeleri . Atık kanalları . Yağmur hendekleri	. Kentsel yeşil alanlar . Kentsel orman parkları . Kent ağaçları, ormanları	. Sıcak dalgaları . Su baskınları . Seller
	Mavi altyapı	. Dere yatakları ve göletler . Kanallar ve çaylar . Su tutma yatakları . Filtre alanları . Sızma havzaları	. Geçirgen yüzeyler . Su tutma göletleri . Çökelti tutma havuzları . Sürdürülebilir drenaj sistemi . Geçici sel suyu depoları	
Su yönetimi	Nehir restorasyonu (eski hallerine getirilmesi)	. Nehir kıyısı duvarlarının kaldırılması . Doğal kıyıya sadık kalma . Yeniden mendereslendirme . Akma göllerinin ve benzer unsurların tekrar bağlanması . Nehir restorasyonu ve ıslahı (rehabilitasyonu) . Nehir yatağı malzemesinin yeniden doğallaştırılması . Akış yatağının yeniden doğallaştırılması	. Seller . Su baskınları	
	. Taşkın yatağı restorasyonu . Yeraltı suyu restorasyonu . Göl restorasyonu . Sulak alan restorasyonu			

Kaynak: McVittie et al. (2018). Reproduced with permission from Elsevier. Aktaran: <https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe>, (Erişim tarihi 5. 12.2024).

Arhavi için çözüm önerileri

- Sel ve taşkınlara engel olmaya değil, suya alan tanımaya çalışılmalıdır. Kavak HES'in Orçi ve Sidere regülatörlerinin aşağı kısımlarında inşa edilen ıslah duvarları kaldırılarak derenin bu alanlarda yayılmasına olanak sağlanmalıdır. Şiddetli yağışlarda su seviyesi yükseldiğinde dere bu alanlara yayılıp enerjisini azaltabilmelidir. Bu bölgedeki özel araziler kamulaştırılmalı yalnızca tarım faaliyeti koşuluyla kullanım hakkı eski sahiplerine bırakılmalıdır. Arazi sahipleri bu alanlara su basabileceğini, yapacakları herhangi faaliyetin sigortalanamayacağını ya da zararların tazmin edilemeyeceğini bilmelidir.
- Boğaziçi Mahallesi, kot farkından ötürü neredeyse tüm yağışlarda su altında kalmaktadır. Yeni yapılan taşkın duvarlarından sonra bu bölge, gideri olmayan kapalı bir havuz haline gelmiştir. Karadeniz Sahil Yolu üzerindeki menfezler de suyun tahliyesi için yetersizdir. Menfezlerin kapasitesi mutlaka artırılmalıdır. Bu bölgede biriken suyun tahliyesini kolaylaştıracak önlemler alınmalıdır.
- Yemişlik mevkiindeki taşkın alanı, Jiahe veya Alicante Taşkın Parkı örneklerindeki gibi düzenlenmelidir (Şekil 6.7). Bu alan yapılaşmaya açılmamalıdır. Yıkılamayacak durumdaki binaları (üniversite yerleşkesi vs.) taşkın parkı içinde korunaklı hale getirecek sistemler planlanmalıdır.



Şekil 6.7: Jiahe Taşkın Parkı planlaması, çalışma alanının özgül koşulları göz önünde bulundurularak Yemişlik Mahallesi için de uygulanabilir.

