

Susurluk-Orhaneli Alt Havzası'nda Doğal Koşullara Bağlı Afet Riskleri ve Havza Yönetimine Etkisi

Disaster Risks Due to Natural Conditions in Susurluk-Orhaneli Sub-Basin and Their Effects on Basin Management

Yunus Emre TAN¹ 

Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Nuriye GARİPAĞAOĞLU² 

Marmara Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri
Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye



Açıklama: Bu makale "Susurluk-Orhaneli Alt Havzası'nın Coğrafi Potansiyeli ve Sürdürülebilir Yönetimi" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

Geliş Tarihi/Received	12.05.2025
Revizyon Talebi/ Revision Date	25.06.2025
Kabul Tarihi/Accepted	13.06.2025
Yayın Tarihi/Publication Date	25.06.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author: Yunus Emre TAN

E-mail: emretan01@gmail.com

Atf: Tan, Y.E., & Garipağaoğlu, N. (2025). Susurluk-Orhaneli Alt Havzası'nda Doğal Koşullara Bağlı Afet Riskleri ve Havza Yönetimine Etkisi. *Dünya Coğrafyası ve Kalkınma Perspektifi Dergisi*, (7), 29-44.

Cite this article: Tan, Y.E., & Garipağaoğlu, N. (2025). Disaster Risks Due to Natural Conditions in Susurluk-Orhaneli Sub-Basin and Their Effects on Basin Management. *Journal of World Geography and Development Perspectives*, (7), 29-44.

ÖZ

Çevre, doğal sistemlerin işleyişi sürecinde insan faaliyetleri nedeniyle giderek daha fazla baskı altına girmektedir. Nüfus artışı ve teknolojik ilerlemeler, su, toprak ve enerji gibi doğal kaynakların sürdürülebilirliğini tehdit etmekte; aynı zamanda ekosistemlerin işlevselliğini zayıflatmaktadır. Bu durum, yerel ölçekte gelişen çevresel sorunların küresel düzeyde etkiler doğurmasına neden olmakta; iklim değişikliği, habitat kaybı ve doğal afetlerin sıklık ve şiddetini artırmaktadır. Bu çerçevede, havzalar su kaynaklarının korunması ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi açısından stratejik coğrafi birimlerdir. Havza yönetimi, yalnızca doğal afet risklerini değil; sosyal, ekonomik ve kültürel dinamikleri de gözeterek bütüncül bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Orhaneli Çayı Havzası, ekolojik çeşitlilik ve doğal kaynak potansiyeli bakımından önemli bir alan olmakla birlikte, aktif fay zonlarına yakınlığı, engebeli topografyası, sanayi ve madencilik faaliyetleri ve yerleşmeler nedeniyle doğal afet risklerine açıktır. Bu çalışmada, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle havzanın tehlike duyarlılık analizleri kapsamında havza yönetimi incelenmiştir. Çalışmada AHS analizi ile deprem, erozyon, heyelan, sel, taşkın, kuraklık, orman yangını ve antropojenik kaynaklı tehlike duyarlılık haritaları oluşturulmuştur. Özellikle Tavşanlı ilçe merkezi ve Orhaneli ilçe merkezindeki yerleşmelerin alüvyal sahalarda olması ve taşkın sahası içerisinde kalması sonucunda; deprem, sel ve taşkın riskinin buralarda yoğunlaşmasına neden olduğu görülmektedir. Ayrıca orman sahasının yanlış arazi kullanımı ile tarım sahası olarak kullanılması antropojenik kaynaklı riski de beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda üretilen 8 farklı tehlike duyarlılık analizi sonucu havzanın, çevresel yönetim stratejilerinin geliştirilmesi, yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi ve doğal afetlere karşı dirençli bir havza planlamasının uygulanması önerilmektedir. Çalışma, Orhaneli Havzası'nda sürdürülebilir bir yönetim modeline katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Keywords: Analytical hierarchy process (AHP), Basin management, Geographic information systems, Hazard susceptibility, Natural disasters, Orhaneli stream basin.

ABSTRACT

The functioning of natural systems is increasingly pressured not only by environmental processes but also by human activities. Population growth and technological advancements threaten the sustainability of natural resources such as water, soil, and energy, while weakening ecosystem functionality. Consequently, environmental problems emerging on a local scale are producing global effects, including climate change, habitat loss, and increased frequency and intensity of natural disasters. In this context, watersheds are strategic geographical units for the protection of water resources and the sustainable management of natural assets. Effective watershed management requires a holistic approach that considers not only natural disaster risks but also social, economic, and cultural dynamics. The Orhaneli Stream Watershed, with its rich ecological diversity and natural resources, is also vulnerable to natural hazards due to its proximity to active fault zones, steep topography, industrial and mining activities, and settlements. This study employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) to assess hazard susceptibility within the watershed. AHP-based analyses produced susceptibility maps for various hazards, including earthquakes, erosion, landslides, floods, droughts, forest fires, and anthropogenic threats. The concentration of settlements in alluvial areas, particularly in Tavşanlı and Orhaneli town centers, has increased their exposure to earthquake and flood risks. Moreover, the conversion of forest land to agricultural use has elevated anthropogenic risk. Based on the eight hazard susceptibility analyses, the study recommends strategies for environmental management, evaluation of renewable energy potential, and disaster-resilient watershed planning. Ultimately, the study aims to contribute to a sustainable watershed management model for the Orhaneli River Basin.

Keywords: Analytical hierarchy process (AHP), Basin management, Geographic information systems, Hazard susceptibility, Natural disasters, Orhaneli stream basin.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Giriş

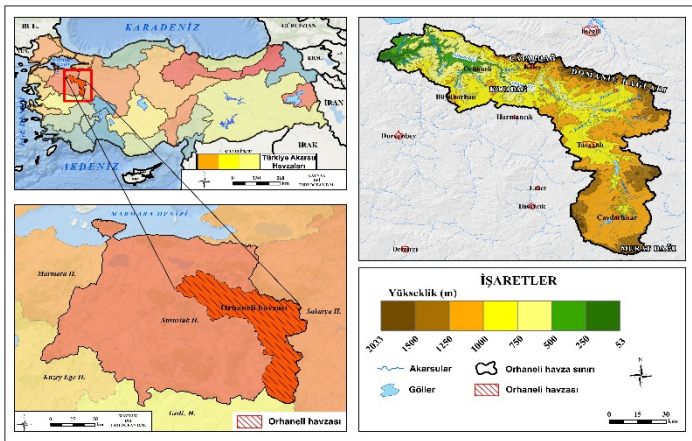
Doğal sistemlerin işleyişi, çevresel süreçlerle birlikte insanoğlunun artan müdahalesine maruz kalmakta, bu durum doğal kaynakların dengesi üzerinde önemli değişimlere yol açmaktadır. Özellikle nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler, su, toprak ve enerji gibi kaynakların sürdürülebilirliği açısından dezavantaja neden olurken, ekosistemlerin işlevselliğini de tehdit etmektedir. Bu süreçler, yerel ölçekte ortaya çıkan sorunların küresel boyutlara taşınmasına yol açarak iklim değişikliği, habitat kaybı, antropojenik etkenli değişimlerle birlikte doğal afetlerin etkisini artırmaktadır (Garipağaoğlu ve Uzun, 2021; IPCC, 2013).

Havza, ana akarsu ile kollarının yağış-kar sularını drene ettiği alanı kapsayan doğal kaynakların yönetimi açısından bütüncül bir yaklaşım coğrafi bir yapıdır (Garipağaoğlu & Uzun, 2021; White, 1997). Fiziksel sınırlarını doğal ortam koşullarının belirlediği bu alanlar, su kaynaklarının sürdürülebilirlik açısından yönetilmesi ve havza yönetimi için kritik bir rol oynamaktadır (Omernik ve Bailey, 1997). Havza yönetimi kavramı, jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik olarak sınırları belirlenebilen alanlardaki bütün doğal ortam unsurlarının, sosyal, ekonomik ve kültürel kalkınmayı da sağlayacak şekilde planlanması, geliştirilmesi ve yönetilmesidir (Garipağaoğlu ve Uzun, 2021; Torun, 2008). Bütüncül havza planlama kavramı ise, bir havzanın bütünüyle sahip olduğu doğal kaynaklarla ilgili ortamın (fiziki unsur, beşerî unsur ve ekonomik yapı) birlikte ele alınarak, bunların birbirleri üzerine olan etkileriyle ortaya çıkabilecek bozulmaların minimize edilmesi hedefidir (Garipağaoğlu, 2012). Bununla birlikte, havzaların çevresel baskılara karşı duyarlılığı, jeolojik ve iklimik yapıları ile beşeri faaliyetlerin yoğunluğuna bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu durum, havzaların yönetiminde yalnızca doğal risklerin değil, aynı zamanda beşeri kaynaklı etkilerin de dikkate alınmasını zorunlu hale getirmektedir (Garipağaoğlu, 2012; Grigg, 1999; Tan, 2019; Taştan ve Aydınoglu, 2015; Uzun, 2022). Havzaların planlanması, yalnızca fiziksel düzenlemelerle sınırlı kalmamakta, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği de hedefleyen disiplinler arası bir yaklaşımı gerektirmektedir (Wang, 1999).

Orhaneli Çayı Havzası, Marmara Bölgesi'nin güneyinde yer alan, doğal kaynak zenginliği ve ekolojik çeşitliliği ile öne çıkan bir alt havzadır. Bu çalışmada, Orhaneli Çayı Havzası'ndaki doğal risklerin mekânsal dağılımı, doğal ve beşeri etkileri ile birlikte ele alınacaktır. Bu araştırma, havzanın deprem, erozyon, heyelan, taşkın, sel, kuraklık, orman yangını ve antropojenik kökenli afetlere duyarlılığını Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile analiz etmektedir. Aynı zamanda, antropojenik risk faktörünün de değerlendirilmesi ile sürdürülebilir bir havza yönetimi için

öneriler sunmaktadır. Havzanın aktif fay hatlarına yakınlığı, eğimli topografyaya sahip olması, tarım, madencilik ve sanayi faaliyetlerinde yapılan hatalarla birlikte; deprem, heyelan, sel, taşkın, erozyon ve antropojenik kökenli bazı risklerin oluşumuna zemin hazırlaması söz konusudur. Bu durum doğal süreçleri daha karmaşık ve tehlikeli hale getirmektedir (Bakker, 2012; Blomquist ve Schlager, 2005; Chandra, 1990; Chen, 2007; Davenport ve Seekamp, 2013; EPA, 2013; Gleick, 2000; Hampton, 2013; Hebin ve Ueta, 2012; Mutekanga vd., 2013; Nearly, 2000; Pandey vd., 2007; Thornburn 2012; Zheng, 2004). Orhaneli Çayı Havzası'nda gerçekleştirilen analizler hem bölgesel hem de ulusal düzeyde havza yönetimi politikalarına katkı sağlayarak, doğayla uyumlu kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesine ışık tutmayı amaçlamaktadır.

