

CBS ve Best–Worst Method (BWM) Entegrasyonu ile Taşkın Duyarlılık Analizi: Abdal Deresi Havzası Örneği (Samsun, Türkiye)

Flood Susceptibility Analysis Using GIS and the Best–Worst Method (BWM): A Case Study of the Abdal Stream Basin (Samsun, Türkiye)

Fatih OCAK



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



Geliş Tarihi/Received 14.04.2026
Kabul Tarihi/Accepted 18.06.2026
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2026

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
Fatih OCAK

E-mail: fatih.ocak@marmara.edu.tr

Cite this article:

Ocak, F. (2026). Flood susceptibility analysis using GIS and the Best–Worst Method (BWM): A case study of the Abdal Stream Basin (Samsun, Türkiye). *Eastern Geographical Review*, (55), 122–137.



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

Öz

Taşkınlar, günümüzde artan iklim değişikliği etkileri ve insan kaynaklı arazi kullanımındaki değişimler nedeniyle sıklığı ve şiddeti artan önemli doğal afetler arasında yer almaktadır. Bu durum, etkin risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için taşkın duyarlılığı yüksek alanların önceden belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada, Samsun ili sınırları içerisinde yer alan Abdal Deresi Havzası'nda taşkın duyarlılığının mekânsal dağılımı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Best–Worst Method (BWM) entegrasyonu kullanılarak ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında, farklı kaynaklardan elde edilen mekânsal veriler analiz öncesinde standartlaştırılmış ve çok kriterli karar verme yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Elde edilen ağırlıklandırma sonuçları CBS tabanlı mekânsal analizlerle bütünleştirilerek havza için taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir. Analiz sonuçları, taşkın duyarlılığının havza genelinde homojen bir dağılım göstermediğini; özellikle akarsu drenaj ağı ile ilişkili alçak ve düz alanlarda yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Bu durum, hem doğal morfolojik özelliklerin hem de insan faaliyetlerine bağlı arazi kullanım biçimlerinin taşkın oluşumu üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamaktadır. Model performansı ROC eğrisi (Receiver Operating Characteristic) analizi ile değerlendirilmiş ve elde edilen AUC (Area Under Curve) değeri (0,792) modelin iyi düzeyde ayırt edicilik performansına sahip olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak CBS ve BWM entegrasyonu ile gerçekleştirilen bu çalışma, taşkın duyarlılık analizlerinde güvenilir ve uygulanabilir bir yaklaşım sunmakta olup elde edilen sonuçlar, afet risk yönetimi, mekânsal planlama ve sürdürülebilir arazi kullanımı açısından karar vericilere önemli katkılar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mekânsal analiz, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Best–Worst Metot (BWM), çok kriterli karar verme, taşkın risk yönetimi.

ABSTRACT

Floods are among the major natural disasters whose frequency and severity are increasing due to the growing impacts of climate change and human-induced land-use changes. This situation requires the prior identification of flood-prone areas to develop effective risk management strategies. In this study, the spatial distribution of flood susceptibility in the Abdal Creek Basin, within Samsun Province, was determined by integrating Geographic Information Systems (GIS) with the Best–Worst Method (BWM). As part of the study, spatial data obtained from various sources were standardized prior to analysis and evaluated using a multi-criteria decision-making approach. The resulting weighting results were integrated with GIS-based spatial analyses to produce a flood susceptibility map for the basin. The analysis results reveal that flood susceptibility is not uniformly distributed across the watershed but is concentrated in low-lying, flat areas associated with the river drainage network. This highlights the decisive role of both natural morphological features and land-use patterns resulting from human activities in flood formation. Model performance was evaluated using a ROC (Receiver Operating Characteristic) curve, and the resulting AUC (Area Under the Curve) value (0.792) indicates a good discriminatory performance. In conclusion, this study, which integrates GIS and BWM, offers a reliable and applicable approach for flood-susceptibility analyses, and its results provide significant contributions to decision-makers in disaster risk management, spatial planning, and sustainable land use.

Keywords: Spatial analysis, Geographic Information Systems (GIS), Best–Worst Method (BWM), multi-criteria decision making, flood risk management.

Giriş

Taşkınlar, küresel ölçekte en sık görülen ve ekonomik açıdan en büyük zararlara yol açan doğal afetler arasında yer almakta olup; kentleşme, iklim değişikliği ve sosyoekonomik faktörlerin etkisiyle giderek daha büyük bir risk oluşturmaktadır (Kundzewicz vd., 2014; Merz vd., 2021; Tanoue vd., 2016). 2000 yılından 2026 yılına kadar dünya genelinde toplam 16.765 afet olayı kaydedilmiş olup, bu olayların 4.752'si hidrolojik kökenli (kıyı taşkınları, nehir taşkınları ve ani sel vb.) taşkın olaylarından oluşmaktadır (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 2026). Başka bir ifadeyle, 2000–2026 (Mart) yılları arasında meydana gelen afetlerin yaklaşık %28'ini taşkınlar oluşturmaktadır.

Küresel ölçekte sıkça meydana gelen taşkınlar hem can kayıplarına hem de büyük ekonomik zararlara yol açmaktadır. Taşkınlar Afrika'da yüzlerce kişinin hayatını kaybetmesine, Asya'da muson yağışlarına bağlı olarak milyonlarca insanın etkilenmesine ve Avrupa ile Güney Amerika'da milyarlarca dolarlık maddi kayıpların oluşmasına neden olarak dünya genelinde ciddi bir risk oluşturmaktadır (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 2025). Taşkınlardan kaynaklanan ekonomik kayıplar, altyapı üzerinde meydana gelen doğrudan zararların yanı sıra iş kesintileri ve tedarik zinciri aksaklıkları gibi dolaylı etkileri de kapsamakta; bu dolaylı etkiler bazı durumlarda doğrudan kayıplara eşit düzeyde ya da onlardan daha fazla olabilmektedir (Jongman, 2018; Sieg vd., 2019). Bölgesel ölçekte yapılan çalışmalar, taşkın riskinin farklı dinamiklerle şekillendiğini göstermektedir. Örneğin; Avrupa'da son 150 yılda taşkına maruz kalan alanlar ve etkilenme düzeyi artmış olmasına rağmen, uyum önlemlerindeki gelişmeler sayesinde Gayrisafi Yurt İçi Hasıla'ya (GSYİH) göre normalize edilmiş ekonomik kayıplarda azalma gözlenmiştir (Paprotny vd., 2018). Buna karşılık Doğu Çin'de son yıllarda taşkın kaynaklı ekonomik kayıpların önemli ölçüde arttığı ve bazı bölgelerde nüfusun, tarım alanlarının ve doğrudan mali kayıpların belirgin şekilde yükseldiği rapor edilmiştir (Shi vd., 2020). Küresel ölçekte düşük ve orta gelirli ülkeler taşkın riskinin en büyük yükünü taşımakta, milyonlarca insan yüksek riskli alanlarda yaşamakta ve bu durum taşkın riskini azaltmaya yönelik etkili uyum ve risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinin önemini ortaya koymaktadır (Rentschler vd., 2022).

