

Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Analizi (1955-2022)

Dr. Öğretim Üyesi Vedat AVCI



Doğu Karadeniz
Bölümü'nde Meydana
Gelen Sel ve Taşkınlarnın
Analizi (1955-2022)

Dr. Öğretim Üyesi Vedat Avcı



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozgur yayinlari.com

✉ info@ozgur yayinlari.com

Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Analizi (1955-2022)

Dr. Öğretim Üyesi Vedat Avcı

Language: Turkish

Publication Date: 2025

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

Kapak Fotoğrafı: Trabzon Araklı Çamlıktepe Mahallesi

Kaynak: Vedat Avcı

ISBN (PDF): 978-625-5958-67-9

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub701>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Avcı, V. (2025). *Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Analizi (1955-2022)*.

Özgür Publications. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub701>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozgur yayinlari.com/>



İçindekiler

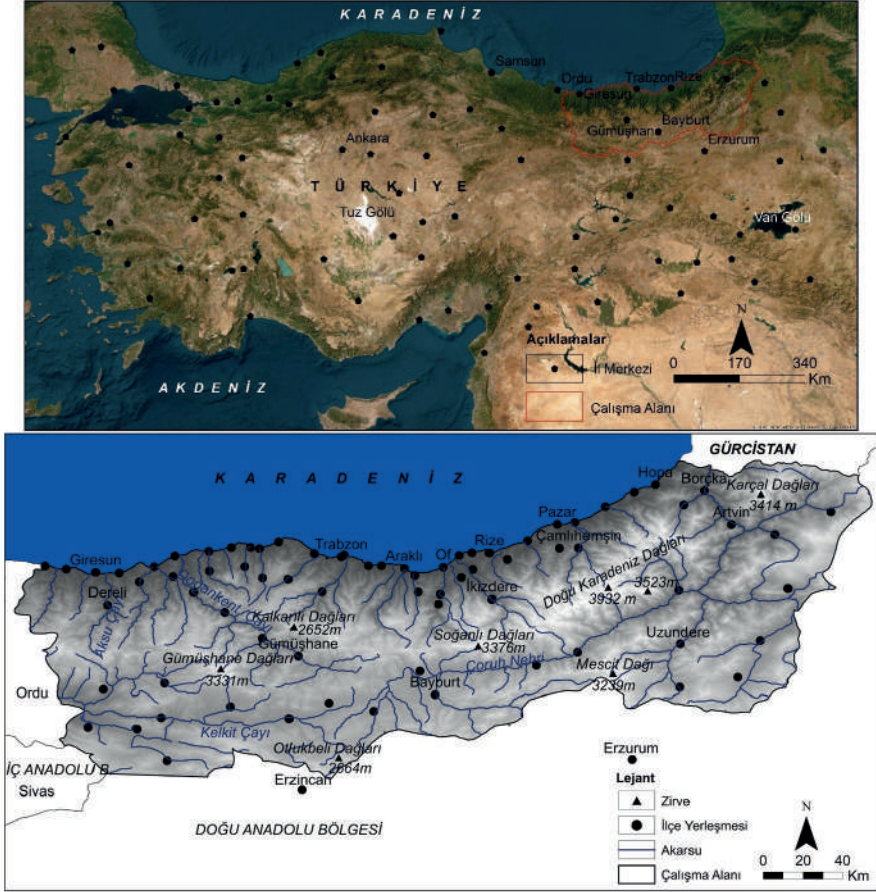
1. Giriş	1
1.1. Amaç	8
1.2. Materyal ve Yöntem	8
1.3. Literatür Değerlendirmesi	15
2. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Sel ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Fiziki Coğrafya Faktörleri	21
2.1. Jeolojik Özellikler	21
2.2. Jeomorfolojik Özellikler	22
2.2.1. Yükselti	22
2.2.2. Eğim	24
2.2.3. Bakı	28
2.3. İklim Özellikleri	30
2.3.1. Sıcaklık Özellikleri	31
2.3.2. Yağış Özellikleri	33
2.4. Trend Analizleri	38
2.4.1. Sıcaklık Trend Analizleri	39
2.4.2. Yağışın Trend Analizleri	47
2.5. Hidrografik Özellikler	54
2.6. Bitki Örtüsü Özellikleri	56
2.7. Toprak Özellikleri	57
2.8. Arazi Kullanımı Özellikleri	59
3. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Sel ve Taşkın Riski Yüksek Olan Akarsuların Morfometrik Analizi	63
3.1. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Akarsuların Morfometrik Analizleri	63
3.2.1. Havza Alanı (A)	65
3.2.2. Havza Çevresi (P)	67

3.2.3. Havza Uzunluğu (Lb)	67
3.2.4. Havza Genişliği (Bw)	67
3.2.5. Drenaj Yoğunluğu (Dd)	68
3.2.6. Akarsu Sıklığı (Fs)	69
3.2.7. Çatallanma Oranı (Rb)	69
3.2.8. Havza Röllyefi (Bh)	70
3.2.9. Form Faktör (Ff)	70
3.2.10. Uzama Oranı (Re)	71
3.2.11. Engebelilik Değerı (Rn)	72
3.2.12. Akım Toplanma Zamanı (Tc)	72
3.2.13. Hipsometrik İntegral (Hi)	72
4. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Zamansal ve Mekansal Analizi	75
4.1. Türkiye'de ve Doğu Karadeniz Bölümü'nde Doğal Afetlerin Dağılımı	75
4.2. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Zamansal Dağılımı	76
4.3. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Analizi	82
4.4. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Sel Taşkınların Mekânsal Dağılımı	87
5. Sonuç ve Öneriler	97
Kaynakça	101

1. Giriş

Türkiye'nin kuzeyinde, Karadeniz Bölgesi'nin doğusunda yer alan Doğu Karadeniz Bölümü kuzeyden Karadeniz, doğudan Gürcistan, güneyden İç ve Doğu Anadolu Bölgeleri ile çevrelenmiştir. Bölüm idari sınırları içerisinde Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Bayburt ve Gümüşhane il ve ilçeleri bulunmaktadır. Bu illerle birlikte Doğu Karadeniz Bölümü coğrafi sınırları içerisinde Erzurum, Sivas ve Erzincan'ın bazı bölümleri bulunmaktadır. Bölüm coğrafi olarak 43.371 km² alan kaplamaktadır. Ordu yakınlarında denize dökülen Melet Çayı'nın doğusunda kalan kısım Doğu Karadeniz Bölümü'nü oluşturmaktadır (Atalay ve Mortan, 1997). Kıyı gerisinde birden bire yükselen Doğu Karadeniz Dağları 3000 m yükseltiye ulaşmaktadır. Doğu Karadeniz Bölümü, kıyı şeridi ve gerisinden oluşmaktadır (Atalay ve Mortan, 1997). Kıyı şeridinde her mevsimi yağışlı iklim etkili olup, Türkiye'nin en yağışlı bölümünü oluşturmaktadır. Kıyı gerisinde az yağışlı ve karasal şartların hüküm sürdüğü koşullar yaşanmaktadır (Erinç, 1996). Kıyı gerisindeki istasyonlarda Doğu Anadolu Yağış rejimine geçiş söz konusudur (Engin, 1992). Kıyı şeridinde ormanlar geniş yapraklı, karışık ve iğne yapraklı ağaçlardan oluşan kuşaklar meydana getirmektedir. Türkiye'de ladin ormanları yalnızca Doğu Karadeniz Bölümü kıyı şeridinde bulunmaktadır. Kıyı gerisinde Çoruh Nehri Vadisi'nde kurakçıl çalı toplulukları, step türleri, yüksek alanlarda meşe topluluklarından oluşan kuru ormanlar bitki örtüsünü oluşturmaktadır (Atalay ve Mortan, 1997; Engin, 1992; Şekil 1). Sarı podzolik topraklar, kahverengi orman toprakları, kestane renkli topraklar, taşlı topraklar ve kurak bölge toprakları başlıca toprak türlerini oluşturmaktadır (FAO, 2025). Araştırma sahası Doğu Karadeniz, Çoruh Nehri ve Yeşilirmak Nehri akaçlama alanında bulunmaktadır. Bölümde başlıca yerleşmeler Giresun, Dereli, Trabzon, Of, Çaykara, Köprübaşı,

Araklı, Rize, Pazar, Çamlıhemşin, Artvin, Borçka, Uzundere, Gümüşhane ve Bayburt'tur.

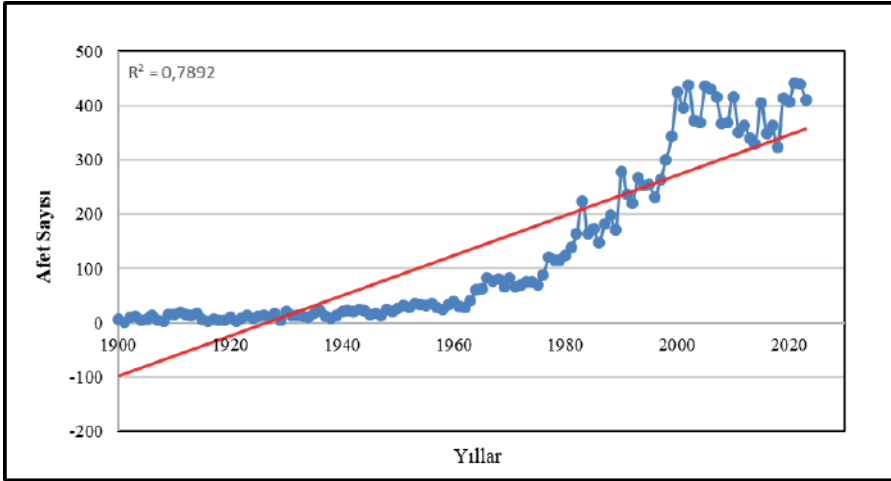


Şekil 1. Doğu Karadeniz Bölümü'nün lokasyon haritası

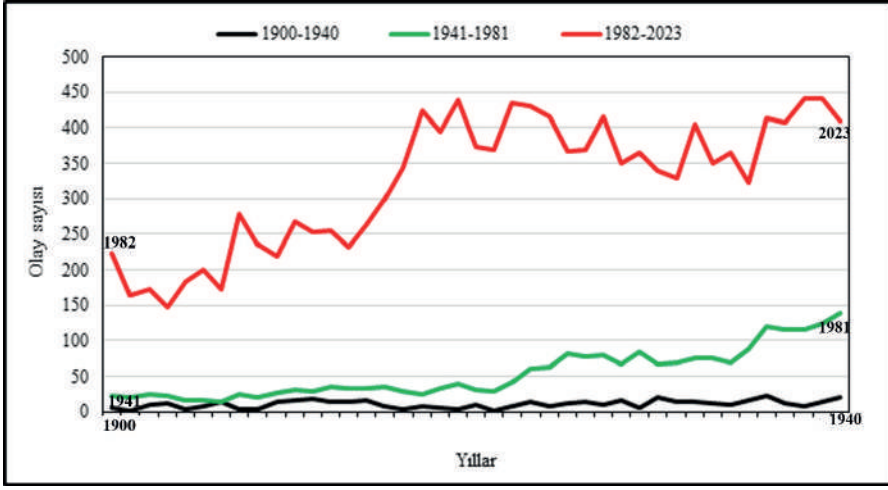
Can ve mal kayıplarına neden olan, hızlı gelişen, başladıktan sonra önlenemeyen doğa kökenli olaylar doğal afet olarak tanımlanmaktadır (Şahin ve Sipahioğlu, 2003). Afetler, ne zaman ve nerede meydana geleceği tahmin edilemeyen, toplumun savunma mekanizmalarının mücadelede yetersiz kaldığı durumlardır. Küresel iklim değişikliği afetlerin sıklığının artmasına ve her gün ortalama en az bir afetin yaşanmasına, bu afetlerden çok sayıda insanın etkilenmesine yol açmaktadır (McFarlane ve Williams, 2012; akt. Usta, 2023). EM-DAT veri tabanına göre Dünyada 1900-2023 yılları arasında 16079 doğal afet meydana gelmiştir. Bu dönemde 441 olay sayısı ile en fazla doğal afet 2021 yılında, en az afet ise 1 olayla 1901 yılında meydana

gelmiştir (URL 1). Dünyada meydana gelen doğal afetlerde Mann-Kendall yöntemi ile yapılan analizlere göre belirgin bir artış eğilimi görülmektedir. Bu artış istatistiksel açıdan anlamlı olup (p değeri <0.0001), regresyon ilişkisine göre de artış istatistiksel açıdan anlamlı ve güçlüdür (Şekil 2).

EM-DAT veri tabanına göre (URL 1) 1900-2023 yılları arasında Dünyada meydana gelen afetler 3 dönem halinde 1) 1900-1940, 2) 1941-1981 ve 3) 1982-2023 incelenmiştir. Veri tabanına göre 1900-1940 yılları arasında afetlerin ortalaması 10.85, 1941-1981 yılları arasında ortalama 53.68, son dönemin ortalaması ise 323.63'tür. Bu verilere göre son dönem ile 1900-1940 yılları arasındaki dönem arasında afet sayısı ortalamasında yaklaşık 30 katlık artış bulunmaktadır (Şekil 3).



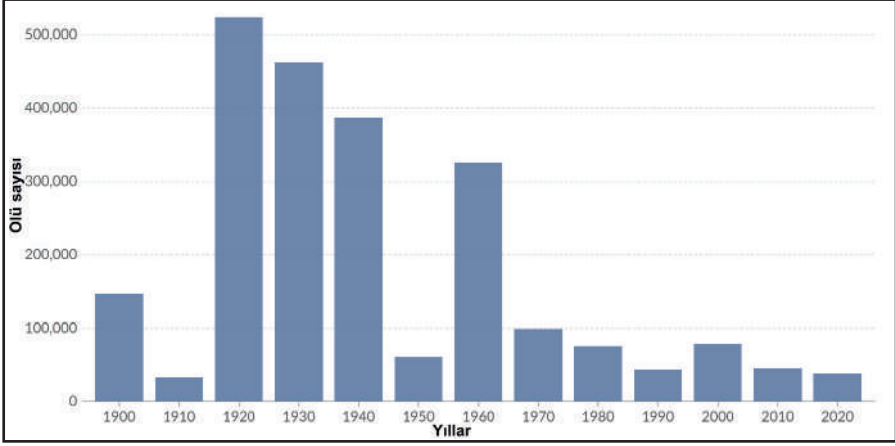
Şekil 2. Dünyada 1900-2023 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin Mann-Kendall testine göre eğilim grafiği (URL 1'den yararlanılarak oluşturulmuştur)



Şekil 3. Dünyada 1900-2023 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin; 1) 1900-1940, 2) 1941-1981 ve 1982-2023 dönemlerine göre dağılımı (URL 1'den yararlanılarak oluşturulmuştur).

Son birkaç on yılın ortalamasına göre Dünya genelinde deprem, fırtına, sel ve kuraklık gibi afetler her yıl yaklaşık 40.000 ila 50.000 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmaktadır. Can ve mal kayıpları dışında afetler, her yıl milyonlarca insanın evsiz kalmasına ve göç etmesine de yol açmaktadır. Ayrıca bu tip ekstrem olayların ciddi ekonomik maliyetleri olmaktadır. Bu durum özellikle düşük gelirli ülkelerde daha belirgin hissedilmektedir (Ritchie vd., 2022; Şekil 4). Dünya'da olay başına ölüm oranları orta ve yüksek-orta gelirli ülkelerde zamanla azalmış, ancak düşük gelirli ülkelerde artmıştır (Jonkman vd., 2024).

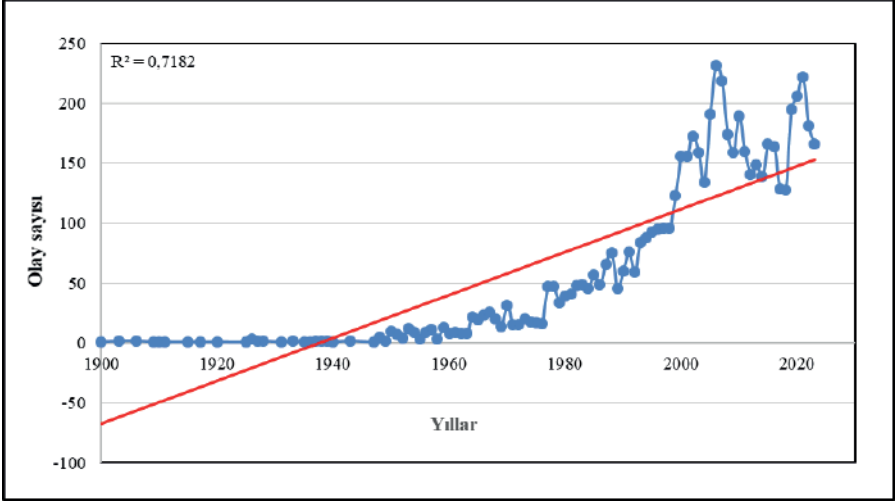
Çoğu kez eş anlamlı olarak kullanılan sel ve taşkın kavramları iç içe geçmiş olsalar da aralarında bazı farklar bulunmaktadır. Dünyanın farklı bölgelerinde aşırı yağış, kar erimesi, göl ve deniz taşmaları ile barajlardan bırakılan fazla miktarda suların, taban seviyesinin yükselmesinden kaynaklanan, akarsularla ilişkili olmadan da ortaya çıkabilen su baskınları sel olarak tanımlanmaktadır. Seller, dere ve ırmak selleri, dağlık alan selleri, şehir ve kıyı selleri şeklinde sınıflandırılabilir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003). Taşkın ise; akarsudaki su miktarının aşırı miktarda artıp, kanal kapasitesini aştığında, suyun kanalın kenarlarından aşarak taşması olayı olarak tanımlanmaktadır. Taşkınlar doğal afetler arasında en ölümcül ve yıkıcı olaylar olarak kabul edilmekte ve bölgesel, ani, buz-yığılması ve baraj yıkılması taşkınları şeklinde sınıflandırılmaktadır (Lutgens vd., 2014). Birbirlerini tamamlayan sel ve taşkın olaylarının ortak özelliği akış büyüklükleridir (Erkal ve Taş, 2020).



Şekil 4. 1900-2020 yılları arasında dünyada doğal afetler nedeniyle meydana gelen can kayıpları (On yıllık rakamlar, sonraki on yıllık dönemdeki yıllık ortalama olarak ölçülür) (Ritchie vd., 2022'den yararlanılarak düzenlenmiştir).

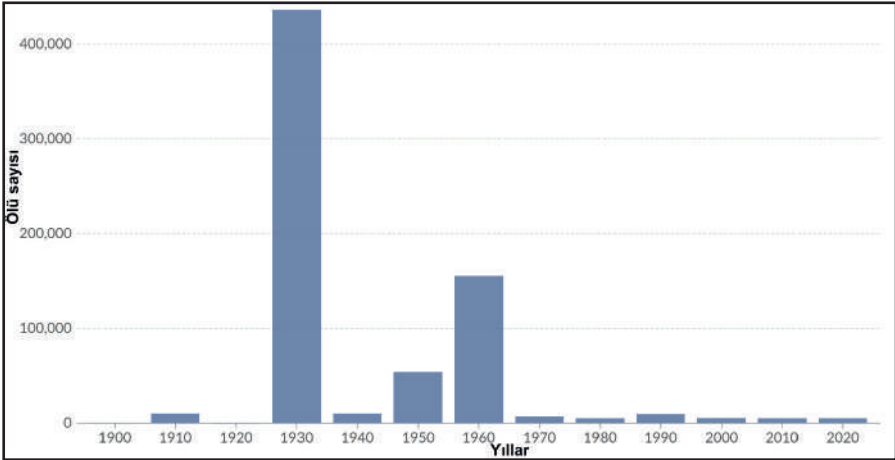
Doğal işleyişi içerisinde kaldığında, normal bir hidrometeorolojik olay olan sel ve taşkınlar, doğal dengenin bozulmasına bağlı olarak zaman zaman afet boyutuna dönüşebilmektedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003; Polat ve Polat, 2007). Sel ve taşkınlar, insani ve ekonomik etkileri bakımından en sık karşılaşılan afetlerin başında gelmektedir (Jonkman vd., 2024). Son yıllardaki çeşitli felaketler, suyla ilgili olaylardan kaynaklanan riskin dünya çapında önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Tsunamiler, fırtına dalgaları, nehir taşkınları, ani seller, kütle hareketleri ve kuraklık, bu olaylar arasında yer almaktadır. Sudan kaynaklı felaketlerin artması, nüfusun artışı, insanların kıyıları, taşkın yatakları ve yamaçlar gibi yüksek riskli alanları yoğun olarak kullanması, altyapının yetersizliği, çevresel ve iklimsel değişikliklerle ilgilidir (Kron, 2015). Kentleşme ve arazi kullanımındaki değişimler, yağmur suyunun sızmasını azaltacak, geçirimsiz yüzeylerin katlanarak artış göstermesine yol açarak sel-taşkınların daha fazla yaşanmasına neden olmaktadır (König vd., 2002; Kadioğlu, 2019). Sel ve taşkınlar, hızlı, aşırı ve plansız kentleşme (Erkal ve Taş, 2020), küresel iklim değişikliğine bağlı olarak ekstrem hava olaylarının frekansının artması ve sıcaklık artışları nedeniyle artış trendine sahiptir. Sel ve taşkınlar binlerce yıl görülmesine rağmen antropojenik etkilere bağlı olarak son birkaç yüzyılda depremler kadar önemli bir konuya haline gelmiştir. Bu durum nüfus artışı, yerleşmelerin yatay yönlü gelişimi ve sel-taşkın riski taşıyan alanların yerleşmeye açılması ile ilgilidir (Erkal ve Taş, 2020). Şehir yerleşmeleri ile kırsal alanlar karşılaştırıldığında; şehirler, yağmur yağışının %5-10 arasında kırsal sahalara göre daha yüksek olduğu,

çevresine göre daha sıcak olmalarından dolayı dikey hava hareketlerinin daha fazla görüldüğü ve yağışın daha fazla düştüğü alanlardır (Uğur ve Aliagaoglu, 2019). Özellikle, geçirgenliğin yüksek olduğu birimlerin, şehirleşmeye bağlı olarak şehir merkezinin betonlaşması sonucu azalması, sel-taşkın riskini artırmaktadır (Sarıgül ve Turoğlu, 2020). Yağış sırasında akışa geçecek su miktarı üzerinde; şehir içindeki sert, geçirimsiz yüzeyler, yeşil alanlar, yeşil alanlardaki bitki örtüsü, bu alanların sızma (infiltrasyon) özellikleri etkili olmaktadır (Turoğlu, 2019). Sel ve taşkınlar; yüzeysel akış ile toplanan su kütlelerinin yatak su taşıma kapasitesinin üstüne çıkmasıyla meydana gelmektedir. Bu nedenle sel-taşkında temel problem; yatak su taşıma kapasitesine göre, su fazlalığının meydana gelmesidir. Su fazlalığı doğal nedenlerden veya insan faaliyetlerinden kaynaklanabilir (Turoğlu, 2010, 2011, 2019). Ani taşkınlar uyarıcı belirtileri az olan, aniden ortaya çıkan, ölümcül potansiyelleri yüksek olan taşkınlardır. Bu duruma su seviyesindeki ani yükselmeler ve tahrip edici akış hızları neden olmaktadır. Bu tip taşkınlar dağlık bölgelerde görülebilir. Çünkü bu sahalarda dik yamaçlar yüzeysel akışa geçen suları dar kanyonlara hızlı bir şekilde ulaştırabilir. Ani taşkınlar şehirlerde de görülebilir, çünkü şehirlerin büyük bölümü çatı, cadde, otopark ve yol gibi geçirimsiz yüzeylerden oluşmaktadır. Buralarda infiltrasyon minimum iken yüzeysel akışın hızı yüksektir (Lutgens vd., 2014). Dünya genelinde 1900-2023 yılları arasında 6013 sel-taşkın olayı meydana gelmiştir. Bu dönemde 2006 yılı 232 sel ve taşkın afeti sayısı ile en fazla olayın yaşandığı yıla karşılık gelmektedir. 1'er sel ve taşkın olayı ile 1900 ve 1909 yılları en az olayın yaşandığı yıllardır (URL 1). Mann-Kendall yöntemine göre sel ve taşkın olay sayısı açısından da 1900-2023 yılları arasında istatistiksel açıdan anlamlı ve kuvvetli bir artış bulunmaktadır (p değeri <0.0001). R^2 değeri 0.7182 olup, regresyon ilişkisinin iyi olduğunu göstermektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Dünyada 1900-2023 yılları arasında meydana gelen sel-taşkınların Mann-Kendall testine göre eğilim grafiği (URL 1'den yararlanılarak oluşturulmuştur)

1900-2020 yılları arasında dünyada sel ve taşkınlar nedeniyle meydana gelen can kayıpları 1930 ve 1960 yıllarında en fazladır (Ritchie vd., 2022; URL1, Şekil 6).



Şekil 6. 1900-2020 yılları arasında Dünyada sel ve taşkınlar nedeniyle meydana gelen can kayıpları (On yıllık rakamlar, sonraki on yıllık dönemin yıllık ortalaması olarak ölçülmektedir) (Ritchie vd., 2022'den yararlanılarak düzenlenmiştir)

1.1. Amaç

Doğu Karadeniz'de meydana gelen sel ve taşkınları, bölüm olarak toplu inceleyen bir araştırma bulunmadığından bu çalışma hazırlanmıştır. Sel ve taşkınların mekânsal analizine ait ilk bulguları 2. Uluslararası Avrasya İklim Değişikliği Kongresinde sunulmuştur (Avcı, 2024). Bu çalışmada Doğu Karadeniz'de meydana gelen sel ve taşkınların analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda sel ve taşkınların zamansal ve mekânsal analizi yapılmıştır. Sel ve taşkın üzerinde etkili olan faktörler drenaj havzasının alanı, yağış biçimi, yağış şiddeti, yağış miktarı, sıcaklık, eğim, yükselti, bakı, arazi kullanımı, bitki örtüsü, litoloji, toprak, drenaj yoğunluğu ve antropojenik etkiler olarak belirtilmiştir (Hoşgören, 2004; Atalay, 2016; Turoğlu ve Özdemir 2005; Sunkar ve Tonbul, 2011; Tonbul ve Sunkar, 2011; Turoğlu vd., 2020). Çalışma alanının yükselti, eğim ve bakı özellikleri analiz edilmiş, araştırma sahasının iklim özellikleri meteoroloji istasyonlarının verileri ile değerlendirilmiş, iklim elemanlarının eğilim analizleri yapılmıştır. Sel ve taşkınların meydana geldiği havzalar morfometrik özelliklerine göre karşılaştırılmıştır. Çalışmada Doğu Karadeniz Bölümü'nde sel ve taşkınların yoğunlaştığı alanlar belirlenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur.

1.2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma coğrafi bölüm sınırına göre hazırlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan harita ve şekillerin çizimi ile sel ve taşkın analizlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları kullanılmıştır. Bu yazılımlar açık kaynak kodlu QGIS ile ArcGIS ve ArcGIS Pro yazılımlarıdır. Bölüme ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) 27,5*27,5 m çözünürlüklü ASTER DEM (NASA, 2025) verilerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Farklı alanları gösteren demler ArcGIS arayüzü Data Management-Mosaic To New Raster aracı ile birleştirilmiş, projeksiyon dönüşümleri yapılmış (Project Raster aracı ile), Raster Processing-Clip aracı ile inceleme alanına göre kesilmiştir. SYM verisinden yükselti basamakları haritası oluşturulmuştur. Sel ve taşkınlarla ilişkisi yüksek bir parametre olması nedeniyle eğim haritası oluşturulmuştur. Eğim, ArcGIS arayüzü Spatial Analyst (Mekansal Analiz)-Slope aracı ile haritalanmıştır. Yamaç eğim yönü SYM'den faydalanılarak ArcGIS arayüzü Spatial Analyst- Aspect aracı ile haritalanmıştır. Yükselti basamakları, eğim ve bakı haritaları ArcGIS arayüzü Spatial Analyst-Reclass-reclassify aracı ile yeniden sınıflandırılmış, alt sınıfların alan ve oranları bulunmuştur. Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM, 2024) verilerinden yararlanılarak Giresun, Trabzon Bölge, Trabzon Havalimanı, Rize, Hopa, Artvin ve Gümüşhane Meteoroloji istasyonları aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak iklim özellikleri değerlendirilmiştir.

İklim özelliklerinin değerlendirilmesinde kıyıda yer alan istasyonlar ile kıyı gerisinin iklim özelliklerini yansıtan istasyonların verileri kullanılmıştır. İklim elemanlarındaki değişimin varlığını ortaya koyabilmek için rasatları kesintisiz olan istasyonların aylık ve yıllık ortalama sıcaklıkları, aylık toplam yağış, aylık maksimum yağış, yıllık toplam yağış ve günlük toplam yağış verilerinin trend analizi yapılmıştır. İklim elemanlarının trend analizlerinde Mann-Kendall yöntemi kullanılmıştır. Çalışma alanının hidrografik özellikleri genel olarak değerlendirilmiştir. Orman varlığı 2019 yılı meşçere verisi ile değerlendirilmiş, toprak haritası FAO sınıflandırması esas alınarak hazırlanmıştır. CORINE (Çevresel Bilginin Koordinasyonu) 1990 ve 2018 yılı verileri kullanılarak arazi örtüsündeki değişiklikler belirlenmiştir. Çalışmada ASTER SYM verisinden faydalanılarak havzalar oluşturulmuş ve morfometrik analizler yapılmıştır. Belirlenen havzalara; havza alanı (A), havza çevresi (P), havza uzunluğu (Lb), havza genişliği (Bw), drenaj yoğunluğu (Dd), akarsu sıklığı (Fs), çatallanma oranı (Rb), havza rölyefi (Bh), form faktör (Ff), uzama oranı (Rc), engebelilik değeri (Rn), Kerby formülüne göre akım toplanma zamanı (Tc), hipsometrik integral (Hi) indisleri uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında Karadeniz'e dökülen 21 akarsuyun havzalarının morfometrik özellikleri sel-taşkın açısından analiz edilmiş, sel ve taşkınlar mekânsal istatistiğe ve mekânsal analize tabi tutulmuştur. Mekânsal analizler için 1955-2022 yılları arasında meydana gelen sel ve taşkınlar kullanılmıştır (AFAD, 2022). Sel-taşkınlara ait veriler için farklı kaynaklar bulunmakta olup, bu kaynaklardan bazıları Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (AYDES), Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB) ve Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemidir (TUCBS). Bu çalışmada TUCBS'da yer alan sel-taşkın verileri kullanılmıştır (AFAD, 2022). Mekânsal istatistik kapsamında merkez (Central feature), ortalama merkez (Mean center), medyan merkezi (Median center), ortalama en yakın komşuluk (Average nearest neighbor analysis), standart sapma elipsi (Standard deviational ellipse) ve standart uzaklık (Standard distance) analizleri, mekânsal analiz kapsamında noktasal (Point density) ve kernel yoğunluk (Kernel density) analizleri yapılmıştır. Mekânsal analizlerle doğal afetlerin sık meydana geldiği alanlar belirlenebilir. Bu çalışmada mekânsal analizlerle sel-taşkın açısından riskli yerler belirlenmiştir.

Sel-taşkınlarda yıllara göre meydana gelen değişim trend (eğilim) analizleri ile ortaya konmuştur. Eğilim analizinde parametrik olmayan Mann-Kendall, Sen's slope ve Spearman Rho testleri kullanılmıştır. Bu yöntemler, eğilimin varlığı ve istatistiksel açıdan önemli olup olmadığını ortaya koymaktadır. Mann-Kendall yönteminde, "ölçülen her veri daha önce ölçülen tüm verilerle karşılaştırılır ve toplam $n(n-1)/2$ olası veri çiftleri ile sonuçlanır" Burada n, toplam gözlem sayısını temsil etmektedir" (Shah ve Hasan, 2016; akt.,

Fidan ve Görüm, 2020). Test istatistiği Formül 1 ve 2 ile hesaplanmaktadır (akt. Fidan ve Görüm, 2020).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sing}(X_j - X_i) \quad (1)$$

Formülde Mann-Kendall test istatistiği, S iken, zaman serileri X_j ve X_i , zaman serisinin uzunluğu ise N 'dir. Mann-Kendall istatistiğinde artan yönde trend pozitif S değeri ile gösterilirken, azalan yönde trend ise negatif S değeri ile gösterilmektedir (Shahid, 2011; akt., Fidan ve Görüm, 2020).

$$\text{Sing}(X_j - X_i) = \begin{cases} 1 & X_j - X_i > 0 \\ 0 & X_j - X_i = 0 \\ -1 & X_j - X_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Eğilimlerin istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı Kendall'ın tau değeriyle Formül 3 kullanılarak hesaplanır (Fidan ve Görüm, 2020). Formülde 0'dan büyük Z değeri yükselen bir trendi, 0'dan küçük Z değeri ise azalan yönde bir trendi göstermektedir (Fidan ve Görüm, 2020; Lin ve Wang, 2018).

$$Z = ((S - 1) / \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad S > 0)) \quad (3)$$

$$Z = ((S - 1) / \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad S < 0))$$

Hesaplanan p değeri $\alpha=0,05$ önem seviyesinden düşük olduğunda, sıfır hipotezi H_0 (eğilim yok) reddedilmeli ve alternatif hipotez H_a (eğilim var) kabul edilmelidir (XLSTAT, 2024). Bu çalışmada Mann-Kendall trend testi için açık kaynak kodlu Past yazılımı kullanılmış, grafikler Microsoft Excel programı ile oluşturulmuştur.

Sen's slope yöntemi, zaman serisindeki eğilimleri tahmin ve analiz etmek için kullanılan parametrik olmayan yöntemlerden biridir (Sen, 1968; Lin ve Wang, 2018). Yöntemde, zaman serisindeki herhangi iki nokta arasındaki eğilim ($X = x_1, \dots, x_j, \dots, x_i, \dots, x_n$) Formül 4'le hesaplanır (akt. Toprak ve Sunkar, 2022).

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{X_j - X_i}{j - i} \right), \forall j > i \quad (4)$$

Formülde Sen'in zaman serisinin eğilimi β , x_j ve x_i sırasıyla analiz edilecek zaman serisi öğeleri olup, β değeri 0'dan büyük olduğunda, zaman serisinde artan bir eğilim, β değeri 0'dan küçük olduğunda, zaman serilerinde azalan bir eğilim bulunduğunu gösterir (Theil, 1950; Sen, 1968; Lin ve Wang, 2018; akt. Toprak ve Sunkar, 2022). Yöntem için XLSTAT yazılımı kullanılmıştır.

Spearman Rho

İki veri kümesi arasında korelasyon olup olmadığı parametrik olmayan Spearman Rho testi ile de belirlenebilir (Akbaş vd., 2023). Test, Formül 5 doğrultusunda SPSS programı ile uygulanmıştır. Formülde $R(X_i)$ sıra istatistiği iken, verilerin büyükten küçüğe ya da küçükten büyüğe doğru sıralanması ile belirlenir. Verilerin gözlem sırası i iken, toplam gözlem sayısı n 'dir (Akbaş vd., 2023).

$$r_s = 1 - 6 \frac{\left[\sum_{i=1}^n (R(X_i) - i)^2 \right]}{(n^3 - n)} \quad (5)$$

Değişkenler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için şu sınıflandırma kullanılmıştır: Korelasyon katsayısı= 0-0.29 zayıf, 0.30-0.64 orta, 0.65-0.84 güçlü, 0.85-1 arasında olması durumunda da çok güçlü ilişki olduğu kabul edilmektedir (Ural ve Kılıç, 2013; Kıranlı Güngör ve İlişen, 2018). Farklı dönemlerde Doğu Karadeniz Bölümü'nde arazi çalışmaları yapılmıştır. Arazi gözlemleri, coğrafi bilgi sistemleri ile yapılan analizler literatürle birlikte değerlendirilmiştir.

Merkez (Central Feature)

Merkezi özellik, maksimum merkezi konumda bulunan noktayı belirlemektedir (Aslam ve Naser, 2020). Merkez noktası, ArcGIS arayüzü Mekânsal İstatistik (Spatial Statistics)- Measuring Geographic Distributions-Central Feature aracı ile bulunmuştur. Bu analizle yıllara göre merkez noktasında meydana gelebilecek değişim de tespit edilebilir.

Ortalama merkez, mekânsal dağılımın veya paternin çekim merkezi olarak kabul edilmektedir (Sandal vd., 2003; Okuyucu ve Somuncu, 2012). Ortalama merkez noktası, kitle merkezi (centroid), çekim veya denge noktası merkezi (centre of gravity or balancing point) olarak farklı şekillerde ifade edilmiştir (Clarke, 1972; akt., Yakar, 2011). Ortalama merkezin, yerbilimleri, doğa bilimleri ve beşerî bilimlerde geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Belirli bir zaman diliminde meydana gelen depremlere ait episantr noktaları kullanılarak ortalama merkez bulunabilir ve ortalama merkezin yıllara göre değişimi ortaya konabilir. Ortalama merkez Formül 6 ile bulunmuştur:

Formülde sel-taşkın noktalarının koordinat değerleri x_i ve y_i ile gösterilirken, sel-taşkın noktalarının toplam sayısı da n 'e karşılık gelmektedir (ArcGIS, 2024). Bu analiz ArcGIS arayüzü Mekânsal İstatistik (Spatial Statistics)-Measuring Geographic Distributions-Mean Center aracı ile yapılmıştır.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (6)$$

Her bir deprem/sel-taşkın noktasından olan en kısa mesafenin merkezi, medyan ya da ortanca merkez olarak ifade edilmektedir (Tağıl ve Alevkayalı, 2013; Menteşe ve Tağıl, 2016). Sel ve taşkınların medyan merkezi Formül 7 ile bulunmuştur. Bu analiz, ArcGIS arayüzü Mekânsal İstatistik (Spatial Statistics)-Measuring Geographic Distributions-Median Center aracı kullanılarak yapılmıştır. Formülde X_i ve Y_i her bir sel-taşkın noktasının koordinat değerini ifade etmektedir (ArcGIS, 2024).

$$d_i = \sqrt{(X_i - X')^2 + (Y_i - Y')^2} \quad (7)$$

Ortalama en yakın komşuluk analiziyle sel-taşkın olaylarının dağılımı değerlendirilmiştir. Bu analiz için ArcGIS arayüzü Mekânsal İstatistik (Spatial Statistics)-Analyzing Patterns-Average Nearest Neighbor aracı kullanılmıştır. Ortalama en yakın komşuluk analizi, noktasal dağılım gösteren verilerde, objelerin/nesnelerin birbirleriyle ilişki durumlarına göre toplanma/dağılım düzeylerini belirlemektedir (Yakar, 2011). Bu analizle, sel-taşkınların dağılım paterni (rastgele, kümelenmiş, yayılmış) Formül 8 kullanılarak belirlenmiştir. Ortalama en yakın komşuluk oranı gözlenen ortalama mesafenin beklenen ortalama mesafeye bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Mitchell, 2005; Başaran vd., 2020). Formül 9'da \bar{D}_O sel-taşkın noktalarının en yakın komşusu ile gözlenen ortalama mesafeyi, Formül 10'da \bar{D}_E ise rastgele bir dağılımda sel-taşkın noktalarının komşuları ile arasında gözlemlenmesi beklenen anlamlı mesafeyi göstermektedir (Başaran vd., 2020; ArcGIS, 2024). Formülde d_i sel-taşkın noktaları ile en yakın komşusu arasındaki mesafe iken, toplam sel-taşkın olayı sayısı n , A ise alandır (ArcGIS, 2024; Mitchell, 2005).

$$ANN = \frac{\bar{D}_O}{\bar{D}_E} \quad (8)$$

$$\bar{D}_O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (9)$$

$$\bar{D}_E = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}} \quad (10)$$

Standart Sapma Elipsi

Coğrafi unsurların mekânsal özelliklerini (merkezi eğilim, dağılım ve yön eğilimleri) özetlemek için standart sapma elipsleri oluşturulmaktadır (ARCGIS, 2024). Belirli bir kirletici için yeraltı suyu kuyusu örneklerinin haritalanması, toksinin nasıl yayıldığını gösterebilir ve dolayısıyla azaltma stratejilerinin uygulanmasında yararlı olabilir. Bir hastalık salgınının zaman içindeki dağılımını elips şeklinde çizmek, yayılmasını modellemek için kullanılabilir (Supermap, 2025). Standart sapma elipsi, nesnelerin coğrafi dağılımını veya yoğunlaşmasını temsil etmek üzere tasarlanmıştır. Elipsler, ortalama merkez etrafında normal olarak (mekânsal olarak) dağılmış nesnelerin yaklaşık %68'ini yakalama eğilimindedir, ancak nesnelere aşırı dağılımı veya kümelenmişse daha az veya daha fazlasını yakalayabilir (Yuill, 1971; Gong, 2002; Moore ve McGuire, 2019). Standart sapma elipsi bir nokta dağılımının ortalama merkezinin, elipsin dönüş açısı ile x ve y koordinatları boyunca standart sapmanın hesaplanmasını gerektirmektedir (Ebdon, 1985; Moore ve McGuire, 2019). Bu analiz ArcGIS arayüzü Mekansal İstatistik (Spatial Statistics)- Measuring Geographic Distributions- Directional Distribution (Standard Deviational Ellipse) aracı ile yapılmıştır. Formül 11'de x_i ve y_i sel-taşkın noktalarının koordinatlarıdır. \bar{X} ve \bar{Y} sel-taşkın noktalarının ortalama merkezini temsil eder ve n , toplam sel-taşkın sayısına eşittir.