- Dere yatağı veya dere yatağına komşu alanlar yapılaşmaya açılmamalıdır. Bu alanlarda tesis, bina veya fabrika kurulmasına engel olunmalı, yapı varsa kamulaştırmalarla dereye geri kazandırılmalıdır.
- Orman alanları mutlaka korunmalıdır. Orman alanlarını kontrolsüzce yok eden her türlü üretim, yol ve inşaat faaliyetlerinin önüne geçilmelidir. Durguna (HA6) ve Sidere (HA3) alt havzalarında kontrolsüz ağaç kesimi devam etmektedir. Orman alanlarının zedelenmesi veya yok olması bu bölgede sel, taşkın ve özellikle heyelanlara sebep olmaktadır.
- Bölgedeki kontrolsüz yol inşaatlarının önüne geçilmelidir. Açılan yollar orman tahribatına ve heyelanlara yol açmakta, ortaya çıkan hafriyat derelere dökülmekte ve derelerin su taşıma kapasitesi azalmaktadır.
- Ekolojik restorasyon¹⁰ ve ekolojik rehabilitasyon¹¹ sel kontrolü için en önemli sacayaklarındandır. Dereler, taşkın alanları ve doğal alanlar restore veya rehabilite edilmelidir.
- Yukarı havzalardaki dereler betonlanmamalı, yukarı-aşağı havza ilişkisini göz önünde bulunduran havza temelli bütüncül yaklaşımlar gözetilmelidir. Sidere (HA3) alt havzasında yer alan Ulukent ve Sidere köylerindeki taşkın duvarları yıkılmalıdır. Özellikle, beton veya taş duvar içine alınan yan derelere müdahale edilmemeli veya müdahaleler ortadan kaldırılmalıdır. Arhavi havzasının sel/taşkın riski en yüksek alanı Kapisre (HA1) alt havzasıdır. Diğer tüm alt havzalarda risk en düşük düzeydedir. Yukarı havzalardaki tüm taşkın kontrol yapıları ve mühendislik çalışmaları, Kapisre (HA1) dışındaki alt havzalarda sel/taşkın riskini arttırmakta, ilçe merkezindeki mühendislik çalışmalarını sürekli kılmaktadır.
- Kapisre Deresi'nde ve yan derelerde eskiden taşkın yatağı olan, sonradan fındık ya da çay bahçesi haline gelen vatandaşların mülkiyetindeki alanlar yine taşkın yatağı olarak kullanılmalıdır ki derenin taşkın yükü hafifletilebilsin, su yayılabilsin, bir kısmını geçici olarak depolayabilsin. Devlet bu alanları ya kamulaştırabilir ya da taşkın yatağı olarak kullanılması durumunda köylüye teşvik, tazminat verebilir.
- İlçe merkezindeki alt havzalarda (HA1 ve HA7) geçirimli yüzeyler arttırılmalıdır. İlçe merkezinin su tutma kapasitesi, beton ve geçirimsiz yüzeylerden olabildiğince arındırılarak arttırılmalıdır. İlçe merkezi planlamasında geçirimli yüzeylere sahip yeşil alanlar oluşturulmalıdır.
- Bölgede sadece yağışlarda oluşan dereler vardır. Bu derelerin oluşacağını ön gören bölge halkı geçmişte gerekli yerlerde hendekler, arklar, alçak kuru duvarlar inşa etmişlerdir. Bu yapılar suyun etrafı tahrip etmesini önler fakat yan derelerin ana dereye ulaşmasını engellemez. Kırsal alanda geçmişte kullanılan doğa temelli hendekler,

¹⁰ Ekolojik restorasyon: Bir ekosistemin insan müdahalesinden önceki haline geri döndürülmesini amaçlayan faaliyetler.

¹¹ Ekolojik rehabilitasyon: Bir ekosistemin sağlığını, bütünlüğünü ve devamlılığını dikkate alarak iyileştirilmesini amaçlayan faaliyetler.

arklar, kara duvarlar gibi geleneksel taşkın kontrol yapıları korunmalı, modifiye edilmeli veya geri kazandırılmalıdır.