Orhaneli Çayı Havzası, Susurluk Havzası'nın güneydoğusunda yer alan alt havzalarından birini oluşturmaktadır. Havzanın kuzeybatı kesimini Uludağ, doğusunu Domaniç Dağları ve çevresi oluştururken, kuzeyini Başköy Platosu ve Çataldağ çevrelemiştir. Havzanın güneyi Murat Dağı kuzey etekleriyle çevriliyken, batısında Burhan Dağı yer almaktadır. Çalışma sahasını güneydoğudan kuzeybatıya doğru teşkil eden Orhaneli Çayı; iki ayrı kaynaktan doğduktan sonra Esatlar mevkiinde birleşmektedir. Bu iki ayrı kaynak Damlalı Deresi ve Kısıklıboğaz Deresi olarak isimlendirilmiştir. Murat Dağı kuzey yamaçlarından, döküldüğü Uluabat Gölüne kadar toplamda 155 km uzunluğundadır. Orhaneli Çayı, Kütahya ilinin Gediz ilçesinden doğar ve Mustafakemalpaşa ilçesine 20 km kala Çamandar köyünde Mustafakemalpaşa Çayının batıdan gelen kolu olan Emet Çayı ile birleşerek Mustafakemalpaşa Çayı adını almakta ve daha sonra Uluabat Gölü'ne dökülmektedir. Orhaneli Çayını oluşturan iki koldan birincisi, Kütahya'nın güneyindeki Murat Dağı'nın kuzey eteklerinde Yoncalık mevkiinden doğarken, ikinci kol ise Simav'ın Dağardı yöresi civarından doğmaktadır. Orhaneli Çayı havza sınırları içerisinde yaklaşık 135 km uzunluğuna sahiptir. Coğrafi koordinatları; 38° 56' K – 40° 12' K enlemleri, 28° 23' D – 29° 54' D boylamları arasındadır. Orhaneli Çayı Havzası 4745 km² 'lik bir alan kaplamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Orhaneli Çayı Havzası'nın Lokasyon Haritası

Havza, karmaşık jeolojik yapıya sahip olup, farklı litolojik birimler ve aktif fay hatları ile dikkat çeker. Orhaneli Çayı Havzası, Anatolid/Torid bloğunun kuzey ucu ile Pontid'lerin Sakarya zonu güneyinden geçen İzmir-Ankara Süturu sınırında Kretase döneminde yüksek basınç/düşük sıcaklık koşullarında metamorfizma geçirmiş kesiminde yer almaktadır (Okay, 2011). Üst Kretase'de Neotetisin kuzey kolunun kapanmaya başlaması ile Anatolid/Torid bloğu ile Sakarya Zonu'nun çarpışması, büyük bir sıkışma rejimi altında dalmakta olan Anatolid/Torid bloğunun naplı bir yapıya bürünmesine katkıda bulunmuştur. Yüksek basınç/düşük sıcaklık koşullarında metamorfizmaya uğrayan bu bloğun kuzey ucu okyanus içi hendek boyunca derin gömülmeye maruz kalmıştır (Okay vd., 2006). Bölgede yüzeylenen en yaşlı kayalar karbonifer dönemine aittir. Orhaneli Havzası'nda Jura, Üst Kretase ve Üst Miyosen yaşlı araziler geniş yer kaplamaktadır.

Havzanın en alçak yeri 53 m, en yüksek yeri ise 2033 m'dir. Eğimin %50'nin üzerine çıktığı dağlık alanlar, güney ve kuzey kesimlerde yer alırken, batı ve doğuda hafif eğimli plato sahaları görülmektedir. Araştırma alanının sınırlarını ağırlıklı olarak hidrografik havza sınırı belirlemektedir. Genel olarak, havzanın taban bölgesini Çavdarhisar, Tavşanlı, Domaniç ve Orhaneli ovaları oluştururken, bu ovalardan çevreye doğru yükselti artmaktadır. Yükseltinin arttığı alanlardaki su bölümü çizgileri, havzanın sınırını tanımlamaktadır. Havzanın oluşumunda temel rol oynayan Orhaneli Çayı, güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda akışını sürdürmektedir.

MGM verilerinden alınan Büyükorhan (1986-2022), Domaniç (1969-2022), Keles (1969-2022), Orhaneli (1986-2022) ve Tavşanlı (1969-2022) meteoroloji istasyonlarına göre havzada yıllık ortalama sıcaklık 13,4°C olup, yağış miktarı uzun yıllar toplamı ortalaması 735 mm olarak hesaplanmaktadır. Havzada yağışlar kış ve ilkbahar aylarında yoğunlaşmakta, yaz mevsiminde ise belirgin bir kuraklık gözlemlenmektedir (Coşkun vd., 2022). Havzanın ana akarsu sistemini Orhaneli Çayı ve kolları

oluşturmaktadır. Akarsu ağı, düzensiz bir rejim sergilemekte olup, drenaj tipi genellikle dandritik yapıya sahiptir. Toprak özellikleri bakımından havzada kahverengi step, kırmızı-kahve akdeniz, kahverengi orman, kireçsiz kahverengi orman, alüvyal, kolüvyal ve rendzina gibi zengin bir toprak çeşitliliği bulunmaktadır. Bitki örtüsü, Avrupa-Sibiryaya floristik bölgesine bağlı olup, %75 oranında orman alanlarından oluşmaktadır. Özellikle Uludağ'ın ve Domaniç Dağları'nın eteklerinde geniş yapraklı ormanlar ve iğne yapraklı ağaç türleri hâkimdir. Tarım alanları ve meralar ise havzanın alüvyal düzlüklerinde yoğunlaşmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre havza 2024 yılı itibarıyla yaklaşık 300.000 kişilik bir nüfusa sahiptir. Nüfusun %68'i şehirlerde, %32'si ise kırsal alanda yaşamaktadır.

Orhaneli, Büyükorhan, Keles ve Domaniç ilçeleri, havzanın kırsal yerleşim yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerdir. Ekonomik faaliyetler arasında madencilik, taş ocakları, tarım, hayvancılık ve küçük ölçekli sanayi işletmeleri öne çıkmaktadır. Havzada yer alan maden sahaları, özellikle linyit kömürü ve krom üretiminde önem arz ederken, çevresel etkileri açısından da dikkat çekmektedir. Orhaneli Çayı Havzası hem doğal hem de beşeri unsurların etkisiyle çeşitli çevresel ve ekonomik dinamikler sergileyen bir bölgedir. Bu özellikler, havzanın doğal kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır.

Yöntem

Bu çalışmada, Orhaneli Çayı Havzası'na ilişkin tehlike duyarlılık analizleri ve havza yönetimi önerileri için çeşitli veri kaynakları ve yöntemler kullanılmıştır. Materyaller ve yöntemler, havzanın doğal ve beşeri özelliklerini kapsamlı bir şekilde anlamak ve analiz etmek için belirlenmiştir.

Harita Genel Müdürlüğü'nden elde edilen 1/25000 paftalarından yararlanılmıştır. Jeolojik ve jeomorfolojik yapının detaylı analizini yapmak, diri fay verilerini değerlendirmek ve harita üretim süreçlerinde kullanmak amacıyla, MTA'nın 1/100.000 serisine ait pafta ve 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası kullanılmıştır. Ayrıca, NASA tarafından sağlanan 30 metre çözünürlüklü AsterGDEM sayısal yükselti modeli (DEM) ile Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen topografya paftalarına ait yükseklik verileri karşılaştırılarak yararlanılmıştır. Elde edilen topografik veriler, daha önce yapılmış çalışmalar ve arazi gözlemleri ile desteklenerek, ArcGIS 10.4 yazılımı yardımıyla alanın jeomorfolojik yapısına ilişkin eğim, baki ve yükselti basamakları haritaları oluşturulmuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan uzun yıllara dayalı rasat verileri (Orhaneli ve çevresindeki istasyonlar), Devlet Su İşleri'nden (DSİ) temin edilen 4 adet Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) verileri; Çaltılıbük (1988-2021 – 65 m), Çayören (1994-2021 – 575 m), Dağgüney (1992-2021 – 365

m) ve Küçükilet (1944-2021 – 795 m)' akım gözlem istasyonlarına ait hidrografik veriler temin edilmiştir. Havzanın hidrometrik özellikleri AGİ verileri üzerinden değerlendirilmiştir. CORINE 2018 arazi kullanımı ve arazi örtüsü için kullanılmıştır. NDVI analizi için ise United States Geological Survey (USGS)'den 27.01.2025 tarihli Landsat uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) alınan 2024 yılı nüfus ve ekonomik faaliyet verileri, ilgili belediyelerden temin edilen imar planları ve openstreetmap yol ağı verileri ve yazılı-basılı kaynaklar ve arazi çalışmaları ile elde edilen saha bulgularından yararlanılmıştır.

Araştırmada ArcGIS programı kullanılarak havzanın sayısal yükselti modeli oluşturulmuştur. Yükselti modeli üzerinden havzanın yükselti, eğim, bakı ve drenaj ağı haritaları üretilmiştir. Bu haritalar, havzanın doğal yapılarını detaylı şekilde analiz etmek için kullanılmıştır. Ayrıca, jeolojik ve hidrojeolojik veriler ışığında sivilaşma potansiyeli, fay hatlarına mesafe ve kayaç geçirimsizliği haritaları hazırlanmıştır. İklim haritalarının hazırlanmasında cokriging interpolasyon yöntemi uygulanmış, sıcaklık, yağış, basınç ve evapotranspirasyon verileri analiz edilmiştir. Lapse Rate ve Schreiber ($Ph = Po + 54h$) formülleri ile sıcaklık ve yağış hesaplamaları yapılmıştır (Türkeş ve Şahin, 2018). Formülde, P yükseltisi bilinen, yağışı (mm) bulunacak bir noktayı, h , Ph ile Po arasındaki yükselti farkını (hektometre) ifade eder. Po ise yağış değeri ve yükseltisi bilinen karşılaştırma istasyonunun yağış tutarını (mm) (Doğru ve Güngöroğlu, 2021) ifade etmektedir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan alınan orman amenajman planları bölmecek düzeyleri verileriyle bitki örtüsü tasnif edilmiş, dağılışı belirlenerek bitki örtüsü haritası üretilmiştir. Güneş radyasyonu analizi, yükselti modeli verileri ile kombine edilerek gün içindeki ışıınım değerleri haritalandırılmıştır. Openstreetmap verilerinden elde edilen yol ağı, ulaşım sistemlerinin analizine katkı sağlamıştır. Tehlike duyarlılık analizlerinde kullanılan kriterler için oluşturulan haritalardaki mesafe verilerinde ArcGis-Buffer tekniği kullanılmıştır. Nemlilik indisi [$TWI = (([FA] + 1) / ([E] + 1)).Log$], akarsu güç indisi [$SPI = (\alpha * tan)$], jeomorfolojik uygunluk indisi, kayaç geçirimsizliği ve evapotranspirasyon verileri üretilmiştir (Uzun ve Garipağaoğlu, 2022a). Bitki örtüsünün yanma yanma potansiyelleri ve nem durumları, Uluslararası Jeosfer-Biyosfer Programı (IGBP) kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3).

Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenerek bunların birbirleriyle ikili şekilde karşılaştırılması ve önem derecesine göre sıralanması sonucunda yapılmaktadır. Karşılaştırmalı karar verme ve

tercih matrisinin oluşturulmasında belirlenen kriterler ve alt kriterler 1'den 9'a kadar birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Tablo 1). Bununla birlikte karşılaştırılacak hiyerarşi düzeyinde 'n' sayıda eleman bulunduğundan ' $n(n-1)/2$ ' formülü ile her karşılaştırma matris şeklinde düzenlenmiştir. Daha sonra bunların yüzde önem ağırlıkları, tutarlı bir şekilde belirlenmiştir. Tutarlılığının geçerliliği, tutarlılık indeksi ve oranının hesaplanmasıyla kontrol edilmiştir (Saaty ve Vargas, 2012; Özşahin ve Kaymaz, 2015). $CR = CI / RI$, $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ formüllerine göre tutarlılık oranı (consistency ratio) %10 veya daha küçük bir sayı ise matrisin tutarlı olduğu belirlenmektedir. CI: Tutarlılık İndeksi (Consistency Index), RI: Rastgele İndeks (Random Index), CR: Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio).

Tablo 1.

Saaty'nin 1'den 9'a kadar olan matrislerin karar verici değerlerini gösterir tablo (Saaty, 1990'dan yararlanılmıştır).

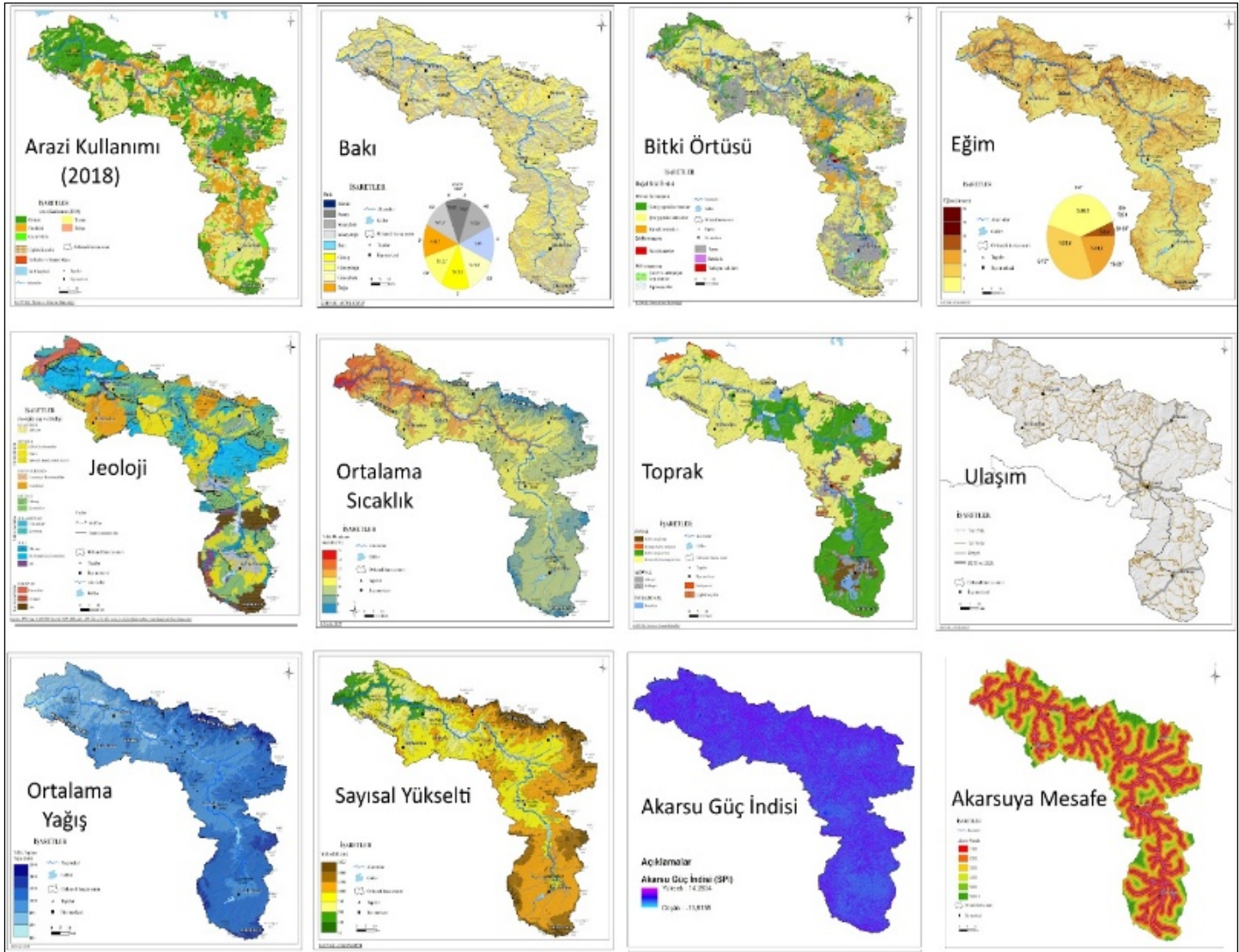
Değer	Tercih Yoğunluğu
1	Eşit derecede tercih edilen
3	Biraz daha tercih edilen
5	Güçlü şekilde tercih edilen
7	Çok güçlü şekilde tercih edilen
9	Aşırı şekilde tercih edilen
2, 4, 6, 8	Ara değerler

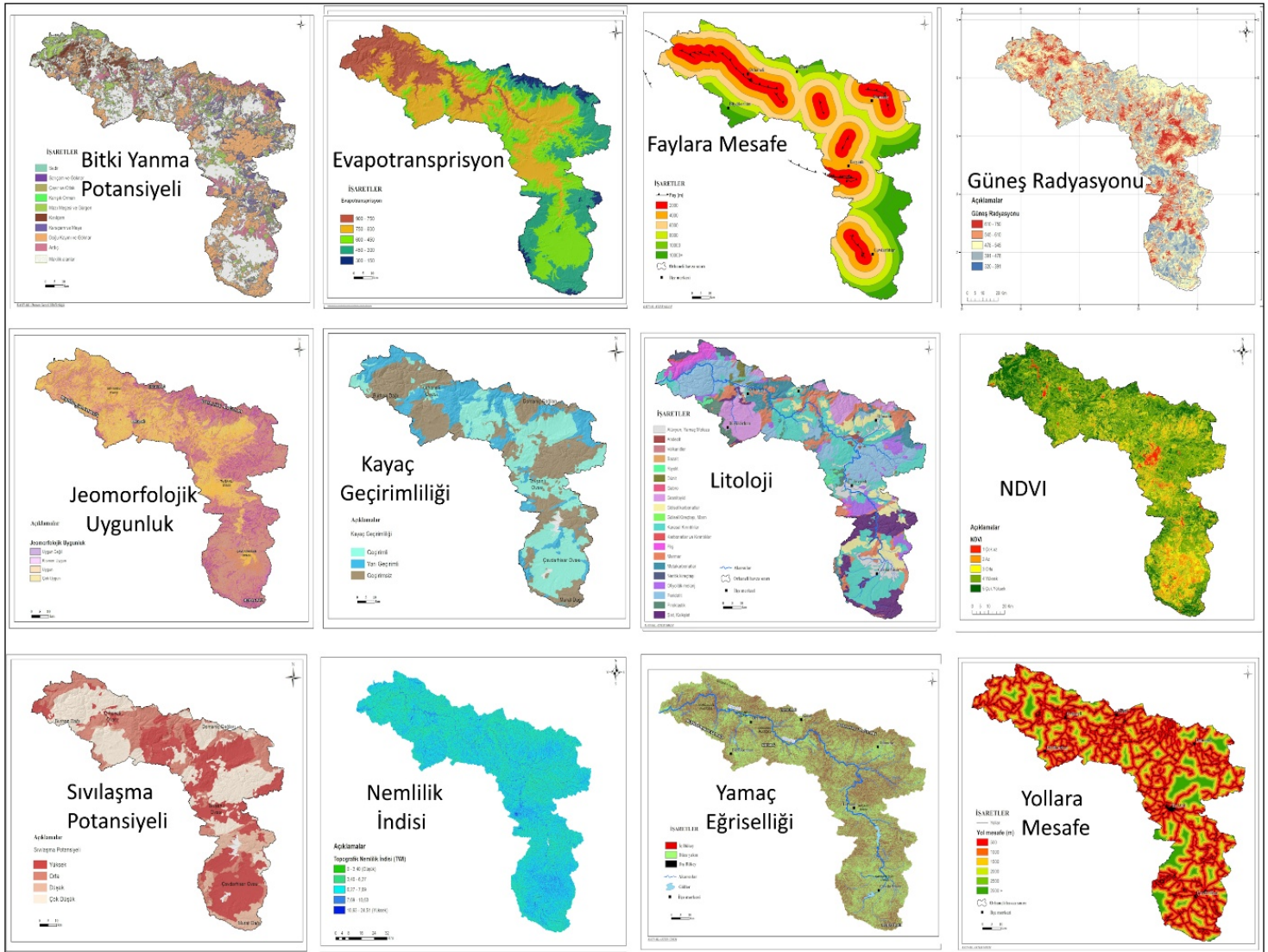
Havzanın tehlike duyarlılık analizleri, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Saaty, 1980). AHS'nin uygulanmasında şu adımlar izlenmiştir:

1. Kriter ve Alt Kriterlerin Belirlenmesi: Havzanın doğal ve beşeri özelliklerine bağlı olarak deprem, erozyon, heyelan, taşkın, sel, kuraklık, orman yangını ve antropojenik kökenli gibi 8 farklı kategori için kriterler belirlenmiştir.
2. Karşılaştırmalı Analiz: Kriterler ve alt kriterler arasında önem dereceleri belirlenmiş, ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 2).
3. Ağırlık Katsayılarının Hesaplanması: Normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi ile kriter ağırlıkları hesaplanmış, tutarlılık analizi yapılmıştır.
4. Kantitatif ve Kartografik Çıktılar: Belirlenen ağırlıklar raster veri olarak haritalara işlenmiş, her tehlike kategorisi için tehlike duyarlılık haritaları üretilmiştir.