Türkiye'de özellikle Karadeniz Bölgesi'nde yoğun yağış rejimi, hızlı kentleşme, eğimli yamaçların varlığı, topografya ve akarsu havzalarının morfolojik özellikleri taşkın ve ani sel olaylarının sık görülmesine neden olmaktadır (Avci, 2025; Çeribaşı, 2019; Ocak ve Bahadır, 2020; Ocak ve Bahadır, 2021; Uzun, 2007; Yılmaz ve Kaya, 2020). Son yıllarda bölgede meydana gelen taşkın olayları yerleşim alanları, ulaşım altyapısı ve tarım alanları üzerinde önemli ekonomik ve çevresel kayıplara yol açmıştır. Bu durum, taşkına duyarlı alanların mekânsal olarak belirlenmesine ve riskli alanların önceden tespit edilmesine yönelik bilimsel çalışmaların önemini artırmaktadır. Bu kapsamda taşkın duyarlılık haritaları, bir havzada taşkın oluşma potansiyelinin mekânsal dağılımını belirleyerek afet risk yönetimi, arazi kullanım planlaması ve sürdürülebilir çevre yönetimi açısından karar vericilere önemli bilgiler sağlamaktadır. Son yıllarda taşkın duyarlılık analizlerinde CBS, çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) ve makine öğrenmesi yaklaşımlarının yaygın biçimde kullanıldığı görülmektedir. CBS teknolojisi farklı mekânsal veri katmanlarının analiz edilmesine olanak sağlarken, çok kriterli karar verme yöntemleri taşkın oluşumunu etkileyen faktörlerin göreceli önemlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Ocak ve Bahadır, 2024). Bu kapsamda, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), bulanık mantık, morfometrik analizler ve frekans oranı gibi yöntemler kullanılarak taşkın duyarlılık haritaları oluşturulmaktadır. Ayrıca rastgele orman (random forest), yapay sinir ağları ve destek vektör makineleri gibi topluluk tabanlı makine öğrenmesi algoritmaları CBS verileriyle entegre edilerek bölgesel taşkın duyarlılık sınıflandırmalarında kullanılmaktadır

(Keya vd., 2024). Bu yaklaşımlar eğitim, yükselti, yağış, arazi kullanımı gibi çok sayıda coğrafi faktörü dikkate alarak duyarlı alanları belirleyebilmekte ve karar vericilere risk azaltma stratejileri geliştirmede yardımcı olmaktadır (Tempa, 2022; Ullah ve Zhang, 2020). Söz konusu yöntemler kullanılarak farklı çalışma alanlarında çok sayıda taşkın duyarlılık analizi yapılmıştır (Bitek ve Erenoğlu, 2026; Danacıoğlu ve Öz, 2025; Kaya ve Aktaş, 2026; Ocak, 2026a, 2026b; Ocak vd., 2021; Ocak ve Bahadır, 2021; Ramdani vd., 2025; Shaikh vd., 2023; Şanlı vd., 2025; Taoukidou vd., 2025; Toprak, 2025; Toprak ve Canpolat, 2022; Uzun ve Tatlıdil, 2025). Literatürde yaygın olarak kullanılan geleneksel çok kriterli karar verme yöntemleri, kriter sayısının artmasıyla birlikte ikili karşılaştırma sayısının üstel biçimde artması nedeniyle tutarlılık ve güvenilirlik açısından çeşitli sınırlılıklar taşımaktadır (García-Zamora vd., 2025). Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinde kriter veya alternatif sayısının artması, ikili karşılaştırma sayısının hızla çoğalmasına neden olmakta; bu durum karar verici üzerinde bilişsel yük oluşturmakta ve değerlendirme sürecinde tutarlılık sorunlarını beraberinde getirmektedir (Kou vd., 2016).

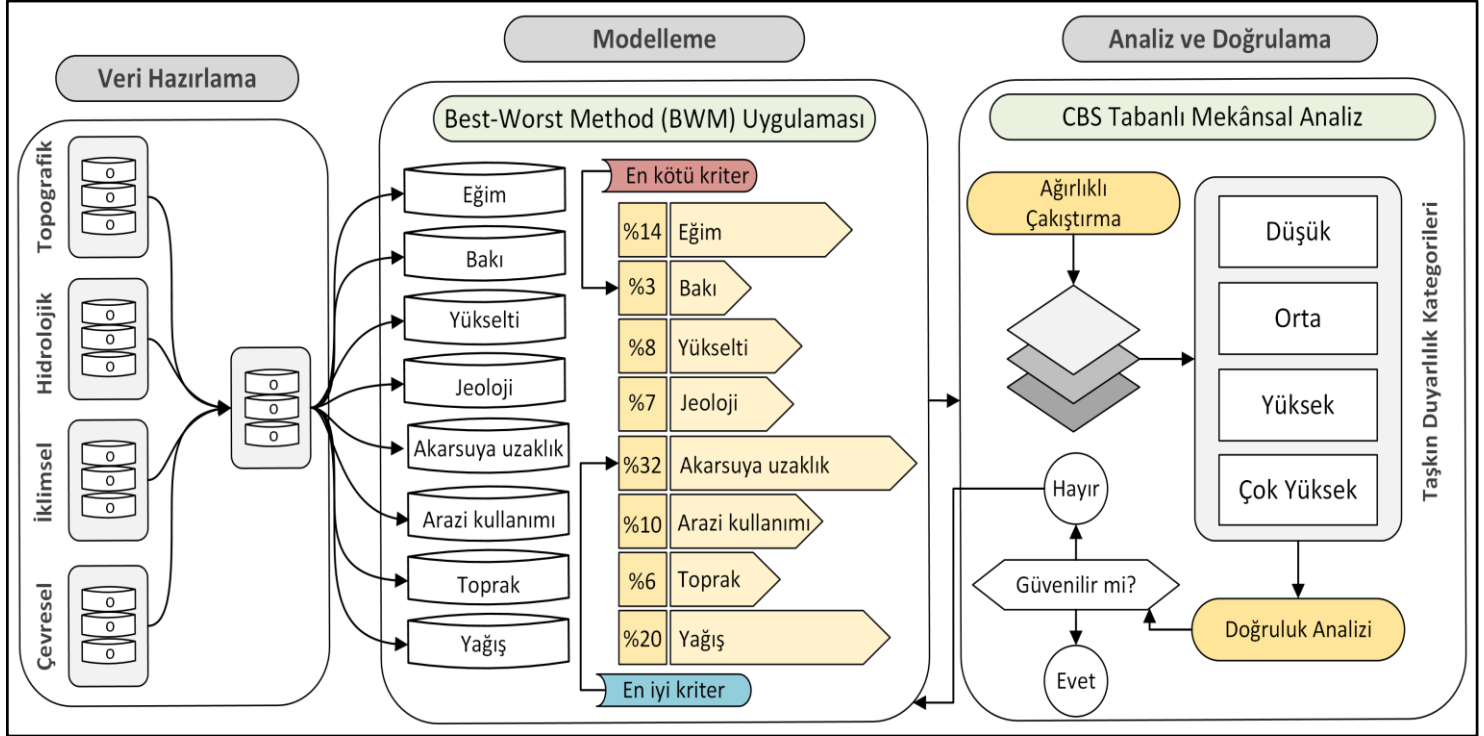
Bu bağlamda, söz konusu sınırlılıkları azaltmaya yönelik olarak daha az karşılaştırma gerektiren ve tutarlılığı artırmayı amaçlayan yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar arasında öne çıkan Best–Worst Method (BWM), kriter ağırlıklarının belirlenmesinde sınırlı sayıda karşılaştırma gerektirmesi ve yüksek tutarlılık düzeyi sağlamasıyla dikkat çekmektedir (Rezaei, 2015, 2016). BWM yaklaşımında karar verici tarafından en önemli ve en az önemli kriterler belirlenmekte ve bu kriterler üzerinden yapılan karşılaştırmalar yardımıyla diğer kriterlerin ağırlıkları hesaplanmaktadır. Her ne kadar CBS tabanlı taşkın duyarlılık analizlerine yönelik çalışmalar literatürde geniş yer bulsa da, BWM yönteminin taşkın duyarlılık analizlerinde kullanımının sınırlı olduğu görülmektedir (Ersayın ve Yaş, 2024; Özay ve Orhan, 2023; Vujović vd., 2025). Özellikle havza ölçeğinde gerçekleştirilecek çalışmalarda BWM yönteminin kullanılması kriter ağırlıklarının daha tutarlı bir şekilde belirlenmesine katkı sağlayarak taşkın duyarlılık haritalarının güvenilirliğini artırma potansiyeline sahiptir. Mevcut çalışmaların çoğu AHP ve makine öğrenmesi yöntemlerine odaklanırken, BWM'nin havza ölçeğinde taşkın duyarlılık analizlerinde kullanımı sınırlıdır. Bu durum metodolojik bir boşluk oluşturmaktadır. Bu çalışma, BWM yöntemini CBS tabanlı taşkın duyarlılık analizine entegre ederek literatürdeki yöntemsel boşluğa katkı sunmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmada Samsun il sınırları içerisinde yer alan Abdal Deresi Havzası için CBS ve BWM kullanılarak taşkın duyarlılık analizi yapılması amaçlanmaktadır. Ayrıca çalışmanın havza ölçeğinde taşkın riskinin belirlenmesine katkı sağlaması ve afet risk yönetimi ile mekânsal planlama çalışmalarına bilimsel bir temel oluşturması hedeflenmektedir.