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (11)$$

$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

Elipsin oryantasyonu ($\tan \theta$) ile gösterilir ve Formül 12 ve 13 ile hesaplanmaktadır.

$$\tan \theta = \frac{A+B}{C} \quad (12)$$

Burada X_i ve Y_i , x ve y koordinatlarının ortalama merkezden sapmalarıdır (ArcGIS, 2024).

$$\begin{aligned}
A &= \left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 \right) \\
B &= \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 \right)^2 + 4 \left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i \right)^2} \\
C &= 2 \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i
\end{aligned} \tag{13}$$

X ve Y eksenleri için standart sapma Formül 14 ile hesaplanmaktadır (ArcGIS, 2024).

$$\begin{aligned}
\sigma_x &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \cos \theta - \tilde{y}_i \sin \theta)^2}{n}} \\
\sigma_y &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \sin \theta - \tilde{y}_i \cos \theta)^2}{n}}
\end{aligned} \tag{14}$$

Standart Uzaklık

Bir dağılımın sıklığının (compactness) ölçülmesi, özelliklerin merkez etrafındaki dağılımını temsil eden tek bir değer sağlar. Bu değer bir mesafe olup, bir özellikler kümesinin sıklığı, yarıçapı standart mesafe değerine eşit olan bir daire çizilerek harita üzerinde gösterilebilir. Bu analiz ArcGIS arayüzü Mekansal istatistik (Spatial Statistics)-Measuring Geographic Distributions-Standard Distance aracı ile yapılmıştır. Standart uzaklık Formül 15'le hesaplanmaktadır. Formülde x_i ve y_i sel-taşkın noktalarının koordinat değerlerine, \bar{X} ve \bar{Y} sel-taşkın noktalarının ortalama merkezine karşılık gelirken, n sel-taşkın noktalarının toplam sayısına eşittir (ArcGIS, 2024).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}} \tag{15}$$

Noktasal Yoğunluk

Sel taşkın yoğunluğunu belirlemek için noktasal yoğunluk analizi yapılmıştır. Bu analizle vektör formattaki noktalardan raster formatta bir yoğunluk yüzeyi oluşturulmaktadır (Çolak ve Çan, 2007). Noktasal yoğunluk analizi doğal ve beşerî tüm afetlerle ilgili birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Örneğin Önder ve Kavzoğlu (2020) trafik kaza yoğunluğunu İstanbul örneğinde, Çolak ve Çan (2007), kanser hastalığının dağılım ve yoğunluğunu Trabzon ölçeğinde incelemiştir. Noktasal yoğunluk ArcGIS arayüzü Mekânsal Analiz (Spatial Analyst)-Density-Point Density aracı ile yapılmıştır.

Kernel Yoğunluk

Kernel yoğunluk, tanımlı bir yarıçapa sahip çember içerisine düşen noktaların yoğunluğu ile çember merkezinden uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade etmektedir. Kernel yoğunluk yönteminde noktaların bulunduğu alan ızgara biçiminde karelerle bölünür ve her kare içine düşen noktaların sayısına bağlı histogram ile yoğunluk belirlenmektedir. Kernel yoğunluk analizinde noktaların dağılım sıklığı, karelerin gözlenen frekans dağılımı ile beklenen değerinin karşılaştırılması ile test edilmektedir. Kernel yoğunluk analizi hücrelerle değil de tanımlı bir yarıçapa sahip çember içerisine düşen noktaların yoğunluğu ile bu kaynaktan itibaren uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade eder (URL 2). Kernel yoğunluk analizi, ArcGIS arayüzü Mekânsal Analiz (Spatial Analyst)-Density-Kernel Density aracı ile yapılmıştır. Kernel yoğunluk, verilerin mekânsal dağılımının hesaplanmasında değişkene ait özellikleri Formül 16 ile parametrik olmayan bir mekânsal enterpolasyon ile gerçekleştirir (Al Ahmadi vd., 2014; akt. Alevkayalı ve Dindar, 2022).

$$f(x,y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (16)$$

1.3. Literatür Değerlendirmesi

Türkiye’de sel ve taşkınların en sık meydana geldiği alanların başında Doğu Karadeniz gelmektedir. Bu nedenle sel ve taşkınlarla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar bölgede meydana gelen sel ve taşkınların meteorolojik ve beşerî nedenlerini ortaya koymaktadır. Bazı çalışmalarda sel-taşkınlar havza morfolojik özellikleri ile değerlendirilmiştir (Turoğlu, 1997; Turoğlu vd., 2015; Avcı ve Sunkar, 2015, 2018; Yılmaz ve Usta, 2019; Işık vd., 2020; Apaydın, 2021; Çelebioğlu ve Bekdemir, 2021; Ghasemlouinia ve Utlu, 2021; Yıldırım, 2021; Duysak ve Bilgen, 2022; Avcı vd., 2023; Apaydın, 2024a, b; Ertöğral ve Çiçek, 2024; Turna vd., 2024;

Yaşar ul vd., 2024; Yılmaz vd., 2024). Sel ve taşkınlarla ilgili bazı literatür aşağıda değerlendirilmiştir:

Turoğlu (1997), Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alan İyidere Havzası'nın hidrografik özelliklerini sayısal olarak değerlendirmiştir. Jeomorfolojik olarak genç ve erozyonun şiddetli olduğu havzada, sel-taşkın riskinin yüksek olduğu bildirilmiştir.

Uzun ve Uzun (2003), Doğu Karadeniz'de günlerce devam eden yağışların neticesinde zeminin suya doyduğunu ve yamaç eğim değerlerinin yüksek olmasından dolayı sellerle birlikte heyelanların meydana geldiğini belirtmektedir.

Gürgen (2004), Doğu Karadeniz Bölümü'nde maksimum yağışlarla taşkınlar arasındaki ilişkiyi değerlendirdiği çalışmasında; bölgede maksimum yağışlar ya da diğer faktörlere bağlı olarak oluşan taşkınların, topografik özelliklerinin de etkisiyle çok büyük zararlara yol açtığını ve zaman zaman afet boyutuna dönüştüğünü belirtmektedir.

Uzun (2007), Doğu Karadeniz kıyı kuşağında meydana gelen sellerin coğrafi yapı ile ilişkisini değerlendirdiği çalışmasında; günlerce devam eden şiddetli ve uzun süreli yaz yağışlarının zeminin ve bitki örtüsünün su tutma kapasitesinin aşılmasına neden olduğunu ve düşen yağışların tamamının yüzeysel akışa geçerek sellere yol açtığını belirtmektedir.

Çınaklı (2008), Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen taşkınları değerlendirdiği çalışmasında; yöre insanının meydana gelen afetlere rağmen yerleşme yeri seçiminde arazi yapısını göz ardı etmesinden dolayı sel-taşkınların etkisine maruz kalmaya devam edeceğini belirtmektedir.

Reis vd. (2008), Rize'de heyelanlarla yağış ilişkisini inceledikleri çalışmalarında, yörede meydana gelen sellerin yağışla bağlantılı olduğunu belirtmiştir.

Coşkun ve Aksoy (2010), Aksu Vadisi (Giresun) aşağı kesiminde meydana gelen taşkınların doğal ortam şartları ile ilişkisini değerlendirmiştir. Çalışmaya göre Aksu vadisi aşağı çığırında cephesel ve orografik yağışlar, erozyonla taşınan malzeme, killi toprak, dere yataklarından malzeme alınması, dere yataklarından yol geçirilmesi ve dere yataklarının yapılaşmaya açılması sel ve taşkınların bazı nedenleri olarak gösterilmiştir.

Bahadır ve Özdemir (2011), Rize ve Trabzon'da yağış verilerinin eğilimini analiz etmişlerdir. Çalışmaya göre sonbahar mevsiminde yağış artışının daha yüksek olacağı, bu durumun heyelan ve taşkın olaylarının risk derecesini daha da artıracığı öngörülmüştür.

Yurt (2013), Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alan Giresun ilinde meydana gelen sel felaketlerini iklim değişikliği ve plansız şehirleşme ile ilişkilendirmiştir. Taşkın yataklarının imara açılması ve altyapı yetersizliği, taşkınların afete dönüşmesinin nedenleri olarak gösterilmiştir.

Yadı (2014), Giresun'da Cumhuriyet Dönemi'nde meydana gelen doğal afetleri değerlendirdiği çalışmasında, doğal afetlerin görülmesini iklim ve coğrafi özellikler ile ilişkilendirmiştir.

Avcı ve Sunkar (2015), Giresun kentinin kıyı kuşağı boyunca doğu-batı doğrultusunda gelişerek, Aksu Çayı ve Batlama Deresi vadilerine ulaşması sonrasında sel ve taşkın olaylarında artış görüldüğünü, kentsel gelişim sürecinde bu akarsuların dikkate alınmaması nedeniyle son yıllarda afet boyutunda sel ve taşkın olaylarının yaşandığını belirtmektedir.

Ulupınar vd. (2015), 2015 yılında Hopa'da meydana gelen sel ve taşkınları etkili yağışla ilişkilendirmiş ve Hopa'da 71 kilometrekarelik bir havzada yağışın denize ulaşmamasının sel ve heyelanlara yol açtığını belirtmiştir.

Koç ve Thicken (2016), Türkiye'de sel ve taşkınların sosyal ve ekonomik etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında Doğu Karadeniz Bölümü'nde yıkıcı sel ve taşkın olaylarının daha fazla görüldüğünü, can kayıpları açısından Trabzon ilinin başta geldiğini belirtmektedir.

Kaya (2017), akım gözlem istasyonu bulunmayan taşkın havzalarındaki değişimlerin taşkın riskine etkisini Rize-Güneysu örneğinde belirlediği çalışmasında, taşkın tehlike analizlerinde taşkın ne kadar sürede, hangi hızda ve şiddette nereleri etkileyebileceğinin doğru simüle edilmesinin çok önemli olduğunu belirtmiştir.

Polat (2017), şehrsel gelişimin jeomorfolojik birimler ve afetler üzerindeki etkisini Rize örneğinde incelemiştir. Çalışmada yol ve yerleşme alanları için yapılan kazı çalışmalarında litoloji ve jeomorfoloji dikkate alınmadığından sel, taşkın ve kütle hareketlerinin sayısında ve etkisinde artış görüldüğü belirtilmektedir.

Yüksek (2017), sel ve taşkınların sıklıkla meydana geldiği yerleşmelerden biri olan Rize'de arazilerin % 86.68'inde farklı şiddet ve derecede su erozyonunun etkili olduğunu belirtmektedir.

Akay (2019), taşkın riskinin günümüzde arazi kullanım planlamasına bağlı olarak yönetilmesi gerekirken, taşkın duyarlılığı yüksek olan alanlarda devam eden yapılaşmaların (endüstriyel, ticari ve konut gelişimi) iklim değişikliği ile birleşmesiyle taşkınların sellere dönüştüğünü ve taşkınları çok dinamik bir risk haline getirdiğini belirtmektedir.

Dinç (2019), kırsal alanda akarsuların doğal yapısını koruduğunu ve fiziki değişime uğramadığını, ancak kentsel alanlarda çeşitli müdahalelerle fiziksel değişime uğradığını hatta kaybolduğunu belirtmektedir.

Çetinkaya (2020), Hopa Çayı Havzası'nın uygulamalı jeomorfolojisini etüt ettiği çalışmada sel ve taşkınların havzada olumsuz etkilerinin devam edeceğini, bu nedenle zarar azalmak ve doğa olaylarının afete dönüşmesini engellemek için yapılaşmaya dikkat edilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Ödeker ve Türkoğlu (2020), Sabuncular Deresi Havzası'nın (Rize/Çayeli) morfometrik özelliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında; rölyef değerlerinin yüksek olduğunu, bu nedenle havzada sel riskinin, Çayeli ilçesinde de taşkın riskinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Işık vd. (2020), Doğu Karadeniz Bölümü'nde Trabzon'un Araklı ilçesinde 18 Haziran 2019 tarihinde meydana gelen taşkınını coğrafi nedenleri araştırdıkları çalışmalarında; taşkınını meydana gelmesini heyelan ve çamur akıntıları ile ilişkilendirmiş ve sahada taşkın olasılığının yüksek olduğunu coğrafi bilgi sistemleri ile ortaya koymuştur.

Memiş ve Düzgün (2020), iklim değişikliği ve kentsel alanda selleri, Trabzon-Beşikdüzü Seli (2016) örneğinde incelemiştir. Çalışmada sellerin Doğu Karadeniz için önemli bir gündem oluşturduğu belirtilmiştir. Sellerin, Doğu Karadeniz için risk olmaya devam edeceği, bu nedenle farklı disiplinlerin bir araya gelerek gerçekleştireceği çalışmaların bölge için önemli olduğu vurgulanmıştır.

Apaydın (2021), 22 Ağustos 2020 tarihli taşkında Dereli ilçesinde can kaybının 1 olduğunu, 3 binanın yıkıldığını ve ilçe merkezinde yer alan tüm işyerlerinin sedimanla dolarak kullanılamaz hale geldiğini, sel-taşkında Doğanekent ilçesinde 4, Yağlıdere ilçesinde 10 binanın yıkıldığını, bu üç ilçede 361 binanın hasar gördüğünü belirtmiştir.

Kömüşcü vd. (2021), Giresun il ve ilçelerinde 22 Ağustos 2020 tarihinde meydana gelen sel olayını yağışla ilişkilendirdikleri çalışmalarında, Giresun Yağlıdere Sınırköy istasyonunda sekiz saatte 133.1 mm yağış düştüğünü, yağışla birlikte topoğrafya, yerleşim alanlarının konumu ve akarsu havzalarının jeomorfolojik özelliklerinin sel olayına yol açtığını belirtmiştir.

Duysak ve Bilgen (2022), Giresun ilinde sel felaketlerinin sık yaşanmasını, eğim, aşınabilir zemin özellikleri, yağış miktarının yüksek olması ve çok sayıda akarsuyun bulunması ile ilişkilendirmiştir.

Öz (2022), Doğu Karadeniz Bölümü'nde Solaklı Çayı Havzası'nın uygulamalı jeomorfolojisini analiz ettiği çalışmada; havzanın oldukça

eğimli olması, “V” biçimli ve oldukça derin vadilerin bulunması nedeniyle sel karakterli afetlerin daha çok meydana geldiğini belirtmektedir.

Yüksek vd. (2022), Doğu Karadeniz’deki taşkınları değerlendirdikleri çalışmalarında bölgede yer alan vadilerin yüksek eğime sahip olmaları ve rejimlerinin düzensiz olması nedeniyle çeşitli büyüklükteki taşkınların meydana geldiğini, vadi tabanlarında yer alan sınırlı düzlük sahalardaki yerleşme ve tarım alanlarına zaman zaman büyük zararlar verdiğini belirtmektedir.

Aydın ve Kaptı (2024), Türkiye tarihinin en yıkıcı sel-taşkınlarından birinin yaşandığı Kastamonu-Bozkurt’ta, bu duruma yoğun yağış ve doğal akış yollarının yapılaşma nedeniyle daraltılmasının neden olduğunu belirtmektedir.

Ertoğral ve Çiçek (2024), Yomra (Trabzon) örneğinde akarsuların taşkın duyarlılıklarını morfometrik analizlerle belirledikleri çalışmalarında; Trabzon ve çevresinin Türkiye’de taşkın afetinin en sık görüldüğu yörelerden biri olduğunu belirtmiştir.

2. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Sel ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Fiziki Coğrafya Faktörleri

Havzaların Fiziki Coğrafya özellikleri sel ve taşkın oluşumunda etkili olan faktörlerdendir. Bu açıdan Türkiye genelinde Doğu Karadeniz Bölümü'nün özellikleri sel ve taşkın oluşumu açısından dikkat çekmektedir. Bu başlık altında, bölümün sel ve taşkın oluşumunda etkili olan jeolojik, jeomorfolojik, iklim, bitki örtüsü, toprak gibi Fiziki Coğrafya özellikleri ile arazi kullanım özellikleri genel olarak değerlendirilmiştir.

2.1. Jeolojik Özellikler

Doğu Karadeniz Bölümü'nde litoloji farklı jeolojik dönemlere ait kayalardan oluşmaktadır. Bu litolojiler ayrılmamış gnays, şist, amfibolit, mermer, metagranitoid, granitoid, karbonatlar ve kırıntılar, tonalit, asidik ve bazik dayklar, volkanitler ve sedimanter kayalar, bazalt, spilit, andezit, kırıntılar ve karbonatlar, neritik kireçtaşı, evaporitli sedimanter kayalar, piroklastik kayalar, ayrılmamış volkanitler, ayrılmamış karasal kırıntılar, ayrılmamış Kuvaterner, yamaç molozu, traverten ve alüvyon yelpazesidir. Kıyı şeridinde Üst Kretase volkanitler ve sedimanter kayalar ile Orta-Üst Eosen volkanitler ve sedimanter kayalar geniş alanlarda yüzeylenmektedir. İç kesimlerde Üst Paleozoyik granitoid ve Orta-Üst Eosen volkanitleri ve sedimanter kayalar geniş alanlarda yüzeylenmektedir (Akdeniz ve Güven, 2002). Doğu Karadeniz'de sel ve taşkınların meydana gelmesi üzerinde geçirimsiz ve killi litolojilerin etkisi önemlidir. Gevşek alüvyal depolar, gözenekli ve çatlaklı kayalarda infiltrasyon fazla iken, killi şistler, marn,

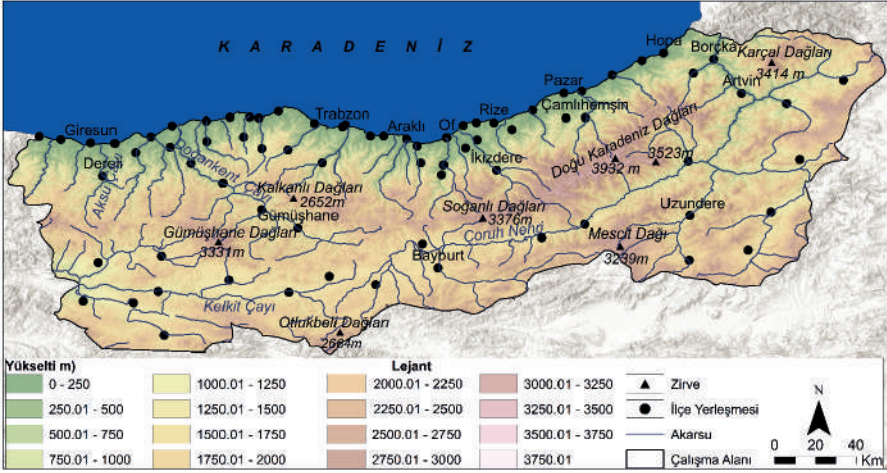
serpantin ve fillatların oluşturduğu zeminler ile kompakt yapılı kayaların bulunduğu alanlarda sızma azalırken, yüzeysel akış artmaktadır (Gürgen, 2004; Atalay, 2018). Bölümde killi ve marnlı kayaların yaygın olarak bulunması sızmayı azaltmış, yüzeysel akış miktarını ise artırmıştır.

2.2. Jeomorfolojik Özellikler

Rölyef önemli bir morfometrik parametre olup hidrolojik modelleri nicel olarak değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Rölyef, drenaj havzalarının eğimlerini veya sediment taşıma sürecini açıklamak için önemli bir parametredir (Alam vd., 2021; Chaithong, 2022). Eğim değeri yüksek havzalar ve vadi yamaçlarında yüzeysel akışın miktarı ve hızı fazladır. Bu durum hem denüdayonu artırmakta hem de suyun toplanma süresini kısaltmaktadır (Atalay, 2016). Doğu Karadeniz'de dağlar yoğunlaşma ve bulut oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Bölümde yer alan dağların uzanışı, yükseltisi hava kütlelerini yükselmeye zorlayarak bazı dönemlerde oklüzyonlara neden olmaktadır. Bu nedenle dağlık sahalar genellikle çevrelerine göre daha fazla yağış alır (Erinç, 1996).

2.2.1. Yükselti

Yükseltiye göre, iklim, bitki örtüsü ve toprak özellikleri değişiklik gösterdiğinden, sel ve taşkın oluşumu üzerinde yükselti etkili olmaktadır. Yükseltinin düştüğü ve buna bağlı olarak eğimin azaldığı alanlarda taşkınların daha fazla meydana geldiği bilinmektedir. Çünkü yüksek sahalara düşen yağışla yüzeysel akışa geçen suların birleşmesiyle oluşan yan kolların alçak sahalarda birleşmesi söz konusudur. Yükseltinin bu özelliği ile sel-taşkın ilişkisi farklı çalışmalarda incelenmiştir (Mahato vd., 2023; Barman vd., 2024; Chithra vd., 2024; Islam, 2024; Ahmad vd., 2025). İncelenen alanda minimum yükselti 0 m, maksimum yükselti 3932 m ve ortalama yükselti ise 1657 m'dir. Karadeniz Bölgesi'ndeki dağlık alanlar orojenik hareketlere bağlı oluşmuş ve epirojenik hareketlerle yükselmeye uğramış, tektonik hareketlerle oluklar meydana gelmiştir. Batıda Düzce'den başlayan Kuzey Anadolu Dağları, İran'da Elbruz Dağları ile birleşmektedir. Kuzey Anadolu Dağları, Türkiye'nin en yüksek bazı noktalarını da oluşturmaktadır. Dağlık kütlelerin 2500 m'nin üzerindeki bölümleri Würm buzullaşmasına uğramıştır (Atalay ve Mortan, 1997). Başlıca dağlık kütleler doğudan batıya doğru Karçal Dağları (3414 m), Rize Dağları (3523 m), Doğu Karadeniz Dağları (3932 m), Mescit Dağı (3239 m), Otlukbeli Dağları (2664 m), Soğanlı Dağları (3376 m), Kalkanlı Dağları (2652 m) ve Gümüşhane Dağları'dır (3331 m) (Şekil 7).



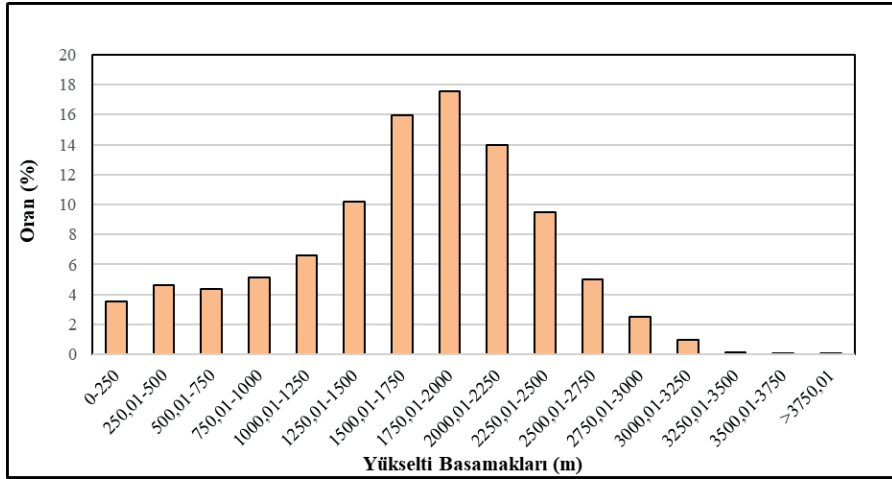
Şekil 7. Doğu Karadeniz Bölümü'nün yükselti basamakları haritası ve önemli dağları.

Yükselti basamaklarının oransal dağılımı değerlendirildiğinde; 1750.01-2000 m'nin en fazla oran kapladığı görülmektedir (%17.53). Bölüm genelinde 3750.01 m'nin üzerindeki sahalardan oranı oldukça düşüktür. Dağlık karakterin belirgin olması nedeniyle 0-250 m yükselti basamağında yer alan alanlar %3.52 orana sahiptir (Tablo 1, Şekil 8). Yükseltisi fazla olan sahalardan kaynaklanan akarsular, şiddetli yağışlar sırasında aşağı kesimlerinde yüksek debiye ulaşarak sel-taşkınlarla neden olmaktadır.

Tablo 1. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Yükselti Basamaklarının Alansal ve Oransal Dağılımı

Yükselti Basamakları (m)	Alan (km ²)	Oran (%)
0-250	1524.41	3.52
250,01-500	2004.10	4.63
500,01-750	1876.72	4.34
750,01-1000	2206.67	5.10
1000,01-1250	2864.69	6.62
1250,01-1500	4394.29	10.16
1500,01-1750	6884.30	15.93
1750,01-2000	7575.98	17.53
2000,01-2250	6050.34	14.00
2250,01-2500	4104.68	9.49
2500,01-2750	2161.00	5.00
2750,01-3000	1093.00	2.52

3000,01-3250	410.80	0.95
3250,01-3500	56.20	0.13
3500,01-3750	3.89	0.009
>3750,01	0.39	0.0009



Şekil 8. Doğu Karadeniz Bölümü'nde yükselti basamaklarının oransal dağılımı

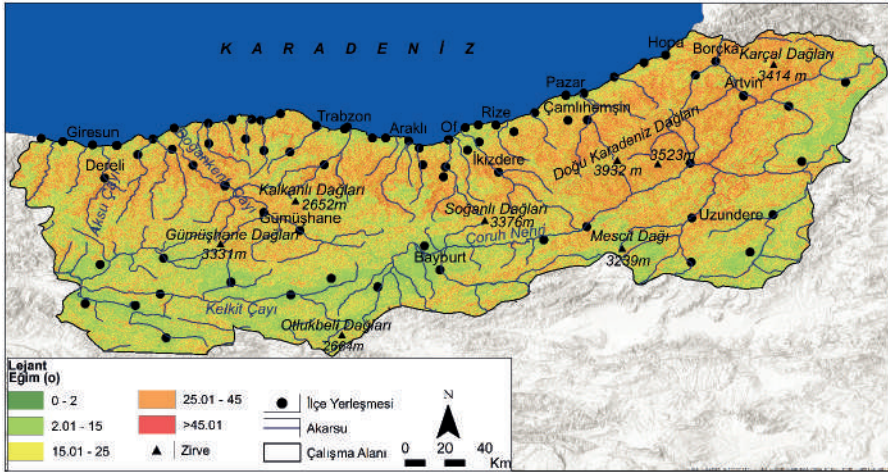
Yüksek dağlık sahaların geniş alan kaplaması kar yağışlarının fazla olmasını sağlamıştır. Kış mevsiminde düşen karın ilkbahar-yaz başlarında erimesiyle birlikte sel ve taşkınlar yaşanmaktadır.

2.2.2. Eğim

Eğim bir sahanın taşkına karşı hassasiyetini tanımlayan önemli bir göstergedir (Youssef vd., 2011). Yüksek eğime sahip alanlar (arazi örtüsü ve kullanımının benzer olduğu varsayılarak) düşük eğime sahip alanlara göre taşkına daha az maruz kalmaktadır (Hammami vd., 2019; akt., Kaya ve Derin, 2023). Yüzeysel sularının doğal akım yönlerini topoğrafyanın eğimi belirlemektedir. Sel-taşkınlarla akarsu havzasındaki su bütçesi önemlidir. Su bütçesi, akışa geçen ve akışla toplanan su miktarı ve havzada gerçekleşen su kayıpları arasındaki farktan hesaplanmaktadır. Akarsu havzasına düşen/gelen suyun bir bölümü kayba uğrayıp, tamamı akışa geçmez (Turoğlu, 2010). Akarsu havzasının su kayıpları üzerinde de eğimin önemli etkisi bulunmaktadır. Sel ve taşkın oluşumunda yüzeysel akış, su birikimi (Tanrıverdi, 2019; Ünal vd., 2022) ve sızma, eğim koşullarına bağlıdır. Bu koşullar da yüzeysel akış miktarı üzerinde belirleyici olduğundan sel ve taşkın oluşumu üzerinde eğim etkisi büyüktür.

Bir sahadaki iklimsel değişikliklerin anlaşılmasında eğim ve bakı önemli faktörlerdir (Ahmad vd., 2024). Eğimin sel-taşkın oluşumu üzerindeki etkisi nedeniyle sel ve taşkınları konu alan birçok çalışmada eğim bir parametre olarak değerlendirilmiştir (Sunkar ve Tonbul, 2010; Dey vd., 2024; Plataridis ve Mallios, 2024; Shihhare vd., 2024; Traoré vd., 2024; El-Haddad vd., 2025; Mishra vd., 2025). Yüzeysel akımın hızı da eğim koşulları ile ilişkilidir. Eğim değerlerinin artması, suyun akış hızının artmasına ve sızmanın azalmasına yol açmaktadır. Yüksek eğim suyun zemini hızlı terk etmesine ve atmosferik etkilere daha az maruz kalmasına neden olmaktadır. Akış hızının artması, suyun tutulması, sızma ve buharlaşmanın azalmasına neden olmaktadır. Eğimin yüksek olması akarsu havzasına düşen yağışın daha hızlı ve daha kısa süreler içerisinde yan kollardan ana akarsuya ulaşmasına neden olmaktadır. Bu durum akım toplanma süresi ile taşkın gecikme süresini kısaltmaktadır (Hoşgören, 2004; Atalay, 2018). Yüksek eğim denüdasyonu artırarak taşınacak sediman miktarını artırmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölümü'nde eğim $0-74.76^\circ$ arasında değişmekte olup ortalama 21.15° 'dir. Kıyı şeridinde akarsuların denize döküldükleri alanlarda oluşan düzlükler ile dağlık sahaların üzerinde bulunan aşınım yüzeyleri dışında eğim değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Doğu Karadeniz Bölümü'nün eğim haritası.

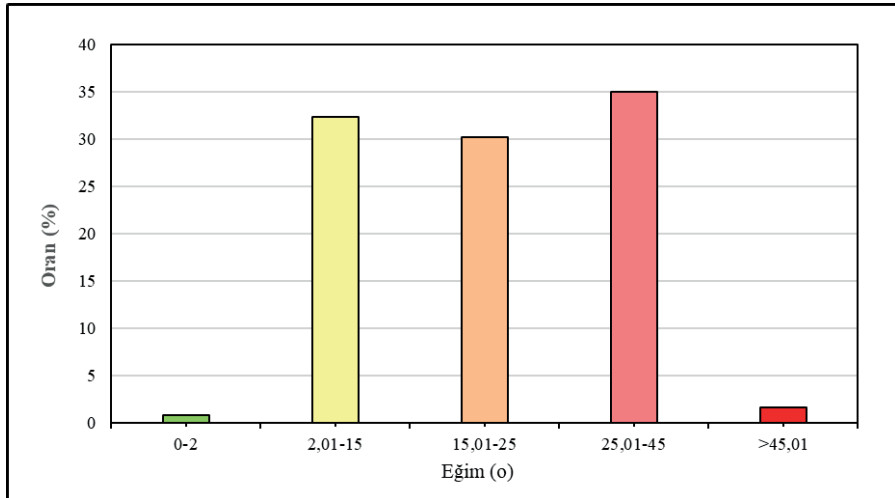
Eğim haritası Bogolomov (1963)'göre, akt. Erkal ve Taş, 2020), $0-2^\circ$, $2,01-15^\circ$, $15,01-25^\circ$, $25,01-45^\circ$ ve $45,01^\circ$ üzeri olmak üzere sınıflandırılmıştır. Buna göre eğim gruplarının oransal dağılımı değerlendirildiğinde; $0-2^\circ$ %

0.86, 2-15° 32.3, 15-25° % 30.19, 25-45° 35.01, 45 ve üzeri % 1.59 oran kaplamaktadır (Tablo 2, Şekil 10).

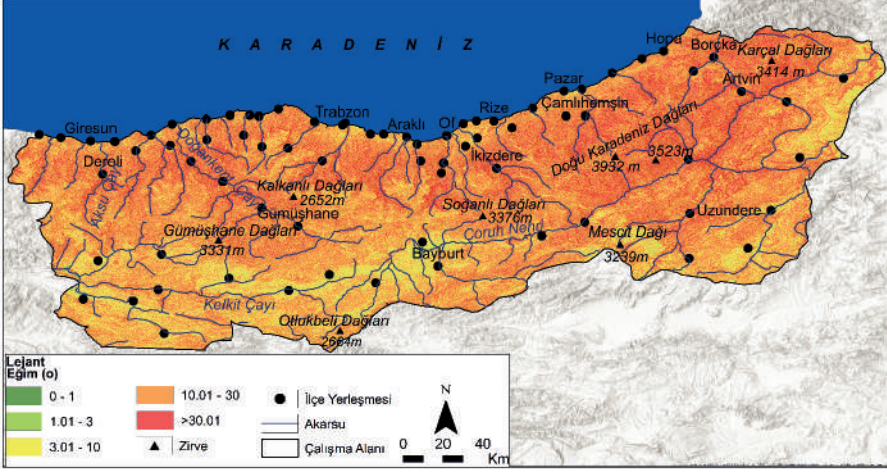
Tablo 2. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Eğim Gruplarının Alansal ve Oransal Dağılımı.

Eğim (o)	Alan (Km ²)	Oran (%)
0-2	375.40	0.86
2,01-15	13976.85	32.34
15,01-25	13046.13	30.19
25,01-45	15126.44	35.01
>45,01	686.17	1.59

Eğim sel-taşkın arasındaki ilişki için önerilen bir sınıflandırmada 0°-1° eğime sahip alanlarda göllenmelerin, 3,01°-10° ve 10,01°-30° arası eğime sahip alanlarda ise yüksek enerjili akışa sahip sellerin meydana gelebileceği belirtilmiştir (Turoğlu, 2004; Dobur, 2006; Minca, 2013., akt. Turoğlu, 2014). Bu sınıflandırmaya göre çalışma alanında eğimin 0-1° arasında olduğu sahaların toplam oranı % 0.26 iken, 3,01-10° eğime sahip alanların oranı % 15.36, 10,01-30° eğime sahip alanların oranı ise % 59.8'dir (Şekil 11, Tablo 3, Şekil 12).



Şekil 10. Doğu Karadeniz Bölümü'nde eğim gruplarının oransal dağılımı.

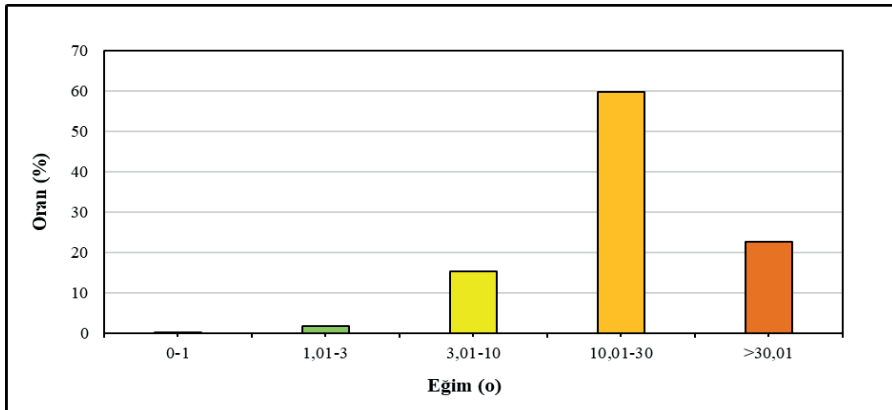


Şekil 11. Doğu Karadeniz Bölümü'nün eğim haritası.

Bu sınıflandırma esas alındığında yüksek enerjili sellerin görülebileceği alanlar yaklaşık % 75 oran kaplamaktadır. Bölümde sel meydana gelebilecek alanların oranı oldukça fazladır (Tablo 3, Şekil 12).

Tablo 3. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Eğim Gruplarının Alansal ve Oransal Dağılımı

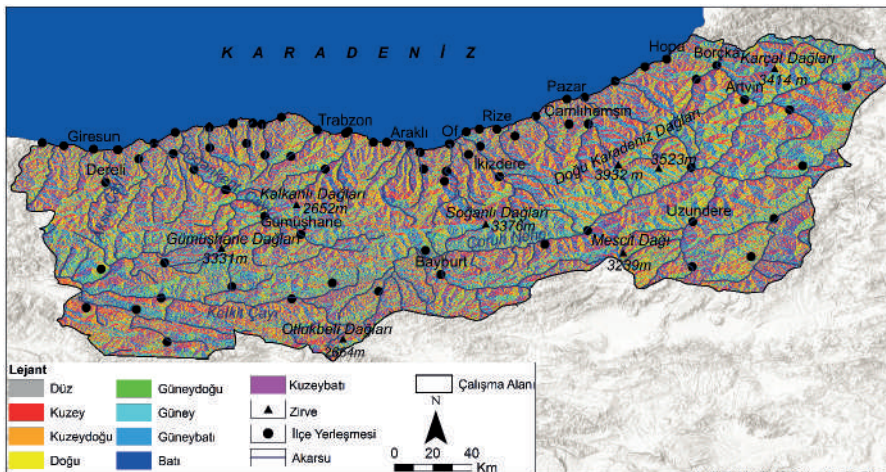
Eğim (o)	Alan (Km ²)	Oran (%)
0-1	113.00	0.26
1,01-3	765.28	1.77
3,01-10	6641.36	15.36
10,01-30	25860.83	59.84
>30,01	9830.61	22.75



Şekil 12. Doğu Karadeniz Bölümü'nde eğim gruplarının oransal dağılımı.

2.2.3. Bakı

Yamaç eğim yönü, sel ve taşkınların meydana gelmesi üzerinde etkili olan diğer bir faktördür (Taromideh vd., 2022). Yamaç eğim yönünün sel-taşkın üzerindeki etkisi nedeniyle farklı çalışmalarda bu faktör de değerlendirilmiştir (Abdo vd., 2024; Chetia ve Paul, 2024; Ghobadi ve Ahmadipari, 2024; Prakash vd., 2024; Saikia vd., 2024; Yang vd., 2025). Yamaç eğim yönüne göre sıcaklık, yağış miktarı, terleme ve buharlaşma ile birlikte yağış biçimi de değişmektedir (Hoşgören, 2004). Dağların, hava kütlelerine dönük yamaçları ile gölgede kalan yamaçları arasında yağış açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Kuzey Anadolu Dağları ve Torosların dış yamaçlarının daha fazla yağış almaları bakı etkisinden kaynaklanmaktadır. Buna karşılık aynı dağların içe bakan yamaçları daha az yağış almaktadır (Eriñç, 1996). Doğu Karadeniz'de kuzey yönlü bakılar daha fazla yağış aldığı için zemin nemliliği de yüksektir. Bu nedenle şiddetli yağışlardan sonra zeminin nemli olmasından ötürü sızma da azalacağı için sel ve taşkınlar meydana gelmektedir. Çünkü sel ve taşkın oluşumunda yağış öncesinde zeminin nemlilik derecesi önemli rol oynamaktadır (Hoşgören, 2004). Bakı haritasına göre; Doğu Karadeniz Bölümü'nde kuzey yönlü yamaçların oranı en fazladır. Kuzey % 13.5, kuzeydoğu % 12.7, kuzeybatı % 13.2 oran kaplamaktadır. Doğu % 12.5, güneydoğu % 11.5, güney % 11.8, güneybatı % 11.5 ve batı yönlü yamaçlar % 12.8 oran kaplamaktadır. Bakı haritasına göre düz alanların oranı ise % 0.05'tir (Şekil 13, Tablo 4). Bu oranlara göre yamaçların % 40'a yakını kuzey yönüne bakmaktadır.

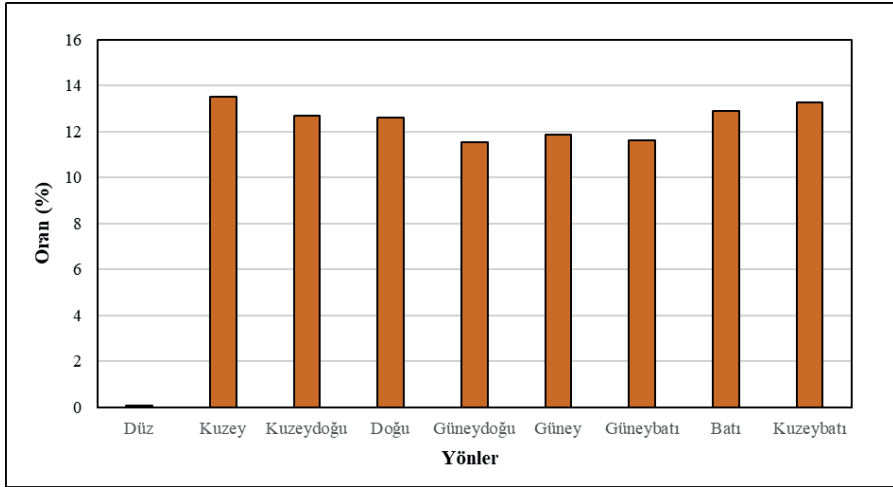


Şekil 13. Doğu Karadeniz Bölümü'nün bakı haritası

Sonuçlara göre kuzey ve kuzeybatı yönelimli yamaçların oranı daha fazladır. Karadeniz Dağları'nın kuzey yönelimli yamaçları, Karadeniz üzerinden kaynaklanan hava kütleleri nedeniyle daha fazla yağış almaktadır. Bu durum, bu yamaçlarda sel ve taşkın riskinin artmasına neden olmaktadır. Yükseklerde kış mevsiminde yağışlar kar şeklinde düşmektedir. Karın, ilkbahar ve yaz mevsiminde erimesi sel ve taşkın olaylarını tetiklemektedir (Tablo 4, Şekil 14).