- İklim değişikliğinin yaratacağı belirsizliklere karşı güçlü uyum mekanizmaları geliştirmelidir. Orman alanlarının, derelerin, köylerin ve doğal alanların korunması, köy okullarının canlandırılarak nüfusun ilçe geneline yayılmasının sağlanması, yapılaşmanın ve inşaat faaliyetlerinin kısıtlanması veya sıkı şekilde denetlenmesi, ilçe merkezinde yeşil alanların artırılması gibi çözümlerin hayata geçirilmesi göz önünde bulundurulmalıdır.
- Selin etkilerini azaltmak için dünyadaki çalışmalardan örnek alınmalı, kaçınılmaz olduğu durumlar dışında katı mühendislik uygulamalarından önce doğa temelli uygulamalara başvurulmalıdır.
- Bölgede derelere çok fazla müdahale vardır. Binlerce yılda yatağını bulan akarsulara sürekli müdahale etmek, akış resimlerini değiştirmek, menderesleri yok etmek sel/taşkın riskini arttırmaktadır. Bu yaklaşım belirsizliği kalıcı kılmakta, sel ve taşkın kontrol çalışmalarını işlevsiz hale getirmekte, bölgedeki afet hazırlık planlamalarının ve proaktif çözümlerin hayata geçirilmesini engellemektedir. Bu nedenlerle, derelerin akış rejimlerine radikal müdahaleler en aza indirilmelidir.
- Can kaybını önlemek için erken uyarı sistemleri kurulmalı, bölge halkının erken uyarı sonrasında yapacakları ve toplanma alanları önceden belirlenmeli, bu konuda eğitimler verilmeli ve tatbikatlar yapılmalıdır.
- Acil durumlarda harekete geçecek müdahale ekiplerinin sayısı artırılmalı, idari kademelerde acil durumlar için detaylı müdahale planları geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

Acar, S., Karagöz, T., Meydan, M.C., Şahin Cincioğlu, D., Kaygısız, G., Işık, M., 2022, *İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması SEGE-2022*, T.C. Sanayi Bakanlığı, Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü, Ankara.

AFAD, 2021, 2020 yılı doğa kaynaklı olay istatistikleri, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Istatistikler/2020yilidogakaynakli olayistatistikleri.pdf, [Ziyaret tarihi: 1 Ocak 2024].

AFAD, 2023, 2022 yılı doğa kaynaklı olay istatistikleri, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Istatistikler/2022-Yili-Doga-Kaynakli-Olay-Istatistikleri.pdf, [Ziyaret tarihi: 1 Ocak 2024].

Afsari, R., Shorabeh, S.N., Kouhnavards, M., Homaei, M., Arsanjani, J.J., 2022, A spatial decision support approach for flood vulnerability analysis in urban area: A case study of Tehran, *ISPRS International journal of geo-information*, 11, 380, <https://doi.org/10.3390/ijgi11070380>.

Aksoy, G., 2011, *Arhavi (Artvin) ve çevresinin heyelan duyarlılık analizi*, Yüksek Lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Anonim, 2015, *Artvin İli, Hopa İlçesi ve Çevresinde 24 Ağustos 2015 Tarihinde Meydana Gelen Sel ve Heyelan Felaketi Hakkında Rapor*, Türkiye Ormancılar Derneği, Ankara.

Bahadır, M., 2014, Samsun'da meydana gelen 4 Temmuz ve 6 Ağustos 2012 taşkınlarının iklimik analizi, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 29, 28-50.

Baş, E., Partigöç, N. S., 2023, İklim Değişikliğine Karşı Dirençli Kentler: Kentsel Isı Adası Etkisi Bağlamında Bir İnceleme, *Dirençlilik Dergisi*, 7(1), (183-198), ISSN: 2602-4667, <https://doi.org/10.32569/resilience.1261075>.

Blöschl, G., Hall, J., Viglione, A., Perdigão, R.A.P., Parajka, J., Merz, B., Lun, D., Arheimer, B., Aronica, G.T., Bilibashi, A., Boháč, M., Bonacci, O., Borga, M., Čanjevac, I., Castellarin, A., Chirico, G.B., Claps, P., Frolova, N., Ganora, D., Gorbachova, L., Gül, A., Hannaford, J., Harrigan, S., Kireeva, M., Kiss, A., Kjeldsen, T.R., Kohnová, S., J. Koskela, J.J., Ledvinka, O., Macdonald, N., Mavrova-Guirguinova, M., Mediero, L., Merz, R., Molnar, P., Montanari, A., Murphy, C., Osuch, M., Ovcharuk, V., Radevski, I., Salinas, J.L., Sauquet, E., Šraj, M., Szolgay, J., Volpi, E., Wilson, D., Zaimi, K., Živković, N., 2019, Changing climate both increases and decreases European river floods, *Nature*, 573, 108–111, <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6>.

Bodur, A., 2018, Sel ve İstanbul: Sel riskine karşı yapılan dere ıslah çalışmaları ile ilgili bir değerlendirme, *Dirençlilik Dergisi*, 2 (1), 57-68.