Yöntem

Bu çalışmada Abdal Deresi Havzası'nda taşkın oluşumunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve taşkına duyarlı alanların mekânsal olarak ortaya konulması amacıyla CBS tabanlı bir yöntem izlenmiştir. Çalışma kapsamında taşkın oluşumunu etkileyen topografik, hidrolojik, iklimsel ve çevresel faktörler literatür doğrultusunda belirlenmiş ve bu faktörlere ait veri

katmanları CBS ortamında oluşturulmuştur. Ardından faktörlerin önem derecelerinin belirlenmesi amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden Best–Worst Method (BWM) kullanılmıştır. Elde edilen kriter ağırlıkları CBS ortamında gerçekleştirilen mekânsal analizler ile birleştirilerek çalışma alanı için taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur (Şekil 1). Ayrıca, elde edilen sonuçların güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla ROC ile doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1.
Çalışmanın Metodolojik Çerçevesi.

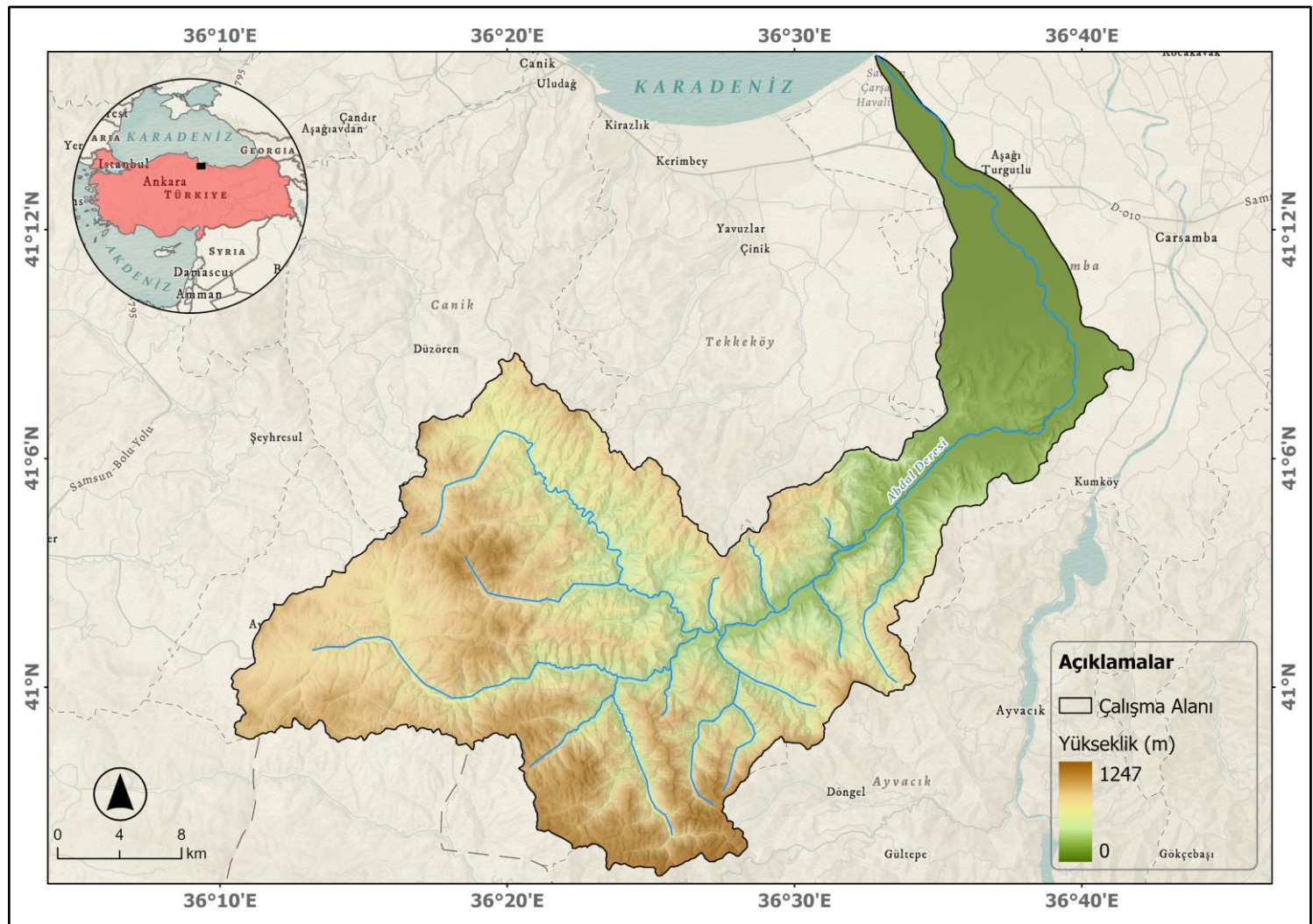


Çalışma Alanı

Abdal Deresi Havzası Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde Samsun ilinin Çarşamba, Tekkeköy, Ayvacık ve Asarcık ilçelerinin sınırları içerisinde yer alan bir drenaj havzasıdır (Şekil 2). Alanı yaklaşık 563 km²'dir. Havza, Karadeniz ikliminin etkisi altında yıl boyunca düzenli ve zaman zaman yoğun yağış alan, topografik olarak ise kısa mesafede eğim değerlerinin hızla değiştiği ve akarsu ağının yoğun olduğu bir morfolojik yapıya sahiptir. Bu özellikler yüzey akışının hızlı gelişmesine ve belirli periyotlarla

taşkınların oluşmasına zemin hazırlayabilmektedir. Havza içerisinde yerleşim alanları, verimli alüvyal tarım arazileri ve Samsun–Ordu karayolu gibi önemli ulaşım altyapıları bulunmaktadır. Ayrıca akarsu yatağı boyunca gelişen yerleşim dokusu ve taşkın ovasında yer alan arazi kullanımları (tarım ve yerleşme) olası taşkın olaylarında zarar görülebilirlik düzeyini artıran önemli unsurlar arasında yer almaktadır (Yıldız ve Gürgöze, 2026). Bu nedenlerle Abdal Deresi Havzası, taşkın duyarlılık analizlerinin gerçekleştirilmesi açısından dikkat çeken bir çalışma alanı niteliği taşımaktadır.

Şekil 2
Çalışma Alanı Lokasyon Haritası.



Abdal Deresi Havzası'nda geçmişten günümüze farklı dönemlerde taşkın olayları meydana gelmiş olup bu olaylar yerleşim alanları, tarım arazileri ve ulaşım altyapısı üzerinde olumsuz etkiler oluşturmıştır (Tablo 1). Örneğin 1939 yılında şiddetli yağışlar sonucunda Yeşilırmak ve Abdal Deresi'nin taşmasıyla Dikbiyık Köyü sular altında kalmış ve Hamzalı-Dikbiyık güzergâhında ulaşım aksamıştır (Şahin, 2002). 27 Mayıs 2000 tarihinde gerçekleşen ani ve şiddetli yağışlara bağlı sel ve taşkınlar nedeniyle tarım alanları, konutlar ve iş yerleri zarar görmüş; Çarşamba Havalimanı sular altında kalmış ve ulaşımda günlerce