Tablo 4. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Yamaç Eğim Yönlerinin Alansal ve Oransal Dağılımı

Yönler	Alan (Km ²)	Oran (%)
Düz	24.57	0.05
Kuzey	5840.93	13.51
Kuzeydoğu	5490.63	12.70
Doğu	5439.41	12.58
Güneydoğu	4977.53	11.51
Güney	5125.62	11.86
Güneybatı	5011.67	11.59
Batı	5570.07	12.89
Kuzeybatı	5730.72	13.26



Şekil 14. Doğu Karadeniz Bölümü'nde yamaç eğim yönlerinin oransal dağılımı.

2.3. İklim Özellikleri

Doğu Karadeniz Bölümü'nün iklim özellikleri kıyıda yer alan Giresun, Trabzon Bölge, Trabzon Havalimanı, Rize ve Hopa istasyonları ile kıyı gerisinde yer alan Artvin ve Gümüşhane Meteoroloji istasyonlarının aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri (Giresun (1960-2023), Trabzon Bölge (1960-2005) Trabzon Havalimanı (1980-2023), Rize (1960-2023), Hopa (1962-2023), Artvin (1960-2023) ve Gümüşhane (1965-2023)) kullanılarak değerlendirilmiştir. Her mevsimi yağışlı, nispeten denizel termik şartların hüküm sürdüğü Karadeniz iklimi, Doğu Karadeniz İklimi, Orta Karadeniz İklimi ve Batı Karadeniz İklimi olarak üçe ayrılmaktadır. Doğu Karadeniz iklimi, çok yüksek yağış miktarı, nispeten yüksek yaz sıcaklıkları ve kışları ılık koşullar ile karakterize edilmektedir (Erinç, 1996). Bu iklimin özelliği yağışın mevsimlere düzenli bir şekilde dağılmasıdır. Kıyı şeridinde günlük ve yıllık sıcaklık farkları azdır. Karadeniz ikliminin etki sahası dağların kıyıya yakınlığına ve yükseltisine bağlıdır. Dağların kıyıya yaklaştığı ve yükseltilerinin arttığı alanlarda denizel iklimin etki sahası azalmaktadır. Kıyıya paralel olarak uzanan yüksek dağlar kıyı gerisinde karasal iklim etkilerinin yaşanmasına neden olmuştur (Erinç, 1996).

Sel ve taşkınlar ile meteorolojik olaylar arasında doğrudan bir ilişki vardır. Sel ve taşkınlar genelde doğrudan veya dolaylı olarak yağış ile ilişkilidir. Seller, genellikle çevre ve toplum üzerinde derin bir etkiye sahip olduğundan, meteorolojik şartların anlaşılması sel ve taşkınlarla mücadelede öncelikle yapılması gereken işlerdir (Breugem vd., 2020). Doğu Karadeniz'de sel ve taşkınlar yol açan yağışlar daha çok Karadeniz'den gelen siklonlar ve soğuk cephelelerin hareketine bağlıdır. Siklonal faaliyetler ve soğuk cephelelere bağlı olarak 24 saatlik maksimum yağışlar, Rize başta olmak üzere Doğu Karadeniz'e kıyısı olan çevre ilçelerinde aylık toplam yağışlardan daha fazla olduğu günlerde, sel ve taşkınlar neden olmaktadır (Turgut, 2007). Sel ve taşkınlarla sıcaklık arasında da güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Kış yağışlarının kar şeklinde olduğu, yazları sıcak ve kurak geçen yerlerde sıcaklık artışının ani olması kar erimesini ve yüzeysel akışı artırarak sel ve taşkınların meydana gelmesini kolaylaştırmaktadır (Atalay, 2016). Deniz yüzeyi sıcaklığının yağış üzerinde önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir (Zuo ve Zhang, 2012). Deniz yüzeyi sıcaklığının artması buharlaşmayla havaya nem geçişini artıracığından yağış miktarı artmaktadır. Yağışın şiddeti, süresi, biçimi, buharlaşmayla su kaybı, yüzeysel ve yüzey altı akımı etkilemektedir (Atalay, 2018). Yağışların havza geneline eşit düşmesi durumunda (diğer şartlar benzer kabul edilerek) sel taşkın riski daha yüksek olmaktadır (Hoşgören, 2004).

Güçlü dikey hava hareketlerinin bulunduğu kararsız hava kütlelerinde yağmur taneleri daha iri olur. Türkiye’de sıcak mevsimde, özellikle nemli ılık ilkbaharda sık görülen sağanaklar ile dolu yağışları sonrasında sel-taşkınlar yaşanmaktadır (Erol, 1993). Konveksiyonel tipte gök gürültülü yağışlar ani olarak meydana geldiğinden toprak ve ana materyalin su tutma kapasitesinin düşük olduğu yerlerde ani sellere neden olmaktadır (Atalay, 2016). Bu yağışlara bağlı olarak yağmur tanelerinin darbe tesirinin de fazla olması ve toprağı sıkılaştırması hem erozyonu artırmakta hem de zemini sıkılaştırarak sızmayı azalmaktadır. Sağanak yağışlardan önce akarsu akımının yüksek olması, sağanakla birlikte akımın daha fazla yükselmesine neden olmaktadır (Hoşgören, 2004).

Akdeniz iklimi etkisindeki sahalarda kış ve bahar aylarında yağışlar fazla olduğundan akım miktarları yüksektir. Bu durumda meydana gelen sağanaklar, taşkınlara yol açmaktadır (Hoşgören, 2004). Günlerce devam eden yağışlardan sonra toprak ve zemin suya doymun hale gelmekte, toprağın su açığı ortadan kalkmaktadır. Bu durumda infiltrasyon azalmakta, yüzeysel akış artmakta, sel-taşkınlar meydana gelmektedir (Atalay, 2018). Karadeniz’de kısa süreler içerisinde büyük miktarda yağışın düşmesi, maksimum değerlere yakın yağışların yıl içerisinde sık sık tekrarlanması, kısa süreli maksimum miktarda yağışların, doğal çevre şartları ile birleşmesi sel ve taşkınlara yol açmaktadır (Gürgen, 2004). Taşkın oluşumu, süresi, etki alanı ve bölgede meydana gelebilecek olası hasarlar üzerinde, yağışın şiddeti, süresi, miktarı ve biçimi etkili olmaktadır (Kaya ve Derin, 2023).

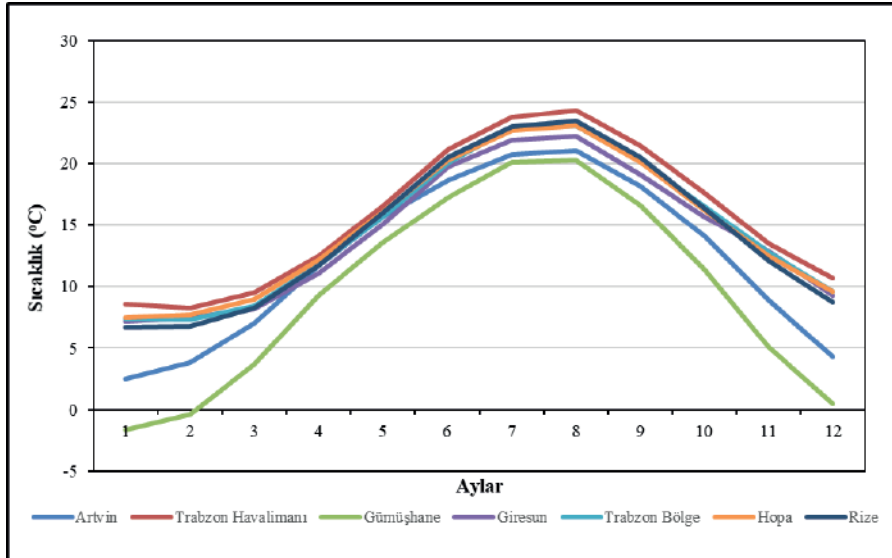
2.3.1. Sıcaklık Özellikleri

Doğu Karadeniz Bölümü’nde batıdan doğuya doğru yıllık ortalama sıcaklık değeri Giresun’da 14.6°C, Trabzon Bölge İstasyonu’nda 14.7°C, Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyonu’nda 15.6°C, Rize’de 14.5°C, Hopa’da 14.7°C, Artvin’de 12.2 °C ve Gümüşhane’de 9.6°C’dir (Tablo 5).

Tablo 5. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Meteoroloji İstasyonları Verilerine Göre Uzun Yıllar Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (MGM, 2024).

Ortalama Sıcaklık (°C)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Giresun	7.2	7.5	8.2	11.04	15.04	19.7	21.9	22.2	19.1	15.7	12.9	9.3	14.6
Trabzon Bölge	7.4	7.3	8.4	11.8	15.7	20.0	22.9	23.1	20.2	16.5	12.8	9.6	14.7
Trabzon Havalimanı	8.6	8.3	9.5	12.5	16.5	21.1	23.8	24.3	21.4	17.6	13.5	10.7	15.6
Rize	6.7	6.8	8.3	11.7	16.0	20.5	23.0	23.5	20.5	16.4	12.1	8.7	14.5
Hopa	7.5	7.7	9	12.2	16.06	20.3	22.7	23.1	20.1	16.2	12.5	9.6	14.7
Artvin	2.5	3.8	7	11.7	15.7	18.6	20.7	21.06	18.2	14.09	8.9	4.3	12.2
Gümüşhane	-1.6	-0.4	3.7	9.3	13.6	17.2	20.1	20.3	16.6	11.4	5.1	0.5	9.6

Analiz edilen istasyonlardan Trabzon Havalimanı İstasyonu'nda yıllık ortalama sıcaklık en yüksek, kıyı gerisinde yer alan ve karasal koşulların hüküm sürdüğü Gümüşhane istasyonunda en düşüktür. Bu istasyonlar dikkate alındığında kıyı ile gerisi arasında sıcaklık farkı 6°C'dir. Bu sonuçlar denizel etkilere, fön tesirine ve karasallık etkilerine bağlıdır. Enlem etkisine ters düşen bu durum Kafkasların soğuk hava kütlelerini engellemesi ile de ilgilidir (Erinç, 1996). Gümüşhane istasyonu dışında diğer istasyonlarda aylık ortalama sıcaklıklar 0°C'nin altına düşmemektedir (Tablo 5, Şekil 15)



Şekil 15. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki meteoroloji istasyonları verilerine göre uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık grafiği (MGM, 2024).

2.3.2. Yağış Özellikleri

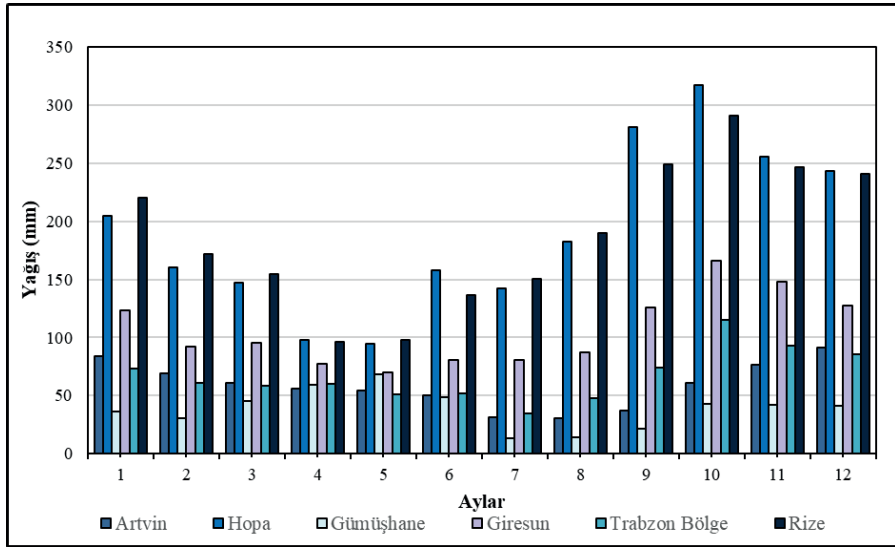
Karadeniz kıyı kuşağı boyunca yağış farklı dağılış sergilemektedir. Bu durum üzerinde, kıyı gerisindeki dağların doğrultusu ve yükseltisi etkili olmaktadır. Kıyının hemen gerisinde adeta bir duvar gibi yükselen dağlara bağlı olarak yağış artmaktadır. Rize’de 2200 mm dolayında olan yağış, 1500 metre yükseltilere doğru 3800-4000 mm’ye çıkmakta olup, 2500 metreden daha yükseklerde yağışlar tekrar kıyıda ki benzer bir durum göstermektedir (Darkot, 1943; Polat ve Sunkar, 2017). Analiz edilen istasyonlarda yıllık yağış toplamı; Giresun’da 1275.3 mm, Trabzon Bölge İstasyonu’nda 807.2 mm, Rize’de 2243.8 mm, Hopa’da 2294.2 mm, Artvin’de 700.5 mm ve Gümüşhane’de 462.4 mm’dir. Yağış fazlalığı açısından Hopa ve Rize ilk sırada iken Gümüşhane ve Artvin’de yağış en azdır. Bölge içerisinde yağışın dağılışı üzerinde dağların uzanışı, yükseltisi, kıyıya yakınlığı, hâkim hava kütlelerine dönüklük ve karasallık gibi faktörler etkili olmaktadır (Erinç, 1996; Tablo 6, Şekil 16).

Karadeniz kıyılarında genellikle maksimum yağışlar denizin karaya göre en sıcak olduğu ve depresyonların daha sık geçtiği sonbahar ve kış mevsimlerinde, minimum yağışlar ise denizin karaya göre en soğuk olduğu ilkbaharda mevsiminde görülmektedir (Akyol, 1944; Erlat, 1997; akt. Polat ve Sunkar, 2017). Bölümde yüksek yaz yağışları ise orta enlem siklonlarına bağlı olarak meydana gelen cepheler ve kuzeyli hava akımlarına bağlı olarak oluşan orografik ve yerel konvektif yağışlara bağlıdır (Türkeş, 2010; akt. Polat ve Sunkar, 2017).

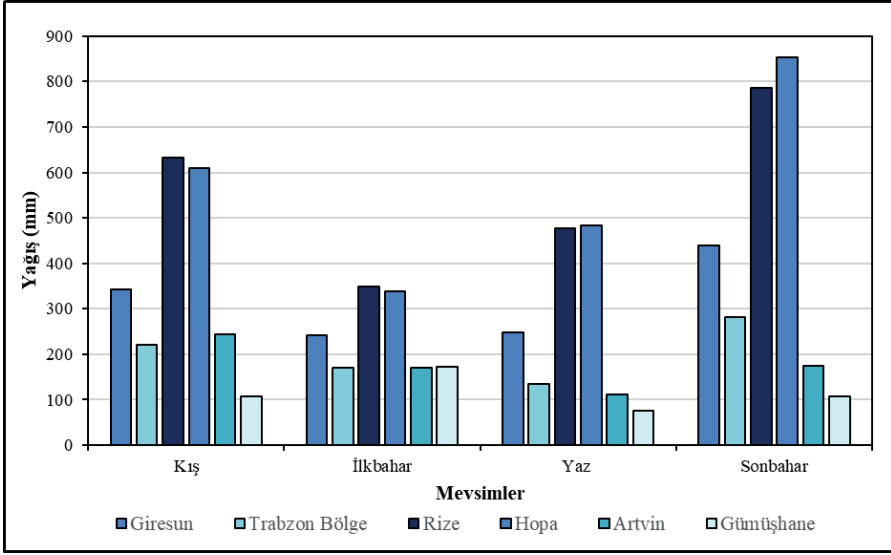
Mevsimlere göre yağışların dağılımı dikkate alındığında Giresun, Rize ve Hopa’da en fazla yağış sonbaharda, en az yağış ilkbahar mevsiminde düşmektedir. Trabzon Bölge İstasyonu’nda sonbahar en yağışlı, yaz mevsimi en az yağışlı mevsimdir. Artvin’de kış en yağışlı, yaz en az yağışlı; Gümüşhane’de ilkbahar en yağışlı, yaz ise en az yağışlı mevsimdir (Şekil 17). Kıyı gerisinde yer alan Gümüşhane ve Artvin ile kıyıda yer alan Trabzon Bölge İstasyonu’nda en az yağışlı mevsim yaz iken diğer istasyonlarda ilkbahardır.

Tablo 6. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Meteoroloji İstasyonları Verilerine Göre Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış Verileri (MGM, 2024).

Yağış (mm)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Giresun	123.7	92.4	95.6	77.5	69.7	80.8	80.8	87.3	126.1	166.1	147.9	127.4	1275.3
Trabzon Bölge	73.3	60.9	58.6	59.7	51.1	52.1	34.7	48.1	74.4	115.3	92.7	85.8	807.2
Rize	220.5	171.6	154.4	96.1	98.02	136.81	150.17	189.6	248.7	290.7	246.2	240.6	2243.8
Hopa	204.9	160.5	147.08	97.9	94.4	158.2	141.9	182.6	281.06	317.07	255.1	243.03	2294.2
Artvin	83.6	68.9	60.7	55.8	54.1	50.2	31.09	30.2	36.9	60.8	76.8	90.9	700.5
Gümüşhane	35.9	30.8	45.1	59.1	68.7	48.4	12.9	14.0	21.2	43.2	42.2	40.9	462.4



Şekil 16. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki meteoroloji istasyonları verilerine göre uzun yıllar aylık ortalama yağış grafiği (MGM, 2024).

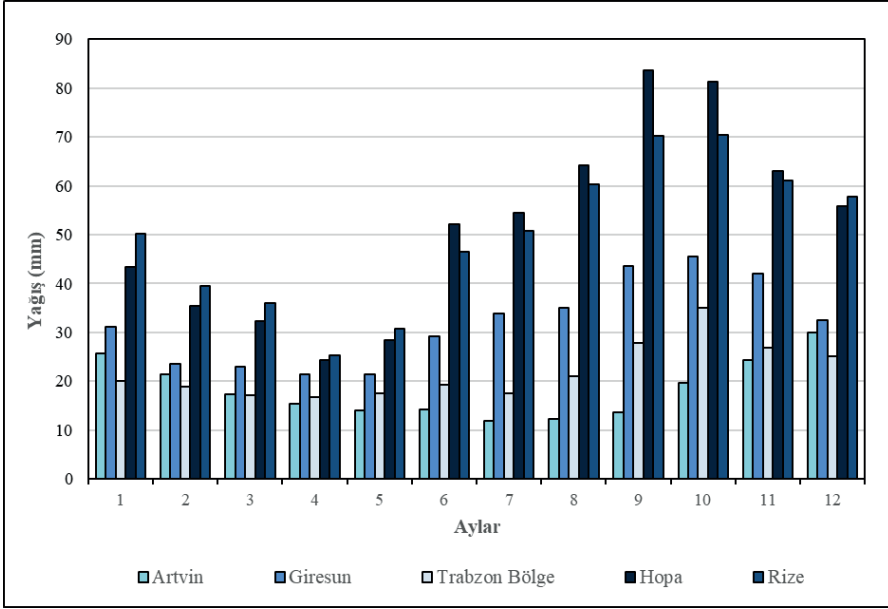


Şekil 17. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki meteoroloji istasyonları verilerine göre uzun yıllar aylık ortalama yağışların mevsimlere dağılım grafiği (MGM, 2024).

Aylık maksimum yağışların ortalaması değerlendirildiğinde; Hopa ve Rize'de değer en yüksektir. Uzun yılların ortalamasına göre Giresun'da bu değer 72.11 mm, Trabzon Bölge İstasyonu'nda 53.22 mm, Rize'de 104.61 mm, Hopa'da 118.92 mm'dir. Kıyı gerisinde yer alan Artvin'de aylık maksimum yağışların ortalaması (47.14 mm) en düşüktür (Tablo 7, Şekil 18). Ortalama maksimum yağışların aylara göre dağılımı değerlendirildiğinde; Giresun, Trabzon Bölge İstasyonu'nda ve Rize'de ekim ayı, Hopa'da eylül, Artvin'de aralık ayı dikkat çekmektedir.

Tablo 7. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Meteoroloji İstasyonları Verilerine Göre Uzun Yıllar Aylık Ortalama Maksimum Yağış Verileri (MGM, 2024).

Maksimum Yağış (mm)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Giresun	31.13	23.61	23.0	21.37	21.45	29.23	33.82	34.95	43.59	45.6	41.93	32.41	72.11
TrabzonBölge	20.04	18.87	17.14	16.69	17.43	19.21	17.53	21.0	27.86	34.93	26.92	25.11	53.22
Rize	50.11	39.52	36.06	25.21	30.77	46.42	50.72	60.32	70.17	70.34	61.06	57.73	104.61
Hopa	43.33	35.36	32.28	24.36	28.33	52.14	54.51	64.21	83.67	81.29	63.09	55.91	118.92
Artvin	25.69	21.42	17.41	15.37	14.01	14.12	11.83	12.29	13.52	19.66	24.3	29.96	47.14



Şekil 18. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki meteoroloji istasyonları verilerine göre uzun yıllar aylık ortalama maksimum yağış grafiği (MGM, 2024).

Kısa süreli sağanaklarla düşen yağış sularının büyük bir kısmının yüzeysel akışa geçmesi sel ve taşkınları tetiklemektedir. Türkiye'de kısa süreli maksimum yağışların en fazla görüldüğü yer Doğu Karadeniz'dir. İlk yarım saatte düşen maksimum yağışların tümünün Doğu Karadeniz'de, yarım saatten sonra da özellikle Hopa çevresinde etkili olduğu belirlenmiştir (Kömüşçü, vd., 2003; Gürgeç, 2004). Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM, 2025) verilerine göre Türkiye'de bu açıdan Doğu Karadeniz kıyılarında yer alan Hopa başta gelmektedir (Tablo 8).

Tablo 8. Hopa'da 5, 10, 15 ve 30 Dakikada Görülen Maksimum Yağışlar (MGM, 2025)

Süre	Miktar (mm)	Yer	Tarih
5dk	50.5	Hopa	07/07/1988
10 dk	60.6	Hopa	07/07/1988
15 dk	70.7	Hopa	07/07/1988
30 dk	90.9	Hopa	07/07/1988

Hopa istasyonunda standart zamanda görülen en yüksek yağışların temmuz ayında düşmesi de dikkat çekicidir. Bu durum konveksiyonel faaliyetlerin yaz döneminde güçlü olduğunu göstermektedir. Son yıllarda Doğu Karadeniz’de yaz mevsiminde sel ve taşkınların sık görülmesinin nedenlerinden biri de sıcak dönemde düşen maksimum yağışlardır (Tablo 8).

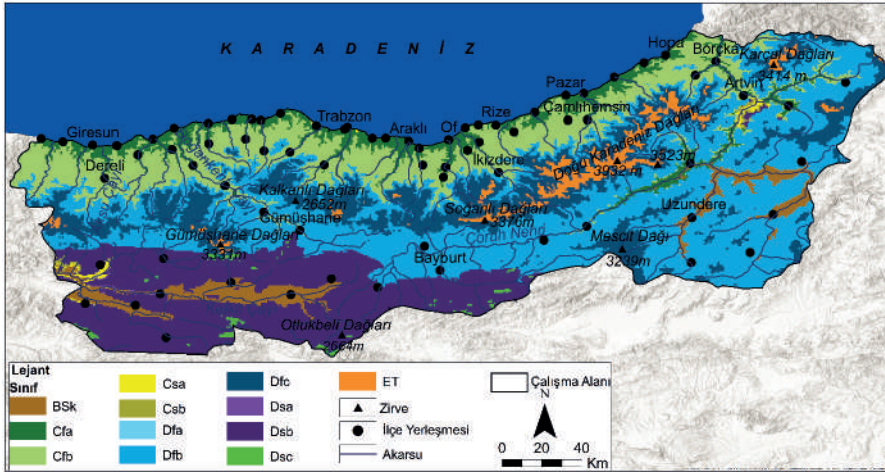
24 saatlik yağış miktarları da sel-taşkın oluşumu üzerinde önemli etkiye sahiptir. Giresun Meteoroloji İstasyonu verilerine göre 24 saatlik toplam yağış 28 Temmuz 2009 tarihinde 156.6 mm ölçülmüştür. Bu miktar, aynı yılın temmuz ayı toplam yağışının (521.6 mm) yaklaşık % 30’unu oluşturmaktadır. Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu verilerine göre 10/07/1992 tarihinde günlük yağış toplamı 115.1 mm olup, bu miktar, 1992 yılı temmuz ayı yağış toplamının (147.4 mm) yaklaşık % 78’ini oluşturmaktadır. Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyonu verilerine göre en fazla günlük yağış 89.2 mm ile 31/10/2009’da ölçülmüş olup, bu değer, aynı yılın ekim ayı yağış toplamının (131.1 mm) yaklaşık % 68’ini oluşturmaktadır. Rize Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük yağış toplamı 25/09/2011 tarihinde 226.6 mm olarak ölçülmüştür. Bu değer, 337.9 mm olan 2011 yılı eylül ayı yağış toplamının yaklaşık % 67’sini oluşturmaktadır.

Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük yağış toplamı 23/09/2012 tarihinde 338.7 mm olarak ölçülmüş olup bu miktar, aynı yılın eylül ayı yağış toplamının (452.1 mm) yaklaşık % 75’ine denk gelmektedir. Artvin Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük yağış toplamı 02/01/1989 tarihinde 93.4 mm olarak ölçülmüştür. Bu değer, 342.2 mm olan 1989 yılı ocak ayı yağış toplamının yaklaşık %27’sini oluşturmaktadır. Günlük yağış toplamının yüksek olması çalışma sahasında sel ve taşkınların meydana gelmesinin en önemli nedenlerinden biridir (Tablo 9).

Tablo 9. Doğu Karadeniz Bölümü’ndeki Meteoroloji İstasyonlarında Uzun Yıllar Günlük Toplam Yağış Verileri (MGM, 2024)

Süre	Miktar (mm)	Yer	Tarih
24 saat	156.6	Giresun	28/07/2009
24 saat	115.1	Trabzon Bölge	10/07/1992
24 saat	89.2	Trabzon Havalimanı	31/10/2009
24 saat	226.6	Rize	25/09/2011
24 saat	338.7	Hopa	23/09/2012
24 saat	93.4	Artvin	02/01/1989

Köppen-Geiger sınıflandırmasına göre Doğu Karadeniz Bölümü'nde kıyı şeridinde yazları sıcak (Cfa) ve ılık (Cfb) her mevsim yağışlı iklim etkili olmaktadır. Yeryüzü şekillerinden dolayı yazları sıcak ve her mevsimi yağışlı iklim tipinin kıyıdaki yayılış alanı dardır. Cfa yükseltisi az olan sahalarda, Cfb ise yükseltisi fazla olan sahalarda görülmektedir. İç kesimlerde ise yarıkurak step iklimi (Soğuk-Bsk), kışları ılık, yazları çok sıcak ve kurak iklim tipi (Csa), kışları ılık, yazı sıcak ve kurak iklim tipi (Csb), yazları sıcak, her mevsim yağışlı iklim tipi (Dfa), yazları ılık, her mevsim yağışlı iklim tipi (Dfb), kış şiddetli, her mevsim yağışlı, yazı soğuk iklim tipi (Dfc), kış şiddetli, yazı kurak ve sıcak iklim tipi (Dsa), kış şiddetli, yazı kurak ve serin iklim tipi (Dsb), kış şiddetli, yazı kurak ve soğuk iklim tipi (Dsc) ve çok yüksek dağlık sahalarda Tundra iklimi (ET) etkili olmaktadır (Öztürk vd., 2017; Taşoğlu vd., 2024; URL 3, Şekil 19).



Şekil 19. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Doğu Karadeniz Bölümü'nde görülen iklim tiplerinin dağılışı haritası (Taşoğlu vd., 2024'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

2.4. Trend Analizleri

İklim değişikliği ve nüfus artışı nedeniyle küresel su kaynakları tehdit altında olup, bu durum insan toplulukları için ciddi bir sorun oluşturmaktadır (Sivakumar, 2011; Giupponi ve Gain, 2017; Quaicoe ve Sapah, 2025). Bununla birlikte iklim değişikliği su kaynaklı afetlerin sık görülmesine neden olmaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak deniz yüzeyi sıcaklığının artmasıyla yükselici hava hareketlerinin artacağı bilinmektedir. Türkiye'yi çevreleyen denizlerde ortalama deniz suyu sıcaklıkları artma eğilimindedir

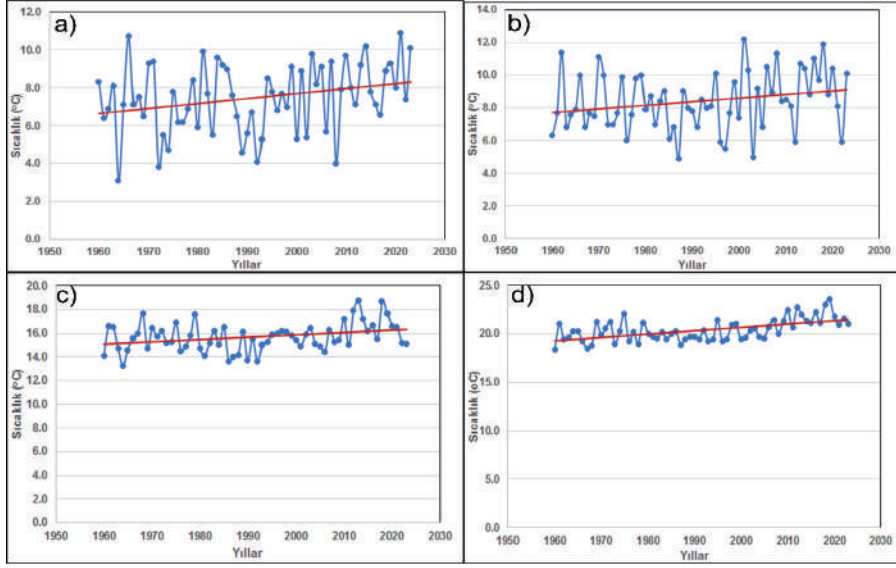
(Kalıpcı vd., 2021). 2010-2019 yılları arasında ortalama deniz suyu sıcakları Karadeniz'de 1.2°C artmıştır. Bu oran Akdeniz'le birlikte Türkiye'yi çevreleyen denizlerdeki en yüksek artış oranıdır (Kalıpcı vd., 2021). Artan deniz yüzeyi sıcaklıklarının denizlerde konvektif aktiviteyi ve yağışları artıracığı ileri sürülmektedir (Efimov vd., 2008; akt. Gözet vd., 2023). Yoğunlaşma halinde havanın sıcaklığı ne kadar yüksekse, soğuma halinde yoğunlaşacak su miktarı da artmaktadır (Erinç, 1996). Daha sıcak bir atmosferde, belirli bir basınçta tutulan nem miktarı daha fazladır. Clausius-Clapeyron ilişkisine göre, belirli bir basınçta tutulan nemdeki artış 1°C 'de % 6-7'dir. Atmosferdeki ekstra su, belirli bir bölgedeki yağışları da etkilemektedir (Pfahl vd., 2017; akt. Yılmaz vd., 2024). Kıyı kentlerinde sellerin arttığı, sıcaklık ve aşırı yağışların artması ile bu durum arasında güçlü bir ilişki bulunduğu belirtilmiştir (Xu vd., 2023; Fang vd., 2020; Yılmaz vd., 2024). Bu nedenle rasatları kesintisiz olan istasyonların aylık ortalama sıcaklık, yıllık ortalama sıcaklık, aylık toplam yağış, yıllık toplam yağış, aylık maksimum yağış ve günlük toplam yağışların trend analizleri yapılmıştır.

2.4.1. Sıcaklık Trend Analizleri

Mann-Kendall analiz yöntemine göre Giresun Meteoroloji İstasyonu uzun yıllar sıcaklık verilerine göre bütün aylar ile yıllık ortalama sıcaklıklarda artan yönde eğilimler bulunmaktadır. Aylık ortalama sıcaklıklar açısından ocak, mart, mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında istatistiksel açıdan anlamlı (% 95 güven seviyesinde) eğilimler bulunmaktadır (Tablo 10, Şekil 20). Yıllık ortalama sıcaklıklardaki artışlar da istatistiksel olarak anlamlıdır.

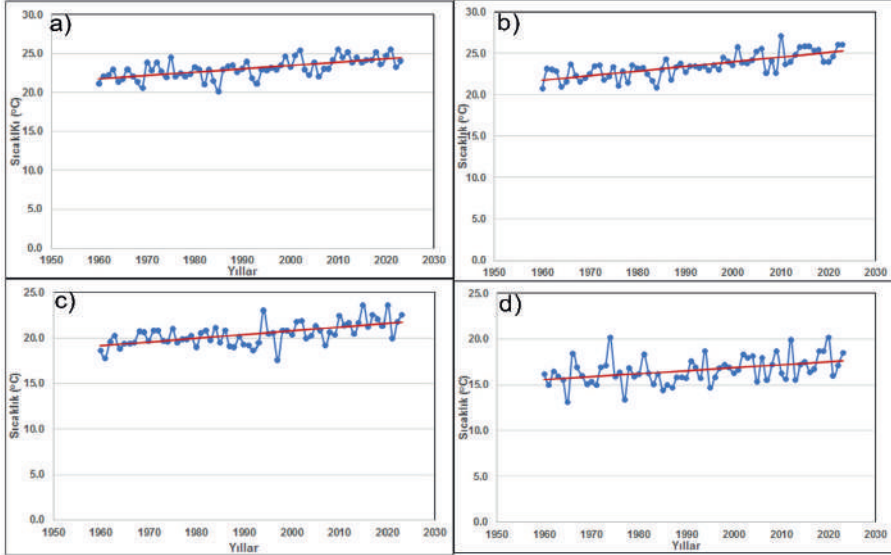
Tablo 10. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Meteoroloji İstasyonlarında Mann-Kendall Yöntemine Göre Aylık Ortalama Sıcaklıkların Eğilim Sonuçları (P değeri).

Meteoroloji İstasyonları	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Giresun	0.03	0.09	0.03	0.14	0.02	<0.0001	<0.0001	0.001	<0.0001	0.001	0.19	0.19	<0.0001
Trabzon Bölge	0.67	0.33	0.70	0.45	0.56	0.39	0.01	0.005	0.42	0.89	0.009	0.03	0.85
Trabzon Havaalanı	0.10	0.09	0.34	0.28	0.05	0.001	0.0004	0.00034	0.0009	0.0006	0.0005	0.07	0.0003
Rize	0.09	0.16	0.04	0.09	0.002	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0002	0.17	0.41	<0.0001
Hopa	0.25	0.77	0.36	0.72	0.05	0.0008	0.0001	<0.0001	<0.0001	0.007	0.77	0.67	0.001
Artvin	0.16	0.30	0.37	0.82	1	0.002	0.002	<0.0001	0.006	0.08	0.52	0.27	0.0006
Gümüşhane	0.09	0.08	0.14	0.55	1	0.006	0.09	0.0006	0.14	0.03	0.3	0.10	0.001



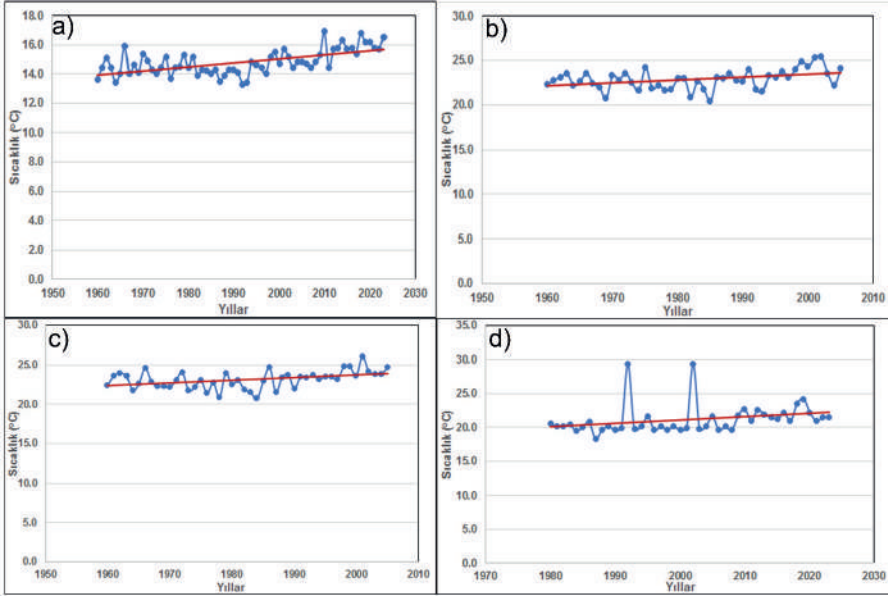
Şekil 20. Giresun Meteoroloji İstasyonu verilerine göre ocak (a), mart (b), mayıs (c) ve haziran ayları (d) ortalama sıcaklıklarının eğilim grafiği (MGM, 2024).

Giresun'da tüm ayların ortalama sıcaklıkları ile yıllık ortalama sıcaklıklarda pozitif yönlü eğilimin bulunması, yaz mevsimi ile yıllık ortalama sıcaklıklarda eğilimin kuvvetli olması dikkat çekicidir (Şekil 20, 21, 22).

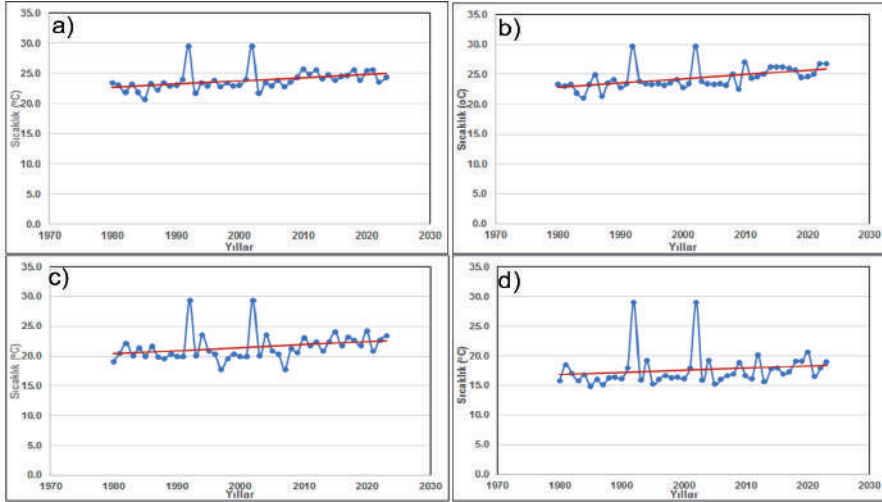


Şekil 21. Giresun Meteoroloji İstasyonu verilerine göre temmuz (a), ağustos (b), eylül (c) ve ekim ayları (d) ortalama sıcaklıklarının eğilim grafiği (MGM, 2024)

Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu'nda ocak, şubat, mart, mayıs, ekim, kasım, aralık aylarında azalan yönde, nisan, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında artan yönde eğilimler belirlenmiştir. Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu için artış yönlü anlamlı eğilimler, temmuz ve ağustos aylarında saptanmıştır. Kasım ve aralık aylarında için azalan yönde anlamlı trendler bulunmuştur. Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu'nda yıllık ortalama sıcaklıklarda istatistiksel açıdan anlamlı olmayan azalışlar söz konusudur. Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nda ise nisan ayında azalan yönde, ocak, şubat, mart, mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül, ekim, kasım ve aralık aylarında artan yönde eğilimler saptanmıştır. Yıllık ortalama sıcaklıklarda da eğilim pozitif olup, Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'nda haziran, temmuz, ağustos, eylül, ekim ve kasım aylarında anlamlı pozitif eğilimler belirlenmiştir (Şekil 22, 23, 24).

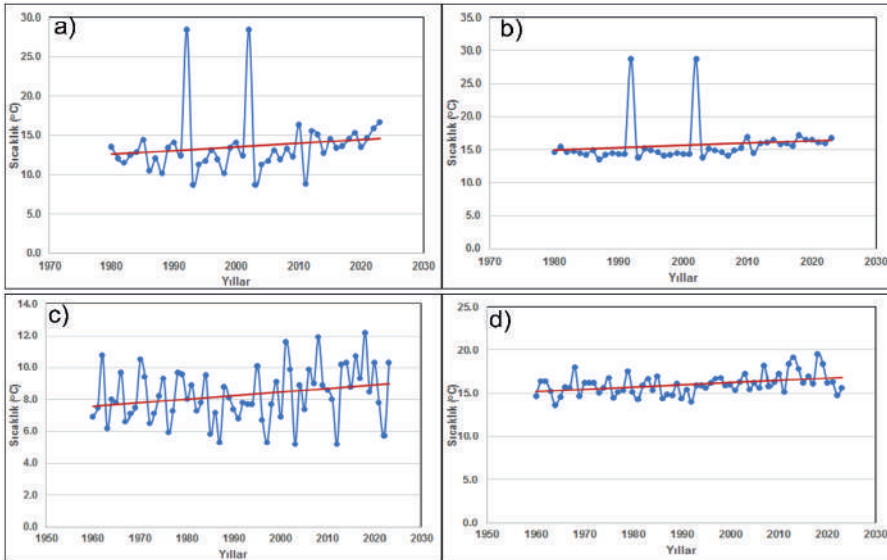


Şekil 22. Giresun Meteoroloji İstasyonu verilerine göre yıllık ortalama sıcaklıkların (a), Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu verilerine göre temmuz (b) ve ağustos ayları (c) ile Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyonu verilerine göre haziran ayı ortalama sıcaklıklarının (d) eğilim grafiği (MGM, 2024).