Bornstein, R., Lin, Q., 2000, Urban heat islands and summertime convective thunderstorms in Atlanta: three case studies, *Atmospheric Environment*, Volume 34, Issue 3, Pages 507-516, ISSN 1352-2310, [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00374-X](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00374-X).

Brakenridge G.R., 2016, *Global active archive of large flood events*, Dartmouth Flood Observatory, University of Colorado USA, <http://floodobservatory.colorado.edu>.

Chan, S.W., Abid, S.K., Sulaiman, N., Nazir, U., Azam, K., 2022, A systematic review of the flood vulnerability using geographic information system, *Heliyon*, 8, e09075, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09075>.

Cho, S.Y., Chang, H., 2017, Recent research approaches to urban flood vulnerability, 2006–2016. *Natural Hazards*, 88, 633–649, <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2869-4>.

Coates, R., 2022, Infrastructural events? Flood disaster, narratives and framing under hazardous urbanisation, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 74, 102918, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102918>.

Çelik, H.E., Kurdoğlu, O., İnan, M., Kadioğlu, M., Nişancı, İ., 2020, Identifying causes of the 2015 Hopa flash flood in NE Turkey and mitigation strategies, *Environmental monitoring and assessment*, 192, 769, <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08737-w>.

Çobanoğlu, N., & Ürker, O. 2012, TÜRKİYE’DE HİDROELEKTRİK SANTRALLER’İN DURUMU (HES’LER) VE ÇEVRE POLİTİKALARI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 65-88. https://doi.org/10.1501/sbeder_00000000046.

ÇŞB, 2024, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Karadeniz Bölgesi iklim değişikliği eylem planı*, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/turkce/faaliyetler/karadeniz-bolgesi-iklim-degisikligi-eylem-planı-20190712114929.docx>, [Ziyaret tarihi: 14 Haziran 2024].

ÇŞB, 2020, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel göstergeler*, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Ankara.

Dandapat, K., Panda, G.K., 2017, Flood vulnerability analysis and risk assessment using analytical hierarchy process, *Modeling earth systems and environment*, 3, 1627-1646, <https://doi.org/10.1007/s40808-017-0388-7>.

De Lange, H.D., Sala, S., Vighi, M., Faber, J.H., 2010, Ecological vulnerability in risk assessment – A review and perspectives, *Science of the total environment*, 408, 3871-3879.

Dias, L., Braunschweig, F., Grosso, N., Costa, H., Garrett, P., 2010, *Flood risk mapping, methodological guide*, MARETEC, Portekiz.

EEA, 2023, *European environment agency - Glossary*, <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary>, [Ziyaret tarihi: 27 Aralık 2023].

Fernando, N.S., Shrestha, S., Saurav, KC, Mohanasundaram, S., 2022, Investigating major causes of extreme floods using global datasets: A case of Nepal, USA & Thailand, *Progress in disaster science*, 13, 100212, <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2021.100212>.

FISRWG, The Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 1998, *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, Practices*.

Gökdemir, M., Kömürcü, M.İ., Evcimen, T. U., 2012, Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH) Dergisi*, 471 – 2012/1, 18-26.

Görcelioğlu, E., 1996, Ormanların sel ve taşkınlar üzerine etkileri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 45 (B) 1-2-3-4, 15-25.

Görcelioğlu, E., 2003, *Sel ve çığ kontrolü*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, ISBN: 975-404-688-3.

Hatipoğlu Temizel, E., Gültekin F., Fırat Ersoy, A., 2020, Major, trace, and rare earth element geochemistry of the Ayder and İkizdere (Rize, NE Turkey) geothermal waters: Constraints for water–rock interactions, *Geothermics*, 86, 101810, <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2020.101810>.

Huang, G., 2019, *A revisit to impact of urbanization on flooding*, Urban planning and water-related disaster management, strategies for sustainability, In: Huang, G., Shen, Z. (ed.), Chapter 4, Springer, İsviçre, 43-55, https://doi.org/10.1007/978-3-319-90173-2_4.