Tablo 2.*Orhaneli Çayı Havzası'nın AHS analizinde kullanılan ana, alt kriterler ve CI/CR/RI*

Tehlike Analiz Türü	Ana Kriter Sayısı	Alt Kriter Toplam Sayısı	CI/CR/RI (Sırasıyla)
Deprem	5	22	0,03-0,027-1,24
Erozyon	7	41	0,07-0,053-1,41
Heyelan	11	57	0,014-0,09-1,54
Taşkın	9	48	0,09-0,064-1,45
Sel	8	42	0,07-0,048-1,27
Kuraklık	9	49	0,08-0,059-1,41
Orman Yangını	9	55	0,08-0,055-1,45
Antropojenik Kökenli	6	35	0,07-0,045-1,43

**Şekil 2.** Orhaneli Çayı Havzası'nın AHS ile yapılan tehlike duyarlılık analizlerindeki kriterler



Şekil 3. Orhaneli Çayı Havzası'nın AHS ile yapılan tehlike duyarlılık analizlerindeki kriterler

Tüm analizler, ArcGIS yazılımı ile görselleştirilmiş ve istatistiksel doğrulama süreçleri tamamlanmıştır. Tutarlılık İndeksi (CI) ve Tutarlılık Oranı (CR) analizleri ile elde edilen sonuçların güvenilirliği değerlendirilmiştir (Saaty ve Vargas, 2012). Bu kapsamlı yöntemler, Orhaneli Çayı Havzası'nın tehlike duyarlılıklarını bilimsel temele dayandırmak ve yönetim planlamaları için sağlam bir zemin hazırlamak amacıyla uygulanmıştır. Araştırmada tehlike duyarlılık analizlerini belirlemek için geniş bir literatür taraması yapılarak akademik çalışmalardan yararlanılmıştır (Bailey, 1995a; Birkman, 2006; Dickson vd., 2012; Kadioğlu, 2008; Locatelli ve Vignola, 2009; Omernik, 1995; Shen ve Wu, 2004; Taştan ve Aydınoglu, 2015; Uzun ve Garipağaoğlu, 2022). Böylece havzanın hem fiziki hem de beşeri coğrafya özelliklerini belirlemede ana ve alt kriterler düzenlenmiştir. Tüm analizlerde 5 farklı tehlike duyarlılık derecesi belirlenmiştir. Bu dereceler 1-5 arasında, 1-çok az, 2-az, 3-

orta, 4-yüksek ve 5-çok yüksek olarak değerlendirilmiştir. AHS ile elde edilen 8 farklı tehlike duyarlılık analizi ile havzanın genel durumu ele alınmıştır.

Bulgular

Analitik Hiyerarşi Süreci ile Orhaneli Çayı Havzası'nın Tehlike Duyarlılık Analizleri

Orhaneli Çayı Havzası'nın 8 farklı tehlike duyarlılık analizinde AHS yöntemiyle belirlenen çeşitli ana ve alt kriterler kullanılmıştır (Tablo 3). AHS sayesinde elde edilen tehlike duyarlılık analizlerinin tutarlılık indeksi (CI), tutarlılık oranı (CR) ve rastgele indeksi (RI) verileri hesaplanmış, kantitatif ve kartografik bulgular ortaya çıkarılmıştır.

Tablo 3.*Orhaneli Çayı Havzası'nın AHS analizinde kullanılan ana kriterler*

Tehlike Duyarlılık Analiz Türü	Tehlike Duyarlılık Analizinde Kullanılan Ana Kriterler
Deprem	Aktif fayla mesafe, jeoloji-litoloji, sınırlama potansiyeli, geçirimsizlik, eğim
Erozyon	Eğim, arazi kullanımı (2018), toprak türleri, yağış, akarsuya mesafe, litoloji, NDVI
Heyelan	Litoloji, eğim, geçirimsizlik, eğim şekli, yağış, bakı, akarsuya mesafe, yola mesafe, arazi kullanımı (2018), toprak türleri, NDVI
Taşkın	Akarsuya mesafe, eğim, jeomorfoloji, litoloji, arazi kullanımı (2018), yağış, NDVI, drenaj yoğunluğu, TWI
Sel	Akarsuya mesafe, litoloji, eğim, yağış, drenaj yoğunluğu, akarsu güç indisi, arazi kullanımı (2018), NDVI
Kuraklık	Sıcaklık, yağış, evapotranspirasyon, güneş radyasyonu, yükselti, NDVI, geçirimsizlik, arazi kullanımı, bakı
Orman Yangını	Doğal bitki örtüsü, Yanma potansiyeli bitki türleri, NDVI, sıcaklık, arazi kullanımı (2018), güneş radyasyonu, yağış, bakı, yola mesafe
Antropojenik Kökenli	Arazi kullanımı (2018), yola mesafe, yol yoğunluğu, akarsuya mesafe, jeomorfolojik uygunluk, NDVI

Deprem tehlike duyarlılık analizi sonuçlarına göre; Orhaneli Çayı Havzası'nda gerçekleştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile elde edilen deprem tehlike duyarlılık analizinde çalışma alanının %14,3'ü yüksek, %37,2'si orta ve %47,1'i düşük derecede deprem riski taşımaktadır. Çok yüksek düzeyde deprem riski taşıyan bölgeler ise yalnızca %1,4 oranındadır. Havza içerisindeki ve çevresindeki fay hatlarına olan yakınlık, deprem riski ve etkisi açısından en belirleyici faktörlerden biridir. Bunun yanı sıra, zeminin özellikleri ile yerleşim durumu, riskin artmasına veya azalmasına neden olabilmektedir. Geçmiş dönemlere ait veriler ve aletsel kayıtlar incelendiğinde, havza sınırları içinde 5 ve üzeri büyüklükte bir deprem yaşanmamıştır. Ancak, havza çevresinde meydana gelen 5 ve üzeri büyüklükteki depremler, Orhaneli Çayı Havzası üzerinde yıkım ve etkileriyle hissedilmiştir.

Orhaneli Çayı Havzası'na yönelik deprem duyarlılık haritası incelendiğinde, riskin en yoğun olduğu bölgeler; Orhaneli ilçe merkezi, Çavdarhisar ilçe merkezinin kuzeyi ve batısı, Kocadağ'ın doğusu, Tavşanlı Ovası'nın güneyi, Tunçbilek'in güneybatısı ve Domaniç ilçe merkezinin kuzeydoğusudur. Bu alanlarda alüvyon sahanın bulunması, faylara yakınlık, yerleşim ve nüfus yoğunluğu ile birlikte madencilik ve sanayi faaliyetlerinin varlığı riskin yüksek ve orta düzeyde olmasına neden olmaktadır. Çavdarhisar ilçe merkezinin batısı ve Tavşanlı ilçe merkezinin güneyindeki bölgelerde tarihsel olarak 5 ve üzeri büyüklükte deprem kaydedilmemiştir. Ancak, bu yerlerde alüvyal sahanın varlığı, geçirimsizliğin ve sınırlama potansiyelinin fazla olması, bu alanların yüksek riskli bölgeler olarak değerlendirilmesine yol açmıştır.

Öte yandan, havzanın Büyükorhan çevresinde granitoyit kayaların bulunması ve kayaların düşük geçirgenliğe sahip olması, bölgenin aktif fay hatlarına nispeten yakın olmasına rağmen düşük risk grubunda yer almasını sağlamıştır. Havzanın kuzeybatısında bulunan Burhan Dağı ve Başköy Platosu ile güneyinde yer alan Murat Dağı ve çevresi ise deprem riskinin düşük olduğu alanlar arasında sınıflandırılmıştır.

Erozyon tehlike duyarlılık analizi sonuçlarına göre; Orhaneli Çayı Havzası'nda Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle oluşturulan erozyon tehlike duyarlılık haritası incelendiğinde, havzanın %0,5'lik kısmında çok yüksek, %13,3'lük kısmında ise yüksek düzeyde erozyon riski olduğu belirlenmiştir. Havzanın %57,5'i orta, %26,9'u düşük ve %1,8'i ise çok düşük düzeyde erozyon riski taşımaktadır. Erozyon tehlike duyarlılık dağılımı analiz edildiğinde, riskin çok yüksek olduğu bölgelerin Domaniç Dağları'nın güneybatısındaki çıplak kaya alanları ile Çavdarhisar Ovası'nın kuzey ve kuzeydoğusunda yoğunlaştığı görülmektedir. Yüksek riskli alanlar ise havzanın yüksek kesimleri ile plato alanlarının ova tabanlarıyla birleşim gösterdiği eğimli bölgelerde yer almaktadır. Bu alanlar, Başköy Platosu'nun batısı, Tavşanlı Ovası'nın güneyindeki Asarlık ve Aktaşlık Tepeleri çevresi, Domaniç Dağları'nın güneybatı yamaçları ile Çavdarhisar çevresindeki Karadağ Tepesi'nin kuzey bölümleridir. Bu bölgelerde, ormanlık alanların tahribatı, tarım faaliyetleri ve mera hayvancılığı gibi insan etkilerinin yoğunluğu nedeniyle erozyon riski artmaktadır.

Havza genelinde erozyon riskinin %70'e yakın bir alanı kapsadığı (orta, yüksek ve çok yüksek risk seviyeleri) dikkate alındığında, havzanın sürdürülebilir yönetimi için detaylı

planlamaların yapılması büyük bir önem taşımaktadır. Buna karşın, havzanın yaklaşık %30'u düşük ve çok düşük erozyon riski taşımaktadır. Bu alanlar, Burhan-Bakacak Dağı, Sarıcalar ve Başköy Platosu, Tavşanlı, Çavdarhisar ve Orhaneli ovaları ile yoğun bitki örtüsünün bulunduğu sahalardır.

Erozyonla mücadelede bitki örtüsünün korunması ve geliştirilmesi büyük bir öneme sahiptir. Bitki örtüsü, toprağın doğal bir şekilde korunmasını sağlarken yağmur suyunun toprağa doğrudan temasını azaltarak erozyon riskini düşürmektedir. Ayrıca, yağmur sularının kontrolü amacıyla etkin su yönetimi planlamaları yapılabilir. Bu planlar kapsamında yağmur suyunun toplanması ve yönlendirilmesi, toprağın üzerindeki yüzey akış hızını azaltarak erozyon riskini minimuma indirebilir. Bunun yanı sıra, mühendislik yöntemlerinden yararlanarak setler, bentler gibi yapılar inşa edilerek toprak erozyonunun önlenmesi mümkündür. Erozyon riski açısından orta ve yüksek seviyede olan bölgelerde, drenaj sorunlarının bulunduğu alanlar belirlenerek gerekli önlemler alınabilir. Ayrıca, sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, antropojenik etkileri azaltarak hem

erozyon riskini düşürebilir hem de tarımsal verimliliği artırabilir.