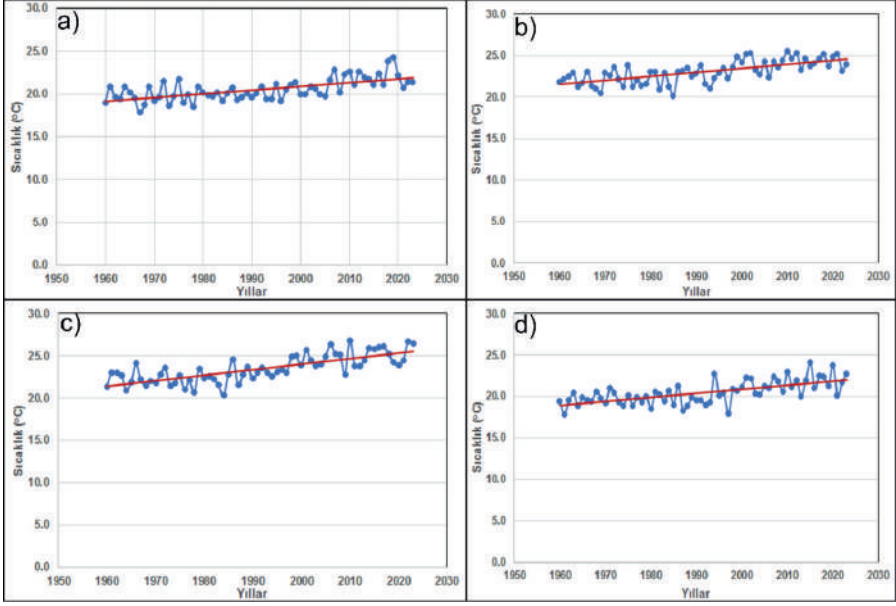
Şekil 23. Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyonu verilerine göre temmuz (a), ağustos (b), eylül (c) ve ekim ayları ortalama sıcaklıklarının (d) eğilim grafiği (MGM, 2024).

Rize Meteoroloji İstasyonu verilerine göre tüm aylarda ve yıllık ortalama sıcaklıklarda pozitif yönlü eğilimler mevcutken, anlamlı eğilimler mart, mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül, ekim aylarında bulunmaktadır. Bu aylar ile yıllık ortalama sıcaklıklarda eğilimler kuvvetlidir (Şekil 24, 25, 26).

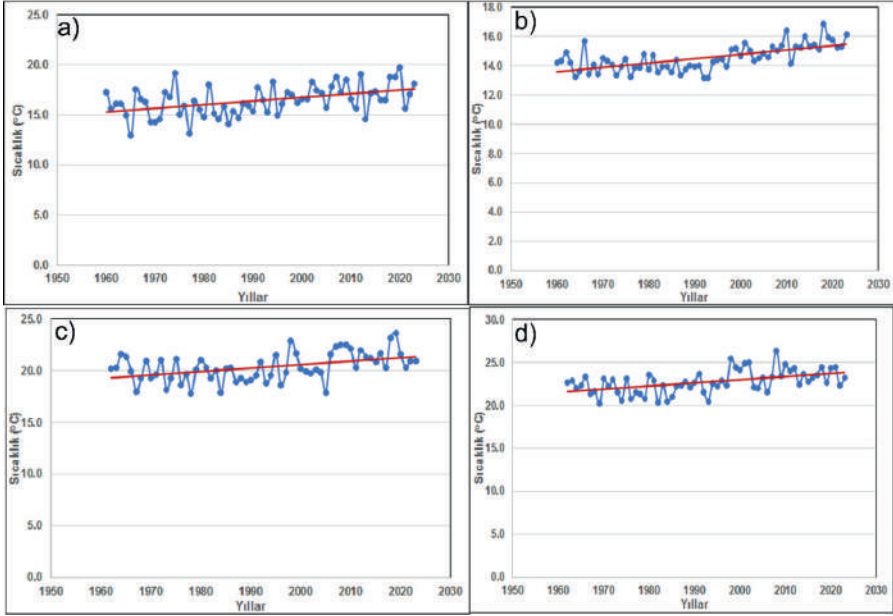


Şekil 24. Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyonu verilerine göre kasım ayı (a) ve yıllık ortalama sıcaklıklarının (b), Rize Meteoroloji İstasyonu verilerine göre mart (c) ve mayıs ayları ortalama sıcaklıklarının (d) eğilim grafiği (MGM, 2024).

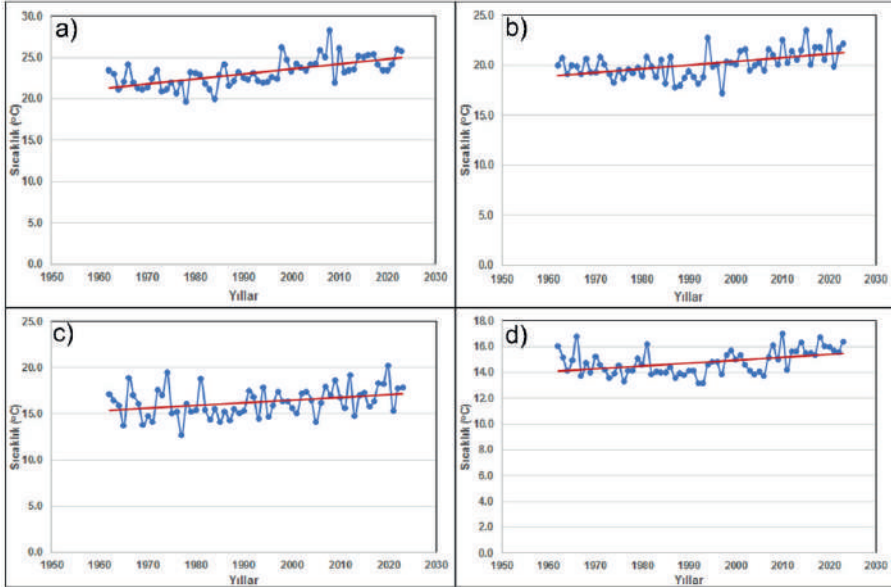
Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre şubat ayında azalan yönde, diğer aylar ile yıllık ortalama sıcaklıklarda artan yönde eğilimler vardır. Hopa'da anlamlı pozitif trendler haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında saptanmıştır. Pozitif trendlerin bulunduğu aylarda eğilimler kuvvetlidir. Yıllık sıcaklık ortalamalarında da kuvvetli eğilimler bulunmaktadır (Şekil 26, 27).



Şekil 25. Rize Meteoroloji İstasyonu verilerine göre haziran (a), temmuz (b), ağustos (c) ve eylül ayları (d) ortalama sıcaklıklarının eğilim grafiği (MGM, 2024).

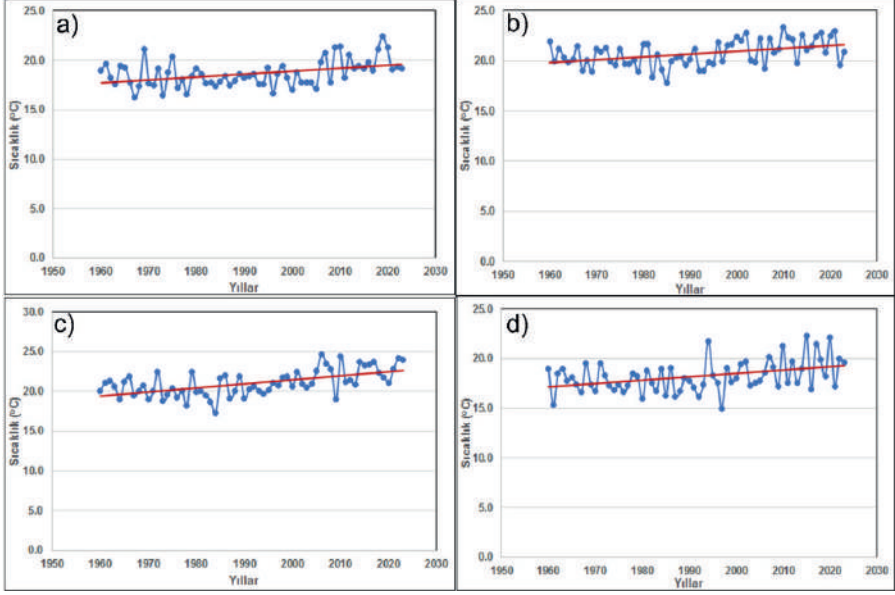


Şekil 26. Rize Meteoroloji İstasyonu verilerine göre ekim ayı ortalama sıcaklıklarının (a), yıllık ortalama sıcaklıklarının (b), Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre haziran (c) ve temmuz ayları (d) ortalama sıcaklıklarının eğilim grafiği (MGM, 2024)



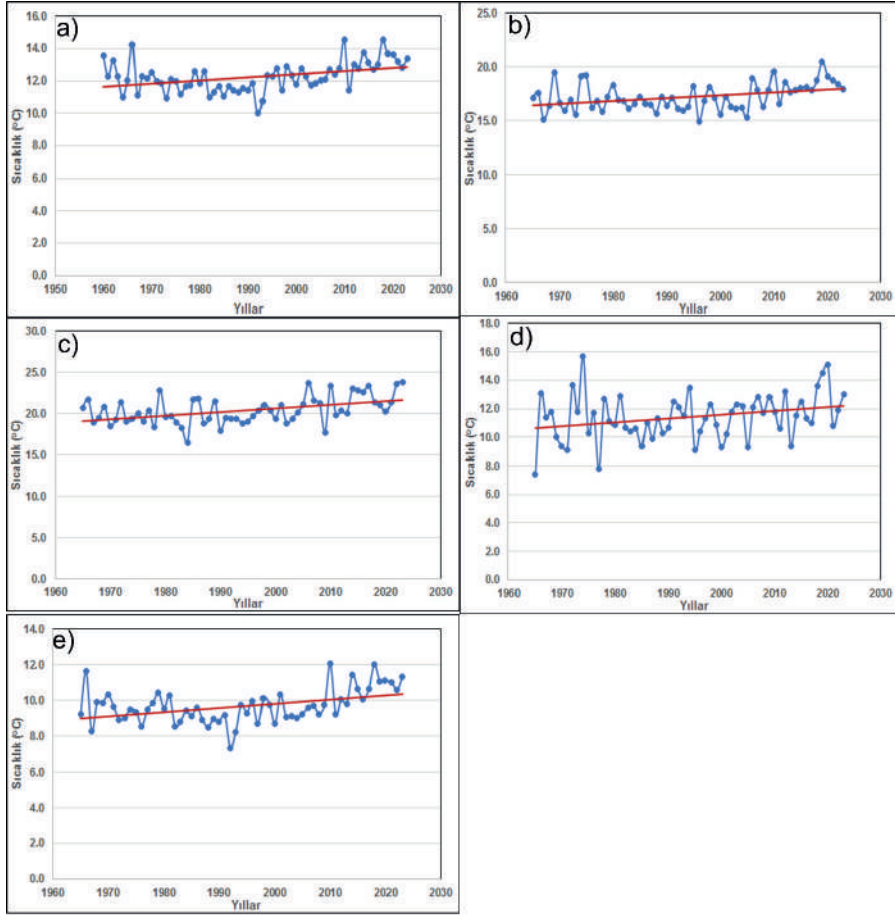
Şekil 27. Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre ağustos (a), eylül (b) ve ekim ayları ortalama sıcaklıklarının (c) ve yıllık ortalama sıcaklıklarının (d) eğilim grafiği (MGM, 2024).

Artvin Meteoroloji İstasyonu verilerine göre kasım ayında herhangi bir eğilim yokken, diğer aylarda ve yıllık ortalama sıcaklıklarda pozitif eğilim bulunmaktadır. Haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında eğilimler anlamlı ve kuvvetlidir. Yıllık ortalama sıcaklıklarda da anlamlı eğilimler bulunmaktadır (Şekil 28).



Şekil 28. Artvin Meteoroloji İstasyonu verilerine göre haziran (a), temmuz (b), ağustos (c) ve eylül ayı (d) ortalama sıcaklıklarının eğilim grafiği (MGM, 2024)

Gümüşhane Meteoroloji İstasyonu verilerine göre tüm aylar ile yıllık ortalama sıcaklıklarda pozitif yönlü eğilimler bulunmaktadır. Gümüşhane'de haziran, ağustos ve ekim ayları ortalama sıcaklıkları ile yıllık ortalama sıcaklıklarda anlamlı artışlar söz konusudur. Haziran ve ağustos ayı ortalama sıcaklık değerlerinde eğilimler kuvvetlidir (Şekil 29).



Şekil 29. Artvin Meteoroloji İstasyonu verilerine göre yıllık ortalama sıcaklıkların (a), Gümüşhane Meteoroloji İstasyonu verilerine göre haziran (b), ağustos (c), ekim ayları (d) ve yıllık ortalama sıcaklıkların (e) eğilim grafiği (MGM, 2024).

Trend analizi sonuçlarına göre analiz edilen istasyonların büyük bir bölümünde aylık ortalama sıcaklıklar ve yıllık ortalama sıcaklıklarda istatistiksel açıdan anlamlı, artan yönlü kuvvetli eğilimler saptanmıştır. Analizler Polat ve Sunkar (2017)'nin sonuçları ile uyumludur. Polat ve Sunkar (2017), Trabzon, Rize, Pazar ve Hopa Meteoroloji istasyonlarının sıcaklık verilerinin eğilimlerinde Pazar Meteoroloji İstasyonu dışında artış bulunduğunu saptamıştır. Yılmaz vd. (2021), Giresun, Trabzon, Rize, Artvin ve Gümüşhane'de sıcaklıkların artış yönünde eğilimler gösterdiğini belirtmektedir.

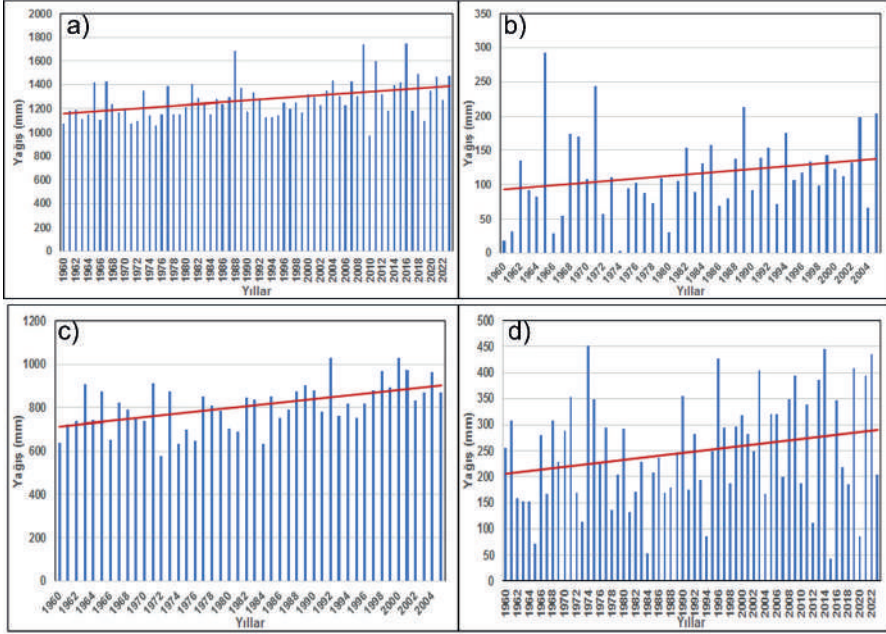
2.4.2. Yağışın Trend Analizleri

Aylık toplam yağış verilerinin analizinde Giresun Meteoroloji İstasyonu için istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler saptanmamıştır. Ancak şubat, nisan, ağustos ve aralık ayları için azalan yönde, ocak, mart, mayıs, haziran, temmuz, eylül, ekim ve kasım ayları ile yıllık yağışlarda artan yönde eğilimler bulunmaktadır. Bu istasyonda yıllık yağış toplamındaki eğilimler istatistiksel açıdan anlamlıdır. Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu yağış verilerinde anlamlı artış ekim ayı ile yıllık yağış toplamında saptanmıştır. Diğer aylarda istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler mevcut değildir. Ancak tüm aylar ve yıllık yağış toplamında pozitif yönlü eğilimler bulunmaktadır. Rize Meteoroloji İstasyonu'nda istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler eylül ayında gerçekleşmiştir. Ocak, şubat, nisan, kasım ve aralık aylarında azalan yönde, mart, haziran, temmuz, eylül ve ekim ayları ile yıllık yağış toplamında artan yönde eğilimler vardır. Mayıs ve ağustos aylarında eğilim yoktur (Tablo 11, Şekil 30).

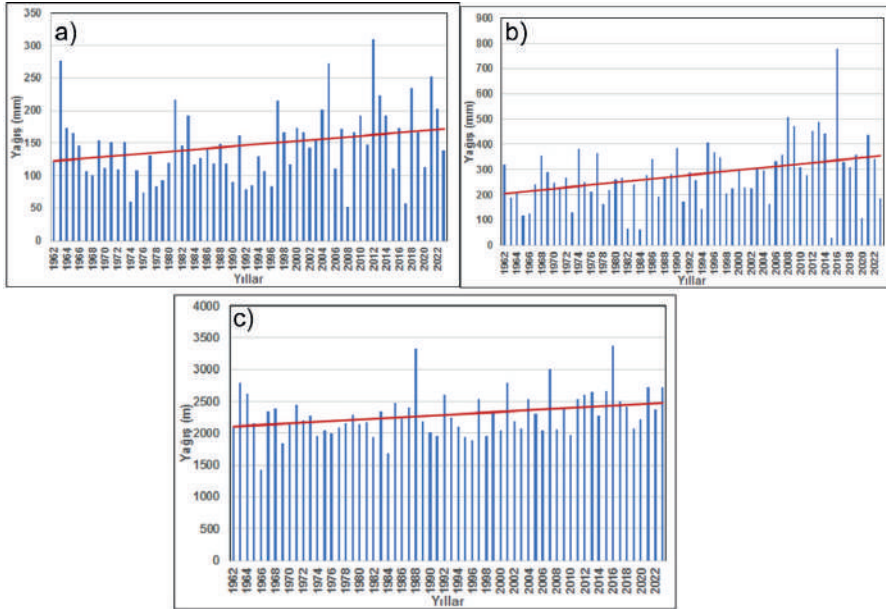
Tablo 11. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Meteoroloji İstasyonlarında Mann-Kendall Yöntemine Göre Aylık Ortalama Yağışların Eğilim (P değeri) Sonuçları

Meteoroloji İstasyonları	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Giresun	0.44	0.77	0.05	0.12	0.14	0.20	0.24	0.52	0.20	0.13	0.26	0.86	0.0001
Trabzon Bölge	0.58	0.21	0.23	0.47	0.68	0.97	0.73	0.24	0.84	0.03	0.25	0.90	0.0006
Rize	0.82	0.51	0.50	0.45	0.96	0.44	0.45	0.99	0.027	0.09	0.93	0.74	0.15
Hopa	0.84	0.51	0.03	0.60	0.63	0.69	0.53	0.38	0.002	0.23	0.33	0.56	0.015
Artvin	0.58	0.68	0.16	0.28	0.35	0.69	0.21	0.43	0.66	0.32	0.83	0.11	0.35

Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre ocak, nisan, haziran, ağustos ve aralık aylarında negatif yönlü, şubat, mart, mayıs, temmuz, eylül, ekim, kasım ayları ile yıllık yağışlarda pozitif yönlü eğilimler vardır. Hopa'da mart ve eylül ayı ile yıllık yağış toplamında pozitif yönlü eğilimler istatistiksel açıdan anlamlıdır. Artvin'de şubat, nisan, haziran ve aralık aylarında negatif yönlü, ocak, mart, mayıs, temmuz, ağustos, eylül, ekim ve kasım ayları ile yıllık yağışlarda pozitif yönlü eğilimler bulunmaktadır. Ancak bu eğilimler istatistiksel açıdan anlamlı değildir (Tablo 11, Şekil 31).



Şekil 30. Giresun Meteoroloji İstasyonu verilerine göre yıllık yağış toplamı (a), Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu verilerine göre ekim ayı yağış toplamı (b), yıllık yağış toplamı (c) ve Rize Meteoroloji İstasyonu'nda eylül ayı (d) yağışlarının eğilim grafiği (MGM, 2024).

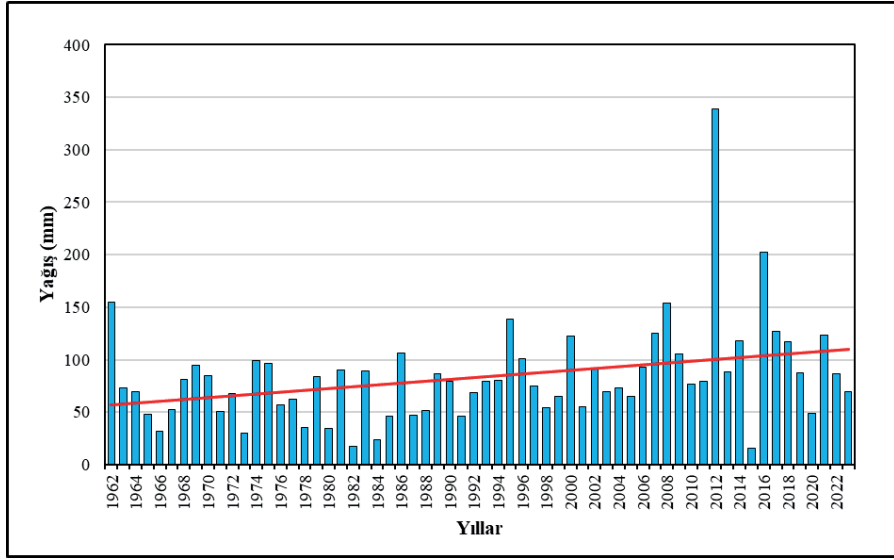


Şekil 31. Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre mart (a) ve eylül ayları (b) toplam yağışları ile yıllık yağış toplamı (c) eğilim grafiği (MGM, 2024).

Giresun, Trabzon Bölge ve Hopa Meteoroloji istasyonlarında yıllık yağış toplamında tespit edilen artan yönlü eğilimler kuvvetlidir. Aylık maksimum yağışlar trend analizine tabi tutulduğunda; Giresun Meteoroloji İstasyonu'nda istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler saptanmamıştır. Ancak nisan ve aralık aylarında azalan yönde, ocak, şubat, mart, mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül, ekim ve kasım ayları ile yıllık değerde artış yönünde eğilimler bulunmaktadır. Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu verilerine göre azalan yönde eğilimler mayıs, haziran, aralık aylarında, artan yönde eğilimler ocak, şubat, mart, nisan, temmuz, ağustos, eylül, ekim, kasım ayları ile yıllık değerde gözlenmiştir. Rize Meteoroloji İstasyonu verilerine göre istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler yoktur. Ancak ocak, şubat, nisan, mayıs, ağustos ve aralık aylarında azalan yönde eğilimler, mart, haziran, temmuz, eylül, ekim, kasım ayları ile yıllık değerde artan yönde eğilimler bulunmaktadır. Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre istatistiksel açıdan anlamlı pozitif yönlü eğilimler Eylül ayı ile yıllık değerde saptanmış olup, eğilimler kuvvetlidir. Hopa'da azalan yönde eğilimler ocak, şubat, nisan ve mayıs aylarında, artan yönde eğilimler mart, haziran, temmuz, eylül, ekim, kasım ve aralık ayları ile yıllık değerde belirlenmiş, ağustos ayında ise eğilim bulunmamaktadır. Artvin Meteoroloji İstasyonu verilerine göre istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler yoktur. Ancak şubat, nisan, mayıs, haziran ve aralık ayları ile yıllık veride azalan yönde eğilimler, ocak, mart, temmuz, ağustos, eylül, ekim aylarında artan yönde eğilimler bulunmaktadır. Aylık yağış maksimumları açısından kasım ayında eğilim yoktur (Tablo 12, Şekil 32).

Tablo 12. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Meteoroloji İstasyonlarında Mann-Kendall Yöntemine Göre Aylık Maksimum Yağışların Eğilim (P değeri) Sonuçları

Meteoroloji İstasyonları	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Giresun	0.31	0.35	0.12	0.49	0.60	0.72	0.15	0.49	0.34	0.05	0.61	0.57	0.06
Trabzon Bölge	0.35	0.42	0.34	0.39	0.77	0.79	0.24	0.09	1	0.19	0.41	0.64	0.33
Rize	0.16	0.13	0.49	0.29	0.15	0.69	0.37	0.98	0.08	0.09	0.30	0.85	0.20
Hopa	0.84	0.93	0.16	0.77	0.56	0.46	0.48	0.79	0.008	0.08	0.05	0.09	0.001
Artvin	0.36	0.62	0.43	0.50	0.58	0.43	0.61	0.20	0.60	0.24	1	0.20	0.94



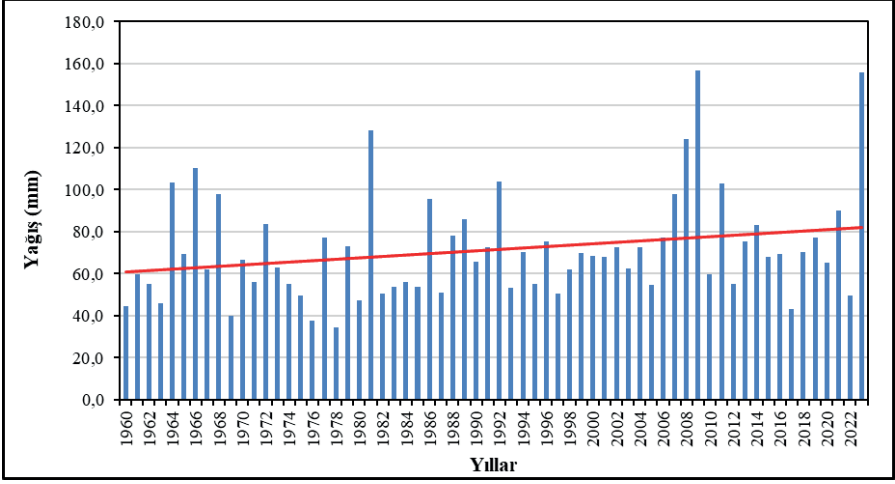
Şekil 32. Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre eylül ayı maksimum yağışlarının yıllara göre eğilim grafiği (MGM, 2024).

Günlük toplam yağışlarda Artvin'de azalan yönde, diğer istasyonlarda artan yönde eğilimler bulunmaktadır. Günlük yağışların yıllara göre eğilimi analiz edildiğinde Giresun'da artan yönlü eğilimin bulunduğu ve istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmektedir (Tablo 13, Şekil 33). Trabzon Bölge ve Trabzon Havalimanı Meteoroloji istasyonlarında istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler yoktur. Trabzon bölgede pozitif yönlü, Trabzon havalimanında negatif yönlü eğilimler bulunmaktadır (Tablo 13).

Tablo 13. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Meteoroloji İstasyonlarında Günlük Yağış Toplamının Yıllara Göre Eğilim Sonuçları.

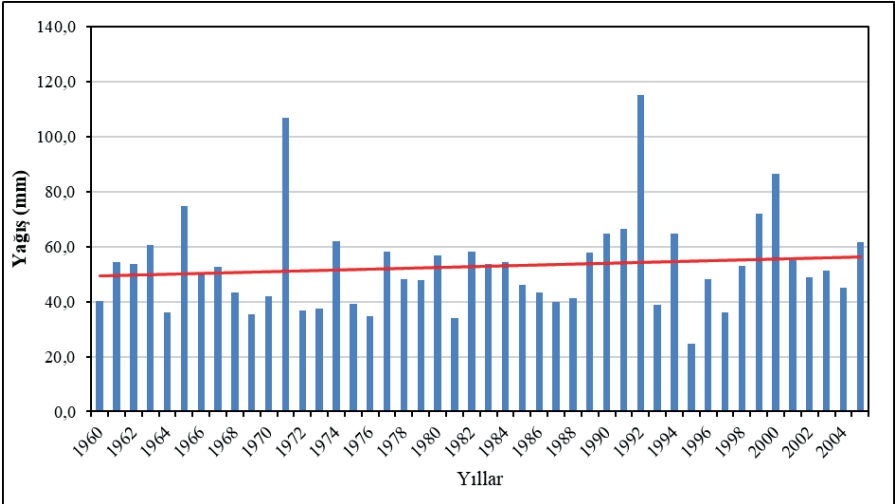
Meteoroloji İstasyonları	P değeri	Meteoroloji İstasyonları	P değeri
Giresun	0.04	Rize	0.14
Trabzon Bölge	0.34	Hopa	0.001
Trabzon Havaalanı	0.19	Artvin	0.94

Giresun Meteoroloji İstasyonu verilerine göre uzun yıllar günlük yağış toplamında 1964, 1966, 1968, 1981, 1986, 1992, 2007, 2008, 2009, 2021 ve 2023 yılları dikkat çekmekte olup bu değer 34.5-155.6 mm arasında değişmektedir (Şekil 33).



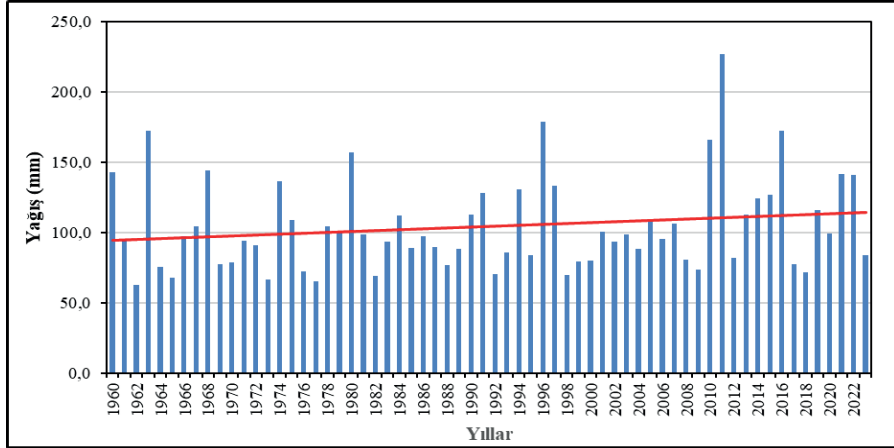
Şekil 33. Giresun Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük toplam yağışın yıllara göre eğilim grafiği (MGM, 2024).

Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük yağış toplamı açısından 1965, 1971, 1990, 1991, 1992, 1994, 1999 ve 2000 yılları dikkat çekmektedir. 1960-2004 yılları arasında kapsayan rasat döneminde günlük yağış toplamı 24.8-115.1 mm arasında değişmektedir (Şekil 34).



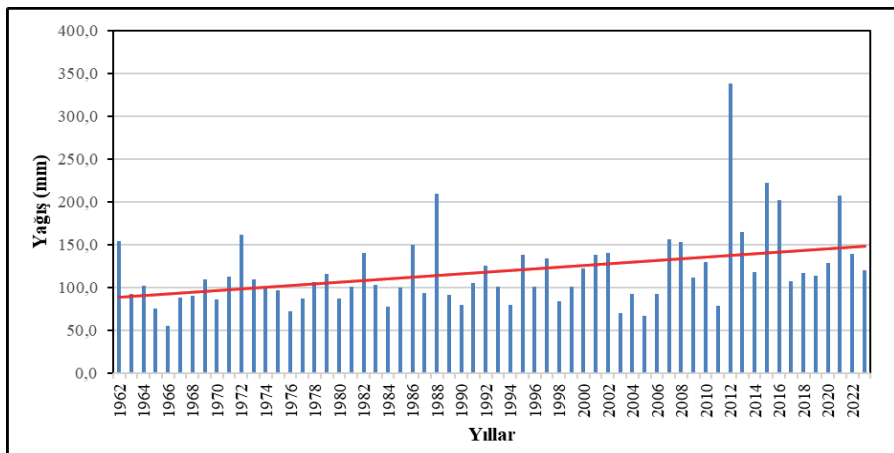
Şekil 34. Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük toplam yağışın yıllara göre eğilim grafiği (MGM, 2024).

Rize Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük yağış toplamı açısından 1960, 1963, 1968, 1980, 1996, 2010, 2011, 2016, 2021 ve 2022 yılları önemlidir. Rize'de günlük yağış toplamı 62.8-226.6 mm arasında değişmektedir (Şekil 35).



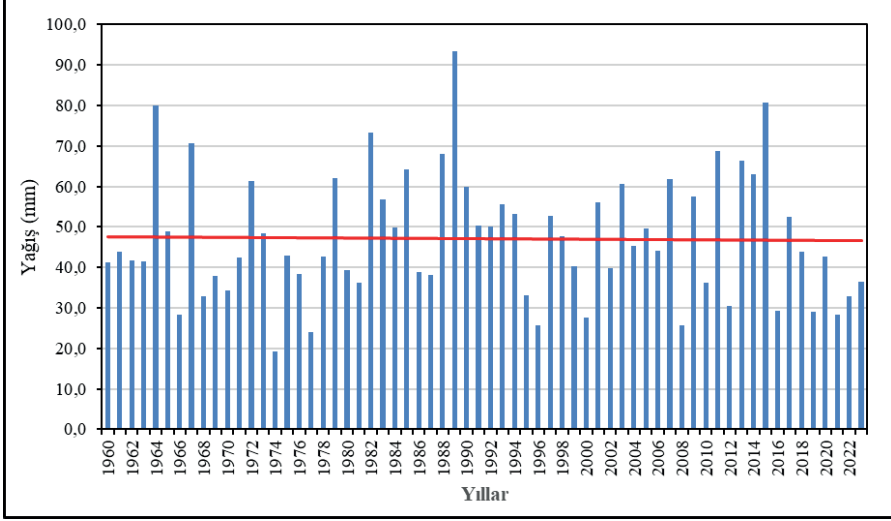
Şekil 35. Rize Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük toplam yağışın yıllara göre eğilim grafiği (MGM, 2024).

Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük yağış toplamı açısından 1962, 1972, 1986, 1988, 2007, 2008, 2012, 2013, 2015, 2016 ve 2021 yılları önem arz etmektedir. Hopa'da günlük yağış toplamı 55.1-338.7 mm arasında değişmektedir (Şekil 36).



Şekil 36. Hopa Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük toplam yağışın yıllara göre eğilim grafiği (MGM, 2024).

Artvin Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük yağış toplamı açısından 1964, 1989 ve 2015 yılları dikkat çekmekte olup günlük yağış toplamı 19.2-93.4 mm arasında değişmektedir (Şekil 37).



Şekil 37. Artvin Meteoroloji İstasyonu verilerine göre günlük toplam yağışların eğilim grafiği (MGM, 2024)

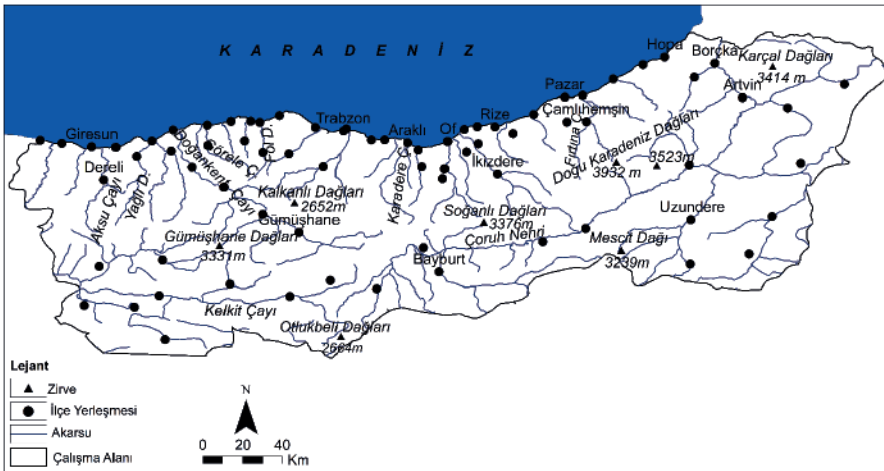
Aylık yağış toplamı açısından istasyonların genelinde özellikle yaz mevsiminde pozitif yönlü eğilimler belirlenmiştir. Sel ve taşkın oluşumu üzerindeki etkisi yüksek olan günlük yağışlarda da Artvin istasyonu dışındaki tüm istasyonlarda pozitif yönlü eğilimler saptanmıştır. Günlük yağışlardaki pozitif yönlü bu eğilimin Hopa ve Giresun istasyonlarında anlamlı olması dikkat çekicidir. Hopa'da günlük yağışlarda gözlenen pozitif yönlü eğilim kuvvetlidir. Yağış verilerinin trend analizi sonuçları Gümüş vd. (2022) ile uyumludur. Gümüş vd. (2022) Rize ve Artvin'de yaz aylarında yağışlarda artan trend belirlemiştir. Doğu Karadeniz'de sıcaklık değerlerindeki artışın ilkbahar mevsiminde kar erimelerini tetiklemesi ve yağışlardaki artışların gelecek yıllarda daha büyük taşkınlara yol açması beklenmektedir. Bu nedenle taşkın yönetim planları ile taşkın koruma projelerinde iklim değişikliğinin olası etkilerinin dikkate alınması önem arz etmektedir (Yüksek vd., 2021).

Taşkın riski ile ve taşkın erken uyarı sistemlerinin oluşturulması ve bunlara yönelik farkındalığın artırılması, taşkına karşı dirençliliği artıran önemli bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Yüksek vd., 2021). Bu nedenle erken uyarı sistemlerinin kullanımı konusunda yöre halkının

bilinçlendirilmesi ve özellikle meteorolojik uyarıların takip edilmesi sel-taşkın afete dönüşmesini engellemek için yapılabilecek çalışmaların başında gelmektedir.

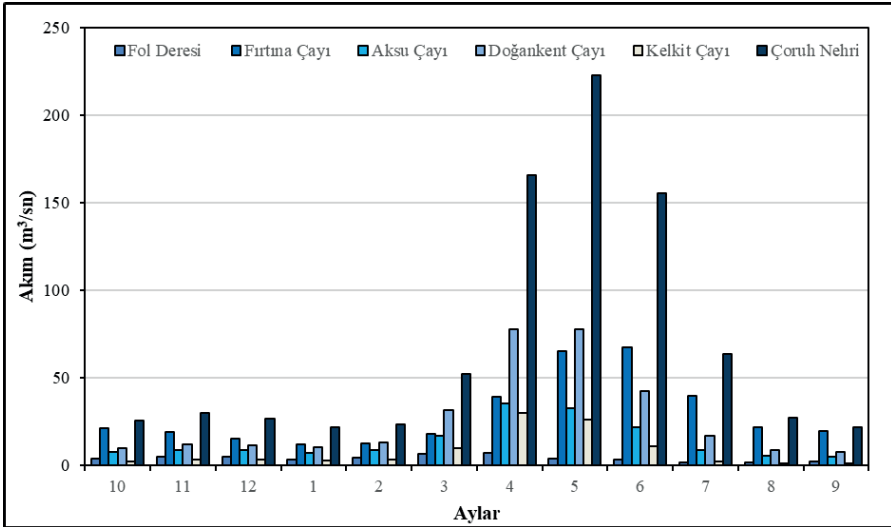
2.5. Hidrografik Özellikler

Nemli olması nedeniyle, Karadeniz Havzası denizlere su gönderen akarsuların akaçlama havzaları bakımından 1. sırada yer almaktadır (Akyol, 1949). Doğu Karadeniz'de doruk çizgisinin kıyıya yakın olması nedeniyle büyük akarsular gelişmemiştir (Akyol, 1947). Çalışma alanının sularını drene eden en önemli akarsu iç kesimlerden kaynağını alan Çoruh Nehri'dir. Mescit Dağı'ndan doğan akarsuyun toplam uzunluğu 466 km olup, 24 km'lik aşağı çığı Gürcistan sınırları içerisinde (Güney, 2004). Bölümün güneybatısının sularını Yeşilirmak Nehri'nin kolu olan Kelkit Çayı toplamaktadır. Bu akarsular dışında Karadeniz'e dökülen çoğunlukla kısa boylu çok sayıda akarsu, drenajı oluşturmaktadır. Bu akarsuların büyük bir kısmı yamaç eğimi Karadeniz'e doğru olduğundan paralel-subparalel drenaj şebekesi oluşturmuştur (Turoğlu, 1997). Doğu Karadeniz'e denize dökülen akarsuların başlıcalarını Aksu Çayı, Yağlıdere, Doğan kent (Harşit) Çayı, Görele Çayı, Fol Deresi, Karadere Çayı ve Fırtına Çayı oluşturmaktadır. Yatak eğimi yüksek olan bu akarsuların sel-taşkın riski oldukça yüksektir. Doğu Karadeniz'de kıyıda yer alan yerleşmeler kısa boylu akarsuların ağız kısmına kurulmuştur. Yerleşmelerin vadi içlerine doğru genişlemesi sel-taşkın riskini artırmaktadır (Şekil 38).



Şekil 38. Doğu Karadeniz Bölümü'nün hidrografya haritası.