süren aksaklıklar yaşanmıştır (Şahin, 2002). Ayrıca 12 Mart 2015 tarihinde Gülören Mahallesi'nde etkili olan sağanak yağışlar sonucunda meydana gelen taşkın sırasında bir köprü yıkılmış ve bazı araçlar zarar görmüştür (Bağcı, 2017). Benzer şekilde, 2023 yılında Abdal Deresi'nin geçtiği Aşağımusalla Mahallesi'nde meydana gelen taşkın olayında maddi hasarın yanı sıra can kaybı da yaşanmıştır (URL 1). Bu taşkın olayları havzanın yoğun yağış rejimi, topografik özellikleri ve akarsu yatağına yakın yerleşim dokusu nedeniyle taşkın riskine duyarlı bir alan olduğunu göstermektedir.

Tablo 1

Abdal Deresi Havzası ve Çevresinde Meydana Gelen Önemli Taşkın Olayları

Yıl	Yer	Olayın Nedeni	Etkileri	Kaynak
1939	Dikbiyık Köyü	Şiddetli yağışlar sonucu Yeşilirmak ve Abdal Deresi'nin taşması	Dikbiyık Köyü sular altında kalmış; Hamzalı-Dikbiyık güzergâhında ulaşım aksayarak bazı yollar kullanılamaz hale gelmiştir.	(Şahin, 2002)
12.07.1963				
06.01.1967				
28.04.1974		Yoğun yağışlar ve		
30.04.1975	Çarşamba Ovası	Yeşilirmak'ın debisinin artması	Tarım alanları ve yerleşim alanlarında su baskınları meydana gelmiştir.	(Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), 2026)
18.03.1977				
15.10.1983				
26.05.1986				
27.05.2000	Abdal Deresi	Ani ve şiddetli yağışlar	Tarım alanları, konutlar ve iş yerleri zarar görmüş, Çarşamba Havalimanı sular altında kalmış, ulaşım günlerce aksamıştır.	(Şahin, 2002)
12.03.2015	Gülören Mahallesi	Sağanak yağış	Taşkın sırasında bir köprü yıkılmış ve bazı araçlar zarar görmüştür.	(Bağcı, 2017)
09.07.2023	Aşağımusalla Mahallesi	Yoğun yağış ve dere taşkını	Maddi hasarın yanı sıra can kaybı da yaşanmıştır.	URL 1

Veri Seti ve Kaynakları

Çalışmada kullanılan veri setleri farklı kurumsal kaynaklardan temin edilmiş olup; taşkın oluşumunu etkileyen topografik,

hidrolojik, jeolojik, iklimsel ve çevresel faktörleri temsil etmektedir. Çalışmada kullanılan veri katmanlarına ait veri türleri, veri kaynakları ve açıklamalar Tablo 2'de sunulmuştur (Tablo 2).

Tablo 2.

Taşkın Duyarlılık Analizinde Kullanılan Veri Katmanları ve Veri Kaynakları

Veri Katmanı	Veri Kaynağı	Veri Türü	Açıklama
Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)	(Harita Genel Müdürlüğü (HGM), 2025)	Raster	Yükselti, eğim ve bakı katmanlarının türetilmesi
Eğim	SYM'den türetilmiştir		Yüzey eğiminin belirlenmesi
Bakı	SYM'den türetilmiştir.		Yüzey yöneliminin belirlenmesi
Akarsuya uzaklık	Hidrografi verileri		Akarsu ağından mesafe analizi
Arazi kullanımı	(Esri, 2025)		Arazi kullanım sınıfları
Jeoloji	(Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 2026)	Vektör/Raster	Litolojik birimler
Toprak türü	(T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021)	Raster	Toprak sınıfları
Yağış	(Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2025)		Uzun yıllar ortalama yağış verileri