Huang, G., Zhenjiang S., Mardin, R., 2019, *Overview of urban planning and water-related disaster management*, Urban planning and water-related disaster management, strategies for sustainability, In: Huang, G., Shen, Z. (ed.), Chapter 1, Springer, İsviçre, 1-9, https://doi.org/10.1007/978-3-319-90173-2_1.

Huntington, T.G., 2006, Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis, *Journal of hydrology*, 319, 83-95, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.003>.

Ikram, Q.D., Jamalzi, A.R., Hamidi A.R., Ullah, I., Shahab, M., 2024, Flood risk assessment of the population in Afghanistan: A spatial analysis of hazard, exposure, and vulnerability, *Natural hazard research*, 4 (1), 46-55, <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.09.006>.

IPCC, 2007, *Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth assessment report: Climate change*, IPCC, Geneva.

IPCC, 2014, *Climate Change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Geneva.

IPCC, 2021, *Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for policymakers: The physical science basis. contribution of working group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Geneva.

IPCC, 2023, Intergovernmental Panel on Climate Change, AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>. [Ziyaret Tarihi: Şubat 2025].

İklim Uyum Projesi, 2023, *Türkiye’de iklim değişikliğine uyum eyleminin güçlendirilmesi projesi (TR2017 ESOP MI A3 04) - Etkilenebilirlik ve risk analizi metodolojisi ve öncelikli sektörlerin analiz kapsamının belirlenmesi*, [https://iklimeuyum.org/dokumanlar/Etkilenebilirlik ve Risk Analizi Metodolojisi ve Öncelikli Sektörlerin Analiz Kapsamının Belirlenmesi.pdf](https://iklimeuyum.org/dokumanlar/Etkilenebilirlik_ve_Risk_Analizi_Metodolojisi_ve_Oncelikli_Sekt%C3%B6rlerin_Analiz_Kapsamının_Belirlenmesi.pdf), [Ziyaret tarihi: 01 Aralık 2024].

Janssen, E., Wuebbles, D.J., Kunkel, K.E., Olsen, S.C., Goodman, A., 2014, Observational- and model-based trends and projections of extreme precipitation over the contiguous United States, *Earth’s future*, 2, 99-113, <https://doi.org/10.1002/2013EF000185>.

Kadioğlu, M., 2007, İklim değişiklikleri ve etkileri: Meteorolojik afetler, *TMMOB Afet sempozyumu bildiriler kitabı*, 5-7 Aralık 2007 Ankara, Ankara, Mattek Matbaacılık, 47-55.

Karadeniz, V., Akpınar, E., Başbüyük, A., 2013, NEHİR TİPİ HİDROELEKTRİK SANTRALLER ve ÇEVRESEL ETKİLERİ (REŞADİYE HİDROELEKTRİK SANTRALLERİ ÖRNEĞİ), *Doğu Coğrafya Dergisi*, 16(26), 95-114.

Kaya, M., Yılmaz, C., Bağcı, H.R., 2022, Afet riski olan bölgelerde yerleşim yeri seçiminin önemi: Ayancık Babaçay köyü örneği, *Ege coğrafya dergisi*, 31 (1), 193-206, <https://doi.org/10.51800/ecd.1102364>.

Kaveh Deilami, Md. Kamruzzaman, Yan Liu, 2018, Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 67, Pages 30-42, ISSN 1569-8432, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.009>.

Kerr, R.A., 2006, Rivers in the sky are flooding the world with tropical waters, *Science*, 313 (5786), 435, <https://doi.org/10.1126/science.313.5786.435>.

Konrad, C.P., 2003, *Effects of urban development on floods*, <https://pubs.usgs.gov/fs/fs07603/>, [Ziyaret tarihi: 02 Ocak 2024].

Kumar, D., Bhattacharjya, R.K., 2020, Review of different methods and techniques used for flood vulnerability analysis, *Natural hazards and earth system sciences*, 2020, 297, <https://doi.org/10.5194/nhess-2020-297>.

Kurdoğlu, O., Akbulut, S., 2015, Türkiye’de acil ve öncelikle korunması gereken bir alan: Kamilet ve Durguna vadileri (Arhavi) ve koruma gerekçeleri, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15 (2), 279-296, <http://dx.doi.org/10.17475/kuofd.56239>.