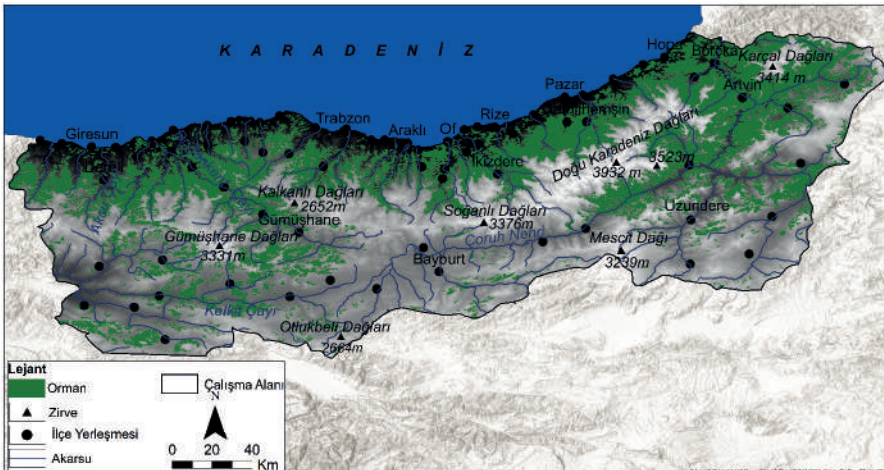
Asıl Karadeniz iklim ve yağış rejimi sahalarından doğan ve denize dökülen küçük akarsular, Karadeniz Akarsu Rejimi'ni yansıtır (Erinç, 1957). Doğu Karadeniz'de denize dönük yamaçlardan kaynaklanan ve her mevsimi yağışlı iklim altında bulunan akarsuların yataklarında sürekli su bulunmaktadır (Akyol, 1947). Ancak yağış ve kar/buz erimelerine bağlı olarak akarsularda iki azami, iki asgari görülür. Kar, buz erimelerine bağlı olarak azami akımlar ilkbaharda görülmektedir (Erinç, 1957). İlkbaharda ısınmayla birlikte kar erimesinin başlaması bu mevsimde, düşük yağış değerlerine rağmen, akarsu akımlarının maksimum olmasına yol açmaktadır. Bu mevsimde kar erimelerine etkili sağanaklar da eşlik edince akarsularda taşkınlar meydana gelmektedir (Uzun, 2007). Yağışların artmasına bağlı olarak sonbaharda 2. azami görülür. Kış ve yaz mevsiminin sonlarına doğru asgari akımlar görülmektedir. Azami ve asgari akımlar arasında büyük farklar bulunmaktadır. Bu durum yağış rejimi ile ilgili olmayıp, akarsuların yüksek sahalardan kaynaklanmaları, havzalarında eğim ve yükseltinin fazla olması, yüksek sahalarda sıcaklıkların uzun süre donma derecesinin altında kalması ile ilgilidir. Bölgede iç kısımlardan kaynaklanan akarsular iç bölge akarsularının rejim özelliklerine benzer durumlar göstermektedir (Erinç, 1957). Akım verilerinin ortalamasına göre kıyı şeridinde ve iç kesimlerde yer alan akarsularda genellikle maksimum akımın ilkbaharda, minimum akımın kış mevsiminde ölçüldüğü görülmektedir (Şekil 39).



Şekil 39. Fol Deresi (Bahadırlı, 1962-2005), Fırtına Çayı (Topluca, 1964-2005), Aksu Çayı (Dereli, 1962-2004), Doğan kent Çayı (Harşit) Çayı (Kürtün, 1943-1983), Kelkit Çayı (Çiçekbükü, 1969-2005) ve Çoruh Nehri (Peterek, 1963-2005) aylık ortalama akımlarının dağılım grafiği (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) akım gözlem istasyonu akım verilerinden yararlanılmıştır).

2.6. Bitki Örtüsü Özellikleri

Sel ve taşkın oluşumu üzerinde bitki örtüsünün etkisi önemlidir. Bitki örtüsü erozyon, infiltrasyon ve suyun yüzeyde alıkonulması üzerinde etkili olmaktadır (Horton, 1932;1945; Patton, 1988). Bitki örtüsünün yoğun olduğu sahalarda intersepsiyon nedeniyle yüzeye ulaşacak yağış miktarı azalmaktadır. İntersepsiyonla yüzeye ulaşmadan alıkonan suyun miktarı, bitkinin fizyonomik görünümü, ormanın yaşı, yağmurun şiddet ve süresi ile ilişkilidir. Ayrıca bitki örtüsü akışa geçen suyun hızını düşürerek yüzeyde kalabileceği ya da oyalanabileceği süreyi uzatmaktadır. Bu durum hem sızmayı hem de buharlaşmayı artırmaktadır. Bu durumda sel ve taşkına yol açabilecek, yüzeyel akışa geçen su miktarı ve sel-taşkın riski azalmaktadır (Atalay, 2016, 2018). Orman örtüsü aynı zamanda gölgeleme etkisiyle kar erimesini geciktirmektedir. Anderson (1969) tarafından yapılan bir araştırma, ormanın gölgeleme etkisiyle kar erimesini % 40, deredeki taşkın akışını da %10 oranında azalttığını ortaya koymuştur (Görcelioğlu, 1996). Meşçere verisine göre Doğu Karadeniz Bölümü'nde ormanların toplam alanı 13.549,75 km²'dir. Doğu Karadeniz'de ormanların bölüm toplam alanına oranı %32,24'tür. Ormanların dağılışı açısından kıyı ile gerisi arasında önemli farklılık bulunmaktadır. Kıyıda orman yoğunluğu daha fazla iken, iç kesimlerde ormanlar azalmaktadır. Kıyıda tahribatin olmadığı yerde ormanlar deniz seviyesinden başlarken, kıyı gerisinde karasallık etkisine bağlı olarak orman alt sınırı yükselmektedir (Şekil 40).



Şekil 40. Doğu Karadeniz Bölümü'nde ormanların dağılışı haritası (Orman Genel Müdürlüğü (OGM, 2019) meşçere verisinden yararlanılmıştır).

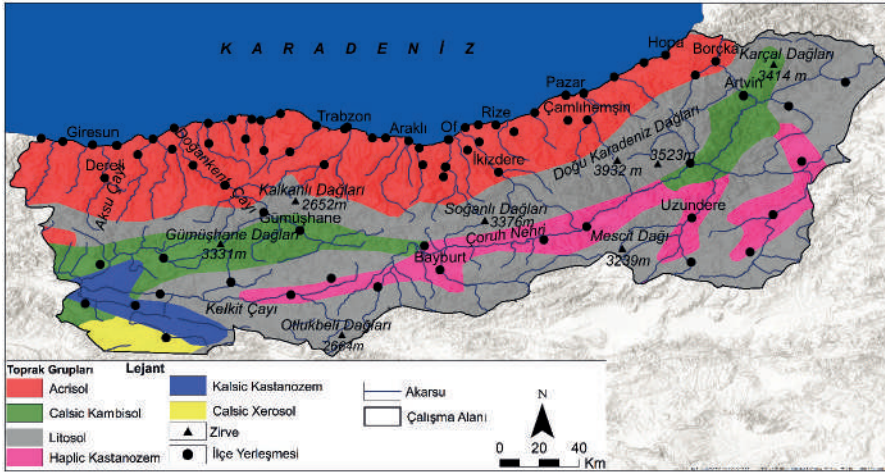
Bölümde 1000 m'ye kadar kıyı kesimi çok nemli ılıman, 1000 m'den yüksek olan sahalarda ise çok nemli ve soğuktur. Kayın, kestane, ıhlamur, ladin, göknar, kızılgağaç, karaağaç, fındık başlıca ağaç türlerini oluşturmaktadır. İç kesimlerde orman örtüsü seyrekleşmekte ve meşe topluluklarından oluşan ormanlar ile stepler bitki örtüsünü oluşturmaktadır (Saya ve Güney, 2014). Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda terleme daha fazladır. Bu durumda yüzeydeki suyun miktarı azaltılmaktadır (Erinç, 1996). Buna bağlı olarak toprakta su açığı oluşacağından sızma artmaktadır. Bu nedenle sel ve taşkın gibi afetlerin etkilerinin azaltılması için doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesinin engellenmesi ve mevcut bitki örtüsünün de güçlendirilmesi önem arz etmektedir. Bitki örtüsünün sel-taşkınlar üzerindeki etkisine erozyonu azaltmak da örnek verilebilir. Bitki örtüsünün yoğun olduğu sahalarda toprağı darbe tesirine karşı koruyarak erozyonun ve akarsuya taşınacak malzemenin azalmasına neden olmaktadır. Fındık bahçelerinin intersepsiyon oranı ormana göre daha düşüktür (Atalay, 2016). Buna bağlı olarak Karadeniz'de seller daha çok fındık bahçeleri ile ormanların tahrip edildiğı yerlerde meydana gelmektedir (Atalay, 2018). Doğu Karadeniz'de yaylacılık faaliyetleri için konut yapımı, plansız-programsız geniş yolların yapılması da ormanların tahrip edilmesine neden olmaktadır (Saya ve Güney, 2014). Doğu Karadeniz'de son yıllarda meydana gelen, büyük can ve ekonomik kayıplara yol açan heyelan ve sel felaketlerinin orman azalmasının bir sonucu olduğu konusunda görüş birliğı bulunmaktadır (Eryılmaz, 1990; Gümüş, 1990).

2.7. Toprak Özellikleri

Toprak, yeraltına sızan suyun miktarını ve dolayısıyla sele neden olacak yağış kütlelerini (dolaylı olarak selin gelişme hızını ve büyüklüğünü) kontrol etmektedir (Kaya ve Derin, 2023). Yeraltına sızan su miktarı da porozite ile ilgili olup toprakların porozitesi (gözenekliliğı) infiltrasyon ve yüzey sel akımı üzerinde doğrudan etkilidir. Porozitesi yüksek ve kalın olan topraklar ile gözenekli, çatlaklı kayalarda infiltrasyon artmakta, yüzey sel akımı ise azalmaktadır (Atalay, 2018). Bu durumda sel-taşkına yol açabilecek suyun miktarının azalmasına yol açmaktadır. İnfiltrasyon oranı balçıklı orman toprağında 100-200 mm/saat iken, çıplak sahada yer alan kil üzerinde 0-4 mm/saattir (Atalay, 2018). Bu durumda balçıklı orman toprağında yüzeye düşen suyun büyük bir kısmı infiltre edilmektedir. Bu açıdan balçıklı orman toprağı ile çıplak sahadaki killi toprak arasında 50-100 katlık bir fark bulunmaktadır. Gök gürültülü sağanak yağışla zemine düşen 50-100 mm yağış, balçıklı orman toprağı tarafından infiltre edilebilir. Ancak killi toprakta bu yağış infiltre edilmez ve tamamı yüzey sel akışına geçer (Atalay, 2018).

Orman örtüsünün korunması bu açıdan da önem arz etmektedir. Organik madde açısından zengin taneli topraklar yağış sularını daha fazla tutarak sel-taşkın riskini azaltmaktadır (Atalay, 2016).

Doğu Karadeniz Bölümü kıyı şeridinde başlıca toprak tipini acrisoller oluşturmaktadır (Şekil 41). Acrisoller, engebeli bir topoğrafyaya ve nemli tropikal iklime sahip sahalarda oluşur. Bu toprakların bulunduğu alanlarda doğal bitki örtüsü ormandır. Bu toprakların yaşı, mineralojisi ve aşırı yıkanması, düşük bitki besin seviyelerine, aşırı alüminyuma ve yüksek erozyona yol açmıştır (URL 4). Kırmızı sarı podzolik topraklar olarak da bilinen bu topraklar düşük baz doygunluğuna ve kil birikimine sahiptir. Acrisoller, tarım amaçlı kullanıldıklarında şiddetli erozyona uğramaktadır (Mater, 2004). Acrisoller asit ana materyal üzerinde oluşmuştur. Bu topraklar arjilik B horizonu içermekte olup, baz doygunluğu % 50'den azdır (Atalay, 2006).



Şekil 41. Doğu Karadeniz Bölümü'nün toprak haritası (URL 5'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Kahverengi orman toprakları, kahverengi topraklar Kambisoller grubunda olup, Calsic (Kalsik) kambisollerde kireç birikimi söz konusudur (Mater, 2004). Kalsik kambisoller, araştırma sahasının güneyinde Gümüşhane Dağları çevresinde, Uzundere-Artvin arasında görülmektedir. Litosoller, sığ, taşlı topraklar olup (Mater, 2004), inceleme alanı güneyinde dağlık kütleler üzerinde geniş alanlarda görülmektedir. Bölümde kastanozem adı verilen organik madde açısından zengin kestane renkli topraklar da görülmektedir (Atalay, 2006). Haplic kastanozem topraklar, en az 15 cm'lik

derinlikte mollik horizonla karakterize edilen (Atalay, 2006) kestane renkli topraklar olup, serin yarıkurak bölgelerde çayırli sahalarin topraklaridir. Kalsik kastanozemler kireçli kestane renkli topraklardir (Mater, 2004). Kalsik kastanozemler koyu renkli mollik A horizonu ve kireçli-jipsli horizon içermektedir (Atalay, 2006). Kalsik kastanozemler güneybatıda Kelkit Çayı Havzası'nda, haplic kastanozemler ise Uzundere güneydoğusunda, Uzundere ile Bayburt batısında görülmektedir. Xerosoller, yarıkurak bölge toprakları olup, calsic xerosoller kireç bakımından zengin yarı kurak bölge topraklarıdır. Bu topraklar kurak bölgede yağış rejimi düzensiz olduğundan nem açısından fakirdir (Mater, 2004). Yağış azlığına bağlı olarak yalnızca kolay çözünebilen tuzlar toprak altında birikmekte olup, bu topraklar organik madde açısından fakirdir (Atalay, 2006). Xerosoller denizel etkilerin azalmasına bağlı olarak yağışın azalması, karasallık şiddetinin ve buharlaşmanın artması nedeniyle Kelkit Çayı Havzası'nın güneybatısında görülmektedir (Şekil 41).

Doğu Karadeniz Bölümü kıyı şeridinde toprakların kil içeriğinin yüksek olması sel-taşkınların meydana gelmesi ile ilişkilidir. Çünkü kil içeriği yüksek olan toprakların sızmayı azalttığı ve yüzey sel akışı artırdığı bilinmektedir.

2.8. Arazi Kullanımı Özellikleri

Arazi kullanımı/arazi örtüsü, taşkın sürecinde önemli bir rol oynayarak geçirgenlik, buharlaşma ve akış gibi bazı hidrolojik süreçleri doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Hölting ve Coldewey, 2019; Yariyan vd., 2020). Akarsu havzalarında meydana gelebilecek su kayıplarının miktarı havzanın fiziki karakteristikleri ile ilgili olduğu gibi, havza içerisindeki yapılaşmalarla da ilgilidir. Çünkü yapılaşmalar, doğal akım yönünü ve akım miktarını doğrudan etkilemektedir. Yol, bina ve benzeri yapılaşmalar, dolgular akarsu havzalarında hem yüzey sel akışını doğal akım yönünü değiştirmekte hem de doğal akım birikimi koşullarını da etkilemektedir (Turoğlu, 2010). Türkiye'de sel ve taşkınlar, hidro-meteorolojik koşullardan ziyade, akarsu yatakları içinde veya yakın çevresindeki alanlarda, sel ve taşkına duyarlılığı yüksek olan sahalarda, herhangi bir tedbir alınmadan sürdürülen düzensiz, kontrolsüz ve hızlı şehirleşme faaliyetleri sonucu meydana gelmektedir (Kılıçer vd., 2000; akt. Yaşar Korkanç ve Korkanç, 2006). Bu nedenle çalışma alanında arazi örtüsündeki değişim analiz edilmiştir. Bu analiz Corine 1990 ve 2018 yıllarına ait veri (URL 6) kullanılarak yapılmıştır. Her iki döneme ait arazi örtüsü sınıflarının alanları ve oranları bulunmuştur. İki dönem arasındaki farktan faydalanarak arazi örtüsündeki pozitif ya da negatif değişim belirlenmiştir. Buna göre sürekli şehir yapısı ile kesikli şehir yapısında % 0.05-0.07 arasında artış görülmektedir. Yapay alanlar olan enüstriyel ve ticari alanlar, karayolları, demiryolları, limanlar ve havalimanları oransal olarak %

0.0007-0.03 artış göstermiştir. Meyve bahçeleri ise 2018 yılında, 1990 yılına göre % 7.49 artış göstermiştir. Meyve bahçelerinin artış göstermesi alternatif tarım ürünlerinin yetiştirilmesi ve ormanların fındıklıklara dönüştürülmesi ile orman alanlarının aleyhine bir değişim meydana getirmiştir. Mera alanlarında da % 1.28'lik bir artış bulunmaktadır (Tablo 14).

Tablo 14. Corine Verisine Göre Doğu Karadeniz Bölümü'nde Arazi Örtüsünde Meydana Gelen Değişim (URL 6'dan yararlanılarak hazırlanmıştır).

Arazi Örtüsü Sınıfları ¹	Corine 90 (Oran %)	Corine 2018 (Oran %)	Değişim (Oran %)
Sürekli Şehir Yapısı	0.00691	0.057537	0.050626
Kesikli Şehir Yapısı	0.215595	0.288011	0.072416
Endüstriyel ve Ticari Alanlar	0.007054	0.03808	0.031026
Karayolları ve Demiryolları	0.010151	0.035323	0.025172
Limanlar	0.001977	0.003283	0.001306
Havalimanları	0.002329	0.00308	0.000751
Maden çıkarım sahaları	0.011273	0.064343	0.05307
İnşaat sahaları	0.02056	0.032204	0.011643
Spor ve eğlence alanları	0.004126	0.001351	-0.00278
Sulanmayan ekilebilir alan	2.75941	2.61346	-0.14595
Sürekli sulanan alanlar	1.41648	1.59717	0.18069
Meyve bahçeleri	0.065145	7.55994	7.494795
Mera	0.747775	2.02914	1.281365
Karışık tarım alanları	5.85009	3.72496	-2.12513
Doğal bitki örtüsü ile bulunan tarım alanları	14.0785	7.33895	-6.73955
Geniş yapraklı ormanlar	7.49523	7.21476	-0.28047
İğne yapraklı ormanlar	8.31366	8.35341	0.03975
Karışık ormanlar	10.5455	9.82747	-0.71803
Doğal çayırliklar	16.3906	21.0022	4.6116
Bitki değişim alanları	12.0911	9.42278	-2.66832
Sahil, kumsal	0.081418	0.041213	-0.0402
Çıplak kayalıklar	3.08691	3.63812	0.55121
Seyrek bitki alanları	16.4466	14.6206	-1.826
Bataklıklar	0.025331	0.024434	-0.0009
Su yolları	0.254603	0.197745	-0.05686

1 Arazi örtüsü sınıfları kodları Güngöroğlu (2012) ve URL 6'dan alınmıştır

Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanlarında % 6.73'lük bir azalma meydana gelmiştir. Geniş yapraklı ormanlar ile karışık ormanların oranında da azalış söz konusudur. Bu azalma geniş yapraklı ormanlar için % 0.28, karışık ormanlar için ise % 0.71'dir. İğne yapraklı ormanların alanında ise % 0.03 oranında artış meydana gelmiştir. Benzer şekilde artış doğal çayırliklar için % 4.6 oranında gerçekleşmiştir. Bitki değişim alanlarında % 2.66, seyrek bitki alanlarında ise % 1.8 oranında azalma, çıplak kayalık alanlarda % 0.55 artış gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak yapay alanların arttığı, geniş yapraklı ve karışık ormanların oranının azaldığı, bitki değişim alanları ile seyrek bitki alanlarında azalma olduğu görülmektedir. Erozyonun şiddetli olduğu yukarı havzalardan sedimanla birlikte odunsu malzemeler de taşınmaktadır. Bu malzeme aşağı kesimde dere geçiş yapıları olarak bilinen köprü, menfez, büz gibi kapalı kesitlerde ile ıslah edilmiş kesitlerde tıkanmalara yol açmaktadır. Bunun sonucunda çoğu zaman hasarsız atlatılabilecek akışlar, kesitten taşarak öngörülemeyen taşkınlara yol açabilmektedir (Piton vd., 2020; Yüksek vd., 2021). Bu sonuçlarla karşılaşmamak için dere yataklarının düzenli periyotlarla temizlenmesi gerekmektedir (Foto 1).



Foto 1. Doğu Karadeniz Bölümü'nde dere yataklarında yapılaşmalar a) Kalkandere-Rize, b) Espiye-Giresun c) Görele-Giresun ve d) Eynesil-Giresun'da akarsu yatağının bitki örtüsü ile kaplanması, sel-taşkınlara yol açmaktadır.

Bölgede engebелilik ve eğim yerleşmeye elverişli alanları sınırlandırmıştır. Yerleşmelere uygun alternatif alanların yetersizliği nedeniyle tarım arazilerinin zamanla yapılaşmaya açılması da sel-taşkınların meydana gelmesine sebep olmaktadır (Çolak ve Memişoğlu, 2018). Türkiye'de yanlış arazi kullanımı nedeniyle en sık yaşanan çevre problemleri hidrografik kökenli olaylardır (Turoğlu, 2000). Turoğlu (2000)'e göre Doğu Karadeniz'e dökülen bütün akarsuların aşağı çığırlarında sel ve taşkınlar bu nedene bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu nedenle araziyi amaç dışı kullanmamak havza yönetiminde oldukça önemlidir.

3. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Sel ve Taşkın Riski Yüksek Olan Akarsuların Morfometrik Analizi

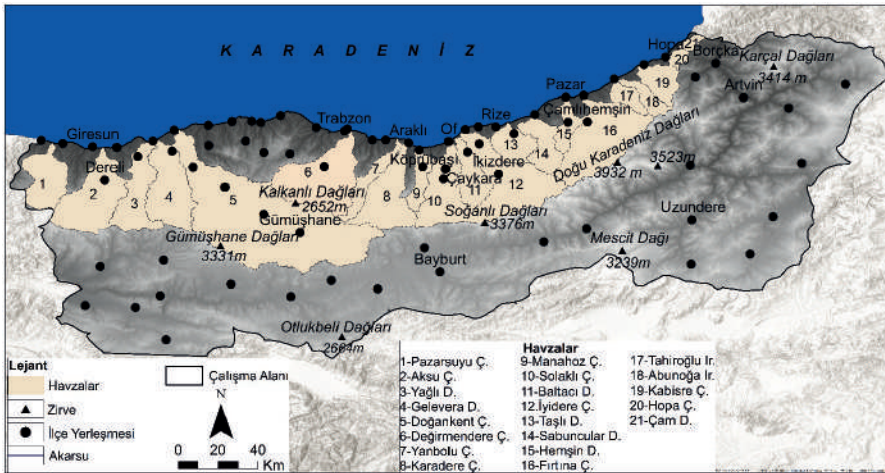
3.1. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Akarsuların Morfometrik Analizleri

Sel ve taşkın oluşumunda yüzeysel akış önemlidir. Yüzeysel akış havza morfometrisi, toprak özellikleri, jeoloji, vejetasyon ve yağışla ilişkilidir (Horton, 1932; 1945; Patton, 1988). Bu nedenle Doğu Karadeniz Bölümü'nü drene eden bazı önemli akarsu havzalarının morfometrik özellikleri değerlendirilmiştir. Akarsu havzasının hidrolojik davranışını belirlemede nicel analiz esastır (Artha vd., 2024). Bir akarsu havzasının özellikleri rasyonel olarak bu analizler ile açıklanabilir (Turoğlu, 1997) ve akarsular sel-taşkın üretme potansiyelleri açısından karşılaştırılabilir. Havza morfometrisi havza özelliklerinin sayısal olarak yapılabildiği (Turoğlu, 1997) nicel analizlere örnektir. Sutradhar ve Mondal (2023), çizgisel morfometrik parametrelerin taşkın dinamikleriyle doğrudan ilişkili olduğunu, rölyef ve alansal parametrelerin ise taşkınla dolaylı ilişkili olduğunu ileri sürmüştür (Quaicoc ve Sapah., 2025).

Çizgisel morfometrik parametrelerden çatallanma oranı (Rb) değerinin yüksek olması daha yüksek akış hidrografına ve düşük geçirgenliğe işaret etmektedir (Tola ve Shetty, 2022). Hidrolojik tepkilerin derecesi, alansal morfometrik özelliklerden havzanın uzama ve dairesellik gibi özellikleri tarafından kontrol edilmektedir (Schumm, 1956; Tola ve Shetty, 2022). Dairesel havzalarda suyun ana kolda toplanması, uzunlamasına şekle sahip

olan havzalara göre daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak dairesel havzalarda kısa süreli yüksek akımlar, uzunlamasına havzalarda uzun süreli düşük akımlar görülür (Alemayehu ve Tesfaye, 2024).

Rölyef özellikleri de sel-taşkınları kontrol etmektedir. Alçak sahalarda yüksek sahalardan gelen hızlı akışı alır ve bu da yüksek su baskını riskiyle sonuçlanır (Tola ve Shetty, 2022). Havza rölyefi yüksek olan drenaj alanlarında akış hızı yüksek olduğundan erozyon ve sel-taşkın riski de artmaktadır (Gaikwad vd., 2024). Akarsu havzasının en üst noktasına düşen suyun aşağı çığıra ulaşma süresi de rölyef morfometrisi ile alakalıdır. Rölyef morfometrisi parametrelerinden hipsometrik integral, havzaların jeomorfolojik gelişiminin hangi safhasında olduğunu göstermektedir. Buna göre havzaların gençlik, olgunluk ve yaşlılık dönemlerinden hangisinde olduğu belirlenerek sel-taşkın üretme potansiyelleri değerlendirilebilir (Strahler, 1952). Bu çalışmada havza sınırları CBS yazılımları ile belirlenmiş ve morfometrik indisler uygulanmıştır. Bölüm dışından denize dökülen Kelkit Çayı ve Çoruh Nehri havzaları bu açıdan değerlendirilmemiştir (Şekil 42).



Şekil 42. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Karadeniz'e dökülen akarsuların oluşturduğu ve morfometrik indis uygulanan havzalar²

2 Akarsular 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarındaki kullanıma göre adlandırılmıştır.

3.2.1.Havza Alanı (A)

Bir nehir havzasının alanı, yağış sırasında hidrografın büyüklüğü ve genel akış hacmi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Gaikwad vd., 2024). Alt havzaların alansal büyüklüklerine bağlı olarak taşkın gecikme süresi değişmektedir. Havzalar büyüdükçe yağmur sularının büyük kısmı çeşitli yollarla (intersepsiyon, evaporasyon, infiltrasyon) kayba uğramaktadır (Hoşgören, 2004). Küçük drenaj alanlarında yağışla yüzeyel akıma geçen suyun ana drenaja ulaşması daha kısa süre içerisinde olur. Buna bağlı olarak suyun pik noktasına ulaşması daha kısa sürede gerçekleşir (Atalay, 2016). Doğu Karadeniz Bölümünde yer alan ve bu çalışmada analiz edilen havzaların alanları 62.2-3309.36 km² arasında değişmektedir. Çam Deresi havzası en küçük alanlı, Doğankent (Harşit) Çayı Havzası en büyük alanlı havzadır (Tablo 15). Genel olarak Karadeniz'e dönük kuzey yönlü yamaçlardan kaynaklanan kısa boylu, birbirine paralel akarsuların oluşturduğu havzaların alanları küçüktür. Alansal olarak küçük olan havzalarda yan kolların ana akarsuda birleşmesi kısa sürede gerçekleşmektedir. Bu durum akım toplanma zamanını kısaltarak, sel-taşkınların kısa sürede afet boyutuna dönüşmesine neden olmaktadır.

Tablo 15. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Seçilen Havzaların Morfometrik İndis Sonuçları.

Havzalar	A (Km ²)	P (km)	Lb (km)	Bw (km)	Dd	Fs	Rb	Bh	Ff	Re	Rn	Tc (saat)	Hi
Pazarsuyu Ç.	533.7	129.37	39.65	13.45	0.52	0.33	1.98	2426	0.33	0.65	1.28	2.0177	0.44
Aksu Ç.	896.46	169.94	42.34	21.17	0.52	0.35	1.97	3039	0.5	0.79	1.60	2.0954	0.44
Yağlı D.	599.38	185.15	46.38	12.92	0.54	0.37	1.98	2692	0.27	0.59	1.46	2.2598	0.45
Gelevra D.	798.85	170.57	56.18	14.21	0.54	0.34	1.97	2923	0.25	0.56	1.59	2.8646	0.46
Doğankent Ç.	3309.36	384.97	113.12	29.25	0.53	0.37	1.99	3322	0.25	0.57	1.77	3.8262	0.49
Değirmendere Ç.	1057.12	184.20	51.11	20.68	0.51	0.37	1.99	3068	0.40	0.71	1.58	2.5223	0.48
Yanbolu Ç.	277.64	148.67	55.03	5.045	0.51	0.39	1.98	3054	0.09	0.34	1.57	1.9908	0.46
Karadere Ç.	733.79	175.12	55.65	13.18	0.53	0.38	1.99	2877	0.23	0.54	1.53	2.3452	0.57
Manahoz Ç.	229.73	102.99	37.84	6.071	0.56	0.4005	1.95	2735	0.16	0.45	1.55	1.9261	0.44
Solaklı Ç.	759.19	179.72	52.53	14.45	0.54	0.38	1.99	3371	0.27	0.59	1.85	2.2759	0.45
Baltacı D.	378.68	117.91	42	9.01	0.52	0.35	1.98	3102	0.21	0.52	1.63	1.7234	0.47
İyidere Ç.	1052.38	203.64	57.40	18.33	0.52	0.31	1.97	3403	0.31	0.63	1.80	2.2699	0.50
Taşlı D.	326.19	87.22	25.56	12.75	0.57	0.28	1.97	2440	0.49	0.79	1.39	2.1643	0.31
Sabuncular D.	378.19	116.15	37	10.22	0.53	0.34	1.98	3312	0.27	0.59	1.77	1.8524	0.37
Hemşin D.	203.7	92.83	33.63	6.05	0.54	0.36	1.97	2485	0.18	0.47	1.36	1.7406	0.30
Firtına Ç.	1155.51	195.38	54.29	21.28	0.50	0.32	1.99	3913	0.39	0.70	1.96	2.9008	0.46
Tahiroğlu Ir.	172.98	71.09	25.18	6.86	0.51	0.27	1.95	3074	0.27	0.58	1.59	1.30	0.30
Abunoğa Ir.	175.83	87.62	31.21	5.63	0.54	0.39	1.97	3320	0.18	0.47	1.81	1.4452	0.44
Kabisre Ç.	298.06	87.12	27.71	10.75	0.52	0.39	1.98	3302	0.38	0.703	1.73	2.1882	0.31
Hopa Ç.	75.57	44.10	10.89	6.93	0.56	0.38	1.93	1862	0.63	0.90	1.05	1.336	0.20
Çam D.	62.2	37.11	8.65	7.18	0.56	0.30	1.90	1438	0.83	1	0.81	1.3095	0.32

3.2.2. Havza Çevresi (P)

Havza çevresi ile ilgili analiz sonuçları, havza geometrisi hakkında bilgi vermektedir. Hidrolog ve jeomorfoloğlar, havza çevresinin uzunluğunu ölçerek bir havzanın biçimi ve özellikleri hakkında yorum ve değerlendirme yapabilmektedir. Havza çevresini analiz etmek, drenaj ağının bağlantısı, havza içindeki suyun akış yolu ve yüzey akışı potansiyeli gibi faktörlerin değerlendirilmesine yardımcı olabilmektedir. Ek olarak, havza çevresinin şekli ve boyutu, yağış-akış tepkisi ve sediman taşınması gibi çeşitli hidrolojik süreçleri etkileyebilir (Shekar ve Mathew, 2024). Doğu Karadeniz Bölümü'nde analiz edilen havzaların çevresi 37.11-384.97 km arasında değişmektedir. Bu açıdan minimum çevre uzunluğu Çam Deresi Havzası'nda, maksimum çevre uzunluğu Doğan kent (Harşit) Çayı Havzası'nda ölçülmüştür. Havza çevresi, havzaların dairesel olmaktan ziyade uzun olduğunu göstermektedir (Tablo 15).

3.2.3. Havza Uzunluğu (Lb)

Uzunluk, bir drenaj havzasının boyutunu karakterize etmede önemli bir parametredir (Zăvoianu, 1985a). Havza uzunluğu, havza şekli, uzama oranı, rölyef oranı ve akım toplanma zamanı üzerinde etkili olmaktadır. Doğu Karadeniz Bölümü'nde analiz edilen havzaların, havza uzunluğu 8.65-113.12 km arasında değişmektedir. Minimum değer Çam Deresi Havzası'nda, maksimum değer Doğan kent (Harşit) Çayı Havzası'nda ölçülmüştür. Bu analiz sonucuna göre de Çam Deresi ve Doğan kent (Harşit) Çayı havzaları dikkat çekmektedir. Ana akarsuya paralel olarak ölçülen havza uzunluğu (Schumm, 1956) arttıkça, havzanın yukarı bölümlerine düşen suyun ağız kısmına ulaşması daha uzun sürede olacaktır (Tablo 15).

3.2.4. Havza Genişliği (Bw)

Havza genişliği geometrik olarak havza şekillerini belirlemede kullanılmaktadır. Havzaların oval, daire ya da yuvarlak olmaları havza genişlikleri ile ilgilidir. Havza şekilleri de taşkın tiplerini etkilemektedir. Taşkınların kısa ya da uzun süreli olmaları havza şekilleri ile doğrudan ilişkilidir. Analiz edilen akarsu havzalarında havza genişliği 5.045-29.25 km arasında değişmektedir. Minimum havza genişliği Yanbolu Çayı Havzası'nda, maksimum havza genişliği Doğan kent (Harşit) Çayı Havzası'nda ölçülmüştür (Tablo 15).

3.2.5. Drenaj Yoğunluğu (Dd)

Marn ve kil gibi geçirgenliği düşük kayalarda drenaj yoğunluğu yüksek, çatlaklı kireçtaşı, kum ve çakıllarda drenaj yoğunluğu düşüktür. Drenaj yoğunluğu yüksekse sel taşkın riski de artmaktadır (Atalay, 2016). Drenaj yoğunluğu (Dd) toplam akarsu/vadi uzunluğunun (L_u , km) havza alanına (A , km^2) bölünmesiyle bulunur (Horton, 1932;1945). Bu çalışmada drenaj yoğunluğu Formül 17 ile bulunmuştur.

$$D_d = (L_u) / A \quad (17)$$

Analiz sonuçlarına göre drenaj yoğunluğu değerleri 0.50-0.57 km/km^2 arasında değişmektedir. Minimum drenaj yoğunluğu Fırtına Çayı Havzası'nda, maksimum drenaj yoğunluğu ise Taşlı Dere Havzası'nda ölçülmüştür. Havzalarda genel olarak drenaj yoğunluğu değerleri düşüktür. Chandrashekar vd. (2015) tarafından önerilen sınıflandırmada drenaj yoğunluğu-tekstür ilişkisi sayısal olarak ifade edilmektedir. Bu sınıflandırmaya göre tekstür $D_d < 2$ çok kaba, $D_d = 2-4$ kaba, $D_d = 4-6$ orta, $D_d = 6-8$ iyi, $D_d > 8$ çok iyi şeklindedir. Literatürde önerilen bir diğer sınıflandırmaya göre drenaj yoğunluğu < 1.24 olduğunda kaba tekstür özellikleri görülmektedir (Shekar ve Mathew, 2024, Tablo 15, 16).

Tablo 16. Drenaj Yoğunluğu İçin Önerilen Sınıflandırma (Shekar ve Mathew, 2024).

Drenaj yoğunluğu	Tekstür
> 4.97	Çok iyi
3.73-4.97	İyi
2.49-3.73	Orta
1.24-2.49	Kaba
< 1.24	Çok kaba

Drenaj yoğunluğu iklim, kayaç türü, rölyef, sızma kapasitesi, bitki örtüsü, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey akış yoğunluğu ile ilişkilidir. Bunlardan yalnızca yüzey pürüzlülüğünün drenaj yoğunluğu ile anlamlı bir ilişkisi yoktur (Vittala vd., 2004). Chandrashekar vd. (2015) ile Shekar ve Mathew (2024) tarafından önerilen her iki sınıflandırmada da çalışma alanında kaba tekstür özellikleri görülmektedir. Düşük drenaj yoğunluğu kaba drenaj tekstürü, yüksek drenaj yoğunluğu ise ince tekstür ile ilişkilidir (Vittala vd., 2004).

3.2.6. Akarsu Sıklığı (Fs)

Akarsu sıklığı, Formül 18 kullanılarak toplam dizin sayısının (Nu) havza alanına (A) bölünmesiyle bulunmaktadır (Horton, 1932).

$$F_s = (\sum Nu) / A \quad (18)$$

Analiz edilen akarsu havzalarında, akarsu sıklığı değerleri 0.27-0.4005 arasında değişmektedir. Tahiroğlu Irmağı Havzası'nda akarsu sıklığı değeri en küçük, Manahoz Çayı Havzası'nda en büyüktür (Tablo 15). Önerilen sınıflandırmada akarsu sıklığı çok düşük 0-5, orta 5-10, orta derecede yüksek 10-15, yüksek 15-20, çok yüksek 20-25'dir (Shekar ve Mathew, 2024). Bu sınıflandırmaya göre çalışma alanında akarsu sıklığı değerleri düşüktür (Tablo 17).

Tablo 17. Akarsu sıklığı değerleri için önerilen sınıflandırma (Shekar ve Mathew, 2024).

Fs	Km ² 'de akarsu sayısı
Çok yüksek	20-25
Yüksek	15-20
Orta derece yüksek	10-15
Orta	5-10
Düşük	0-5

Daha yüksek bir akarsu sıklığı değeri daha fazla yüzey akışına, dirençli yeraltı malzemesine ve seyrek bitki örtüsüne karşılık gelir. Alçak rölyef ve dirençsiz drenaj havzası malzemesi daha düşük akış frekansı değerleriyle gösterilir (Obi Reddy vd, 2002; Shekar ve Mathew, 2024). Araştırma sahasında yoğun bitki örtüsüne bağlı olarak akarsu sıklığı değerleri düşüktür. Teorik olarak, aynı drenaj yoğunluğuna sahip havzaların akarsu sıklığının farklı olması ve aynı akarsu sıklığına havzaların drenaj yoğunluğunda farklılık olması mümkündür (Vittala vd., 2004). Çalışma alanında da sonuçlar benzerdir. Drenaj yoğunluğu ile akarsu sıklığı değerlerinin minimum ve maksimum olduğu havzalar farklıdır.

3.2.7. Çatallanma Oranı (Rb)

Çatallanma oranı, belirli dizinin (Nu) bir sonraki dizine oranı olarak tanımlanmaktadır (Schumm 1956; Tola ve Shetty, 2022). İncelenen alandaki akarsuların çatallanma oranı Formül 19'la bulunmuştur.

$$R_b = N_u / N_u + 1 \quad (\text{Strahler, 1964}) \quad (19)$$

Analiz edilen akarsu havzalarının çatallanma oranı değerleri 1.90-1.99 arasında değişmektedir. Minimum değer Çam Deresi Havzası'nda, maksimum değer ise Doğan kent (Harşit) Çayı, Değirmendere Çayı, Karadere Çayı, Solaklı Çayı ve Fırtına Çayı havzalarında ölçülmüştür. Uzun havzalarda Rb değeri düşük, dairesel havzalarda Rb değeri yüksektir (Dursun ve Babalık, 2023). Çalışma alanında çatallanma oranı değerleri düşüktür. Bu durum havzaların uzunlamasına şekilleri ile uyumludur (Tablo 15).

3.2.8. Havza Rölyefi (Bh)

Bh, maksimum havza yükseltisi (H) ile minimum havza yükseltisi (h) arasındaki farktan Formül 20 ile bulunmaktadır. Havza rölyefi erozyon ve yüzeysel akış miktarı ve hızı üzerinde etkili olan bir parametredir (Schumm, 1956).

$$Bh = H - h \quad (\text{Schumm, 1956}) \quad (20)$$

Havza rölyefi, arazinin toprak erozyonuna karşı duyarlılığını doğrudan etkiler. Daha yüksek rölyef değerleri, toprak erozyonu olasılığını artıracak daha dik eğimlerle sonuçlanan yükseklikteki daha büyük değişiklikleri gösterir. Daha düşük rölyef değerleri, daha yumuşak eğimleri ve potansiyel olarak erozyona karşı duyarlılığın azalmasına yol açan yükseklikteki daha kademeli değişiklikleri ifade etmektedir (Shekar ve Mathew, 2024). Havza rölyefi değerleri çalışma alanı genelinde oldukça yüksektir. En düşük değer 1438 m ile Çam Deresi Havzası'nda, maksimum değer 3913 m ile Fırtına Çayı Havzası'nda ölçülmüştür. Fırtına Çayı çalışma alanının en yüksek topografyasını oluşturan sahalardan sularını toplamaktadır. Tüm havzalarda havza rölyefi değeri yüksektir. Çalışma alanında alçak alanlar ile yüksek dağlık kuşak arasında, kısa mesafelerde belirgin bir yükselti farkı bulunmaktadır. Bu durum havza rölyefi değerlerinin yüksek çıkmasına ve sel-taşkın riskinin artırmasına neden olmaktadır (Tablo 15).