Heyelan tehlike duyarlılık analizi sonuçlarına göre; Orhaneli Çayı Havzası'nda heyelan tehlike duyarlılık durumu analiz edildiğinde, çalışma alanının %0,9'unda çok yüksek, %13,8'inde yüksek heyelan riski olduğu tespit edilmiştir. Havzanın %24,3'ü orta derecede, %57,6'sı düşük ve %3,4'ü ise çok düşük heyelan riski taşımaktadır. Risk ve tehlikenin yüksek ile çok yüksek olduğu bölgeler genellikle ana akarsu ve yan kolların içbükey alanlarıyla sınırlıdır. Özellikle Orhaneli Ovası'nın kuzeybatısında bulunan, akarsular tarafından derin şekilde aşındırılmış olan Başköy Platosu'nun güney ve güneybatı kesimleri, Burhan-Bakacak Dağı'nın kuzeyinde akarsuların eğim yönünde kuzeye aktığı bölgeler, Kocadağ'ın güneydoğusu, Orhaneli'nin güneybatısında yer alan Gümüşpınar ve Dünder köylerinin çevresi, Keles ilçe merkezinin doğusunda alçak plato ve yamaçlar ile Çavdarhisar Ovası'nın batısındaki Dazlakbaşı Tepesi çevresi, heyelan riskinin yüksek olduğu başlıca alanlardır. Bu bölgelerde geçmişte ve günümüzde etkili heyelanların yaşandığı arşiv haber kaynaklarından bilinmektedir; özellikle 2012 yılında meydana gelen Dünder heyelanı, bu duruma bir örnektir (URL-1) (Şekil 4).



Şekil 4. Orhaneli Çayı Havzası'nda aktif heyelan sahası ve maden çıkarım alanı 1-2-3 numaralı fotoğraflar arazi çalışmasında sorumlu yazar tarafından çekilmiştir. 4 numaralı fotoğraf haber arşivinden alınmıştır (URL-1).

Heyelan riskinin yüksek olmasında, kumtaşı, konglomera, kıltaşı ve marn gibi örtü birimlerinin varlığı, eğim ve yağışın etkisi temel faktörlerdir. Ayrıca, yol yapım çalışmaları gibi insan kaynaklı müdahaleler de bu riskin artmasına neden olmaktadır. Bazı alanlarda kaya düşmesi riskini azaltmak için uyarı levhaları koyulmaktadır. Ayrıca akmalara karşı istinat duvarı ıslah çalışmaları da yapılmaktadır (Şekil 5). Orta dereceli heyelan riskine sahip

alanlar arasında Kocadağ'ın doğu kesimi, Murat Dağı'nın kuzeyindeki vadi yamaçları, Ören ve Ilıcaksu derelerinin çevresi ile Çataldağ'ın güney yamacı yer almaktadır. Buna karşın, düşük heyelan riski taşıyan alanlar genellikle granit ve mermer gibi düşük geçirgenliğe sahip kayaların bulunduğu bölgeler ve eğimin düşük olduğu Tavşanlı, Çavdarhisar ve Orhaneli ovalarıdır.



Şekil 5. Havzada kaya düşmesi riskine karşı koyulan uyarı levhası ve akmaları önleme amacıyla yapılan istinat duvarı ıslah çalışması.

Orhaneli Çayı Havzası'ndaki heyelan ve kaya düşmesi riskini azaltmak amacıyla çeşitli önlemler alınması gerekmektedir. İnsan faaliyetlerinin olumsuz etkilerinin azaltılması için orman alanlarının korunması, yol yapımı ve inşaat projelerinin planlı bir şekilde gerçekleştirilmesi, toprak stabilitesini bozan tarımsal uygulamaların iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, arazi planlama ve yönetim çalışmalarının profesyonel bir yaklaşımla yürütülmesi, toplumu heyelan riskine karşı bilinçlendirme faaliyetleriyle desteklenmelidir. Bu tür bütüncül yaklaşımlar, havzanın heyelan riskini azaltmada etkili olacaktır.

Taşkın tehlike duyarlılık analizi sonuçlarına göre; Orhaneli Çayı Havzası'nın taşkın tehlike duyarlılık analizi incelendiğinde, çalışma sahasının %2,1'inde çok yüksek, %22,4'ünde yüksek taşkın riski bulunmaktadır. Alanın %18,6'sı orta derecede, %53,1'i düşük ve %3,8'i ise çok düşük taşkın riski taşımaktadır.

Çok yüksek taşkın riski taşıyan bölgeler, Murat Dağı'nın kuzey yamaçlarından Çavdarhisar Ovası'na doğru uzanan alanlar, Çavdarhisar, Tavşanlı ve Orhaneli ovaları ile Orhaneli Çayı'nın Emet Çayı ile birleştiği Camandar mevkii ve genel olarak Orhaneli Çayı vadisinin tarım ve yerleşim

alanlarıyla kesiştiği bölgelerden oluşmaktadır. Bu bölgelerde taşkın riskinin yüksek olmasında, çok sayıda konsekant ve subsekant vadinin bulunması, drenaj yoğunluğunun diğer bölgelere kıyasla fazla olması, eğimin azalması ve suyun birikme alanlarının genişlemesi gibi özellikler etkili olmuştur. Orta dereceli taşkın riski taşıyan bölgeler ise akarsu yataklarından daha uzak mesafede yer alan tarım alanları ve kırsal yerleşim bölgeleridir. Dağlık alanlar ve plato sahaları ise taşkın riski bakımından az veya çok düşük risk kategorisindedir. Murat Dağı'nın kuzeyinden doğan Orhaneli Çayı, birçok yan kolun birleştiği kaynak bölgelerinde akış gücünü artırmaktadır. Bu güçlenmiş akarsu rejiminin bulunduğu bölgelerde geçmişte taşkın ve sel felaketlerinin yaşandığı bilinmektedir. Sel/ tehlike duyarlılık analizi sonuçlarına göre; Orhaneli Çayı Havzası'nda sel tehlike duyarlılık analizi incelendiğinde çalışma alanının %3,2'si çok yüksek, %28,3'ü yüksek sel riski taşımaktadır. Bölgenin %15,5'i orta dereceli, %50,6'sı düşük ve %2,4'ü ise çok düşük sel riski barındırmaktadır. Sel, Orhaneli Çayı Havzası'nda hem doğal çevre hem de insan faaliyetleri üzerinde önemli etkiler bırakan başlıca afet türleri arasında yer almaktadır. Özellikle yağışların etkili olduğu ilkbahar mevsimi ile metrekaareye bazı zamanlarda

kısa sürede ortalamanın çok üzerinde yağışın düştüğü yaz döneminde sel felaketleri meydana gelmektedir. Bursa İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü ve Kütahya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü raporlarına göre yakın geçmişten günümüze doğru, havzada sel ve su baskınları meydana gelmiştir. Bu afetler; 07.06.2014'te Tavşanlı, 11.08.2015'te Tavşanlı-Kuruçay Beldesi, 18.08.2017'de Çavdarhisar, 26.05.2018'de Orhaneli, 03.08.2018'de Domaniç, 20.06.2021'de Çavdarhisar, 07.07.2021'de Orhaneli-Başköy ve 30.08.2022'de Domaniç'te meydana gelmiştir. Orhaneli, Tavşanlı, Domaniç ve Çavdarhisar ilçe merkezleri, bazı köy yerleşim bölgeleri ve tarımsal alanlar zarar görmüş, altyapı unsurları üzerinde ciddi zararlar meydana gelmiştir. Havzanın topografik yapısı, akarsu rejimi ve insan faaliyetlerinin niteliği, sel ve taşkın risklerinin artmasında belirleyici faktörlerdir. Yerleşim ve tarım alanları, sel felaketlerinden en çok etkilenen bölgeler olarak öne çıkmaktadır. Bu bölgelerin ıslah edilmesi gerekmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Orhaneli Çayı üzerinde sel ve taşkın riskine karşı yapılmış ıslah çalışması örneği

Ayrıca, altyapı eksiklikleri ve yetersiz su yönetimi, sel ve su baskınlarının etkilerini artırmaktadır. Kuraklık tehlike duyarlılık analizi sonuçlarına göre; Orhaneli Çayı Havzası'nda kuraklık tehlike duyarlılığına ilişkin analizler, çalışma alanının %3,2'sinin çok yüksek, %29,1'inin ise yüksek kuraklık riski taşıdığını ortaya koymaktadır. Havzanın %36,5'i orta derecede, %26,8'i düşük ve %4,4'ü ise çok düşük kuraklık riski barındırmaktadır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle oluşturulan kuraklık risk modeli, Orhaneli Çayı Havzası'nın toplamda yaklaşık %70'lik bir kısmında çok yüksek, yüksek ve orta düzeyde kuraklık riskinin bulunduğunu göstermektedir. Bu oran, havzanın gelecekte önemli düzeyde kuraklık riskiyle karşı karşıya kalabileceğini işaret etmektedir.

Kuraklık riski açısından tehlikenin yüksek ve çok yüksek olduğu bölgeler, havzanın kuzeybatısındaki alanların büyük bir kısmı, Sarıcalar ve Başköy platoları ile çevresi, Orhaneli

Ovası, Tavşanlı ile Tunçbilek arasında kalan bölgeler, Domaniç ilçesinin batı kesimleri ve Çavdarhisar Ovası'nın doğu bölümleridir. Bu bölgelerde sıcaklık, buharlaşma potansiyeli, bakı ve yağış miktarları gibi faktörler, Thornthwaite iklim sınıflamasına göre yarı kurak-az nemli özellikler göstermektedir. Bu da bu alanların diğer bölgelere kıyasla daha yüksek kuraklık riski taşımasına neden olmaktadır.

Orta ve düşük düzeyde kuraklık riski taşıyan bölgeler ise genellikle yüksek plato ve dağlık alanların geçiş noktaları ile yağış miktarının daha fazla olduğu dağlar olarak belirlenmiştir. Özellikle Murat Dağı'nın kuzey yamaçları, Domaniç Dağları ve çevresi, yağış miktarının artışı ve sıcaklıkların düşmesi nedeniyle daha düşük risk taşıyan alanlar arasında yer almaktadır.

Orman yangını tehlike duyarlılık analizi sonuçlarına göre; öncelikle havzadaki bitki türlerinin yanma potansiyelleri ve nem durumları, Uluslararası Jeosfer-Biyosfer Programı (IGBP) kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Bu kriterler doğrultusunda bitki türleri, yangın riski ve yanma potansiyeline göre yüksek, orta ve düşük yanma potansiyeli kategorilerine ayrılmaktadır. IGBP'ye göre yüksek yanma potansiyeline sahip ağaç türleri arasında reçineli ve iğne yapraklı ormanlara özgü olan kızılçam (*Pinus brutia*), karaçam (*Pinus nigra*) ve Akdeniz servisi (*Cupressus sempervirens*) bulunmaktadır. Orta ve düşük yanma potansiyeline sahip türler ise ıhlamur (*Tilia*) ve macar meşesi (*Quercus frainetto*) olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca bitki yanma potansiyellerinin yanı sıra sıcaklık, nemlilik, yağış gibi etkenler de orman yangını üzerinde önemli parametreleri barındırmaktadır.