Veri Ön İşleme

Taşkın duyarlılık analizinde kullanılan veri setleri farklı kaynaklardan elde edildiği için analiz öncesinde çeşitli ön işleme adımları uygulanmıştır. (i) Öncelikle tüm veri katmanları aynı koordinat sistemine dönüştürülmüş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında analiz için uygun bir formata dönüştürülmüştür. (ii) Vektör formatındaki veriler raster formatına dönüştürülmüş ve tüm veri katmanları mekânsal analizlerde tutarlılığı sağlamak amacıyla aynı hücre boyutunda (10 m) standartlaştırılmıştır. Bu işlem, farklı kaynaklardan elde edilen veri setleri arasındaki mekânsal uyumsuzlukların giderilmesi ve analiz sonuçlarının güvenilirliğinin artırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. (iii)

Topografik parametreler olan yükselti, eğim ve bakı katmanları Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak türetilmiştir. (iv) Akarsuya uzaklık katmanı ise mesafe analizi yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. (v) Yağış verileri, meteoroloji istasyonlarından elde edilen ölçümler kullanılarak mekânsal enterpolasyon yöntemiyle sürekli yüzey haline getirilmiştir. (vi) Elde edilen tüm raster veri katmanları taşkın duyarlılık analizinde kullanılmak üzere yeniden sınıflandırılmış ve modelleme sürecine hazır hale getirilmiştir.

Best-Worst Metot (BWM)

Bu çalışmada taşkın duyarlılığını etkileyen faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla BWM kullanılmıştır. BWM, çok

kriterli karar verme yöntemleri arasında yer almakta olup kriterler arasındaki önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılan analitik bir yaklaşımdır (Rezaei, 2015, 2016). Bu yöntem, daha az karşılaştırma gerektirmesi ve tutarlılık düzeyinin yüksek olması nedeniyle son yıllarda birçok mekânsal karar verme çalışmasında tercih edilmektedir (Akyüz vd., 2023; Cayir Ervural, 2026; Ersayın ve Yaş, 2024; Gheibdoust vd., 2026; Guler ve Yomralioglu, 2021; Konurhan ve Başaran, 2024; Ocak, 2025; Özay ve Orhan, 2023; Vujović vd., 2025). BWM yöntemi temel olarak en iyi (best) ve en kötü (worst) kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin diğer kriterlerle karşılaştırılması prensibine dayanmaktadır (Tablo 3) ve beş aşamadan oluşmaktadır (Rezaei, 2015):

(i) **Kriterlerin belirlenmesi:** BWM yönteminin ilk aşamasında analizde kullanılacak kriterler belirlenmektedir.

(ii) **En iyi ve en kötü kriterin seçilmesi:** Karar vericiler tarafından kullanılan kriterler arasından en önemli kriter (best) ve en az önemli kriter (worst) belirlenir.

(iii) **En iyi-Diğer karşılaştırma vektörünün oluşturulması:** Bu aşamada en iyi kriterin diğer kriterlere göre tercih derecelerini gösteren Best-to-Others (BO) karşılaştırma vektörü oluşturulmaktadır (Denklem 1). Bu karşılaştırmalar genellikle 1 ile 9 arasında değişen bir ölçek kullanılarak yapılır. Sonuçta ortaya çıkan En iyi-Diğer vektörü şöyle olacaktır:

(Denklem 1)

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

A_B vektöründeki her bir a_{Bj} , en iyi kriter B 'nin diğer kriterlere göre tercih derecesini göstermektedir. Bu vektörde $a_{BB}=1$ olup, bu değer en iyi kriterin kendisiyle karşılaştırılmasını ifade etmektedir.

(iv) **Diğer-En kötü karşılaştırma vektörünün oluşturulması:** Bu aşamada tüm kriterlerin en kötü kritere göre tercih derecelerini gösteren Others-to-Worst (OW) karşılaştırma vektörü elde edilmektedir (Denklem 2). Bu karşılaştırmalar da en iyi-diğer vektörde olduğu gibi genellikle 1 ile 9 arasında değişen bir ölçek kullanılarak yapılmaktadır. Sonuçta ortaya çıkan Diğer-En kötü vektörü şöyle olacaktır:

(Denklem 2)

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$$

a_{jW} değerleri, her bir kriterin en kötü kriter W 'ya göre tercih derecesini göstermektedir. Bu karşılaştırmalarda $a_{WW}=1$ olup bu değer en kötü kriterin kendisiyle karşılaştırılmasını temsil etmektedir.

Tablo 3

Kriter bazlı Best–Worst (BO–BW) Değerlendirme Matrisi

Kriter	BO: Akarsuya uzaklık	BW: Bakı
Eğim	3	5
Bakı	8	1
Yükselti	5	4
Jeoloji	6	3
Akarsuya uzaklık	1	8
Arazi kullanımı	4	6
Toprak türü	7	2
Yağış	2	7

*BO: Best-to-others, OW: Others-to-worst.

(v) **Kriter ağırlıklarının hesaplanması:** Elde edilen karşılaştırma değerleri kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplanır. Bu aşamada amaç, kriter ağırlıkları ile karşılaştırma değerleri arasındaki maksimum sapmayı minimize ederek en tutarlı ağırlık setini elde etmektir. Bu amaçla kriter ağırlıkları arasındaki maksimum mutlak farkları minimize edecek şekilde model aşağıdaki min–maks optimizasyon modeline dönüştürülmektedir:

(Denklem 3)

$$\min \max_j \{ |W_B - a_{Bj} W_j|, |W_j - a_{jW} W_W| \}$$

$$\sum_j W_j = 1$$

$W_j \geq 0$ koşulu altında, tüm j değerleri için söz konusu model (Denklem 3), aşağıda verilen doğrusal programlama modeline (Denklem 4) dönüştürülmektedir. Bu modelin çözümü sonucunda her bir kriter için optimum ağırlık değerleri ile yöntemin tutarlılığını gösteren ξ değeri elde edilmektedir.

(Denklem 4)

$$\min \xi$$

$$\left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi, \text{ for all } j$$

$$\left| \frac{W_j}{W_W} - a_{jW} \right| \leq \xi, \text{ for all } j$$

$$\sum_j W_j = 1$$

Modelin çözümü sonucunda her bir kriter için optimal ağırlık ve eşik değerleri elde edilmektedir. Optimal kriter ağırlıkları elde edildikten sonra karşılaştırmaların tutarlılığını değerlendirmek amacıyla tutarlılık indeksi hesaplanmaktadır (Denklem 5). Tutarlılık indeksi (Consistency Index), karar vericiler tarafından yapılan ikili karşılaştırmaların mantıksal tutarlılığını test etmek ve elde edilen ağırlık değerlerinin güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla kullanılan bir ölçüt olup, düşük olması karşılaştırmaların daha tutarlı ve güvenilir olduğunu göstermektedir (Liang vd., 2020; Rezaei, 2015, 2016; Tablo 4). Ayrıca tutarlılık oranının belirlenen eşik değerin altında olması durumunda ikili karşılaştırmaların uygun olduğu kabul edilir (Liang vd., 2020) ve bu durumda elde edilen kriter ağırlıkları güvenle kullanılabilir (Ersayın ve Yaş, 2024).