3.2.9. Form Faktör (Ff)

Drenaj havzaların şeklini matematiksel olarak ortaya koyan indislerden biri de form faktördür. Böylece havzaların oval, kare, dikdörtgen, uzunlamasına ya da daire şeklinde olduğu matematiksel olarak tanımlanabilmektedir (Zăvoianu, 1985b). Form faktörü 21. formül ile bulunmaktadır. Formülde A havza alanı, Lb ise maksimum havza uzunluğudur.

$$F_f = \left(A / L_b^2 \right) \quad (\text{Horton, 1932}) \quad (21)$$

Form faktörü sınıflandırması için aralık değerleri yuvarlak (1) ve uzun (0 veya düşük değer) şeklindedir (Chandrashekar vd., 2015; Shekar ve Mathew,

2024). Dairesel bir havza, uzun bir havzadan daha kısa bir süre yüksek tepe akışlarına sahiptir, uzun bir havza ise daha uzun bir süre düşük tepe akışlarına sahiptir (Shekar ve Mathew, 2024). Analiz edilen havzaların form değerleri 0.09-0.83 arasında değişmektedir. Minimum form değeri Yanbolu Çayı Havzası'nda, maksimum form değeri Çam Deresi Havzası'nda ölçülmüştür. Dağlık bir bölgeden tepelik veya plato bölgelerine inen akarsular, kaynakları son iki rölyef biriminde bulunanlara kıyasla genellikle daha uzun havzalara sahiptir (Zăvoianu, 1985b). Çalışma alanındaki havzalar da bu durumla uyum göstermektedir. Sonuçlara göre alt havzalar daha çok uzunlamasına bir geometriye sahiptir. Bu sonuçlara göre dairesel bir şekle sahip olduğundan sel-taşkın riski en yüksek olan havza, Çam Deresi Havzası'dır (Tablo 15).

3.2.10. Uzama Oranı (R_e)

R_e , havza geometrisi için kullanılan indislerden biri olup, havzaların uzun, oval ya da daire şeklinde olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır. Uzama oranı, Formül 22 ile drenaj havzasının çapına eşdeğer bir alana (A) sahip bir dairenin çapının, havzanın maksimum uzunluğuna (L_b) bölünmesiyle elde edilmektedir (Schumm, 1956; Krishnan ve Arjun, 2024)

$$R_e = (2(A / \pi)^{0.5}) / L_b \quad (\text{Schumm, 1956}) \quad (22)$$

Çalışma alanında uzama oranı değerleri, 0.34-1 arasında değişmekte olup Yanbolu Çayı Havzası'nın uzama oranı en küçük, Çam Deresi Havzası'nın uzama oranı en büyüktür. Pareta ve Pareta (2011), uzama oranı değeri ile havza geometrik şekli arasındaki ilişki için bir sınıflandırma önermiştir. Bu sınıflandırma esas alındığında, Hopa Çayı Havzası oval, Çam Deresi Havzası dairesel, diğer havzalar ise uzunlamasına bir şekle sahiptir. Dairesel havzalarda su daha kısa süreler içerisinde ana akarsuda toplanacağından Çam Deresi Havzası'nda sel-taşkın riski çok yüksektir (Tablo 15, 18).

Tablo 18. Uzama Oranı Değerleri İçin Önerilen Sınıflandırma (Pareta ve Pareta, 2011; akt. Shekar ve Mathew, 2024).

Havza	Uzama oranı
Daha uzun	<0.5
Uzun	0.5-0.7
Daha az uzamış	0.7-0.8
Oval	0.8-0.9
Dairesel	0.9-1

3.2.11. Engebelilik Değeri (Rn)

Engebelilik değeri, genellikle yüzeydeki pürüzlülük veya düzensizliğe göre ölçülmektedir (Jeet vd., 2024). Rn, drenaj yoğunluğu ile havza rölyefinin çarpımıyla Formül 23 ile elde edilmektedir. Engebelilik değeri arttıkça sel-taşkın riski artmaktadır. Çünkü engebelilik değeri arttıkça yüzeysel akışın miktarı ve hızı ile erozyon artmaktadır.

$$R_n = D_d \times B_h \quad (\text{Melton, 1957}) \quad (23)$$

Eğimler uzun ve dik olduğunda engebelilik değerleri daha yüksektir (Shekar ve Mathew, 2024). Araştırma sahasında engebelilik değeri 0.81 (Çam Deresi Havzası)-1.96 (Fırtına Çayı Havzası) değişmektedir. Çam Deresi Havzası dışında tüm havzalarda engebelilik değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu parametre açısından analiz edilen bütün havzalarda sel-taşkın riskinin yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 15).

3.2.12. Akım Toplanma Zamanı (Tc)

Akım toplanma zamanı Kerby yöntemi (URL 7) ile Formül 24 kullanılarak bulunmuştur.

$$T_c = K (L \times N)^{0.467} S^{-0.235} \quad (24)$$

Formülde Tc dakika cinsinden yüzey akışı, K sabit katsayı L akarsuyun uzunluğu, N, boyutsal olmayan bir gecikme katsayısı, S ise eğimdir (URL 7). Kerby formülüne göre havzalarda akım toplanma zamanı 1.30-3.82 saat arasında değişmektedir. Akım toplanma zamanı Tahiroğlu Irmağı Havzası'nda en kısa, Doğankent (Harşit) Çayı Havzası'nda en uzundur. Genel olarak drenaj alanlarında akım toplanma süreleri oldukça kısadır. Bu durum sel-taşkın riskinin yüksek olduğunu göstermektedir (Tablo 15).

3.2.13. Hipsometrik İntegral (Hi)

Alan-yükselti analizi olarak da bilinen hipsometrik analiz, jeomorfolojik gelişiminin çeşitli evrelerini (genç evreden yaşlılık evresine kadar) belirlemek için kullanılmaktadır (Zumara ve Nasher, 2024). SRTM (30 m) gibi daha yüksek çözünürlüklü SYM'ler, özellikle erozyon oranlarını, tortu taşınımını ve jeomorfik sınıflandırmayı etkileyen ince değişimleri yakalamada, arazi özelliklerinin daha doğru temsillerini sağlamaktadır (Roy vd., 2025). Bu çalışmada Hi 27.5*27.5 m çözünürlüklü SYM kullanılarak Formül 25 ile hesaplanmıştır. Formülde \bar{H} ortalama yükselti, H_{\min} minimum yükselti, H_{\max} maksimum yükseltidir.

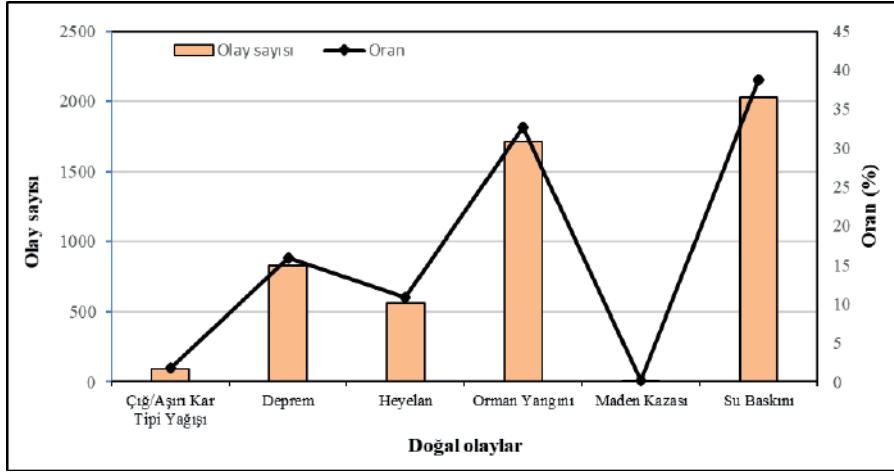
$$Hi = \frac{\bar{H} - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}} \text{ Strahler, 1952} \quad (25)$$

Seçilen havzalarda Hi değerleri 0.20-0.57 arasında değişmektedir. Minimum Hi değeri Hopa Çayı Havzası'nda, maksimum Hi değeri Karadere Çayı Havzası'nda ölçülmüştür. Strahler (1954), hipsometrik integral (HI) değerlerine göre havzaları jeomorfolojik olarak üç sınıfta değerlendirmiştir: Monadnock veya eski havzalarda Hi 0.3'ten küçüktür. Bu durumda su toplama alanı tamamen stabilize olmuştur; olgun havzalarda Hi 0.3-0.6 arasında değişirken, genç havzalarda Hi 0.6'dan büyüktür). Genç su toplama havzaları erozyona karşı oldukça hassastır (Sharma vd., 2018; akt., Shekar ve Mathew., 2022). Bu sınıflandırmaya göre Hopa Çayı Havzası dışında kalan tüm havzalar olgun havzadır. Hopa Çayı Havzası ise yaşlı havza sınıfında yer almaktadır (Tablo 15).

4. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Zamansal ve Mekansal Analizi

4.1. Türkiye'de ve Doğu Karadeniz Bölümü'nde Doğal Afetlerin Dağılımı

Türkiye'de 1950-2019 yılları arasında en fazla meydana gelen doğal afetler deprem, heyelan/kaya düşmesi, sel-taşkınlar ve çığ şeklinde sıralanmıştır (AFAD, 2020). 2010-2021 yılları arasında Türkiye'yi etkileyen meteorolojik karakterli doğa kaynaklı afetler içinde; fırtına (% 32.0) ve şiddetli yağış/sel (% 30.0) ilk iki sıradadır. Dolu afeti (% 17.2) ise 3.sırada yer almaktadır. Şiddetli yağış/sel ve dolu afetlerinin haziran ayında daha fazla meydana geldiği bildirilmiştir (Doğan vd., 2022). 2023 yılında meydana gelen doğal afetler içerisinde ise 1.sırada sel ve taşkınlar yer almaktadır. Sel ve taşkınları orman yangınları, depremler, heyelanlar ve çığlar takip etmektedir (AFAD, 2024; Şekil 43).



Şekil 43. Türkiye'de 2023 yılında meydana gelen doğa kaynaklı olayların dağılım grafiği (AFAD, 2024).

Türkiye'de sel ve taşkınların neden olduğu zararların her yıl 100 milyon USD olduğu bilinmektedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003; akt. Erkal ve Taş, 2020). Akgül vd. (2022), AYDES (2021) veri tabanında yer alan ve 1950-2020 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen doğal afetleri değerlendirdikleri çalışmada; sel-taşkınlar açısından en yüksek risk kategorisindeki il sayısı bakımından Karadeniz Bölgesi'nin ilk sırada yer aldığını ve bölgede en düşük risk kategorisinde yer alan ilin bulunmadığını belirtmiştir. Ayrıca Türkiye genelinde en fazla ilin en yüksek risk kategorisinde toplandığı afet türünün sel olduğu belirlenmiştir. Son olarak, sel-taşkın, heyelan, kaya düşmesi ve çığ olayları birlikte değerlendirildiğinde, Karadeniz Bölgesi'nin en yüksek risk kategorisinde yer alan tek coğrafi bölge olduğu ortaya konulmuştur (Akgül vd., 2022). AFAD (2020)'ye göre Türkiye'de batıdan doğuya ve güneyden kuzeye gidildikçe sel-taşkın olayları artış göstermektedir. Kuzeye gidildikçe sel-taşkın olaylarının artış göstermesi Karadeniz Bölgesi'nde sel-taşkınların fazla görülmesi ile ilişkilidir. Karadeniz Bölgesi'nde sel-taşkın olaylarının en fazla meydana geldiği iller Trabzon ve Giresun'dur (AFAD 2018, 2020).

4.2. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Zamansal Dağılımı

Türkiye'de 2001-2009 yılları arasında 25 havzada 383 akarsuda meydana gelen 453 taşkın olayının 90'nı Doğu Karadeniz'de (69 akarsuda) gerçekleşmiştir (Kasalak vd., 2010; akt. Erkal ve Taş, 2020). Son yüzyılda, Doğu Karadeniz'de yer alan illerde heyelan ve taşkınlarla bağlı 90 yılda (1929-

2019) 644 kişi hayatını kaybetmiştir (URL 8; akt., Işık vd., 2020). DSİ kayıtlarına göre Doğu Karadeniz’de en ölümcül sel-taşkın olayı 20 Haziran 1990 yılında meydana gelmiştir. Trabzon, Gümüşhane ve Giresun illerini etkileyen sel-taşkında 57 kişi hayatını kaybetmiştir. Bölüm genelini etkileyen taşkınlarda trilyonlarca lira maddi kayıp meydana gelmiştir (Erkek, 1995). Bu taşkınların nedeni olarak afetin yaşandığı merkezlerin çoğunda görülen günlük maksimum yağışlar gösterilmiştir. Taşkınların meydana geldiği iç kesimlerde yağışların tekerrür süresinin 50-100 yıl olduğu, bu yağışların yol açtığı taşkınların yinelenme aralığının ise 100 yılın üzerinde olduğu bildirilmiştir (Bilgin, 1991; Gürgen, 2004). Taşkından 5 gün önce havzada 50-60 mm yağış düşmüştür. Taşkın gününde Gümüşhane’de 51.7 mm yağış düşmüş, bu yağış istasyonun 57 yıllık rasat süresinde en büyük 3. değer olup, 25 yıllık yağış büyüklüğünde olduğu belirtilmiştir (Kulga, 1990). Doğu Karadeniz’de 19 Temmuz 1983 yılında Rize, Pazar ve Fındıklı’da meydana gelen taşkında ise 27 kişi hayatını kaybetmiştir (Tablo 19).

Son dönemde Türkiye’de özellikle Karadeniz Bölgesi’nde hemen her yıl can ve mal kaybına yol açan sel-taşkınlar meydana gelmektedir. 2015 yılında Hopa-Artvin’de yaşanan sel-taşkın ve heyelanlarda 8 kişi hayatını kaybetmiştir (Ulupınar vd., 2015). 2015 Hopa taşkınında etkilenen kişi sayısı 3294, toplam zarar 120 milyon TL’nin üzerindedir. Sel zararlarının en fazla olduğu lokasyon olan Sundura Mahallesi’nin imara açılması, dere yataklarında yapılaşmalar, HES’ler (hidroelektrik santraller), Karadeniz Sahil Yolu Projesinde çevresel etki değerlendirmelerinin dikkate alınmaması, dere en kesitlerinin daraltılması afet boyutlarının büyümesine yol açmıştır (Yılmaz ve Usta, 2019). Hopa’da sel-taşkın oluşumunda meteorolojik şartlar değerlendirildiğinde; Yüksek vd. (2021)’e göre 24 Ağustos 2015 tarihinde meydana gelen taşkında Hopa’da 12 saat içerisinde düşen yağış 250 mm’dir. Taşkına yol açan yağışın tekerrür süresinin 500-700 yıl, akarsularda oluşan maksimum akımların tekerrür süresinin de yaklaşık olarak 400-500 yıl olması nedeniyle bu olayın ekstrem olduğu belirtilmiştir (Yüksek vd., 2021). Yağışla birlikte bahsedilen beşerî etkiler afetin yaşanmasına neden olmuştur (Foto 2).

Tablo 19. Doğu Karadeniz Bölümü'nde 1959-2020 yılları arasında meydana gelen önemli taşkınlar (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) verilerinden yararlanılmıştır)

Tarih	Meydana Geldiği Yer	Akarsu	Can kaybı
19-20.05.1959	Trabzon, Rize, Giresun (Tirebolu, Görele, Trabzon-Rize çevresi)	Aksu, Yağlıdere. Gelevera, Doğan kent (Harşit) Çayı, Görele, Eynesil, Keşap, Fol, İskefiye, Kirazlı, Değirmendere.	13
25.08.1959	Ordu, Giresun Ünye, Fatsa, Keşap	Köprübaşı, Lahana, Ceviz, Curi, Akçay, Elekçi, Bolaman, Ilıca, Keşap D.	-
31.12.1962	Rize (Pazarköy Mah.)	Gönen Ç., Pazarköy D.	-
02.01.1963	Trabzon (Oksu köyü)	Kuru Dere	3
8.6.1963	Gümüşhane (Posus Köyü)	Çoruh suyu	-
11.6.1963	Gümüşhane civarı	Doğan kent (Harşit) Ç.	-
21.09.1963	Trabzon Akçaabat	Çarşı, Hamam, Pulathane D.	2
03-04.06.1964	Gümüşhane Şiran	Şiran Ç.	-
25.6.1965	Giresun, Trabzon (Dereli, Camıyanı, Espiye, Vakfikebir)	Aksu, Yağlıdere Gelevera D.	2
5.7.1966	Ordu, Giresun (Ordu, Fatsa, Bulancak)	Melet, Civi, Bolaman, Ilıca, Pazarsuyu, İncivez, Bulancak D.	2
04.07.1967	Bayburt, Sarımeşe, Sorkumlu, Pınargözü, İkiz köyü Gümüşhane	Aşhasan, Sorkunlu, Menge, İpselç D.	-
27.07.1967	Trabzon Vakfikebir	Kirazcık, Fol, Çamlık, Kurbağlı, Akhisar D.	-
06.08.1967	Trabzon Araklı, Sürmene, Of	Küçükdere, Manahas, Saklı D.	-
2.9.1967	Gümüşhane (Köyleri)	Doğan kent (Harşit), Alıçlı Ç.	-
9.4.1968	Gümüşhane civarı	Doğan kent (Harşit) Ç.	-
15-20.04.1968	Bayburt civarı	Çoruh Nehri	-
7.7.1973	Rize (Kalkandere, Çaylı, Yanıkdağ)	İyidere, Şairler, Aşıklar D.	7
14.7.1973	Rize, Gümüşhane (Kalkandere, Güneysu, Bayburt sığırcı köyü)	İyidere, Taşlıdere, Masat D.	7
01.06.1974	Rize Fındıklı	Arılı D.	-
28.07.1974	Giresun Eynesil	Oğuz, Gizgine D.	-
19.08.1974	Gümüşhane Pelivantaş, Akpınar, Geçit, Kele K.	Biyalı D., Doğan kent (Harşit) Ç.	6
30.07.1977	Rize, Trabzon Fındıklı, Ardeşen, Pazar, Çaylı, Rize, İyidere, Tonya	Arılı, Gere Hemşin. Büyükdere, Taşlıdere, İyidere, Fol D.	6
19.07.1983	Rize Pazar, Fındıklı	Hemşin, Sümer D.	27
21.07.1988	Rize Ardeşen, Pazar, Çaylı	Ardeşen, Hemşin, Aşıklar D.	3

Tarih	Meydana Geldiği Yer	Akarsu	Can kaybı
27.4.1990	Trabzon, Gümüşhane, Artvin (Maçka, Trabzon, Çaykara, Araklı, Torul, Yusufeli, Artvin, Ardahan, Şavşat)	Değirmendere, Solaklı D., Karadere, Doğan kent (Harşit) Ç. Çoruh N., Bulanık dere, Berta suyu	
20.6.1990	Trabzon, Gümüşhane, Giresun (Trabzon, Maçka, Akçaabat, Çarşıbaşı, Vakfikebir, Tonya, Şalpazarı, Doğan kent, Tirebolu, Yağlıdere, Espiye, Keşap, Giresun, Gümüşhane, Torul, Of, Balaban)	Değirmendere, Akçakale D., İskefiye D., Fol D., Doğan kent (Harşit) Ç., Baltacı D., Yağlıdere, Gelevera D., Keşap D.,	57
31.7.1992	Giresun	Gelevera D.	-
27.06.1994	Giresun Yağlıdere	Yağlıdere	
08.08.1994	Ordu Perşembe	Efirli D.	
6.7.1995	Trabzon, Rize (Çaykara, Dernekpazarı, Of, Güneysu)	Solaklı D., Potamya D.	4
31.7.1995	Rize (Güneysu, Ardeşan, Pazar, Çayeli)	Taşlıdere, Işıklı D., Hemşin D., Melyat-I, Aşıklar D.	5
31.08.1995	Rize Çayeli	Büyükdere, Şairler D.	2
23/7/2002	Rize Çayeli	Çayeli Deresi (Taşkın ve Heyelan)	27
2/8/2005	Trabzon-Sürmene	-	3
3/10/2005	Rize Merkez	Gündoğdu Deresi	6
7/11/2005	Trabzon-Of-Çaykara	Solaklı Deresi	1
7/11/2005	Trabzon-Of-Çaykara	Karadere	1
2/7/2006	Giresun-Keşap	Keşap Deresi	2
21/7/2009	Giresun-Bulancak	Karadere	1
22/7/2009	Artvin-Şavşat	-	5
16/6/2010	Giresun-Dereli	Güdümlü Deresi	1
14/07/2010	Trabzon-Löprübaşı	Manahoz Deresi	-
26/8/2010	Rize Merkez	Gündoğdu Deresi	11
22/7/2011	Giresun-Keşap		1
22/7/2011	Giresun-Bulancak	Domuz Deresi	-
24/9/2011	Rize-Merkez Çaykent	Yan dereler	1
23/09/2012	Rize-Fındıklı	Arılı Dere	-
24/08/2015	Hopa	Hopa Çayı	8 ³
21/09/2016	Trabzon-Beşikdüzü	Takazlı D. Dümen D.	3 ⁴
2016	Trabzon-Şalpazarı-Doğancı	-	1 ⁵
18/06/2019	Trabzon-Araklı	Karadere Ç.	9 ⁶
22/08/2020	Giresun-Dereli	Dereli D.	11 ⁷

3 Yılmaz ve Usta (2019)'den alınmıştır.

4 Erol ve Topsakal (2024)'den alınmıştır.

5 Erol ve Topsakal (2024)'den alınmıştır.

6 Avcı vd., (2023)'den alınmıştır.

7 Kömüşcü vd. (2021)'den alınmıştır.



Foto 2. Hopa, Doğu Karadeniz'de sel-taşkınların sık yaşandığı yerleşmelerden biridir.

18 Haziran 2019 Araklı-Çamlıktepe'de meydana gelen sel ve taşkın, son yıllarda en yıkıcı sel-taşkın olaylarına örnek verilebilir. Araklı-Çamlıktepe sel-taşkınında 9 kişi hayatını kaybetmiştir (Avcı vd., 2023). Meteorolojik koşullarla birlikte yanlış arazi kullanımı, doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesi sel-taşkına yol açmıştır. Araklı ilçesinde meteoroloji istasyonu bulunmadığından en yakın istasyon olan ve Araklı ile benzer meteorolojik şartların yaşandığı Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu'na 18 Haziran 2019 tarihinde düşen yağış miktarı 55 mm olup, bu yağış haziran ayı toplamının (122.6 mm) yarısına yakındır. Aynı tarihte Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'na 69 mm yağış düşmüş olup, bu yağış haziran ayı yağışlarının (111.2 mm) yarısından fazlasına karşılık gelmektedir (MGM, 2024). Trabzon ve Araklı'ya göre 600 m'nin üzerinde bir yükseltiye sahip olması Çamlıktepe Mahallesiinde yağışın daha fazla olmasına ve sel-taşkına yol açmıştır. Günlük yağışların fazla olmasına beşerî etkiler eklenince afet meydana gelmiştir. Arazi çalışmalarında yapıların dere yatağına oldukça yakın bir şekilde konumlandıkları görülmüştür. Bununla birlikte Yüksek vd. (2021) sel-taşkının nedenini heyelanla harekete geçen malzemesinin dere yatağına taşınması olarak belirtmiştir (Foto 3).



Foto 3. Araklı-Çamlıktepe mahallesinde 2019 yılında meydana gelen sel-taşkımlarda dere yatağı enkaz malzeme ile dolmuştur.

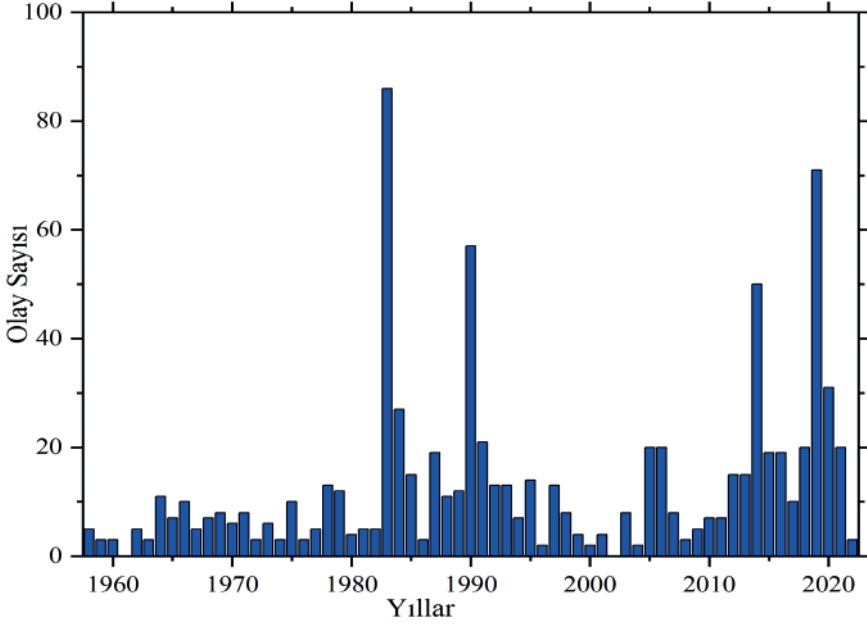
Dereli-Giresun'da 22 Ağustos 2020 tarihinde meydana gelen taşkında 11 kişi hayatını kaybetmiş, 4 kişi sel sularına kapılarak kaybolmuştur (Kömüşcü vd., 2021). Bu taşkın Apaydın (2021) tarafından antropojenik faaliyetlerle ilişkilendirilmiş ve Dereli Deresi vadisinin yerleşime açılması ve daraltılması, köprü açıklıklarının dar tutulması bu afetin nedeni olarak belirtilmiştir. Köprülerin tıkanması ve eğim koşulları nedeniyle Aksu'ya sediman taşınımının yavaşlaması taşkınını nedeni olarak gösterilmiştir (Apaydın, 2021). Bu taşkında 24 saatlik toplam yağış, Giresun ve çevresinde; Giresun-Yağlıdere-Sınırköy, Giresun-Çanakçı ve Rize-Güneysu'da maksimum değerine ulaşmıştır. Giresun-Yağlıdere-Sınırköy'de ölçülen 24 saatlik yağış miktarı 137.6 mm ile bölgedeki en yüksek miktara karşılık gelmektedir. 48 yıl tekerrür süresine sahip yağışın 133 mm'si 8 saatlik bir sürede düşmüştür (Kömüşcü vd., 2021, Foto 4).



Foto 4. Giresun-Dereli'de 22 Ağustos 2020 tarihinde meydana gelen sel-taşkımda dere yatakları tıkanmış ve 11 kişi hayatını kaybetmiştir (URL 9).

4.3. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Analizi

1955-2022 (Nisan ayı) yılları arasında Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen sel-taşkın sayısı 836'dır. Sel-taşkın olay sayısı açısından 1983 yılı başta gelmektedir. Bu yılda meydana gelen sel ve taşkınların sayısı 86'dır. Olay sayısı açısından 1983 yılını 2019 yılı takip etmektedir. 2019 yılında kayıtlara geçen sel-taşkın sayısı 71'dir. Olay sayısı açısından 2014 (50) ve 1990 (57) yılları, 1983 ve 2019 yıllarını takip etmektedir. 1961, 2002 yıllarında kayıtlara geçen sel ve taşkın olayı bulunmamaktadır. 1955-2022 yılları arasında sel-taşkın olaylarının yıllık ortalaması 12.83'dür. 1958-1989 arası dönemde sel-taşkınların ortalaması 10.09 iken, 1990-2021 yılları arasında ortalama 16'ya yükselmiştir. Bu sonuçlar sel-taşkın olay sayısında son 32 yılda yaklaşık % 60'a yakın bir artış meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 44).



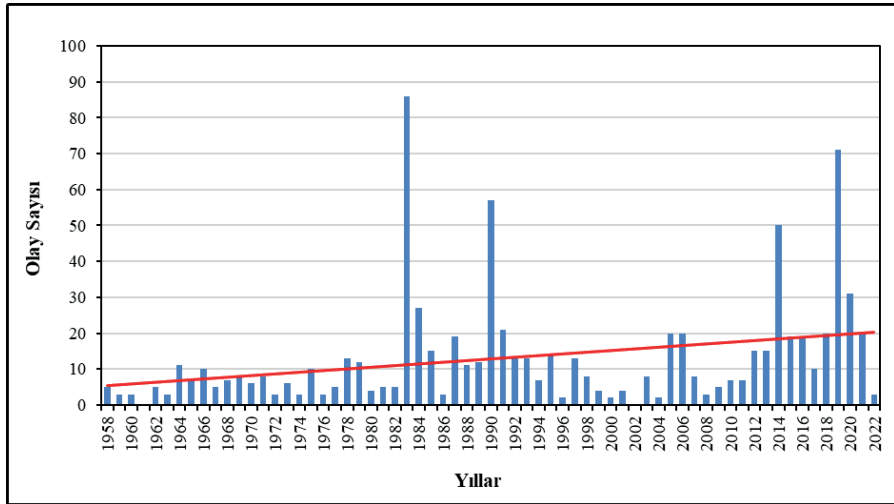
Şekil 44. Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen sel-taşkınların yıllara göre dağılım grafiği (AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Mann-Kendall trend analizine göre Doğu Karadeniz Bölümü'nde 1958-2022 (Nisan) yılları arasında sel ve taşkınların sayısında artan yönde istatistiksel açıdan anlamlı eğilim saptanmıştır. Mann-Kendall yönteminde elde edilen sonuçlara göre p değeri 0.02'dir. Yöntemde p değerinin 0.05'in altında olduğu durumlarda istatistiksel açıdan anlamlı eğilimlerin bulunduğu kabul edilmektedir (XLSTAT, 2024). Güven seviyesi % 95 olan trend testinin eğilim çizgisi pozitif yönde bir trendin varlığını göstermektedir. Sen's slope yöntemine göre β değeri 0 olduğunda bir eğilimin olmadığı, 0'ın üzerindeki sonuçlar pozitif yönlü bir eğilimin, 0'ın altındaki sonuçlar ise negatif yönde bir eğilimin bulunduğu kabul edilmektedir. Sonuç değeri 1'e yaklaştıkça pozitif yönlü güçlü ilişki -1'e yaklaştıkça negatif yönlü güçlü ilişkinin varlığı kabul edilmektedir (Fidan ve Görüm, 2020). Önem seviyesi (Alfa:0,05) % 95 olarak belirlenen Sen's slope yönteminde sonuç 0.161 olarak saptanmıştır. Bu sonuçlar, pozitif yönlü eğilimlerin bulunduğunu, ancak bu eğilimlerin kuvvetli olmadığını göstermektedir. Sperman Rho testinde önem değeri 0.05'den küçük olduğunda saptanan eğilimler anlamlı kabul edilmektedir. Bu yöntemde göre korelasyon katsayısı değeri 1'e yaklaştıkça değişkenler arasında ilişkinin güçlü olduğu, 0'a yaklaştıkça bu ilişkinin zayıfladığı kabul edilmektedir (Ural ve Kılıç, 2013; Kıranlı Güngör

ve İlişen, 2018). Spearman Rho testine Doğu Karadeniz Bölümü'nde 1958-2022 yılları arasında sel ve taşkınlarda istatistiksel açıdan anlamlı pozitif yönlü bir eğilim bulunmaktadır. Ancak sel-taşkınlarla yıllar arasındaki ilişki çok güçlü olmayıp, orta düzeydedir (Ural ve Kılıç, 2013; Kıranlı Güngör ve İlişen, 2018; Tablo 20, Şekil 45).

Tablo 20. Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen sel-taşkınlara ait trend analizi sonuçları.

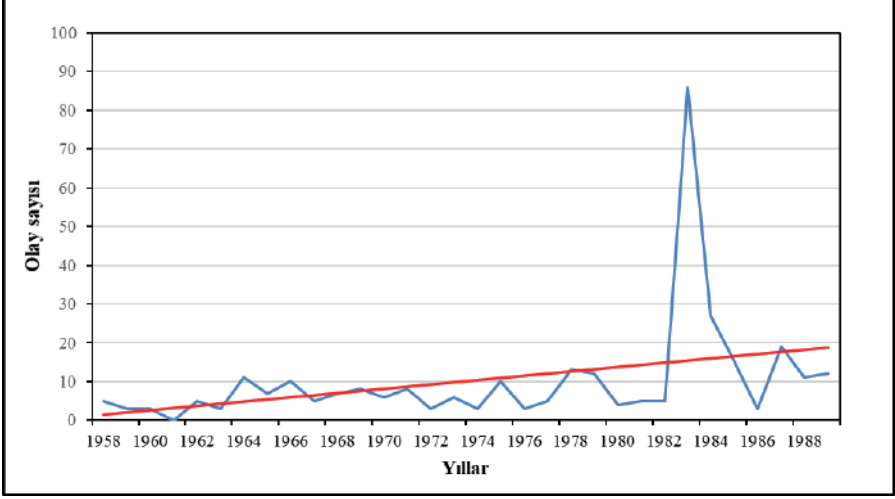
Dönemler	Mann-Kendall (Önem seviyesi)	P value	Sen's slope (β değeri)	Alfa (Önem seviyesi)	Spearman Rho Korelasyon katsayısı (p değeri)	Önem derecesi
1958-1989	0,05	0,01	0,286	0,05	0,487	0,005
1990-2021	0,05	0,019	0,471	0,05	0,312	0,082
1958-2022	0,05	0,02	0.161	0,05	0,372	0,02



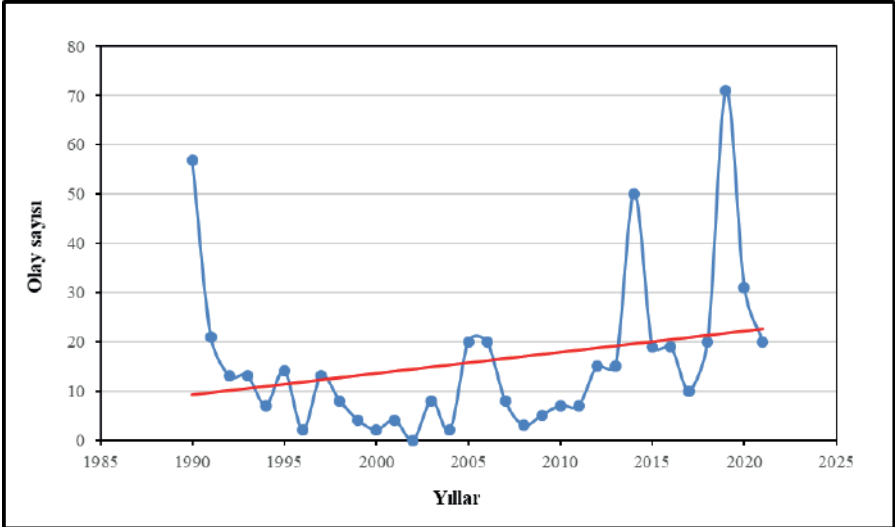
Şekil 45. 1958-2022 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen sel-taşkınların eğilim grafiği (AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Sel-taşkın olayları 2 döneme ayrılarak da trend analizine tabi tutulmuştur. Mann-Kendall yöntemine göre 1958-1989 yılları arasını kapsayan 1. dönemde sel-taşkın olaylarında pozitif yönlü ve istatistiksel açıdan anlamlı (önem seviyesi % 95) eğilim saptanmıştır. Bu dönemde Sen's slope yöntemine göre de artışlar bulunmaktadır (Şekil 46). 1990-2021 yılları arasını kapsayan 2. dönemde de anlamlı artışlar bulunmaktadır. Sen's slope

yöntemine göre bu dönemde artış eğilimi 1958-1989 dönemine göre daha kuvvetlidir. Spearman Rho testine göre 1958-1989 yılları arasında pozitif yönlü eğilimler bulunmaktadır. 1990-2021 yılları arasında sel-taşkınlar ile yıllar arasında korelasyon anlamlı değildir (Şekil 47).

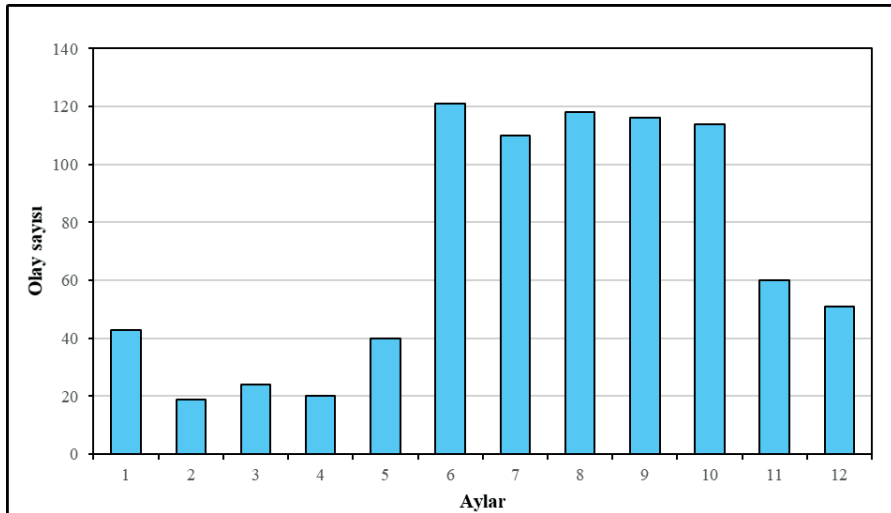


Şekil 46. Doğu Karadeniz Bölümü'nde 1958-1989 yılları arasında meydana gelen sel-taşkınların eğilim grafiği (AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).



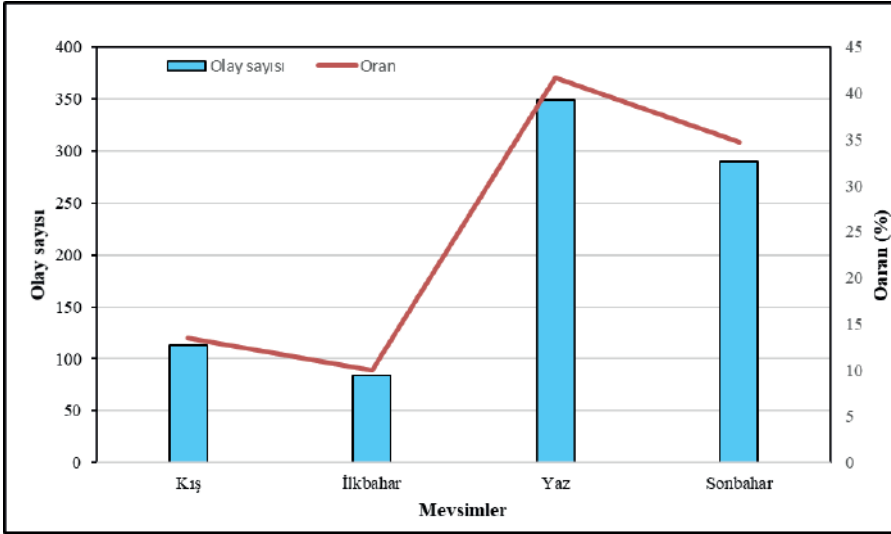
Şekil 47. Doğu Karadeniz Bölümü'nde 1990-2021 yılları arasında meydana gelen sel-taşkınların eğilim grafiği (AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Sel-taşkın olaylarının aylara dağılımı değerlendirildiğinde; 121 olayla haziran ayı başta gelmektedir. Ağustos ayı 118, eylül ayı 116 olayla haziranı takip etmektedir. Olay sayısının en az olduğu aylar, şubat (19), nisan (20) ve mart (24) aylarıdır (Şekil 48). Yaz aylarında sel-taşkınların sayıca artması yükselici hava hareketlerinin artmasının bir sonucudur. Bunun yanında kıyı gerisinde yer alan yüksek sahalara kış mevsiminde yağın karların erimesi de haziran ayında sel-taşkın sayısını artırmıştır. Sağanak yağış sırasında zeminde kar örtüsünün mevcudiyeti, örtünün erimesini hızlandıracağından sel taşkın riski artmaktadır (Hoşgören, 2004). Kar erimeleri hızlı meydana geldiğinde risk daha artmaktadır (Atalay, 2016). Ağustos ve eylül ayında sel-taşkınların sayıca artması sıcaklıkların yüksek olmasının bir sonucudur. Buna bağlı olarak artan yağışlar afet boyutunda sel-taşkınlarla yol açmaktadır. Son dönemlerde sel felaketlerinin meydana gelmesi ve frekansının artması; iklim değişikliği sonucunda yağış miktarının artması, tarım ve orman alanlarının tahrip edilmesi, altyapı yetersizlikleri, yerleşmelerin afetlere dirençsiz olması ve plansız yapılaşma ile ilişkilendirilmiştir (Özdemir ve Özkaynak Yolcu, 2024). Şubat, mart ve nisan aylarında sel-taşkınların sayıca azalması bu dönemde yağışların azalması ile ilgilidir. Çünkü kıyı gerisindeki istasyonlar dışında kıyıda yer alan istasyonlarda ilkbahar mevsiminde yağışların azaldığı görülmektedir. Dolayısıyla sel-taşkınların aylara göre dağılımı, sıcaklık ve yağış biçimi ile doğrudan ilişkilidir (Şekil 48).



Şekil 48. Doğu Karadeniz Bölümü'nde sel-taşkınların aylara göre dağılım grafiği (AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Sel-taşkınların mevsimlere dağılımı değerlendirildiğinde; yaz mevsimi başta gelmektedir. Yaz mevsiminde görülen sel-taşkınların sayısı 349'dur. Yaz mevsimini, sonbahar mevsimi takip etmektedir. Sonbahar mevsiminde meydana gelen sel-taşkın olayı 290'dır. İlkbahar mevsiminde meydana gelen sel-taşkın sayısı 84, kış mevsiminde ise 113'tür. Sel-taşkınların mevsimlere göre oransal dağılımı değerlendirildiğinde; yaz % 41.7, sonbahar % 34.6, kış % 13.5 ve ilkbahar % 10.04'tür. Genel olarak olay sayısının dağılımı ile yağış rejimi arasında bir uyum söz konusudur. Bölgede analiz edilen istasyonlarının büyük bir kısmında en yağışlı mevsim olan sonbahar, sel-taşkın açısından yaz mevsiminden sonra gelmektedir (Şekil 49).