Orhaneli Çayı Havzası'nda orman yangınları özellikle yaz aylarında, karaçam ve kızılçam ormanlarının yoğun olduğu bölgelerde meydana gelmiştir. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle oluşturulan orman yangını tehlike duyarlılık haritası, yangın riski taşıyan bölgeleri belirleyerek bu alanlarda alınması gereken önlemleri planlamak açısından önemli bir veri kaynağı sunmaktadır. Harita, hem önceki yangın alanlarını hem de potansiyel risk taşıyan bölgeleri tespit etmeye olanak tanımaktadır. Bu analizler, yangınlara karşı acil durum planlarının geliştirilmesi, tahliye yollarının belirlenmesi, yangın söndürme göletleri oluşturulması ve müdahale ekiplerinin koordinasyonu gibi kritik konularda temel teşkil etmektedir.

Havzanın orman yangını tehlike duyarlılık durumu incelendiğinde, %0,7'sinin çok yüksek, %20,1'inin yüksek risk taşıdığı, %27,5'inin orta derecede riskli, %45,1'inin düşük riskli ve %5,6'sının ise çok düşük riskli olduğu belirlenmiştir. AHS yöntemiyle oluşturulan tehlike duyarlılık modeline göre, havzanın çok yüksek ve yüksek yangın riski taşıyan bölgeleri sınırlı bir alana yayılmış olup, orta ve düşük risk seviyeleri daha geniş bir alanı kapsamaktadır. Akdeniz

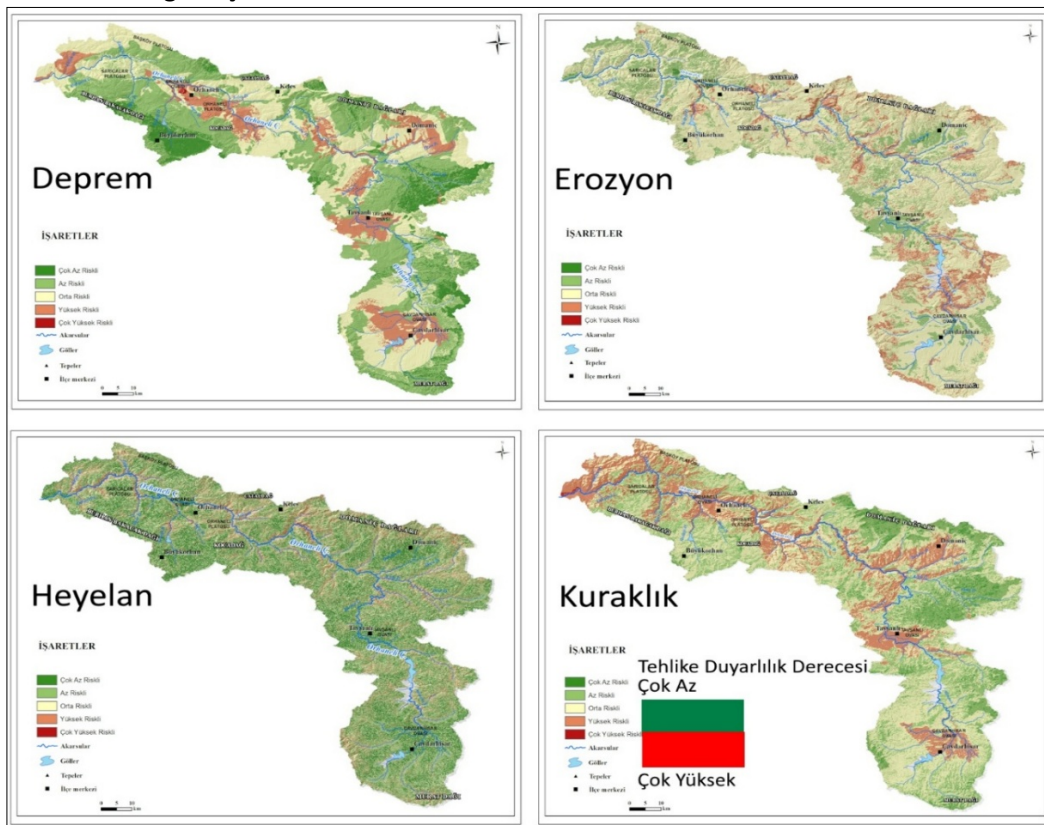
ormanları kadar yüksek yangın riskine sahip olmasa da havza, belirli bir risk durumu taşımaktadır. Havzanın genelinde, güneye bakan yamaçlarda sıcaklık isteği yüksek ve nem seviyesi düşük türler yaygın olduğundan, bu yamaçlarda yangın riski kuzey yamaçlara kıyasla daha fazladır. Güneş radyasyonu ve yüksek ısı birikimi gibi faktörler, güney yamaçlardaki yangın riskini artıran unsurlar arasında yer almaktadır. Yanma potansiyeli yüksek türlerin bulunduğu alanlarla yangın riski arasında pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir. Orta dereceli yangın riski plato bölgelerinde yoğunlaşırken, düşük riskli bölgeler Domaniç Dağları, Murat Dağı'nın kuzey yamaçları, Büyükorhan'ın doğusunda yer alan Pirimdede Tepesi ve ova tabanlarında bulunmaktadır.

Yangın tehlike duyarlılık analizleri, gelecekte alınabilecek önlemler için yol gösterici bir kaynak sunmaktadır. Bu önlemler arasında, orman bakımının iyileştirilmesi, yangın koridorlarının oluşturulması, yangın izleme ve erken uyarı sistemlerinin hayata geçirilmesi bulunmaktadır. Elde edilen analiz sonuçları, yangın riski taşıyan bölgelerde kaynakların ve bütçenin öncelikli olarak kullanılması, yangınla mücadele ekipmanlarının artırılması ve stratejik müdahalelerin planlanması açısından önem taşımaktadır. Son yıllarda, dünyada ve Türkiye'de orman yangınlarının sıklığı ve etki alanı artış göstermektedir. Bu durum, önlem alınmadığı takdirde, gelecek senaryolarında orman varlığının ciddi şekilde tehlike altında olabileceğine işaret etmektedir.

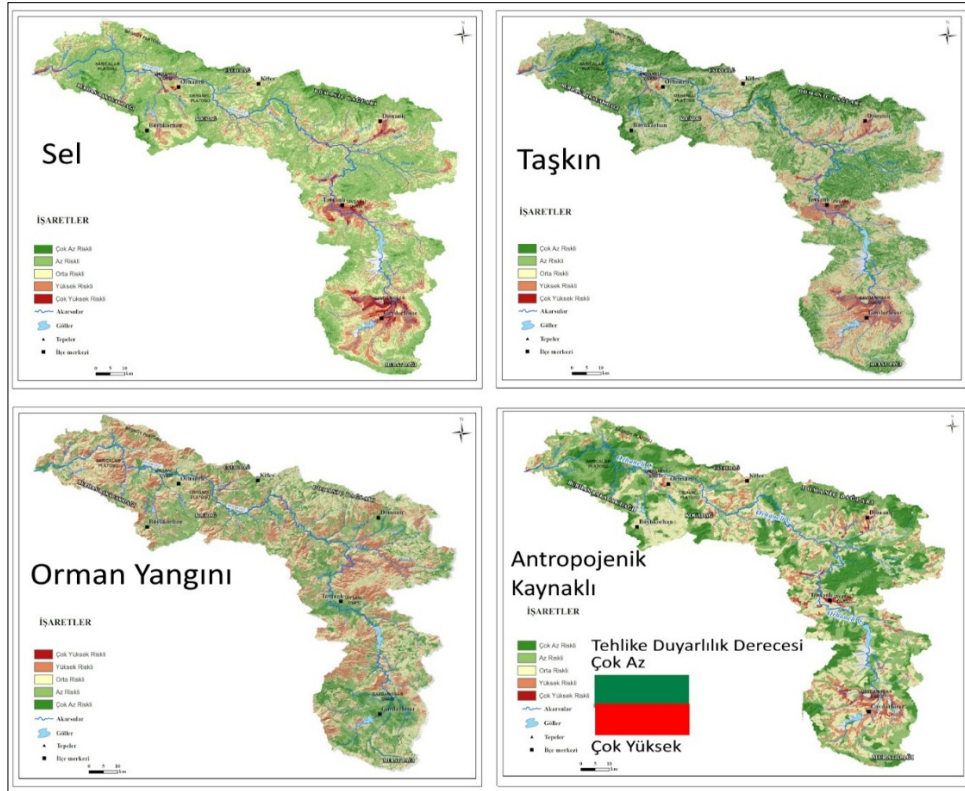
Antropojenik kökenli (beşeri) tehlike duyarlılık analizi sonuçlarına göre; Orhaneli Çayı Havzası'nda antropojenik (beşeri) kökenli tehlike duyarlılık dağılımı incelendiğinde, alanın %3,2'sinde çok yüksek, %10,8'inde ise yüksek risk olduğu belirlenmiştir. Havzanın %11,3'ü orta dereceli risk taşırken, %31,3'ü düşük ve %43,4'ü ise çok düşük beşeri kaynaklı risk barındırmaktadır.

Antropojenik risklerin yüksek olduğu bölgeler genellikle nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu Tavşanlı, Çavdarhisar ve Orhaneli ovaları ile Keles ve Domaniç çevresinde yoğunlaşmaktadır. Bu alanlarda yer alan büyük ve küçük ölçekli yerleşim birimleri, tarım faaliyetlerinde yapılan hatalar, ulaşım altyapısı ve yollar, beşeri kaynaklı risklerin başlıca nedenleri arasında bulunmaktadır. Ayrıca, maden ocaklarının ve atık deşarj merkezlerinin bulunduğu bölgeler de riskli alanlar arasında değerlendirilmektedir. Orhaneli ilçesinde 2021 yılında hizmete giren Güney Bölgesi Eysel Katı Atık ve Aktarma İstasyonu, katı atıkların çevreye verdiği zararları azaltmak ve su kirliliğinin önüne geçmek amacıyla önemli bir adım olarak kaydedilmiştir. Havzada düşük veya çok düşük beşeri kaynaklı risk taşıyan alanlar ise genellikle yüksek dağlık bölgeler, plato sahalarının büyük bir kısmı ve orman örtüsünün yoğun olduğu alanlardır.

Bu bölgeler, insan faaliyetlerinin daha az etkili olduğu doğal alanlar olarak dikkat çekmektedir (Şekil 7; Şekil 8).



Şekil 7. Orhaneli Çayı Havzası'nın analitik hiyerarşi süreciyle oluşturulan tehlike duyarlılık haritaları



Şekil 8. Orhaneli Çayı Havzası'nın analitik hiyerarşi süreciyle oluşturulan tehlike duyarlılık haritaları

Orhaneli Çayı Havzası'nın AHP Analizlerine Bağlı Havza Yönetimi ve Önlemler

Orhaneli Çayı Havzası, jeomorfolojik, hidrolojik, ekolojik ve beşerî özellikleriyle birçok tehlikeye maruz kalabilecek bir alan olarak dikkat çekmektedir. Havzada AHS ile yapılan analizler, çeşitli tehlikelerin (deprem, erozyon, heyelan, taşkın, sel, kuraklık, orman yangını ve antropojenik kökenli) düzeylerini kantitatif ve kartografik olarak ortaya koymuş ve tehlike alanlarının önceliklendirilmesi konusunda önemli bilgiler sağlamıştır. Bu analizlerden elde edilen bulgular, havza yönetimi ve bütünleşik bir planlama modelinin şekillendirilmesi için temel oluşturmaktadır.