(Denklem 5)

$$\text{Consistency Ratio} = \frac{\xi}{\text{Consistency Index}}$$

Tablo 4
Consistency indeks (CI) Değerleri (Liang vd., 2020)

A_{BW}	Consistency index (max ξ)
1	0,00
2	0,44
3	1,00
4	1,63
5	2,30
6	3,00
7	3,73
8	4,47
9	5,23

Receiver Operating Characteristic (ROC) Analizi

ROC analizi, bir sınıflandırma modelinin performansını ya da doğruluğunu değerlendirmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir (Taşdemir, 2022). Modelin farklı eşik (threshold) değerleri altında doğru pozitif oranı (True Positive Rate – TPR) (Denklem 6) ile yanlış pozitif oranı (False Positive Rate – FPR) (Denklem 7) arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Fawcett, 2006). Doğru pozitif oranı (TPR), modelin pozitif sınıfa ait örnekleri doğru tahmin etme oranını ifade ederken; yanlış pozitif oranı (FPR), negatif sınıfa ait örneklerin hatalı biçimde pozitif olarak sınıflandırılma oranını göstermektedir. Bu oranlar aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Lachiche ve Flach, 2003).

$$TPR = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (\text{Denklem 6})$$

$$FPR = \frac{FP}{(FP + TN)} \quad (\text{Denklem 7})$$

Burada TP (True Positive), FN (False Negative), FP (False Positive) ve TN (True Negative) değerleri modelin sınıflandırma performansını belirleyen temel bileşenlerdir. ROC analizi kapsamında, farklı eşik değerler için hesaplanan TPR ve FPR değerleri kullanılarak bir eğri oluşturulmakta ve bu eğri, modelin ayırt edicilik performansını grafiksel olarak temsil etmektedir. Model performansının nicel olarak değerlendirilmesinde ise ROC eğrisi altında kalan alan değer (AUC – Area Under Curve) kullanılmaktadır. AUC değeri 0 ile 1 arasında değişmekte olup, değer 1'e yaklaşması modelin yüksek doğrulukla sınıflandırma yaptığını göstermektedir (Mandal ve Mondal, 2019). ROC eğrisi sonuçları, AUC değeri ile tahmin doğruluğu arasındaki ilişkiye bağlı olarak beş sınıfta değerlendirilmektedir; 0,9–1,0 aralığı mükemmel, 0,8–0,9 aralığı çok iyi, 0,7–0,8 aralığı iyi, 0,6–0,7 aralığı orta ve 0,5–0,6 aralığı ise zayıf model performansını ifade etmektedir (Alkan Akinci vd., 2024; Bostancı, 2026; Chen vd., 2018; Yavuz Ozalp vd., 2023). Bu çalışma kapsamında ROC analizi, taşkın duyarlılık modelinin performansını değerlendirmek amacıyla uygulanmış olup, modelin taşkın meydana gelen ve

gelmeyen alanları ayırt etme başarısı bu yöntemle analiz edilmiştir.

Bulgular

Kriter Ağırlıkları ve Taşkın Duyarlılığı Üzerindeki Etkileri

Eğim

Eğim faktörü yüzey sularının akışını düzenlemede hayati bir rol oynayarak taşkın oluşumu ve yüzey akışı dinamikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Das, 2018; Das vd., 2018; Mojaddadi vd., 2017; Tehrany vd., 2013). Düşük eğimli alanlarda suyun yüzeyde birikme eğilimi artarken, yüksek eğimli alanlarda akış hızlanmakta ve suyun drenaj sistemine daha hızlı iletilmesi sağlanmaktadır (Das, 2019a, 2019b; Nsangou vd., 2022; Ocak ve Bahadır, 2024). Çalışma alanında düşük eğimli alanların (0–5°) kuzeybatı ve kıyı kesimlerde yoğunlaştığı, yüksek eğim değerlerinin (15° ve üzeri) ise güney ve güneydoğu kesimlerde toplandığı görülmektedir. Bu mekânsal dağılım kuzey kesimlerin taşkın açısından daha duyarlı, yüksek eğimli güney alanların ise daha düşük riskli olduğunu ortaya koymaktadır. BWM analizi sonucunda eğim faktörünün ağırlığı %14 olarak belirlenmiştir (Şekil 3a, Tablo 5).

Bakı

Bakı, güneşlenme koşullarını belirleyerek taşkın oluşumu ve yüzey akışı süreçleri üzerinde dolaylı bir etki oluşturmaktadır (Dölek, 2013). Güneşe dönük yamaçlarda artan buharlaşma, toprak nemini azaltarak infiltrasyonu etkilerken, gölge yamaçlarda nemliliğin yüksek olması yüzey akışını artırabilmektedir (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Bakı ayrıca kar erimesi, toprak nemi ve bitki örtüsü üzerinden hidrolojik süreçleri etkileyen önemli bir topografik parametredir (Duman ve İrcan, 2022; Işık vd., 2020). Havzada bakı yönlerinin, özellikle kuzeye bakan yamaçların (%39,58) ağırlıkta olmasıyla birlikte mozaik bir dağılım gösterdiği ve bu durumun yüzey akışı süreçlerinin mekânsal olarak farklılaşmasına neden olduğu görülmektedir. BWM analizi sonucunda bakı faktörünün ağırlığı %3 olarak belirlenmiştir (Şekil 3b, Tablo 5).

Yükselti

Yükselti, taşkın oluşumu ve yüzey akışı süreçleri üzerinde belirleyici bir topografik faktör olarak öne çıkmaktadır (Botzen vd., 2013; Mojaddadi vd., 2017). Düşük yükseltilerde suyun birikmesi taşkın duyarlılığını artırırken, yüksek kesimlerde yüzey akışı hızlanarak suyun alt kotlara taşınmasına neden olmaktadır (Das, 2018; Ersayın ve Yaş, 2024). Çalışma sahasının kuzey ve kıyı kesimlerinde düşük yükselti alanlarının (0–250 m) geniş yer kapladığı (%20,62), batı ve güneybatı kesimlerde ise daha yüksek alanların hakim olduğu görülmektedir. Bu durum, yüzey akışının yüksek kesimlerden düşük kotlara doğru yönelerek özellikle alçak alanlarda birikmesine neden olmaktadır. BWM analizi sonucunda yükselti faktörünün ağırlığı %8 olarak belirlenmiştir (Şekil 3c, Tablo 5).