Merz, R., Blöschl, G., 2003, A process typology of regional floods, *Water resources research*, 39 (12), 1340, <https://doi.org/10.1029/2002WR001952>.

MGM, 2022, *Meteoroloji genel müdürlüğü, Türkiye meteorolojik afetler değerlendirmesi (2010-2021)*, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü, Ankara, <https://mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/meteorolojikafetler2010-2021.pdf>.

MGM, 2024, *Meteoroloji genel müdürlüğü, 2023 yılı iklim değerlendirmesi*, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2023-iklim-raporu.pdf>.

Nasiri, H., Mohd Yusof, M.J., Mohammad Ali, T.A., 2016, An overview to flood vulnerability assessment methods. *Sustainable water resources management*, 2, 331-336, <https://doi.org/10.1007/s40899-016-0051-x>.

Natarajan, L., Usha, T., Gowrappan, M., Kasthuri, B.P., Moorthy, P., Chokkalingam, L., 2021, Flood susceptibility analysis in Chennai Corporation using frequency ratio model, *Journal of the Indian society of remote sensing*, 49 (7), 1533-1543, <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01331-8>.

Nguyen-Tien, V., Elliott, R. J. R., Strobl E. A., 2018, Hydropower generation, flood control and dam cascades: A national assessment for Vietnam, *Journal of Hydrology*, Volume 560, Pages 109-126, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.02.063>.

Nied, M., Pardowitz, T., Nissen, K., Ulbrich, U., Hundecha, Y., Merz, B., 2014, On the relationship between hydro-meteorological patterns and flood types, *Journal of hydrology*, 519, 3249-3262, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jydrol.2014.09.089>.

OECD, 2008, *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>.

Oğuz, K., Oğuz, E., Coşkun, M., 2016, Coğrafi bilgi sistemleri ile taşkın risk alanlarının belirlenmesi: Artvin ili örneği, 4. *Ulusal taşkın sempozyumu tebliğler kitabı*, 21-24 Kasım 2016, Rize, Rize, 793-803.

Özalp, M., Kurdoğlu, O., Erdoğan Yüksel, E., Yıldırım, S., 2010, Artvin’de nehir tipi hidroelektrik santrallerin neden olduğu/olacağı ekolojik ve sosyal sorunlar, III. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Artvin, Türkiye, 20-22 Mayıs 2010, Cilt 2, 677-687.

Özcan, E., 2006, Sel olayı ve Türkiye, *Gazi eğitim fakültesi dergisi*, 26 (1), 35-50.

Polat, S., Polat, O., 2007, Sel felaketinin nedenleri ve alınabilecek önlemler, Feke-Değirmendere havzası örneği, *TMMOB Afet sempozyumu bildiriler kitabı*, 5-7 Aralık 2007 Ankara, Ankara, Mattek Matbaacılık, 413-421.

Resmî Gazete, 2019, *Taşkın ve rüsubat kontrolü yönetmeliği*, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190503-1.htm>, [Ziyaret tarihi: 01 Ocak 2024].

Rizwan A. M., Dennis Y. C. L., Chunho, L., 2008, A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, *Journal of Environmental Sciences*, Volume 20, Issue 1, Pages 120-128, ISSN 1001-0742, [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4).

Schwarz, I., Kuleshov, Y., 2022, Flood vulnerability assessment and mapping: A case study for Australia’a Hawkesbury-Nepean catchment, *Remote sensing*, 14, 4894, <https://doi.org/10.3390/rs14194894>.

Sinha, S. 2023, Climate change, urban flooding, and community perceptions of vulnerability and resilience: lessons from Diamond Harbor region, *Climate change, community response and resilience*, 6, 391-417, <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18707-0.00021-7>.

Stefanidis, S., Stathis D., 2013, Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP), *Natural hazards*, 68, 569-589, <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0639-5>.

Süme, V., 2022, Occured disasters and environment interaction on the Eastern Blacksea Region, *Pamukkale Üniversitesi mühendislik bilimleri dergisi*, 2022, 3, <https://doi.org/10.5505/pajes.2022.88003>.