Deprem Tehlikesine Yönelik Önlemler

Orhaneli Çayı Havzası içerisinde yer alan Orhaneli fayı, Şahmelek fayı, Tavşanlı fayı, Kusumlar fayı, Çavdarhisar fayı ve Sadağı fayı ile havzanın yakın çevresinde yer alan Simav fayı, Uluabat fayı, Mustafakemalpaşa fayı, Zeytinbağı fayı İnegöl fayı ve Bursa faylarının etkisi altında bulunması nedeniyle deprem tehlikesi taşımaktadır. Deprem duyarlılık analizi sonucunda havzanın %14,3'ü yüksek, %37,2'si orta ve %47,1'i düşük deprem tehlikesi düzeyindedir. Zemin stabilitesi ve yapılaşma ele alınarak fay hatlarına yakın alanlardaki zemin özelliklerine uygun yerleşim politikaları geliştirilmelidir. Yüksek riskli bölgelerde yapılaşma kısıtlanmalı, mevcut yapılar için dayanıklılık testleri yapılmalıdır. Bazı acil durum planlamaları ile deprem anında tahliye rotaları, toplanma alanları ve kurtarma ekiplerinin

koordine edileceği lojistik merkezler belirlenmelidir. Ayrıca toplumun bilinçlendirmesi konusunda deprem riskine karşı halkı bilinçlendirme kampanyaları ve tatbikatlar düzenlenmelidir.

Erozyon Tehlikesine Yönelik Önlemler

Havzanın %70'ine yakını orta, yüksek ve çok yüksek erozyon tehlikesi barındırmaktadır. Orman alanlarının tahribi, tarımsal faaliyetler ve maden çalışmaları erozyonun temel nedenlerindendir. Orman tahribatının önlenmesi ve bozuk alanların yeniden ağaçlandırılması gerekmektedir. Mera alanlarının aşırı kullanımı engellenmelidir. Setler, teraslama ve bentler gibi mühendislik çözümleriyle erozyon kontrol altına alınabilir. Ayrıca sürdürülebilirlik ile drenaj sistemleri, nadas uygulamaları ve çok yıllık bitkilerin yetiştirilmesi arazi durumu ve iklim temel alınarak desteklenmelidir.

Heyelan Tehlikesine Yönelik Önlemler

Heyelan tehlikesinin yüksek olduğu alanlar, havzanın %14,7'sini oluşturmakta olup, bu tehlikenin temel nedenleri zemin yapısı, çevresel şartlar ve insan kaynaklı faaliyetlerdir. Heyelan tehlikesinin bulunduğu yamaçların stabilizasyonu için destekleyici yapılar ve bitki örtüsü uygulamaları geliştirilmelidir. Riskli bölgelerde kontrolsüz yol yapımı engellenmeli, yerleşimler doğru şekilde planlanmalıdır. Teknolojik cihazlar ve yazılımlar kullanılarak riskli bölgelerde heyelan tehlikesi için erken uyarı sistemleri geliştirilebilir.

Taşkın Tehlikesine Yönelik Önlemler

Havzada taşkın tehlikesi %25 civarındadır. Alçak alanlar, vadi tabanları ve tarım arazileri taşkınların en yoğun yaşandığı bölgelerdir. Su akışını düzenlemek için barajlar, regülatörler ve taşkın setleri inşa edilmelidir. Taşkın sularının yayılımı için doğal alanların korunması sağlanmalı, bu alanlara beşeri kökenli müdahalelerde bulunulmamalıdır. Ayrıca taşkın tehlikesinin yüksek olduğu alanlara yeni yerleşim izni verilmemeli, mevcut yapılar için ise tahliye planları oluşturulmalıdır (Uzun, 2024; Uzun ve Garipağaoğlu, 2022b). Böylece yerleşim planı yapılarak taşkın tehlikesinin en aza indirgenmesi sağlanabilir.

Sel Tehlikesine Yönelik Önlemler

Havzanın topografik yapısı ve zaman zaman sağanak yağışlar nedeniyle sel tehlikesinin yüksek olduğu bölgeler, tarımsal alanlar ve yerleşim yerlerini tehdit etmektedir. Yağmur sularını toplamak ve yer altı su rezervuarları oluşturmak için altyapı projeleri geliştirilmeli, geleceğe yönelik bir yatırım amaçlanabilir. Teknolojik sistemler kullanılarak sel felaketlerine hızlı müdahale edilmesi sağlanmalı, sel erken uyarı sistemi kurulabilir. Ayrıca sel tehlikesi altındaki tarım alanlarında dirençli mahsuller tercih edilebilir ve drenaj sistemleri geliştirilebilir. Tarımsal alanların korunması açısından sel tehlikesine yönelik önlemler çiftçi ve yerel halk için önem arz edebilir.

Kuraklık Tehlikesine Yönelik Önlemler

Orhaneli Çayı Havzası'nda kuraklık tehlikesi toplam alanın %70'ini kapsamakta ve gelecekteki su kaynakları üzerinde önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Su verimliliği açısından tarımsal sulama teknikleri modernize edilmeli, damla sulama gibi verimli sulama yöntemleri yaygınlaştırılmalıdır. Teknolojik çalışmalarla yağmur sularının toplanması ve yer altı su rezervuarlarının geliştirilmesi hedeflenmelidir. Yerel yönetimler bu suları park, bahçe ve refüj vb. yerlerin sulamasında kullanabilir. Tarımda kuraklığa dayanıklı ürünler kuraklık açısından risk teşkil eden arazilerde tercih edilmelidir.

Orman Yangını Tehlikesine Yönelik Önlemler

Orhaneli Çayı Havzası, %20'nin üzerinde yüksek ve çok yüksek yangın tehlikesi taşıyan alanlara sahiptir. Kızılçam, maki ve karaçam ormanları yangın tehlikesi en yüksek alanlardır. Ormanlarda yangının yayılmasını engellemek için yangın koridorları oluşturulmalıdır. Yangının hızlıca algılanması için izleme kuleleri ve sensör ağları kurulmalı, yerel halk orman yangınlarının önlenmesi konusunda bilinçlendirilmelidir.

Antropojenik Kökenli Tehlikelere Yönelik Önlemler

Beşerî kaynaklı tehlikeler genellikle maden ocakları, katı atık merkezleri ve yoğun yerleşim alanlarında yoğunlaşmaktadır. Madencilik faaliyetleri kapsamında maden ocaklarında çevresel etki değerlendirme (ÇED) raporları titizlikle uygulanmalı ve rehabilitasyon çalışmaları

zorunlu hale getirilmelidir. Güncel katı atık ve atık su tesisleri modernize edilmeli, bu tesislerin sayısının artırılması ve geri dönüşüm sistemlerinin desteklenmesi gerekmektedir. Yerleşim alanları, çevresel sınırlamalar dikkate alınarak antropojenik tehlikelere karşı sürdürülebilir bir şekilde planlanmalıdır.

Ayrıca bütünsel havza yönetimi kapsamında, Orhaneli Çayı Havzası'nda tehlike duyarlılık analizlerinden elde edilen bulgular, bütünsel bir yönetim planının gerekliliğini göstermektedir. Havzada yürütülecek yönetim planı hem çevresel hem de sosyo-ekonomik düşünceler üzerine inşa edilebilir. Karar verici ve yerel yönetimlerin havzanın yönetim ve planlanmasında fiziki ve beşeri coğrafya faktörleri ile etkileşimleri göz önünde bulundurmaları riskin azaltılması için önemli bir etkidir (Uzun, 2024). Risklerin azaltılması ve sürdürülebilirlik esas alınarak uygulanacak planlar şu önerilere dayanmalıdır:

- **Veri Tabanı Sistemleri:** Havzanın tehlike analizlerini izlemek ve güncellemek için dijital bir izleme sistemi kurulabilir.
- **Eğitim ve Farkındalık Programları:** Yerel halk, çiftçiler ve ilgili kurumlar için farkındalık artırıcı eğitim programları düzenlenebilir.
- **Entegre Yönetim:** Havzadaki tüm tehlike duyarlılık faktörleri ve riskleri bir arada ele alan büyük çapta bir yönetim sistemi uygulanabilir.
- **Ulusal ve Uluslararası Finansman:** Risk yönetimi ve koruma projelerine kaynak yaratmak için yerel yönetimlere ulusal ve uluslararası fonlar devreye sokulabilir.

Sonuç ve Öneriler

Dünya yüzeyi sürekli olarak insanlar tarafından değişikliğe uğratılmaktadır. Büyüyen ekonomiler ve devam eden teknolojik çalışmalar sonucunda yeryüzünde bozulma ve değişme süreçleri sürekli devam edecektir. Çalışma alanı olan Orhaneli Çayı Havzası, birçok doğal afet tehlikesiyle karşı karşıya kalma potansiyeline sahip bir havzadır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile yapılan analizler sonucunda çalışma havzasında sırasıyla; %14,3 yüksek, %37,2 orta derece deprem tehlikesi; %13,8 yüksek, %57,5 orta derece erozyon tehlikesi; %14,7 yüksek, %24,3 orta derece heyelan tehlikesi; %24,5 yüksek, %18,6 orta derece taşkın tehlikesi; %31,5 yüksek, %15,5 orta derece sel tehlikesi; %32,3 yüksek, %36,5 orta derece kuraklık tehlikesi; %21,8 yüksek, %27,5 orta derece orman yangını tehlikesi görülürken, %14 yüksek, %11,3 orta derecede antropojenik (beşeri) kökenli tehlike duyarlılığı görülmektedir. Orhaneli Çayı Havzası'nda analizlere göre elde edilen bu sonuçlar, bütünsel bir havza yönetim planının olmasını öne çıkarmaktadır. Böylece

havzayı tehdit eden unsurları en az indirmek, riskleri azaltmada havza yönetimi açısından gerekliliktir.

Tehlike duyarlılığının yüksek olduğu alanlarda; fay hatlarına yakınlık, litolojik yapının durumu, kayaç geçirimsizliği, eğim değerleri, bitki örtüsünün çeşitliliği, bitkilerin yanma potansiyelinin durumu, sıcaklık ortalamaları, yağış durumu vb. gibi fiziki unsurlar ile maden ocaklarına yakınlık, tarım arazileri, antropojenik baskı gibi beşeri risk faktörleri belirleyici olmuştur. Bu sahalarda antropojenik kökenli baskıyı en aza indirerek havza yönetimini sürdürülebilir bir program çerçevesinde planlamak elzem bir durumdur. Önlemlerin alınması yalnızca kamu ve özel kurumların değil, aynı zamanda yerel halkın da bir görevidir. Özellikle genişleyen yerleşim alanlarının ve artan sanayi faaliyetlerinin drenaj ağı ile ilişkisi daha detaylı şekilde analiz edilerek, koruma ve kontrol önlemleri alınmalıdır. Böylece hem doğal çevrenin korunması hem de insan faaliyetlerinin sürdürülebilir şekilde planlanması sağlanabilecektir.