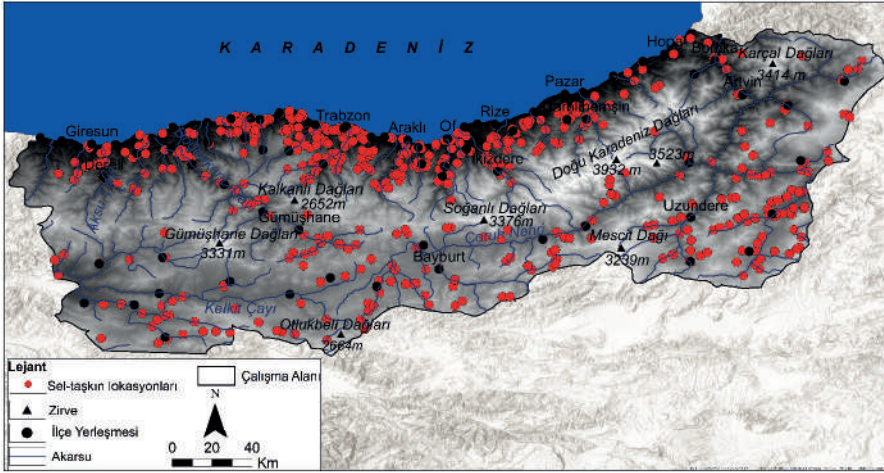


Şekil 49. Doğu Karadeniz'de sel-taşkınların mevsimlere göre dağılımı (AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

4.4. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Sel Taşkınların Mekânsal Dağılımı

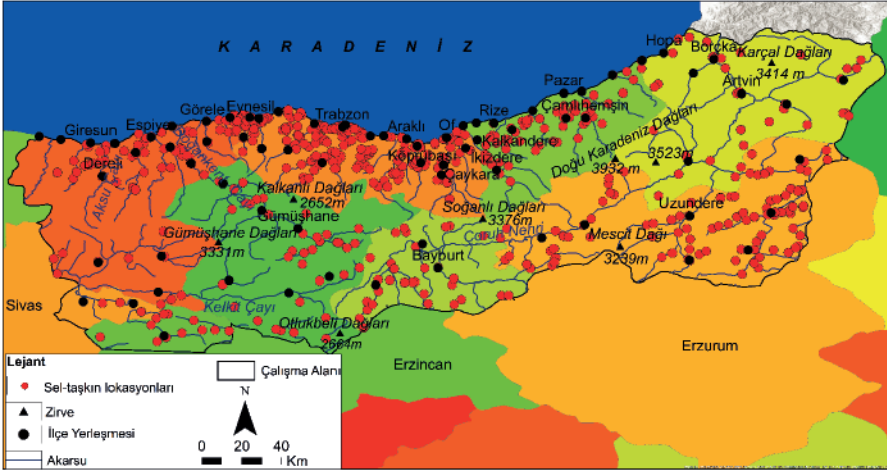
Doğu Karadeniz Bölümü'nde sel-taşkınların dağılımı haritasına göre sel ve taşkınların kıyı şeridinde yoğunlaştıkları görülmektedir. Bu durum yan kolların ağız kısmında birleşmesi ve yerleşmelerin akarsu vadilerine kurulmasının doğal bir sonucudur. Batıdan doğuya doğru kıyı şeridinde Giresun, Trabzon, Rize, Hopa ve çevresinde sel-taşkınların arttığı görülmektedir. İç kesimlere gidildikçe, Dereli, Gümüşhane, İkizdere ve Borçka çevresinde de sel-taşkınlar artmaktadır. Güneye doğru Uzundere ve çevresinde, Bayburt güneyinde, Otlukbeli Dağları batısında sel-taşkın olayları fazladır. Bu sahalarda akarsuların

kaynak alanlarına denk gelen, yüksek ve engebeli alanlardır. Aksu Çayı Havzası, Doğan kent (Harşit) Çayı Havzası, Kelkit Çayı Havzası ile Çoruh Nehri Havzası'nda sel-taşkın olayları fazladır. Bunun yanında Karadeniz'e dökülen ve birbirine paralel kısa boylu akarsuların vadileri boyunca sel-taşkın olayları fazladır. Genel olarak Trabzon ve çevresinde sel-taşkın olaylarının daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 50).

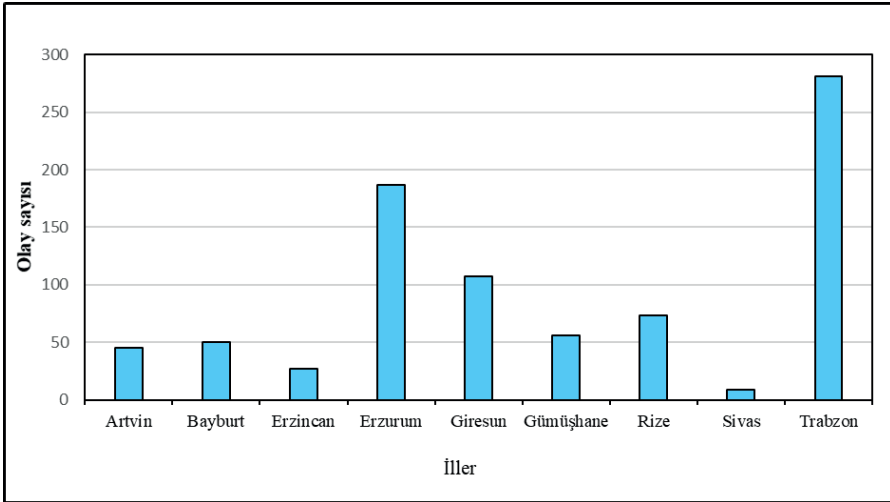


Şekil 50. Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen sel-taşkınların (1955-2022) dağılım haritası (AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Sel ve taşkınların illere göre dağılımında Trabzon ilk sırada gelmektedir. Erzurum ikinci sırada, Giresun ise üçüncü sırada yer almaktadır. Sel-taşkın olaylarının kıyıdaki yerleşmelerde daha fazla meydana geldiği görülmektedir. Bu durum yerleşmelerin dar olan kıyı şeridi boyunca vadi içlerine doğru genişlemeleri ile ilgilidir. Rölyef koşulları nedeniyle elverişsiz alanlara yerleşmelerin kurulması sel-taşkınların yaşanmasına ve afet boyutuna dönüşmesine yol açmaktadır (Şekil 51, 52).



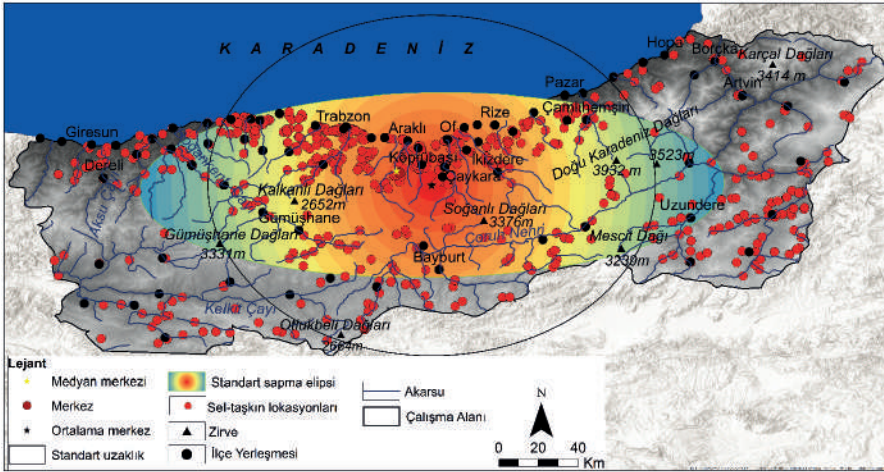
Şekil 51. Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen sel-taşkınların illere göre dağılım haritası (1955-2022, AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).



Şekil 52. Doğu Karadeniz Bölümü'nde sel ve taşkınların illere göre dağılım grafiği (AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Doğu Karadeniz Bölümü'nde kıyı gerisinde sel-taşkın olayları azalmaktadır. Bu durum üzerinde karasallığın artmasına bağlı olarak yağışın azalması etkili olmaktadır. Sel taşkın olaylarının mekânsal istatistik sonuçları değerlendirildiğinde; merkez noktası ile medyan merkezinin Trabzon'un Çaykara ile Köprübaşı ilçeleri arasında yer aldığı görülmektedir. Merkez noktası, Çaykara ilçesinin yaklaşık 19 km kuzeybatısında, Köprübaşı ilçesinin

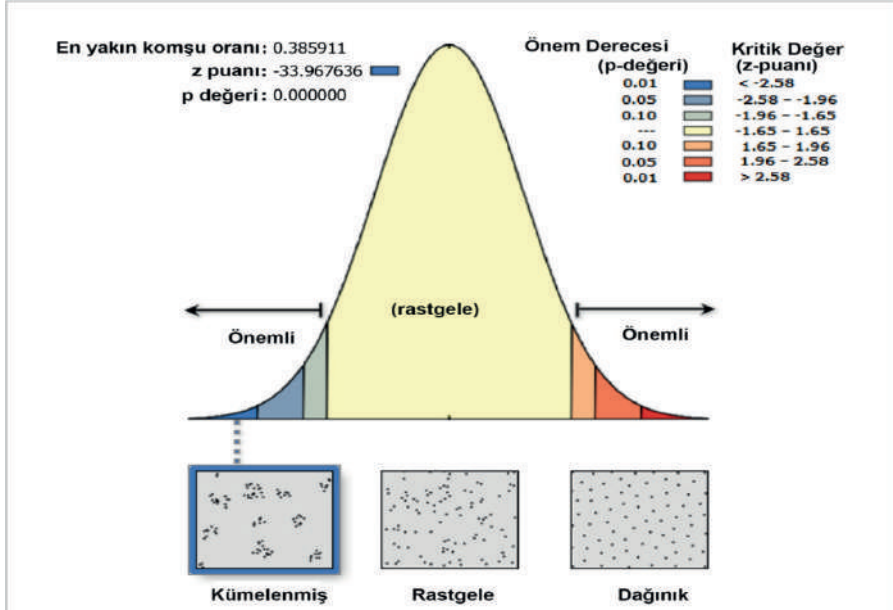
yaklaşık 11 km güneybatısında yer almaktadır. Sel-taşkın noktalarının ortalama merkezi Trabzon Çaykara ilçesinin yaklaşık 6.5 km güneybatısında, Köprübaşı ilçesinin yaklaşık 13 km güneydoğusunda yer almaktadır. Medyan merkezi Çaykara ilçesinin yaklaşık 20 km kuzeybatısında, Köprübaşı ilçesinin 11.5 km güneybatısında yer almaktadır. Merkez noktası $40^{\circ}45'56.8475$ kuzey enlemi ve $40^{\circ}00'58.4268$ doğu boylamında yer almaktadır. Ortalama merkez noktası $40^{\circ}42'07.8386$ kuzey enlemi ve $40^{\circ}11'10.2639$ doğu boylamında bulunmaktadır. Medyan merkezinin konumu $40^{\circ}46'38.0271$ kuzey enlemi ve $39^{\circ}59'56.5971$ doğu boylamıdır. Medyan merkezi, merkez ve ortalama merkez noktaları birbirine yakın şekilde konumlanmıştır. Standart sapma elipsi D-B yönlü bir eğilime sahiptir. Bu durum K-G yönlü akarsuların aşağı çığırlarında sel-taşkın olaylarının daha fazla meydana gelmesi ile ilgilidir. Kıyı şeridinde yerleşmelerin D-B yönlü bir şekilde yayılım göstermesi de bu sonuca yol açmıştır (Şekil 53).



Şekil 53. Doğu Karadeniz Bölümü'nde sel-taşkın olaylarının mekansal istatistik sonuçlarına göre dağılım haritası (AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

Standart uzaklık çemberi sel-taşkınların Trabzon-Rize-Mescit Dağı-Otlukbeli Dağları arasında kalan sahada yoğunlaştıklarını göstermektedir. Ortalama en yakın komşuluk analizi sonuçlarına göre çalışma alanında sel-taşkınlar rastgele bir dağılım göstermemektedir. Sel-taşkın olaylarının kümelenmesi indeks değerleri ile de doğrulanmaktadır. En yakın komşu oranı değeri 0.38 iken, z değeri -33.96'dır. Ortalama en yakın komşuluk analizinde sel-taşkın noktalarının kümelenme göstermesi için en yakın komşu oranının 1'den küçük olması gerekmektedir. En yakın komşu oranı 1'den büyükse

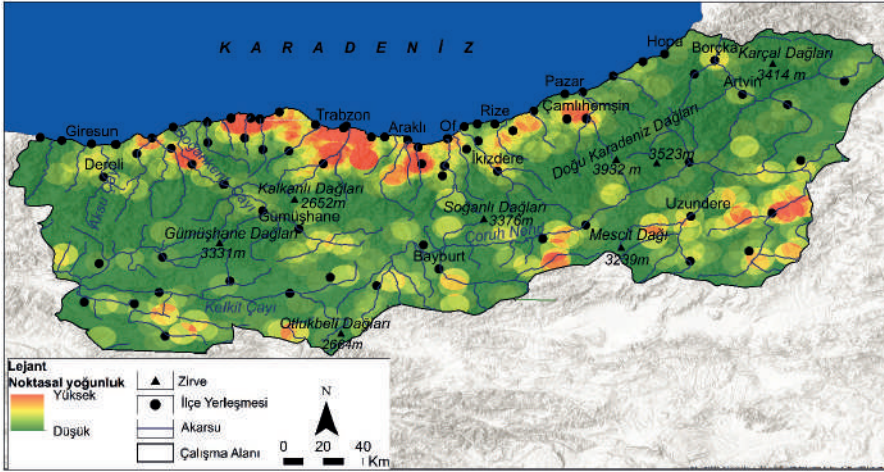
eğilim dağılmaya doğrudur (ArcGIS, 2024; Ebdon, 1985; Mitchell, 2005). En yakın komşu oranı değerinin 0.38 olması kümelenmeyi kanıtlamaktadır. Doğu Karadeniz Bölümünde sel-taşkın olaylarının kümelenme göstermesi mekanla doğrudan ilişkili olduklarını göstermektedir. Sel-taşkın olayları ile mekânın doğal ve beşerî özellikleri arasında yakından bir ilişki bulunmaktadır. Sel-taşkınların kümelenme gösterdiği başlıca alanlar; Trabzon ve çevresi, Rize ve çevresi, Çamlıhemşin ve çevresi, Giresun ve çevresi, Uzundere ve çevresidir. Genel olarak kümelenmeler kıyıda, iç kesimlere göre daha fazladır (Şekil 54).



Şekil 54. Doğu Karadeniz Bölümü'nde sel-taşkın olaylarının ortalama en yakın komşuluk analizi sonuçları.

Sel-taşkın noktasal yoğunluk haritası ile sel-taşkın dağılım haritası birbiriyle uyumludur. Doğankent (Harşit) Çayı aşağı çığırında noktasal yoğunluk artmaktadır. Giresun doğusunda, Araklı doğusu ile Trabzon batısı arasında akarsuların ağız kısmında, Rize, İkizdere ve Çamlıhemşin çevresinde yoğunluk yüksektir. Kıyı gerisinde yoğunluğun nispeten arttığı alanlara Dereli ve Borçka ile Artvin örnek olarak verilebilir. Bayburt ve Gümüşhane güneyinde yoğunluk kıyıya nazaran düşük ve orta düzeydedir. Kıyı gerisinde yoğunluğun yüksek olduğu sahalar Uzundere ve çevresindedir. Bu sahada Erzurum idari sınırları içerisinde ancak Karadeniz Bölgesi coğrafi sınırları

içerisinde yer alan ilçeler bulunmaktadır. Çoruh Nehri'nin kolları olan akarsu vadilerine kurulmuş olan bu yerleşmelerde sel-taşkın yoğunluğu artmaktadır. Bu sahada Uzundere ilçesi ve çevresinde yoğunluk yüksektir. Mescit Dağı batısı, Otlukbeli Dağları batısı ile Kelkit Çayı Havzası'nda yoğunluk sınırlı alanlarda artmaktadır (Şekil 55, Foto 5).



Şekil 55. Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen sel-taşkınların noktasal yoğunluk haritası (1955-2022, AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

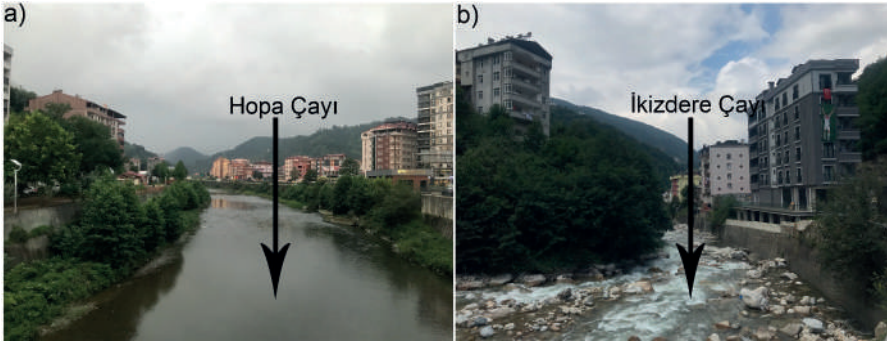
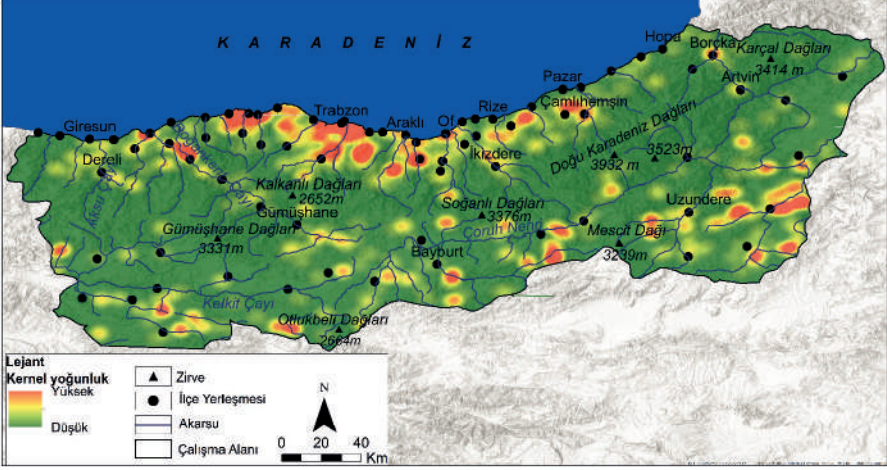


Foto 5. Doğu Karadeniz Bölümü'nde a) Hopa ve b) İkizdere, akarsu vadisi boyunca gelişme göstermiş ve sel-taşkın riski yüksek olan yerleşmelerdir.

Sel ve taşkınların analizine göre Kernel yoğunluk haritası ile noktasal yoğunluk haritası benzerdir. Kernel yoğunluk analizine göre de kıyıda Doğankent Çayı aşağı çığırı, Giresun doğusu, Trabzon batısından Of ilçesine kadar olan alanda, Rize doğusunda yoğunluk yüksektir. Kıyının hemen gerisinde Dereli, İkizdere, Çamlıhemşin ve Borçka'da kernel

yoğunluğu yüksektir. İç kesimlerde Gümüşhane güneyinde ve doğusunda, Bayburt kuzeyi ile güneyinde, Uzundere batısı, doğusu ve güneydoğusunda, Otlukbeli Dağları batısı ile Kelkit Çayı Havzası'nda yoğunluk yüksektir (Şekil 56, Foto 6).



Şekil 56. Doğu Karadeniz Bölümünde meydana gelen sel-taşkımların Kernel yoğunluk haritası (1955-2022, AFAD, 2022'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

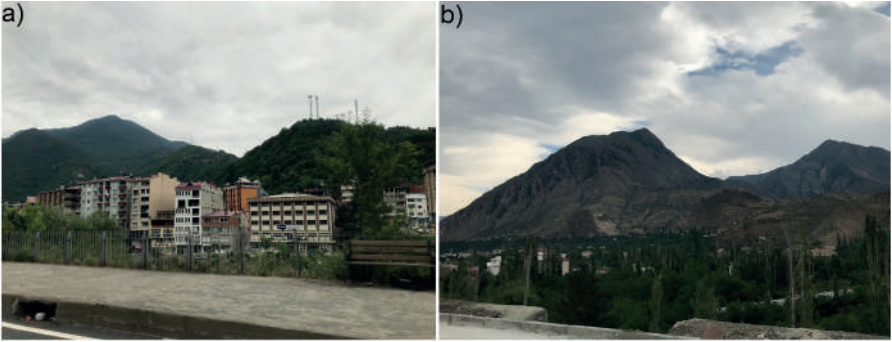


Foto 6. Kıyı gerisinde akarsu vadilerinde kurulan a) Borçka ve b) Uzundere sel-taşkın riski yüksek olan yerleşmelerdir.

Akarsu yataklarının alüvyonlarla dolu olması durumunda yatağın su geçirme kapasitesi düşeceğinden, yataklar hızlı bir şekilde dolarak tıkanır ve taşkına neden olur (Hoşgören, 2004). Bununla birlikte yatak heyelanlara bağlı olarak dolabilir (Hoşgören, 2004). Doğu Karadeniz kıyı kuşağında volkanikler üzerinde yer yer 15-20 m kalınlığa ulaşan bir enkaz örtüsü gelişmiştir (Uzun, 2007). Heyelanlar ile birlikte enkaz örtüsünün akarsu yataklarına

taşınması ve erozyon etkisiyle taşınan malzeme sel-taşkın oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Sel ve taşkınlarla mücadelede başarılı olabilmek için zarar azaltma çalışmalarında alınabilecek ilk ve en önemli tedbirin; tarım, mera ve orman alanlarında bozulmuş dengenin yeniden sağlanması, yüzey akışlarının önlenmesi ve toprak koruma tedbirleri kapsamında, teraslama ve ağaçlandırma gibi arazi ıslahı çalışmaları gelmektedir. Ana ve yan kollarda kütle hareketleri, kayalık sahalarda çözülmeden kaynaklanan erozyon ve rüsubatı önlemek ve/veya kontrol etmek amacıyla yapısal önlemlerin alınması gereklidir. Sel-taşkın havzalarında akarsuların iş makinaları ile ıslahı (toprak kanal), bitkisel kaplama, istifli taş tahkimat ile kâgir/ beton/betonarme taşkın kontrol duvarları geçmişten günümüze yapılan taşkın kontrol yapılarına örnek oluşturmaktadır (Yüksek vd., 2021; Foto 7).

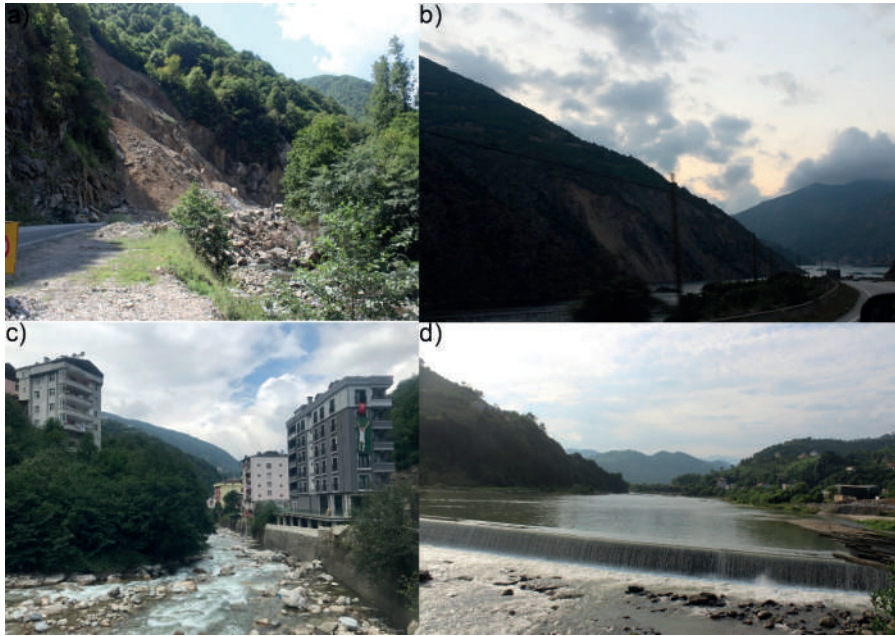


Foto 7. Doğu Karadeniz'de heyelanlar da dolaylı olarak sel ve taşkınlara neden olabilmektedir (a, Aksu Çayı Havzası, b) Doğan kent (Harşit) Çayı Havzası). Taşkın kontrol yapıları (İkizdere, c) ve (Fırtına Çayı Vadisi, d).

Kanal ıslahı, su akışını daha etkin hale getirmek için yapılan akarsu kanalını iyileştirme çalışmalarıdır. Bu çalışmalar kanalı temizlemekle sınırlı olabileceği gibi (tıkanmaları açmak), kanalı genişletmek ve derinleştirmek şeklinde de olabilir (Lutgens vd., 2014). Türkiye'de su ile ilgili afetlerin % 30'unu sel ve taşkınların oluşturmalarına karşın, sel ve taşkın konusunda araştırma ve

önleme çalışmaları yeterli değildir. Sel ve taşkın riskleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalar daha çok atık su ve küçük kanal çalışmalarından ibaret olduğu ifade edilmektedir (Sunkar ve Tonbul, 2010). Sel-taşkınların zararlarını azaltmak için doğal dengenin tesis edilmesi, kanal ıslahı çalışmalarının akarsuyun doğal dengesini bozmadan yapılması, su akış yolları olan kanalların, köprü ve menfezleri temizlenerek, açık tutulması önem arz etmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Türkiye’de afet boyutunda sel ve taşkınların sıklıkla meydana geldiği bölgelerden biri de Karadeniz’dir. Bölge içerisinde Doğu Karadeniz Bölümü, Türkiye’de sel-taşkın olaylarının en fazla meydana geldiği lokasyonların başında gelmektedir. Bölgede, sel ve taşkın olaylarının frekansı küresel iklim değişikliğine bağlı olarak artmaktadır. DSİ verilerine göre 1990 yılında Doğu Karadeniz Bölümü genelinde etkili olan sel ve taşkınlarda 57 kişi hayatını kaybetmiştir. 2015 Artvin-Hopa sel-taşkını, 2019 Trabzon-Araklı-Çamlıktepe sel-taşkını, 2020 Giresun-Dereli sel-taşkını yakın zamanda meydana gelen katastrofik sel-taşkın olaylarıdır. Bu çalışmada sel-taşkın olaylarının analizi Doğu Karadeniz Bölümü ölçeğinde yapılmıştır. Çalışmada sel taşkınlar üzerinde etkili olan jeolojik, jeomorfolojik, iklim, hidrografik, bitki örtüsü ve arazi kullanım özellikleri değerlendirilmiştir. Jeomorfolojik özellikler kapsamında yükselti, eğim, bakı özellikleri analiz edilmiş, rasat süresi uygun olan istasyonların verilerinden iklim özellikleri değerlendirilmiş ve trend analizi yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile belirlenen 21 havzaya; havza alanı, havza çevresi, havza uzunluğu, havza genişliği, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, çatallanma oranı, havza rölyefi, form faktör, uzama oranı, engebelilik değeri, akım toplanma zamanı ve hipsometrik integral analizleri uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında 1955-2022 yılları arasında Doğu Karadeniz’de meydana gelen sel-taşkın olaylarının mekânsal analizi yapılmış, 1958-2022 yılları arası sel-taşkın verisi de trend test yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Mekânsal istatistik kapsamında sel-taşkınların merkez, ortalama merkez, ortanca merkezleri bulunmuş, ortalama en yakın komşuluk, standart sapma elipsi ve standart uzaklık analizleri yapılmıştır. Mekânsal analiz kapsamında sel-taşkın olaylarının bölüm içerisindeki dağılımı, illere göre dağılımı, noktasal ve kernel yoğunluğu analiz edilmiştir. Doğu Karadeniz Bölümü’nde kısa mesafelerde ortaya çıkan büyük yükselti farkları, yüksek eğim değerleri sel-taşkınların meydana gelmesine neden olan jeomorfolojik faktörlerdir. Kuzeyli yamaçların büyük oran kaplaması, bu

yamaçların daha fazla yağış almasına ve bu yamaçlarda kurulan yerleşmelerin sel-taşkınlardan zarar görmesine neden olmaktadır. Doğu Karadeniz'de afet boyutunda sel ve taşkınların yaşanması üzerinde günlük yağışların önemli etkisi bulunmaktadır. Sıcaklık ve yağış değerlerinin trend analizine göre aylık ortalama sıcaklıklarda ve aylık yağış toplamında artış yönlü istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler bulunmuştur. Aylık yağışlar açısından anlamlı pozitif eğilimler Trabzon Bölge Meteoroloji istasyonunda ekim ayında, Rize'de eylül ayında, Hopa'da ise mart ve eylül aylarında saptanmıştır. Yıllık toplam yağışlarda Giresun, Trabzon Bölge ve Hopa Meteoroloji istasyonlarında kuvvetli pozitif eğilimler mevcuttur. Günlük yağış toplamında eğilimler Giresun ve Hopa'da pozitif yönlü ve istatistiksel açıdan anlamlıdır. Bu sonuçlara göre bölgede küresel iklim değişikliğinin etkilerinin kuvvetli olduğu ve devam edeceği öngörülmektedir. Corine verisine göre 1990-2018 yılları arasında yapay alanlar artmış, geniş yapraklı ve karışık ormanlar ile bitki değişim alanları ve seyrek bitki alanlarında azalmalar meydana gelmiştir. Havzaların alansal olarak küçük olması, havza rölyefi ve engebelilik değerlerinin yüksek olması, akım toplanma zamanlarının kısa olması sel-taşkınların yaşanmasına neden olan havza morfometrisi özellikleridir. Havzalarda form faktör ve uzama oranı değerleri genellikle düşüktür. Düşük form ve uzama oranı değeri uzunlamasına havzalara ait bir özelliktir. Havzaların daha çok uzunlamasına bir şekilde olması uzun süreli düşük akımlı taşkınların görülmesine yol açmaktadır. Çam Deresi Havzası gibi dairesel şekle sahip olan bazı havzalarda ise kısa süreli, pik akımın yüksek olduğu taşkınlar görülmektedir. Engebelilik değerleri çalışma alanındaki havzalarda yüksek olup, 0.81-1.96 arasında değişmektedir. Engebelilik değeri erozyon ve sel-taşkın riskinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu değer Fırtına Çayı Havzası'nda maksimum olup, sel-taşkın riskinin bu havzada yüksek olmasına neden olmaktadır. Akım toplanma zamanı oldukça kısa olup 1.30-3.82 saat arasında değişmektedir. Havzaların Hi değerleri 0.20-0.57 arasında değişmektedir. Bu açıdan havzalar jeomorfolojik olarak olgun karakterdedir.

Doğu Karadeniz Bölümü'nde sel-taşkın olaylarının en fazla olduğu yıl 1983'tür. Bu yılda 86 sel-taşkın olayı meydana gelmiştir. 1958-1989 yılları arasını kapsayan dönemde sel-taşkınların yıllık ortalaması 10.09, 1990-2021 yılları arasında ise 16'dır. Buna göre sel-taşkın olayları önceki döneme yaklaşık % 60'lık artış göstermiştir. Mann-Kendall, Sen's slope ve Spearman rho analizlerine göre 1958-2022 yılları arasında, Doğu Karadeniz'de yaşanan sel ve taşkınlarda pozitif yönlü eğilimler bulunmaktadır. Mann-Kendall yöntemine göre sel-taşkınlarda % 95 güven seviyesinde pozitif yönlü ve istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler vardır. Sel-taşkın olaylarının

aylara göre dağılımı değerlendirildiğinde; haziran ve ağustos aylarında daha fazla meydana geldiği görülmektedir. Bu sonuç bu dönemdeki konvektif hareketlerle ilgilidir. Şubat, mart ve nisan aylarında sel-taşkınların daha az meydana geldiği görülmektedir. Sel-taşkın olay sayısı mevsimlere göre analiz edildiğinde; yaz mevsimi başta gelmektedir. Sel-taşkın olay sayısı ilkbahar mevsiminde en azdır. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Trabzon ilinde sel-taşkın olaylarının daha fazla meydana geldiği görülmektedir. Mekânsal istatistik analizi sonuçlarına göre; sel taşkınların medyan merkezi ile merkez noktası Çaykara ile Köprübaşı ilçeleri arasında yer almaktadır. Sel ve taşkınların mekanla ilişkisine dair önemli bir sonuç da ortalama en yakın komşuluk analizinden elde edilmiştir. Bu analizde sel ve taşkınların belirli alanlarda kümelendikleri görülmektedir. Bölümde sel-taşkınlar rastgele bir dağılım sergilemeyip, anlamlı kümelenme göstermektedir.

Doğankent (Harşit) Çayı aşağı çığırı, Araklı doğusu ile Trabzon batısı arasında, Rize ve İkizdere ile Çamlıhemşin çevresinde sel-taşkın noktasal yoğunluğu artmaktadır. Dereli ve Borçka ile Uzundere çevresinde, Çoruh Nehri Havzası'nda akarsu vadilerine kurulmuş olan yerleşmelerde sel-taşkın noktasal yoğunluğu yüksektir. Doğankent Çayı aşağı çığırı, Giresun doğusu, Trabzon-Of arası, Rize doğusu, Dereli, İkizdere, Çamlıhemşin ve Borçka ile Uzundere'de Kernel yoğunluğu yüksektir. Sel ve taşkınların yoğunlaştığı alanlar dikkate alınarak gerekli tedbirlerin alınması afet öncesi çalışmalar için oldukça önemlidir. Akarsuların aşağı çığırında yer alan kentsel alanlarda sel-taşkınları önleyici çalışmalar yapılmalı, kentsel ve kırsal alanlarda dere yatakları işgal edilmemelidir. Dere yatakları belirli periyotlarla temizlenmeli, dere yataklarındaki yerleşmeler afet açısından güvenli yerlere nakledilmelidir. Dereli-Giresun taşkını menfezlerin tıkanmasına bağlı olarak meydana gelmiştir. Bu nedenle mevcut menfezlerin de yeterli genişlikte olmalarına yönelik rehabilite çalışmaları yapılmalı ve menfezler devamlı olarak temizlenmelidir. Sel-taşkın zararlarını azaltmaya yönelik olarak doğal akış yollarının bozulmaması önem arz etmektedir. Taşkın ıslahı çalışmalarında akarsu havzasının tamamını dikkate alarak düzenlemeler yapmak yararlı olacaktır. Doğal bitki örtüsünün tahribinin önüne geçmek ve doğal bitki örtüsünü güçlendirmek sel-taşkın yönetiminde oldukça önemlidir. Bölgede sel ve taşkınların yaşanmasında erozyon ve heyelanın da etkisi bulunmaktadır. Çünkü erozyon ve heyelanlarla dere yataklarına taşınan malzeme, taşıma kapasitesinin azalmasına neden olmaktadır. Sel ve taşkınlarla mücadelenin başarılı olabilmesi için havza bazlı erozyon ve heyelan önleyici çalışmaların yapılması önemlidir.