Süme, V., Tansel, B., Güner M.S., 2016, Doğu Karadeniz bölgesinde meydana gelen seller ve hidrolik köprüler ve kıyı yapıları üzerindeki etkileri, *Doğal afet ve afet yönetimi sempozyumu*, 2-4 Mart 2016 Karabük, Karabük Üniversitesi, 478-486.

SYGM, 2020, *Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı*, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.

Şeker, P.Ç., Keleş, G.A., 2022, Kamilet Vadisi (Arhavi, Artvin) memeli türleri ve koruma statüleri, *Anadolu orman araştırmaları dergisi*, 8 (2), 33-39, <https://doi.org/10.53516/ajfr.1184108>.

Tanır, T., Fındık, S.B., Girayhan, T.F., Yorulmaz, Ö., 2022, Flood social vulnerability assessment: A case study of Türkiye, *Turkish journal of water science & management*, 6 (2), 237-259.

Tolunay, D., 2022, İklim değişikliği: Dünya’da, Türkiye’de ve İstanbul’da neler yaşandı ve yaşanabilir? *İstanbul Su Kültürü*, Seçil Ofset, İstanbul.

Turan, B., Bekler, T., 2022, Kıyı kentlerinin afetlere karşı dirençliliği, *Afet sempozyumu bildiriler kitabı*, 20-22 Nisan 2022 Ankara, Ankara, 197-212. ISBN: 978-605-01-1543-7.

Turgut, Ü., 2007, Doğu Karadeniz Bölgesinde sel felaketine neden olan sinoptik modellerin tahmin tekniği açısından incelenmesine dönük karşılaştırmalı bir araştırma, *TMMOB Afet sempozyumu bildiriler kitabı*, 5-7 Aralık 2007 Ankara, Ankara, Mattek Matbaacılık, 133-142.

Turhan, E., Çağatay, H., Keçeci, A., 2015, Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevresel ve Sosyal Etkileri: Alakır Vadisi Örneği, *4. Su Yapıları Sempozyumu*, Antalya, Türkiye, 67-76.

TÜİK, 2023, *Merkezi Dağıtım Sistemi (MEDAS), Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları*, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>, [Ziyaret tarihi: 11 Ocak 2024].

Türkeş, M., 2020, İklim değişikliğinin fiziksel bilim temeli II : Dünyada ve Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişiklikleri ve değişkenliği, *Toplum ve hekim*, 35 (1), 3-31.

UNISDR, *United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2016, 2015 disasters in numbers*, <http://emdat.be>, [Ziyaret tarihi: 05 Şubat 2024].

WorldClim, 2020, *30 seconds (~1 km²) monthly precipitation between 1970-2000*, <https://www.worldclim.org/>, [Ziyaret tarihi: 05 Şubat 2024].

Yalçın, G. ve Akyürek, Z., 2004, Analysing flood vulnerable areas with multicriteria evaluation, *20th ISPRS congress*, 12-23 Temmuz 2004 İstanbul, İstanbul, 359-364.

Yılmaz, C., 2008, Karadeniz sahil yolunun kıyı kentleri üzerine etkileri, *TÜCAUM V. Coğrafya sempozyumu bildiriler kitabı*, 16-17 Ekim 2008 Ankara, Ankara, 149-159.

Yin, H., Li, C., 2001, Human impact on floods and flood disasters on the Yangtze River, *Geomorphology*, 41, 10-109.

Yüksek, Ö., Babacan, H.T., Yüksek, O., 2022, Doğu Karadeniz Havzası'nda taşkın sebepleri, zararları ve taşkın yönetim çalışmaları, *Türk hidrolik dergisi*, 6 (2), 36-46.

Yüksek, Ö., Kankal, M., Üçüncü O., 2013, Assessment of big floods in the Eastern Black Sea basin of Turkey, *Environmental monitoring and assessment*, 185, 797-814, <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2592-2>.

Zhang, W., Liu, G., Chiaka, J.C., Yang, Z., 2023, Flood risk cascade analysis and vulnerability assessment of watershed based on Bayesian network, *Journal of hydrology*, 626, 130144, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130144>.