Bu çalışma, Orhaneli Çayı Havzası'ndaki risk ve tehlikeleri minimize ederek doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde korunmasını ve yönetilmesini amaçlamaktadır. Havza yönetiminde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli değerlendirilmelidir. Hali hazırda var olan hidroelektrik santraline ek olarak, güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyeli yüksek olan alanlarda enerji üretim tesisleri kurulmalıdır. AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi), il afet risk azaltma planları (İRAP) kapsamında afetlerden dolayı oluşabilecek can, mal vb. kayıpları azaltmak ve önlemek, afet riski azaltma bilincini oluşturmak ve paydaşlar arasındaki iş birliğini artırmak için planlamalar yapmaktadır. İRAP çalışmaları kapsamında afet dayanıklılığına bir perspektif sağlamak ve mevcut eksikleri gidermek adına çalışmalarını sürdürmektedir. Çalışma sahası için de bu planlamalar doğrultusunda afet riskini en aza indirmek birincil planlar arasında yer almalıdır. Orhaneli Çayı Havzası'nda doğal risklerin azaltılması ve sürdürülebilir yönetim hedeflerine ulaşılması için yapılan bu öneriler, havzanın uzun vadeli planlaması açısından büyük önem taşımaktadır.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma, insan ya da hayvan deneklere müdahale içermediği ve kişisel veri kullanılmadığı için etik kurul onayı gerektirmemektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Konsept – Y.E.T.-N.G.; Tasarım – Y.E.T.; Denetim – N.G.; Kaynaklar – Y.E.T.; Malzemeler – Y.E.T.; Veri Toplama ve/veya İşleme – Y.E.T.-N.G.; Analiz ve/veya Yorum – Y.E.T.-N.G.; Literatür Taraması – Y.E.T.; Yazma – Y.E.T.-N.G.; Eleştirel İnceleme – N.G.; Diğer – Y.E.T.-N.G.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Ethics Committee Approval: This study does not require ethics committee approval as it involves no interventions on human or animal subjects or the use of personal data.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept - Y.E.T.-N.G.; Design- Y.E.T.; Supervision- N.G.; Resources- Y.E.T.; Data Collection and/or Processing- Y.E.T.-N.G.; Analysis and/or Interpretation- Y.E.T.-N.G.; Literature Search- Y.E.T.; Writing Manuscript- Y.E.T.-N.G.; Critical Review- N.G.; Other- Y.E.T.-N.G.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

- Bailey, R. G. (1995a). *Ecosystem Geography*. Springer Verlag. USA.
- Bakker, K. (2012). Water security: Research challenges and opportunities. *Science Journal*, 337, 914–915.
- Birkman, J., & Wisner, B. (2006). *Measuring The Unmeasurable: The Challenge of Vulnerability*. United Nations University, Institute for Environment and Human Security. Bonn, Germany.
- Blomquist, W., & Schlager, E. (2005). Political pitfalls of integrated watershed management. *Society & Natural Resources*, 18, 101–117.
- Chandra, S. (1990). *Hydrology in Ancient India*. National Institute of Hydrology. Roorki, p 106.
- Chen, S. J. (2007). *History of China Water Resource Management*. China Water Resources Management Publishing House. Beijing, p 134.
- Coşkun, M.; Gözalan, S.; Öztekin, M. & Coşkun, S. (2022). Susurluk Çayı Havzasında Tropikal Gün ve Yaz Günü Sayısındaki Eğilimler ve RCP 8.5 Senaryosuna Göre Modellenmesi. *Jass Studies-The Journal of Academic Social Science Studies*, 15(89), 343-358. <http://dx.doi.org/10.29228/JASSS.55617>
- Davenport, M. A., & Seekamp, E. (2013). A multilevel community capacity model for sustainable watershed management. *Society & Natural Resources*, 26(9), 1101–1111.
- Dickson, E., Baker, J. L., Hoornweg, D., & Tiwari, A. (2012). *Urban Risk Assessments*. The World Bank. USA.
- Doğru, B. & Güngöroğlu C. (2021). Farklı Meteorolojik İstasyonlara Ait Yağış Değerlerinin Haritalanmasında Etkenliğin Arttırılmasına Dair Bir Uygulama. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(1), 15-22.
- Garipağaoğlu, N. (2012). Havza planlamalarında coğrafyanın rolü ve Türkiye'de havza planlamacılığı. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 303-337.
- Garipağaoğlu, N., & Uzun, M. (2019). İznik Gölü Havzası'nda doğal ortam koşulları, değişimler ve muhtemel risklerin havza yönetimi ve planlamasına etkisi. *Doğu Coğrafya*

- Dergisi, 24(42), 1-15.
<https://doi.org/10.17295/ataunidcd.621776>
- Garipağaoğlu, N. & Uzun, M. (2021). Development stages of basin management and different models. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 43, 338-357.
- Gleick, P. H. (2000). The changing water paradigm: A look at twenty-first century water resources development. *Water International*, 25, 127-138.
- Grigg, N. S. (1999). Integrated Water Resources Management: Who Should Lead Who Should Pay. *Journal of the American Water Resources Association*, 35(3), 527-534.
- Hampton, S. E. (2013). Understanding Lakes Near and Far. *Science Journal*, 342, 815-816.
- Hebin, L., & Ueta, K. (2012). Lake Watershed Management: Services, Monitoring, Funding, and Governance. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 17, 207-223.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*. IPCC Secretariat.
- Kadioğlu, M. (2008). Sel, heyelan ve çığ için risk yönetimi; Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., (Editörler), "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 251-276, JICA Türkiye Ofisi Yayınları, No: 2, Ankara.
- Karataş, A. (2017). *Karasu Çayı Havzasının Hidrografik Planlaması*. Çantay Kitabevi.
- Locatelli, B., & Vignola, R. (2009). Managing Watershed Services of Tropical Forests and Plantations: Can Metaanalyses Help. *Forest Ecology and Management*, (258) 1864-1870.
- Mutekanga, F. P., Kessler, A., Leber, K., & Visser, S. (2013). The Use of Stakeholder Analysis in Integrated Watershed Management. *Mountain Research and Development*, 33(2), 122-131.
- Nearly, D. G. (2000). Changing Perceptions of Watershed Management from a Retrospective Viewpoint. *USDA Forest Service Proceedings*, 13, 167-176.
- Okay, A.I., Satir M., & Siebel W., (2006). Pre-Alpide orogenic events in the Eastern Mediterranean region, European Lithosphere Dynamics, Geological Society, London. *Memoirs*, 32, 389-405.
- Okay, I.A. (2011). Tavşanlı Zonu: Anadolid-Torid Bloku'nun Dalma-Batmaya Uğramış Kuzey Ucu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, Sayı: 142.
- Omernik, J. M. (1995). *Ecoregions: A spatial framework for environmental management*. Biological Assessment and Criteria: Tools for Water Resource Planning and Decision Making (pp. 49-62). Lewis Publishers.
- Omernik, J. M., & Bailey, R. G. (1997). Distinguishing between watersheds and ecoregions. *Journal of the American Water Resources Association*, 33(5), 935-949.
- Özşahin, E. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılarak Antakya (Hatay) şehrinde kütle hareketleri duyarlılığının değerlendirilmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(2), 19-35.
- Özşahin, E., & Kaymaz, Ç. K. (2015). CBS ve AHS kullanılarak doğal çevre bileşenleri açısından kentsel mekânın yerleşime uygunluk analizine bir örnek: Antakya (Hatay). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33), 111-134.
<https://doi.org/10.17295/dcd.52077>
- Pandey, A., Chowdary, V. M., & Mal, B. C. (2007). Identification of critical erosion prone areas in the small agricultural watershed using USLE, GIS, and remote sensing. *Water Resources Management*, 21(4), 729-746.
- Saaty, T. L. (1990). *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Model, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Springer Publishers.
- Shen, D., & Wu, J. (2004). *Mountain-river-lake integrated water resources development program, Jiangxi, People's Republic of China*. Asian Development Bank.
- Tan, Y. E. (2019). *Karabük-Safranbolu Havzası'nın karst jeomorfolojisi*. (Tez No: 575381). [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. YÖK Tez Merkezi.
- Taştan, B., & Aydınoğlu, A. Ç. (2015). Çoklu afet risk yönetiminde tehlike ve zarar görülebilirlik belirlenmesi için gereksinim analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31, 366-397. <https://doi.org/10.14781/mcd.83405>
- Thorburn, C. (2012). Farmer field schools for integrated watershed management. *Dev Pract* 22(1):3-175.
- Torun, G. (2008). *Sürdürülebilir Gelişme Bağlamında Havza Planlaması ve Yönetimi: Alibey İçme Suyu Havzası Örneği*. [Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Türkeş, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32.
https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000063
- Türkeş, M., & Şahin, S., (2018) Türkiye'nin Fırtına Afeti Etkilenilebilirliği ve Risk Çözümlemesi. *Kebikeç*, 46, 219-246.
- Uzun, S. M. (2022). *Sakarya Nehri Göksu Çayı Havzası'nın doğal ortam koşulları kapsamında sürdürülebilir havza yönetimi ve planlaması*. [Yayınlanmamış doktora tezi]. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Uzun, M., & Garipağaoğlu, N. (2022a). Mekânsal otokorelasyon ve kümeleme analizi yaklaşımı ile Göksu Çayı Havzası'nın (Sakarya Nehri Havzası) bütünlük ve

- sürdürülebilir havza yönetim modeli. *Türk Coğrafya Dergisi* (81), 23-38.
<https://doi.org/10.17211/tcd.1173420>
- Uzun, M., & Garipağaoğlu, N. (2022b). Göksu Çayı Havzası'nın (Sakarya Nehri Havzası) tehlike duyarlılık analizleri kapsamında havza yönetimi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 31(2), 449-471.
<https://doi.org/10.51800/ecd.1160134>.
- Uzun, M. (2024). Yenişehir (Bursa) Havzası'nın coğrafi karakterizasyonuna dayalı jeoekolojik risk duyarlılığı analizi. *International Journal of Geography and Geography Education* (51), 85-114.
<https://doi.org/10.32003/igge.1326841>
- Wang, LX. (1999). *Watershed management*. China Forestry Publishing House, Beijing, p 325.
- White, G. F. (1997). The river as a System. a geographer's view of promising approaches. *Water International*, 22(2), 79-81.
- Zheng, LD. (2004). *History of watershed resource management*. China Water Resources Management Publishing House, Beijing, p 305.

İnternet Kaynakları

- URL-1 <https://www.sondakika.com/guncel/haber-orhaneli-de-heyelan-yol-kapatti-3499230/>