Kaynakça

- Abdo, H.G., Richi, S. M., Alqadhi, S., Zeng, T., Prasad, P., Kotaridis, I., Alharbi, M. M., Khaddour, L. A., & Mallick, J. (2024). A hybrid machine learning modelling for optimization of flood susceptibility mapping in the eastern Mediterranean. *Natural Hazards*, <https://doi.org/10.1007/s11069-024-07081-3>
- AFAD (2018). Türkiye’de Afet Yönetimi Ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara
- AFAD (2020). Afet Yönetimi Kapsamında 2019 Yılına Bakış ve Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara
- AFAD (2022). Afet Bilgileri Envanteri. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara
- AFAD (2024). 2023 Yılı Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- Ahmad, S., Shazil, M.S., Hassan, A.F., & Afzal, B. (2024). Geo-spatial assessment of geomorphic characteristics of Swat Valley, Pakistan, *Results in Earth Sciences*, 2, 100042, <https://doi.org/10.1016/j.rines.2024.100042>.
- Ahmad, I., Farooq, R., Ashraf, M., Waseem, M., Shangquan, D. (2025). Improving flood hazard susceptibility assessment by integrating hydrodynamic modeling with remote sensing and ensemble machine learning, *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-025-07109-2>
- Akay, A. (2019). İklim Değişikliğinin Neden Olduğu Afetlerin Etkileri, İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 15, <https://www.iklimin.org/moduller/afetmodulu.pdf>
- Akbaş, E., Çelik, R., & Eşit, M. (2023). Mann Kendall, Spearman Rho ve Yenilikçi Şen Yöntemlerinin Meteorolojik Veriler Kullanılarak Değerlendirilmesi: Batman Bölgesi Örneği. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 239-251. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1165696>

- Akdeniz, N., & Güven, İ. H. (2002). 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Trabzon paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Akgül, M., Akay, A.O., Özocak, M., Esin, A.İ., & Şentürk, N. (2022). A new approach to spatial risk analysis in the long-term (1950–2020) assessment of natural disasters (avalanche, landslide, rockfall, flood) in Turkey. *Natural Hazards* 114, 3471–3508, <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05528-z>
- Akyol, İ. H. (1944). Türkiye'de basınç, rüzgarlar ve yağış rejimi, *Türk Coğrafya Dergisi*, 5-6, 1-34.
- Akyol, İ. H. (1947). Türkiye'de akarsu sistemleri ve rejimleri. *Türk Coğrafya Dergisi* 9-10, 1-35.
- Akyol, İ. H. (1949). Türkiye'de akarsu rejimleri I. *Türk Coğrafya Dergisi* 11-12, 1-34.
- Al-Ahmadi, K., Al-Amri, A., & Sec, L. (2014). A Spatial Statistical Analysis of the Occurrence of Earthquakes Along the Red Sea Floor Spreading: Clusters of Seismicity. *Arabian Journal of Geosciences*, 7, 2893-2904. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-0974-6>
- Alam, A., Ahmed, B., & Sammonds, P. (2021). Flash flood susceptibility assessment using the parameters of drainage basin morphometry in SE Bangladesh. *Quaternary. International*, 575–576, 295–307
- Alemayehu, A., & Tesfaye, A. (2024). The morphometric investigation of the Gelda watershed in the Lake Tana sub basin: implications for managing soil and water resources. *Modeling Earth Systems Environment*, 10, 4207–4222, <https://doi.org/10.1007/s40808-024-02012-4>
- Alevkayalı Ç., & Dindar, H. (2022). Kıbrıs Adası ve Çevresinde Depremlerin Zamansal ve Mekânsal Dağılımı: Jeostatistiksel Bir Yaklaşım. *Yerbilimleri* 43(3), 197–211.
- Anderson, H. W (1969). *Snowpack Management*. Oregon State University Water Resources Institute, Seminar on Snow, WR 011.69, 27-40.
- Apaydın, A. (2021). 22 Ağustos 2020 Tarihli Taşkın Neden Olan Dereli Deresi (Giresun) Havza Analizleri, Taşkın Nedenleri ve Sonuçları. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 392-425. <https://doi.org/10.31466/kfbd.908878>
- Apaydın, A. (2024a). Doğu Karadeniz Havzasındaki Kentsel Yerleşimlerin Sel ve Taşkın Tehlikesi Yönüyle Sınıflaması ve Bazı Önemli Örneklerin İncelenmesi, I. Uluslararası Ayasofya Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi, 764, 786. İstanbul-Türkiye
- Apaydın, A. (2024b). Ordu ve Giresun Sahilindeki Kentsel Yerleşimlerin Sel ve Taşkın Tehlikesi Yönünden Karşılaştırmalı İncelemesi, I. Uluslararası Ayasofya Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi, 787-811, İstanbul-Türkiye

- ARCGIS (2024). ARCGIS Desktop Help. Environmental Systems Research Institute.
- Artha, M. A., Libina, R.S., & Jegankumar, R. (2024). Geomorphometry Based Flood Susceptibility Prioritization: A Case Study of Chalakudy River Basin, Kerala, India. In: Biswas, B., Ghute, B.B. (eds) Flood Risk Management. Springer Natural Hazards. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-2688-2_19
- Aslam, B., & Naseer, F. (2020). A statistical analysis of the spatial existence of earthquakes in Balochistan: clusters of seismicity. *Environmental Earth Sciences*, 79, 41, <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8790-2>
- Atalay, İ., & Mortan, K. (1997). *Türkiye Bölgesel Coğrafyası, İnkılap Kitabevi, İstanbul.*
- Atalay, İ. (2006). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.*
- Atalay, İ. (2016). *Uygulamalı Jeomorfoloji, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 454 s.*
- Atalay, İ. (2018). *Uygulamalı Hidrografya Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 350 s.*
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2105). Giresun'da Sel ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi Havzalarının Morfometrik Analizleri. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, Sayı 30, 91-119.
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2018). Bulancak'ta (Giresun) sel ve taşkın olaylarına neden olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak derelerinin morfometrik analizleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 28 (2), 15,41, <https://doi.org/10.18069/firatsbed.460907>
- Avcı, V., Dölek, İ., & Uzelli, T. (2023). Araklı ve çevresinde (Trabzon) Sel ve Taşkın Neden Olan Derelerin Morfometrik Analizlerle Taşkın Duyarlılıklarının Belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(3), 1024-1054. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1286455>
- Avcı, V. (2024). Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Mekânsal ve Zamansal Analizi (1955-2022), *Uluslararası Avrasya İklim Değişikliği Kongresi Eurach'2024*, 27-28 Eylül 2024, 36-37.
- AYDES. (2021) Disaster management and decision support system, distribution of disasters by event type and events by month in Turkey. <https://aydes.gov.tr/login>. Accessed 20 Nov 2021
- Aydın, M., & Kaptı, N. (2024). Effects of Climate Change on Floods. In: Güngör, B. & Küçük, Ö. (eds.), *Climate Perspectives for a Sustainable Future*. Özgür Publications. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub564.c2271>

- Bahadır, M., & Özdemir, M. A. (2011). Trabzon ve Rize'de Yağışın Mevsimsel Değişimlerinin Marginal ve Matrix Yöntemleri ile Belirlenmesi ve Trend Analizleri. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4 (17), 457-473.
- Barman, J., Marak, B.S., Rao, K.S., & Biswas, B. (2024). GIS-based frequency ratio model for flood susceptibility zonation in the state of Meghalaya, Northeast India. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 90, 1015–1028, <https://doi.org/10.1007/s43538-024-00290-1>
- Başaran, N., Özaydın Yılmaz, H., Kahveci, H., & Eroğlu, E. (2020). Tarihi Kent Meydanlarındaki Bitkilerin CBS Tabanlı Mekânsal Dağılım Analizi; İstanbul Örneği. *PAUD- Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi*, 2 (2), 96-104.
- Bilgin, R. (1991). Su Kaynaklarının Geliştirilmesinde Hidroloji Biliminin Önemi ve 20 Haziran 1990 Trabzon Taşkınının Değerlendirilmesi. *Trabzon ve Yöresi 20 Haziran 1990 Sel Felaketi Sempozyumu Bildiriler kitabı*, 76-85, Trabzon K.T.Ü. Matbaası.
- Bogolomov, L. A. (1963). Topograficeskoe deshifrirovaniije prirodnogo landsafta na acro-nimkov, Gosgeoltekhizdat, JPRS, 17-771.
- Breugem, A.J., Wesseling, J.G. Oostindie, K., & Ritsema, C. J. (2020). Meteorological aspects of heavy precipitation in relation to floods- An overview, *Earth-Science Reviews*, 204, 103171, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103171>.
- Chaithong, T. (2022). Flash Flood Susceptibility Assessment Based on Morphometric Aspects and Hydrological Approaches in the Pai River Basin, Mae Hong Son, Thailand. *Water*, 14(19), 3174. <https://doi.org/10.3390/w14193174>
- Chandrashekar, H., Lokesh, K. V., Sameena, M., Roopa, J., & Ranganna, G. (2015), GIS-Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka, *Aquatic Procedia*, Proc. Int. Conf. on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering (Mangalore). 4 ed G S Dwarakish (Elsevier Procedia) 1345–1353.
- Chetia, L., & Paul, S. K. (2024). Spatial Assessment of Flood Susceptibility in Assam, India: A Comparative Study of Frequency Ratio and Shannon's Entropy Models. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 52, 343–358, <https://doi.org/10.1007/s12524-023-01798-7>
- Chithra, K., Binoy, B.V. & Bimal, P. (2024). Modeling flood susceptibility on the onset of the Kerala floods of 2018, *Environmental Earth Sciences*, 83, 123, <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11412-1>
- Clarke, I. J. (1972). *Population Geography*, Second Edition, Oxford: Pergamon Press

- Çelebioğlu, D. D., & Bekdemir, Ü. (2021). Giresun İlinin Sel ve Taşkınlardan Kaynaklı Çevre Sorunları, 3. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi (UCEK-2021), 313-328
- Çetinkaya, A. (2020). Hopa Çayı Havzası Uygulamalı Jeomorfoloji Etüdü, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Çınaklı, M. (2008), Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Taşkınlar, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya (Fiziki Coğrafya) Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Çolak, H. E., & Çan, G. (2007). Sağlık Cbs Uygulamalarında Konumsal Kümeleme Yönteminin Kullanımı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim -02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon
- Çolak, H. E., & Memişoğlu, T. (2018). Trabzon İlinde Tarımsal Arazi Kullanımındaki Zamansal Değişimin CBS ile Belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(3), 946-958. Doi: 10.5578/fmbd.67647
- Coşkun, M., & Aksoy B. (2010). Aksu Vadisi (Giresun) Aşağı Kesiminde Doğal Ortam Şartlarının Taşkın Üzerine Etkileri. Gazi Türkiyat, 1(7), 135-154.
- Darkot, B. (1943). Türkiye'de Yağışların Dağılışı, Türk Coğrafya Dergisi, 2, 137- 159.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). Akım-gözlem istasyonları akım verileri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). Sel ve taşkınlara ait istatistik veriler. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dey, H., Shao, W., Haque, M., & VanDyke, M. (2024). Enhancing Flood Risk Analysis in Harris County: Integrating Flood Susceptibility and Social Vulnerability Mapping. Journal of Geovisualization Spatial Analysis, 8, 19, <https://doi.org/10.1007/s41651-024-00181-5>
- Dinç, H. (2019). Arazi Kullanım Kararlarının Dere Sistemleri Üzerinde Fiziki Etkisinin Analizi ve Kentsel Yaşama Yansıması: İstanbul'da Su Baskını, Sel ve Taşkın Risk Değerlendirmesi, Planlama, 29(2), 147-170 | doi: 10.14744/planlama.2019.05706
- Dobur, J. C. (2006). An Analysis of the Geographic Distribution of Flash Flood Events across the Southeastern United States, NOAA/National Weather Service, Southeast River Forecast Center, Peachtree City, Georgia. (<http://www.srh.noaa.gov/media/serfc/presentations/scFlashFlood.pdf> , 05.02 2014).
- Doğan, H., Çetin, S., Akgündüz, A. S., Odabaşı, E., Kılıç, G., Çamalan, G., Erkan, M.A., Soydam, M., & Güser, Y. (2022). Türkiye Meteorolojik

- Afetler Değerlendirmesi (2010-2021), T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dursun, İ., & Babalık, A. A. (2023). Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 24(1), 25-38. <https://doi.org/10.18182/tjf.1205157>
- Duysak, M., & Bilgen, G. (2022). Türkiye Sel Felaketleri: Giresun Örneği, Rumeli 1st International Scientific Research Conference On Sustainable Engineering And Technology, 329-336, Istanbul
- Ebdon, D. (1985). *Statistics in Geography*. 2nd edn. Blackwell Publishers Ltd., Malden, MA
- Efimov, V. V., Stanichnyi, S.V., Shokurov, M.V., & Yarovaya, D. A. (2008). Observations of a quasi-tropical cyclone over the Black Sea. *Russian Meteorology and Hydrology*, 33, 233–239.
- El-Haddad, B. A., Youssef, A. M., Mahdi, A. M., Karimi, Z., & Pourghasemi, H. R., (2025). National flood susceptibility mapping in Saudi Arabia. *Earth Science Informatics* 18, 118 , <https://doi.org/10.1007/s12145-024-01510-4>
- Engin, İ. (1992). Değirmendere-Yanbolu Deresi ve Harşit Çayı arasındaki sahanın bitki coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Erinç, S. (1957). Türkiye’de akarsu rejimlerine toplu bakış. *Türk Coğrafya Dergisi*, 17, 93-118.
- Erinç, S. (1996). *Klimatoloji ve Metodları*, Genişletilmiş 4.Baskı, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Erkal, T., Taş, B., (2020). *Jeomorfoloji ve İnsan Uygulamalı Jeomorfoloji*, Yeditepe Yayınevi, İstanbul.
- Erkek, C. (1995). Bölgesel taşkın zararları ve taşkın kontrolü, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 379, 42-46
- Erlat, E. (1997). Türkiye’de Günlük Yağışların Şiddeti Üzerine Bir İnceleme, *Ege Coğrafya Dergisi*, 9, 159-184
- Erol, O. (1993). *Genel Klimatoloji* 5.Baskı, Gazi Büro Kitabevi Ankara.
- Erol, F., & Topsakal, M. (2024). Geçmişten Günümüze Trabzon’da Doğal Afetler, Trabzon Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları No: 120, Trabzon.
- Ertoğral, O., & Çiçek, İ. (2024). Morfometrik Analiz Yönteminin Taşkın Riski Ön Değerlendirme Çalışmalarında Kullanılabilirliği: Yomra Örneği. *The Journal of Academic Social Science*, 156, 266-288, DOI : 10.29228/ASOS.77097
- Eryılmaz, A. Y. (1990). Toprak kayması ve seller yöredeki ormansızlaşmanın kaçınılmaz sonuçları, *Hürriyet Gazetesi*, 29.06.1990, Trabzon, 1990.

- Fang, J., Lincke, D., Brown, S., Nicholls, R. J., Wolff, C., Merken, J. L., Hinkel, J., Vafeidis, A.T., Shi, P., & Liu, M. (2020). Coastal flood risks in China through the 21st century—An application of DIVA. *Science of the Total Environment*, 704, 135311.
- FAO (2025). <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/en/>
- Fidan, S., & Görüm, T. (2020). Türkiye’de ölümcül heyelanların dağılım karakteristikleri ve ulusal ölçekte öncelikli alanların belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 74, 123-134. [Dor:10.17211/tcd.731596](https://doi.org/10.17211/tcd.731596)
- Gaikwad, V., Salunke, V., Jadhav, A., & Kudnar, N. (2024). Morphometric and longitudinal profile analysis in the Cauvery River basin: a geospatial approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 17, 279, <https://doi.org/10.1007/s12517-024-12079-z>
- Ghasemlounia, R., & Utlu, M., (2021). Flood prioritization of basins based on geomorphometric properties using principal component analysis, morphometric analysis and Redvan’s priority methods: A case study of Harşit River basin, *Journal of Hydrology*, 603, Part C, 127061, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127061>.
- Ghobadi, M., & Ahmadipari, M. (2024). Enhancing Flood Susceptibility Modeling: a Hybrid Deep Neural Network with Statistical Learning Algorithms for Predicting Flood Prone Areas. *Water Resources Management*, 38, 2687–2710, <https://doi.org/10.1007/s11269-024-03770-7>
- Giupponi, C., & Gain, A. K. (2017). Integrated water resources management (IWRM) for climate change adaptation. *Regional Environmental Change* 17, 1865– 1867. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1173-x>
- Gong, J. (2002). Clarifying the standard deviational ellipse. *Geographical Analysis*, 34, 155–167. First published 16 November 2010
- Görcelioğlu, E. (1996). Ormanların sel ve taşkınlar üzerine etkileri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 46(1-2-3-4), 15-26. <https://doi.org/10.17099/jffiu.80572>
- Gözet, E., Atmaca, B.N., Özgün, B., & DüNDAR, C. (2023). Doğu Karadeniz Yağış ve Sellerinin Toz Taşınımı ve Deniz Suyu Sıcaklığı ile İlişkisinin İncelenmesi, 5. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, Antalya, December, 2023, 220-246.
- Gümüş, C. (1990). Kararlı bir ormancılık politikası izlenmemesinin taşkın oluşumuna etkileri, Trabzon ve Yöresi 20 Haziran 1990 Sel Felaketi Sempozyumu Bildiriler Kitabı 22-24 Kasım 1990 Trabzon, 37-45
- Gümüş, V., Şimşek, O., & Açar, M. K. (2022). Artvin ve Rize İstasyonlarına ait Aylık Toplam Yağış Verilerinin Trendinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7(3), 204-216. <https://doi.org/10.46578/humder.1207593>

- Güncay, E. (2004). Türkiye Hidrocoğrafyası. Çantay Kitabevi. İstanbul.
- Güngöroğlu, C. (2012). Corine Arazi örtüsü sınıflandırmalarında ormanlık alanlara yönelik doğruluk değerlendirmeleri (Antalya-Çakırlar orman işletme şefliği örneği) (araştırma). Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2(14), 41-56
- Gürgen, G. (2004). Doğu Karadeniz Bölümünde Maksimum Yağışlar ve Taşkınlar Açısından Önemi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24(2), 79-92.
- Hammami S., Zouhri, L., Souissi, D., Souci, A., Zghibi A., Marzougui A. & Dlala, M. (2019). Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia), Arabian Journal of Geosciences 12, 1–16, <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4754-9>
- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. Eos, transactions american geophysical union, 13(1), 350-361.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological society of America bulletin, 56(3), 275-370.
- Hoşgören, M.Y. (2004). Hidrografyanın Ana Çizgileri I Yeraltı Suları-Kaynaklar-Akarsular, Çantay Kitabevi, İstanbul. 165 s.
- Hölting, B., & Coldewey, W. G. (2019). Surface water infiltration. In: Hydrogeology. Springer; Berlin, Heidelberg, p. 33–37
- Islam, K. (2024). GIS based flood susceptibility mapping in the Keleghai river basin, India: a comparative assessment of bivariate statistical models. Discover Water, 4, 129, <https://doi.org/10.1007/s43832-024-00186-7>
- Işık, F., Bahadır, M., Zeybek, H. İ., & Çağlak, S. (2020). Karadere Çayı Taşkını (Araklı -Trabzon). Mavi Atlas, 8 (2), 526-547, <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.788991>
- Jeet, P., Singh, A. K., Upadhyaya, A., Das, A., Kumar, R., Sundaram, P. K., Kumari, A., Saurabh, K., Singh, D., & Kumar, P. P. (2024). A Multivariate Geomorphometric Approach to Prioritize Drought Prone Sakri Basin for Land and Water Resource Management. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 52, 1297–1314,. <https://doi.org/10.1007/s12524-024-01884-4>
- Jonkman, S.N., Curran, A., Bouwer, L.M. (2024). Floods have become less deadly: an analysis of global flood fatalities 1975–2022, Natural Hazards, 120, 6327–6342, <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06444-0>
- Kadioğlu, M. (2019). Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi, Marmara Belediyeler Birliği, Kültür Yayınları. İstanbul.

- Kalıpcı, E. , Başer, V. , Türkmen, M., Genç, N. & Cüce, H. (2021). Türkiye Kıyılarında Deniz Suyu Sıcaklık Değişiminin CBS ile Analizi ve Ekolojik Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7 (2) , 278-288, <https://doi.org/10.21324/dacd.829938>
- Kasalak, A. F., Aksu, S., Eroğlu, H., & Şirin, O (2010). Taşkından korunma tesislerine müd-haleler ve ülkemizde yaşanan taşkın olaylarının değerlendirilmesi, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 22-24 Mart 2010 Afyonkarahisar, 125-134.
- Kaya, Ç. M. (2017). Akım Gözlem İstasyonu Bulunmayan Taşkın Havzalarındaki Değişimlerin Taşkın Riskine Etkisinin Belirlenmesi: Rize, Güneysu Örneği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi
- Kaya, Ç. M., & Derin, L. (2023). Parameters and methods used in flood susceptibility mapping: a review, *Journal of Water and Climate Change*, 14 (6), 1935–1960. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.035>
- Kılıçer, Ü., Değirmencioğlu, N., & Yayvan, M. (2000), Meteorolojik Kaynaklı Doğal Afetler Alt Komisyon Raporu, Ankara, 28 s., <http://www.kizilay.org.tr/images/pdf/DPT4.pdf>, (31.08.2005 tarihli tarama).
- Kıranlı Güngör, S., & İlişen, E. (2018). Öğretmenlerin Örgütsel Destek Algıları İle Örgütsel Bağlılıkları Arasındaki İlişkinin Analizi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(1), 962-977.
- Krishnan, A., & Arjun S, (2024). Morphometric analysis in the sub basins of the Kali River using Geographic Information System, Karnataka, India, *Geomatica*, 76 (2), 100013, <https://doi.org/10.1016/j.geomat.2024.100013>.
- Koç, G., & Thicken, A. H. (2016). Societal and economic impacts of flood hazards in Turkey- an overview, *E3S Web of Conferences* 7 05012, FLOODrisk 2016 - 3rd European Conference on Flood Risk Management
- König, A., Sağrov S., & Schilling, W. (2002). Damage assessment for urban flooding. *Bridges*, 10(40644), 273.
- Kömüşcü, A.Ü., Dorum, A., & Ceylan, A. (2003). Yağış Şiddeti ve Tekerrür Sürelerine Göre Sel ve Taşkın Riski Analizi. 19-21 Mart 2003. III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 19-21 Mart, 235-244. İstanbul
- Kömüşcü, A. Ü., Aksoy, M., Çelik, S., Ciba, Ö. F., Uğurlu, A., Turgu, E., & Ünal, E. (2021). 22 Ağustos 2020 Tarihinde Giresun ve İlçelerinde Meydana Gelen Şiddetli Yağış ve Sel Olayının Meteorolojik ve Hidrometeorolojik Analizi. *Su Kaynakları*, 6(1), 1-14.
- Kron, W. (2015). Flood disasters-a global perspective, *Water Policy* 17, 6–24, <https://doi.org/10.2166/wp.2015.001>

- Kulga, Z. (1990). Havzaya düşen yağış miktarı ve şiddetinin taşkınlara etkisi, Trabzon ve Yöresi 20 Haziran 1990 Sel Felaketi Sempozyumu Bildiriler Kitabı 22-24 Kasım 1990 Trabzon, 1-16.
- Lin, Q., & Wang, Y. (2018). Spatial and temporal analysis of a fatal landslide inventory in China from 1950 to 2016. *Landslides*, 15, 2357–2372, <https://doi.org/10.1007/s10346-018-1037-6>
- Lutgens, F.K., Tarbuck, E.J., & Tasa, D. (2014). Genel Jeoloji Temel İlkeleri, 11. Basımdan Çeviri Gözden Geçirilmiş Yeni Basım. Çeviri Editörü Prof. Dr. Cahit Helvacı. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Mahato, R., Bushi, D., Nimasow, G., Barman, B., Joshi, R.C., Yadava, R.S. (2023). Evaluating the Performance of Multi-criteria Decision-making Techniques in Flood Susceptibility Mapping. *Journal of the Geological Society of India*, 99, 1549–1562, <https://doi.org/10.1007/s12594-023-2507-6>
- Mater, B. (2004). Toprak Coğrafyası. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- McFarlane, A. C., & Williams, R. (2012). Mental health services required after disasters: Learning from the lasting effects of disasters. *Depression research and treatment*, <https://doi.org/10.1155/2012/970194>
- Memiş, L., & Düzgün, S. (2020). İklim Değişikliği ve Kentsel Alanda Seller: Beşikdüzü Seli (2016) Örneği. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, 45, 252-279. <https://doi.org/10.17498/kdeniz.660457>
- Melton, M. A. (1957). An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology. Columbia Univ, Department of Geology, Technical Report, No: ONR-11, NewYork
- Menteşe, S., & Tağl, Ş. (2016). Türkiye’de Depremlerin Mekânsal Dağılımı: Jeo-İstatistiksel & Mekansal İstatistiksel Bir Yaklaşım, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(45), 408-414.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2024). Artvin, Hopa, Rize, Trabzon bölge, Trabzon havalimanı ve Gümüşhane istasyonlarının meteorolojik verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Ankara.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2025). Türkiye’de standart zamanlarda görülen en yüksek yağış miktarları, yer ve tarihleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/maksimum-yagislar.aspx>
- Minca, G. (2013). Assessment of the flash flood potential of Bâsca River Catchment (Romania) based on physiographic factors, *Central European Journal of Geosciences*, 5/3, 344-353
- Mishra, B.P., Satapathy, D.P., Ghose, D.K. (2025). Tree-Based Model for Flood Susceptibility Mapping: A Case Study. In: Janardhan, P., Choudhury, P., Kumar, D.N. (eds) *Water and Environment, Volume 1. ICWROEE 2024. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 413. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-7699-3_27

- Mitchell, A. (2005). *The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2*. ESRI Press.
- Moore, T.W., & McGuire, M.P. (2019). Using the standard deviational ellipse to document changes to the spatial dispersion of seasonal tornado activity in the United States. *npj Climate and Atmospheric Science* 2, 21, <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0078-4>
- NASA (2025). https://asterweb-jpl-nasa-gov.translate.google.com/translate?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=tr&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=tc
- Obi Reddy., G. E., Maji, A. K., & Gajbhiye, K.S. (2002). GIS for morphometric analysis of drainage basins, *GIS India*, 4, 9-14
- Okuyucu, A., & Somuncu, M. (2012). Osmaneli Kentsel Sit Alanındaki Kültürel Mirasın Korunmasında CBS'nin Önemi, TÜCAUM VII. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, Ankara, Turkey, 18-19 October 2012, pp.134-145
- Orman Genel Müdürlüğü (OGM). (2019). Meşçere verisi. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ödeker, B., & Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi Havzası'nın (Rize/Çayeli) Morfometrik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) İle Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60(1), 14-38.
- Önder, Y. E., & Kavzoğlu, T. (2020). Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımları ile Trafik Kaza Yoğunluk Analizleri: İstanbul Örneği. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 2(1), 1-9.
- Öz, T. (2022). Solaklı Çayı Havzası'nın (Trabzon) Uygulamalı Jeomorfolojisi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Özdemir, Z., & Özkaynak Yolcu, M. (2024). İklim Değişikliğinin ve Kentleşmenin Etkilerini Akarsu Kıyısı Yerleşim Alanlarında Sel Felaketi Üzerinden Tartışmak. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 10(2), 314-333. <https://doi.org/10.21324/dacd.1383055>
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. *Journal of Geography*, 35, 17-27. <https://doi.org/10.26650/JGEOG295515>
- Pareta, K., & Pareta, U. (2011). Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) data and GIS. *International journal of Geomatics and Geosciences*, 2, 248-269.
- Patton, P.C., (1988). Drainage Basin Morphometry and Floods, in Victor R.Baker, R.Craig Kochel, Peter C. Patton (Edts). *Flood Geomorphology*, Wiley.
- Pfahl, S., O'Gorman, P. A., & Fischer E. M. (2017). Understanding the regional pattern of projected future changes in extreme precipitation, *Nature Climate Change*, 7, 423-7.

- Piton, G., Horiguchi, T., Marchal, L., & Lambert, S. (2020). Open check dams and large wood: head losses and release conditions, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(12), 3293-3314
- Plataridis, K., & Mallios, Z. (2024). Mapping flood susceptibility with PROMETHEE multi-criteria analysis method. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 41267–41289, <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33895-6>
- Polat, P. (2017). Rize’de Şehirsel Gelişimin Jeomorfolojik Birimler Üzerindeki Etkisi ve Şehri Etkileyen Afetler, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Doktora Tezi
- Polat, P., & Sunkar, M. (2017). Rize’nin İklim Özellikleri ve Rize Çevresinde Uzun Dönem Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Trend Analizleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27(1), 1-23, <https://doi.org/10.18069/firatsbed.346684>
- Polat, S., & Polat, O. (2007). Sel Felaketinin Nedenleri ve Alınabilecek Önlemler, Feke-Değirmendere Havzası Örneği , TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Kasım 2007 Kongre Sempozyum Bildiriler Kitabı, 413-421.
- Prakash, A. J., Begam, S., Vilímek, V., Mudi, S., & Das, P. (2024). Development of an automated method for flood inundation monitoring, flood hazard, and soil erosion susceptibility assessment using machine learning and AHP–MCE techniques. *Geoenvironmental Disasters*, 11, 14, <https://doi.org/10.1186/s40677-024-00275-8>
- Quaicoe, J., & Sapah, M. S. (2025). A novel approach of the application of drainage morphometry and analytical hierarchy process to the flood susceptibility assessment of the ungauged Kakum River basin, using remote sensing data. *Modeling Earth Systems and Environment*, 11, 48, <https://doi.org/10.1007/s40808-024-02199-6>
- Reis, S., Bayrak, T., Yalçın, A., Atasoy, M., Nişancı, R., & Ekercin, S. (2008). Rize Bölgesinde Yağış Heyelan ilişkisi. *Jeodezi Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 99, 5-9.
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2022). Natural Disasters. Published online at OurWorldinData.org. Retrieved from: ‘<https://ourworldindata.org/natural-disasters>’ [Online Resource]
- Roy, S., Uddin, Md. G., Abdelrahman, K., Fnais, M. S., & Abioui, M., (2025). Assessing the impact of digital elevation model resolution on hypsometric analysis in large river Basins (India): a non-parametric statistical approach. *Earth Science Informatics*, 18, 90, <https://doi.org/10.1007/s12145-024-01607-w>
- Saikia, J., Saikia, S. & Hazarika, A. (2024). An assessment of flood susceptibility using AHP and frequency ratio (FR) in the Lakhimpur district of Assam,

- India. Environment, Development and Sustainability, <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05312-y>
- Sandal, E. K., Karabulut, M., & Gürbüz, M. (2003). Türkiye'nin ağırlıklı nüfus merkezleri, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 1(2), 13-24.
- Sarıgül, O., & Turoğlu, H. (2020). Kahramanmaraş Şehri Sel ve Taşkınlarının Coğrafi Analizi ve Öngörüler. *Journal of Geography*, 40, 275-293. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0018>
- Saya, Ö., & Güneç, E. (2014). *Türkiye Bitki Coğrafyası*, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646.
- Shah, Syed Mustakim Ali., & Hasan, G. M. Jahid. (2016). Interdependence Between Dry Days And Temperature Of Sylhet Region: Correlation Analysis. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 10 (2), 145-54, <http://www.jstor.org/stable/26203452>.
- Shahid, S. (2011). Trends in extreme rainfall events of Bangladesh. *Theoretical and Applied Climatology*, 104, 489-499.
- Sharma, S.K., Gajbhiye, S., Tignath, S., & Patil, R.J. (2018). Hypsometric Analysis for Assessing Erosion Status of Watershed Using Geographical Information System Hydrologic Modeling, 263-276
- Shekar, P.R., & Mathew, A. (2022). Evaluation of Morphometric and Hypsometric Analysis of the Bagh River Basin using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques, *Energy Nexus*, 7, 100104, <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100104>.
- Shekar, P. R., & Mathew, A. (2024). Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques, *Watershed Ecology and the Environment*, 6, 13-25, <https://doi.org/10.1016/j.wsec.2023.12.001>.
- Shivhare, V., Kumar, A., Kumar, R., Shashtri, S., Mallick, J., & Singh, C. K. (2024). Flood susceptibility and flood frequency modeling for lower Kosi Basin, India using AHP and Sentinel-1 SAR data in geospatial environment. *Natural Hazards* 120, 11579-11610, <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06614-0>
- Sivakumar, B. (2011). Global climate change and its impacts on water resources planning and management: assessment and challenges. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25, 583-600. <https://doi.org/10.1007/s00477-010-0423-y>

- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological society of America bulletin, 63(11), 1117-1142
- Strahler, A.N. (1954). Quantitative geomorphology of erosional landscapes 19th international geologic congress, Section XIII (1954), 341-354
- Strahler, A.N. (1964) Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow VT (ed) Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill, New York, 439-476
- Sunkar, M., & Tonbul, S. (2010). İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri. Nature Sciences, 5(4), 255-273.
- Sunkar, M., & Tonbul, S. (2011). Batman'da (Güneydoğu Türkiye) Sel ve Taşkınların Oluşumunda Beşeri Faktörlerin Etkisi. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 10(37), 267-292.
- Supermap. (2025). <https://help.supermap.com/iDesktop/en/tutorial/Analyst/SpatialStatisticalAnalysis/MeasureDirection/>
- Sutradhar S., & Mondal, P. (2023). Prioritization of watersheds based on morphometric assessment in relation to flood management: a case study of Ajay river basin, Eastern India. Watershed Ecology and the Environment, 5, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.wsec.2022.11.011>
- Şahin, C., & Sipahioğlu, Ş. (2003). Doğal Afetler ve Türkiye, Gündüz Eğitim Yayıncılık, Ankara, 472 s.
- Tağıl, Ş., & Alevkayalı, Ç. (2013). Ege Bölgesinde Depremlerin Mekânsal Dağılımı: Jeostatistiksel Yaklaşım, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6(28), 369-379.
- Tanrıverdi, M. (2019). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok ölçütlü karar analizi ile Şanlıurfa il Merkezi'nin taşkın alanlarının belirlenmesi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
- Taromideh, F., Fazloulou, R., Choubin, B., Emadi, A., & Berndtsson, R. (2022). Urban Flood-Risk Assessment: Integration of Decision-Making and Machine Learning. Sustainability, 14, 4483. <https://doi.org/10.3390/su14084483>
- Taşoğlu, E., Öztürk, M. Z., & Yazıcı, Ö. (2024). High Resolution Köppen-Geiger Climate Zones of Türkiye, International Journal of Climatology, 44(14), 5248-5265, <https://doi.org/10.1002/joc.8635>
- Theil, H. (1950). A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. Indagationes Mathematicae, 12(85), 173
- Tola, S.Y., & Shetty, A. (2022). Flood susceptibility modeling based on morphometric parameters in Upper Awash River basin, Ethiopia using geospatial techniques. Sustainable Water Resources Management, 8, 49, <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00642-z>

- Tonbul, S., & Sunkar, M. (2011). Batman'da yaşanan Sel ve Taşkın Olaylarının (31 Ekim-1 Kasım 2006) Sebep ve Sonuçları. Fiziki Coğrafya Araştırmaları Sistematik ve Bölgesel. Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No:5, 237-258, ISBN:978-975-6686-03-4 İstanbul
- Toprak, A., & Sunkar, M. (2022). Ağrı İlinde Meydana Gelen Doğal Afetlerin Mekânsal ve Zamansal Analizi. *Journal of Geography* 44, 97-113. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2022-978387>
- Traoré, K., Fowe, T., Ouédraogo, M., Zorom, M., Bologo- Traoré, M., Toé, P., & Karambiri, H. (2024). Mapping urban flood susceptibility in Ouagadougou, Burkina Faso. *Environmental Earth Sciences* 83, 561. <https://doi.org/10.1007/s12665-024-11871-0>
- Turgut, Ü. (2007). Doğu Karadeniz Bölgesinde Sel Felaketine Neden Olan Sinoptik Modellerin Tahmin Tekniği Açısından İncelenmesine Dönük Karşılaştırmalı Bir Araştırma, TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Kasım 2007, Kongre Sempozyum Bildiriler Kitabı 133-141.
- Turna, B., Taşdöğen, T., Delioğlu, İ., & Toprak, A. (2024). Rize İlinde Meydana Gelen Hidrolojik ve Meteorolojik Afetler, VI. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi (UCEK/ICGE-6), Özetler Kitabı, 175-176,
- Turoğlu, H. (1997). İyidere Havzasının hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, 32, 355-364.
- Turoğlu, H. (2000). Doğal Ortam Analizi ve Düzenleme-Planlama Çalışmaları, *Coğrafya Dergisi*, 8, 201-212. Yayınlanma tarihi 24/05/2012
- Turoğlu, H. (2004) Bartın Çayı Havzasının Hidrografik Doğal Afet Risk Analizi, İstanbul Üniversitesi, BAP, No: 1700/15082001, Tamamlanma tarihi 2004, (Basılmamış) (Proje Yürütücüsü: H. Turoğlu, Yardımcı Araştırmacılar: H. Özdemir, B. Gönengil, B. Mater)
- Turoğlu, H., & Özdemir, H. (2005). Bartın'da sel ve taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2010). Yapılaşmanın doğal akım yönü ve akım birikimi üzerindeki etkileri. TÜCAUM, 6. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, Bildiriler Kitabı içinde (s.29-36). Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Turoğlu, H. (2011). Şehirsel Gelişmenin İstanbul Selleri Üzerindeki Etkisi. İstanbul'un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu 2010, Bildiriler Kitabı, İTO Yayınları, Yayın no:2011- 13, ISBN 978-9944-60-970-8, 46-56, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2014). İklim değişikliği ve Bartın Çayı Havza yönetimi muhtemel sorunları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12 (1), 1-22. DOI: 10.1501/Cogbil_0000000150
- Turoğlu H., Erginal A. E. , Cürebal İ., & Döker M. F. (2015). Hopa'da Yağışın Tetiklediği Sel, Taşkın ve Heyelan Afetleri (24.08.2015) [Torrent, Flood and Landslide Disasters (24.08.2015) Triggered by Rainfall in Hopa

- (Artvin)], Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu 2015, Samsun, Türkiye, 15-17 Eylül 2015, 553-557
- Turoğlu, H. (2019). Şehir Seli ve Taşkını Araştırmalarında Sayısal Yüzey Modellemesi (SYM) ve İnsansız Hava Aracı (İHA) Verisi Kullanımı, İçinde Ebru Akköprü, M.Fatih Döker (Edts). Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları, 1-28, Pegem Akademi
- Turoğlu, H., Uludağ, M. & Aykut, T. (2020). Meriç Nehri Yatak İçi Kum Alımının Jeomorfolojik Değerlendirmesi. Coğrafya Dergisi, 40, 295-305, <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0023>
- Türkeş, M. (2010). Klimatoloji ve Meteoroloji, Kriter Yayınevi, İstanbul
- Uğur, A., & Aliğaoglu, A. (2019). Şehir Coğrafyası, Gözden Geçirilmiş 7. Basım, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Ulupınar, Y., Çelik, S., Gülsoy, E., Akbaş, A. İ., & Köse, S. (2015). 24 Ağustos 2015 Tarihinde Hopa'da Meydana Gelen Şiddetli Yağışın Meteorolojik ve Hidrometeorolojik Analizi, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/hopa-yagis.pdf>, 12. 10. 2019.
- Ural, A., & Kılıç, İ. (2013). Bilimsel araştırma süreci ve SPSS ile veri analizi. Ankara: Detay Yayıncılık
- Usta, G. (2023). Dünya'da meydana gelen afetlerin istatistiksel olarak analizi (1900-2022). Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14(1), 172-186, <https://doi.org/10.36362/gumus.1138791>
- Uzun, A., & Uzun, S. (2003). Aşırı yağışların tetiklediği yer kaymaları ve Selamet köyü heyelânı (Güneysu-Rize). Sırrı Erinç Sempozyumu 11-13 Eylül 2003 (355-359), İstanbul
- Uzun, A. (2007). Doğu Karadeniz Kıyı Kuşağında Coğrafi Yapı ve Sel İlişkisi, TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Kasım 2007, Kongre Sempozyum Bildiriler Kitabı, 387-393.
- Ünal, A., Çamcı, K.G., & Ersoy Tonyaloğlu, E. (2022). Çok Kriterli Karar Analizi İle Doğal Afetlerde Haritalama: Aydın İli Sel-Taşkın Riski Örneği. Uluslararası Çalışmalar Dergisi, 6 (2), 136-150
- Vittala, S. S., Govindaiah, S., & Gowda, H. H. (2004). Morphometric Analysis of sub-Watersheds in the Pavagada Area of Tumkur District, South India, Using Remote Sensing and GIS Techniques. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 32, 351-362, Doi: 10.1007/BF03030860.
- XLSTAT (2024). XLSTAT Desktop Help. XLSTAT Software.
- Xu, K., Zhuang, Y., Bin, L., Wang, C., & Tian, F. (2023). Impact assessment of climate change on compound flooding in a coastal city. Journal of Hydrology, 617 Part C, 129166.

- Yadi, A. (2014). Cumhuriyet Döneminde Giresun'da Meydana Gelen Doğal Afetler ve Alınan Tedbirler (1924-1981). *Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1(1), 18-35. <https://doi.org/10.20860/ijoses.34436>
- Yang, H., Zou, T. & Liu, B. (2025). Assessment of urban flood susceptibility based on a novel integrated machine learning method. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197, 25, <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13496-z>
- Yakar, M. (2011). Nüfus Dağılımının Mekânsal Analizi: Afyonkarahisar İli Örneği. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(19), 388-406.
- Yariyan, P., Avand, M., Abbaspour, R.A., Haghghi, A.T., Costache, R., Ghorbanzadeh, O., Janizadeh, S., & Blaschke, T. (2020). Flood susceptibility mapping using an improved analytic network process with statistical models, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 2282-2314, DOI: 10.1080/19475705.2020.1836036
- Yaşar Korkanç, S., & Korkanç, M. (2006). Sel ve Taşkınların İnsan Hayatı Üzerindeki Etkileri, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 8(9), 42-50.
- Yaşarul, S., Duyu, E., & Toprak, A. (2024). Hidrolojik Afetlerin Zamansal ve Mekânsal Dinamiklerinin Ortaya Çıkarılmasına Bir Örnek: Trabzon, VI. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi (UCEK/ICGE-6), Özetler Kitabı, 177-178.
- Yıldırım, Ü. (2021). Trabzon (KD Türkiye) Akarsu Havzalarının Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Morfometrik Analiz Yoluyla Hidrolojik Değerlendirmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1), 244-253, <https://doi.org/10.24011/barofd.894180>
- Yılmaz, G., & Usta, G., (2019). Artvin ili Hopa sel afetinin afet yönetimi açısından etkinliğinin değerlendirilmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(67), 1124-1132.
- Yılmaz, C. B., Demir, V., & Sevimli, M. F. (2021). Doğu Karadeniz Bölgesi Meteorolojik Parametrelerinin Trend Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 24, 489-496. <https://doi.org/10.31590/ejosat.916018>
- Yılmaz, B. A., Özgün, B., & Gözet, E. (2024). 20 Eylül 2024 Tarihinde Türkiye'de Meydana Gelen Şiddetli Yağış ve Sel Olayının Meteorolojik Analizi (Trabzon ili, Araklı ve Çevre İlçeleri). *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 3(6), 140-166.
- Youssef, A. M., Pradhan B., & Hassan A. M. (2011). Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*, 62, 611-623. <https://doi.org/10.3390/w11020364>
- Yuill, R. S. (1971). The standard deviational ellipse; an updated tool for spatial description. *Geografiska Annaler. Series. B Human Geography*, 53, 28-39.

- Yurt, R. (2013). İklim değişikliği ve plansız şehirleşmenin Giresun şehrinde yol açtığı sel felaketleri. TMMOB Taşkın ve Heyelan Sempozyumu 24-26 Ekim 2013, Trabzon, 173-190.
- Yüksek, T. (2017). Land Use, Some Forestry Studies and a General Evaluation of the Temporal Distribution of Precipitation in Rize. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 2(3), 59-66. <https://doi.org/10.35229/jaes.359157>
- Yüksek, Ö., Anılan, T., Akçalı, E. (2021). Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetimi. içinde Editör Prof. Dr. Dilek Beyazlı, Doğu Karadeniz Doğal Çevre Tartışmaları, 1-25, Livre de Lyon yayınları, Lyon.
- Yüksek, Ö., Babacan, H. T., & Yüksek, O. (2022). Doğu Karadeniz Havzası'nda Taşkın Sebepleri, Zararları ve Taşkın Yönetimi Çalışmaları. *Türk Hidrolik Dergisi*, 6(2), 36-46.
- Zăvoianu, I. (1985a). Perimeter of Drainage Basins, in, Editor(s): Ion Zăvoianu, *Developments in Water Science, Morphometry of drainage basins*, Elsevier, 20, 88-102, [https://doi.org/10.1016/S0167-5648\(08\)70418-0](https://doi.org/10.1016/S0167-5648(08)70418-0).
- Zăvoianu, I. (1985b). Basin Shape, in, Editor(s): Ion Zăvoianu, *Developments in Water Science, Morphometry of drainage basins*, Elsevier, 20, 103-113, [https://doi.org/10.1016/S0167-5648\(08\)70418-0](https://doi.org/10.1016/S0167-5648(08)70418-0).
- Zumara, R., & Nasher, N. M. R. (2024). Hypsometric analysis for determining erosion susceptibility of Karnaphuli Watershed, Bangladesh, using remote sensing and GIScience, Editor(s): Subodh Chandra Pal, Uday Chatterjee, Rabin Chakraborty, *Modern Cartography Series*, Academic Press, 12, 25-45, <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23890-1.00002-5>.
- Zuo, Z., & Zhang, R. (2012). The anomalies of spring rainfall in China and its relation with tropical Pacific SST and Eurasian snow. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 36 (1), 185– 194, DOI: 10.3878/j.issn.1006-9895.2012.01.14

İnternet Kaynakları

- URL 1 <https://ourworldindata.org/natural-disasters>. 18/01/2025 tarihinde erişildi.
- URL 2 <https://wiki.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=216253992#a6189d68dbb34b87b92a916b13ddcd0f>.
- URL 3 https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/koppen.pdf.
- URL 4 (<https://www.britannica.com/science/Acrisol>)
- URL 5 <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/>)
- URL 6 <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>

URL 7 https://onlinemanuals.txdot.gov/TxDOTOnlineManuals/TxDOTManuals/hyd/time_of_concentration.htm#i1108172

URL 8 Doğu Karadeniz'in kabusu! 90 yılda 644 ölü <https://www.habergazetesi.com.tr/haber/5533427/dogu-karadenizin-kabusu-90-yilda-644-olu> (Erişim Tarihi: 28.2.2020)

URL 9 <https://www.trthaber.com/foto-galeri/derelide-selin-enkazi-kaldiriliyor/28276/sayfa-8.html>

YARARLANILAN HARİTALAR: Harita Genel Müdürlüğü 1/25000 ölçekli E 47, 48, F41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, G 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, H 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, I 40, 41, 42 ve 43.Paftaları

Doğu Karadeniz Bölümü'nde Meydana Gelen Sel ve Taşkınların Analizi (1955-2022)

Dr. Öğretim Üyesi Vedat AVCİ