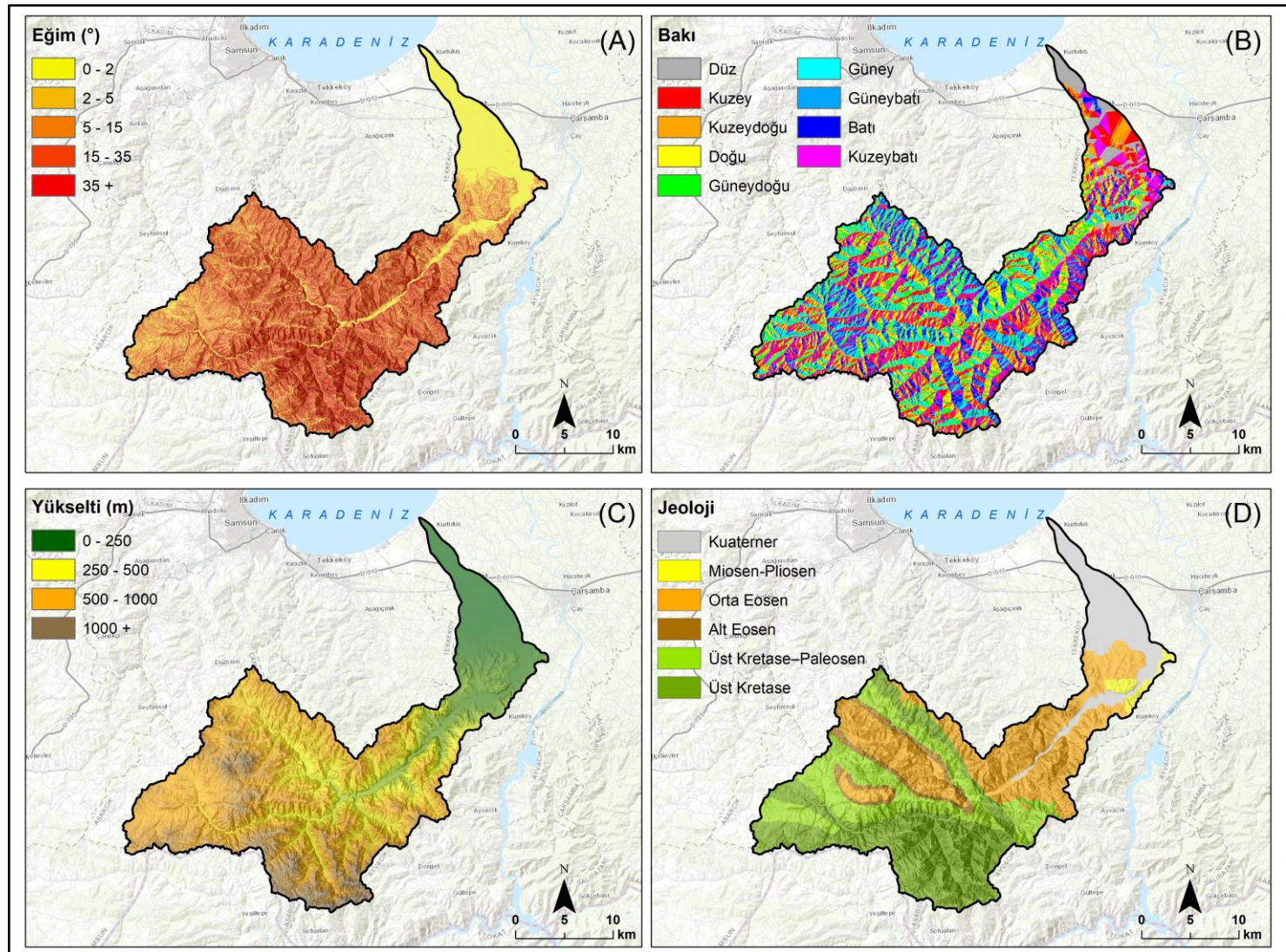
Jeoloji

Gözeneklilik ve geçirgenlik bir alanın litolojik özelliklerine bağlıdır ve kayaların bu özellikleri taşkın oluşumunu etkileyebilmektedir (Das, 2018). Geçirimsizliği düşük olan birimlerin yaygın olduğu alanlarda infiltrasyonun sınırlı olması yüzey akışını artırarak taşkın duyarlılığını yükseltirken, daha geçirgen birimlerde suyun yeraltına sızması yüzey akışını

azaltabilmektedir (Karakoca ve Ünver, 2025). Havzada Mesozoyik–Kuvaterner yaşlı çakıltısı, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, andezit, bazalt ve alüvyonlar yayılış göstermekte olup, güney kesimlerde Üst Kretase volkanik-sedimanter birimler, orta kesimlerde Orta Eosen volkanikleri ve kuzey kesimlerde ise Kuvaterner alüvyonları hakimdir. BWM analizi sonucunda jeoloji faktörünün ağırlığı %7 olarak belirlenmiştir (Şekil 3d, Tablo 5).

Şekil 3

Taşkın Duyarlılığı Analizinde Kullanılan Temel Faktör Haritaları: A) Eğim, B) Bakı, C) Yükselti ve D) Jeoloji.



Akarsuya uzaklık

Taşkınlar çoğunlukla akarsu çevresinde yoğunlaştığından, akarsuya olan mesafe doğru taşkın haritalaması için dikkate alınması gereken önemli bir faktördür (Das, 2018; Özay ve Orhan, 2023). Akarsuya yakın alanlarda taşkın sularının çevreye yayılma olasılığı daha yüksekken, mesafe arttıkça bu etki azalır. Düşük eğimli akarsu kenarlarında bulunan yerleşim alanları ve ulaşım hatları taşkın sırasında en fazla zarar görme potansiyeline sahip alanları oluşturmaktadır (Duman ve İrcan, 2022; Özşahin ve Kaymaz, 2015). Havza genelinde düşük mesafeli alanların akarsu ağları boyunca lineer bir dağılım gösterdiği ve bu bölgelerin taşkın

açısından daha duyarlı olduğu görülmektedir. Buna karşılık, yüksek mesafeli alanlarda taşkın etkisinin sınırlı kaldığı anlaşılmaktadır. BWM analizi sonucunda akarsuya uzaklık faktörü %32 ağırlık değeriyle en belirleyici coğrafi faktör olarak belirlenmiştir (Şekil 4a, Tablo 5).

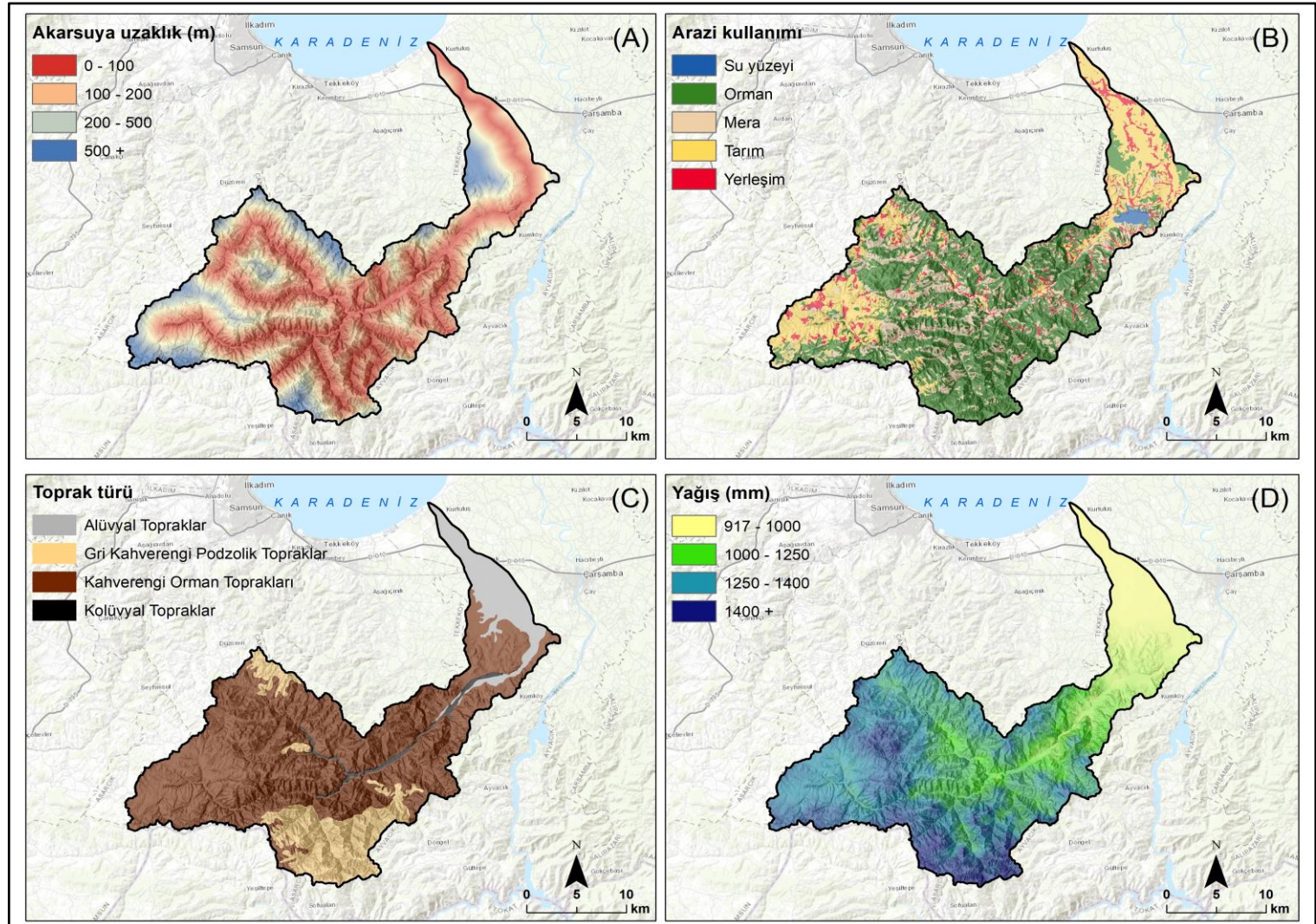
Arazi kullanımı

Bir bölgenin arazi kullanım yapısı, insan faaliyetlerinin mekânsal dağılımını ve bu faaliyetlerin doğal süreçlerle etkileşimini yansıtmaktadır (Ajin vd., 2013; Kaur vd., 2017). İnsan faaliyetlerinin artması arazi kullanımında önemli değişimlere neden olarak doğal alanların yerini yerleşim, tarım ve sanayi alanlarının almasına ve bitki örtüsünün tahrip edilmesine yol açmaktadır. Bitki örtüsünün tahrip edilmesi, özellikle yerleşim ve tarım alanlarının genişlemesine bağlı olarak, geçirimsiz yüzeylerin artmasına neden olmakta; bu durum infiltrasyonu azaltarak yüzey akışını hızlandırmakta ve taşkın duyarlılığını artırmaktadır (Liu vd., 2024). Buna karşılık, orman ve doğal bitki örtüsünün korunması, suyun tutulmasını sağlayarak taşkın etkisini azaltıcı bir rol oynamaktadır (Das, 2018). Havzada orman alanları geniş yer kaplarken, yerleşim ve tarım alanları özellikle alçak kesimlerde ve akarsu çevresinde yoğunlaşmaktadır. BWM analizi sonucunda arazi kullanımı faktörünün ağırlığı %10 olarak belirlenmiştir (Şekil 4b, Tablo 5).

Toprak türü

Topraklar; nem, geçirgenlik, gözeneklilik, kalınlık ve doku gibi özellikleri nedeniyle taşkın oluşumunda etkili bir rol oynar (Ocak ve Bahadır, 2024). Toprak ne kadar geçirgen ve gözenekliyse nem ve su tutma kapasitesi o kadar yüksek olur ve buna bağlı olarak yüzey akış sularının toprağa nüfuz etme hızı da artar (Mojaddadi vd., 2017). İnce tekstürlü ve geçirgenliği düşük topraklarda infiltrasyonun sınırlı olması, yüzey akışını artırarak (Das, 2019a) taşkın duyarlılığını yükseltir; daha geçirgen topraklarda suyun yeraltına sızması yüzey akışını azaltmaktadır (Das, 2020). Havzanın büyük bir bölümünde kahverengi orman toprakları yaygınken, akarsu çevrelerinde ise alüvyal ve kolüvyal topraklar bulunmaktadır. Özellikle alüvyal toprakların bulunduğu alanlarda suyun birikme eğilimi artmakta ve bu durum taşkın duyarlılığını artırmaktadır. BWM analizi sonucunda toprak faktörünün ağırlığı %6 olarak belirlenmiştir (Şekil 4c, Tablo 5).

Şekil 4
Taşkın Duyarlılığı Analizinde Kullanılan Temel Faktör Haritaları: A) Akarsuya uzaklık, B) Arazi kullanımı, C) Toprak türü ve D) Yağış.



Yağış

Buzul bölgeleri dışında yağış, yüzey sularının temel kaynağı olup nehir debisiyle doğrudan ilişkili olarak taşkın oluşumuna etki eden bir coğrafi faktördür (Das, 2018). Yağış miktarının ve şiddetinin artması, yüzey akışını hızlandırarak taşkın duyarlılığını önemli ölçüde artırmaktadır (Nsangou vd., 2022; Ocak ve Bahadır, 2024). Yağışlar ayrıca yeraltı suyu seviyesini yükselterek toprağın doygunluğa ulaşmasında etkili olmaktadır (Ekinci, 2004; Özşahin, 2013). Havzanın güney ve güneybatı kesimlerinde yağış miktarının daha yüksek olduğu, kuzey ve kıyı kesimlere doğru ise azaldığı görülmektedir. Bu durum, özellikle yüksek yağış alan kesimlerde yüzey akışının daha hızlı gelişmesine ve taşkın duyarlılığının artmasına neden olmaktadır. BWM analizi sonucunda yağış faktörünün ağırlığı %20 olarak belirlenmiş olup, bu durum yağışın taşkın duyarlılığı üzerindeki en belirleyici kriterlerden biri olduğunu göstermektedir (Şekil 4d, Tablo 5).

Taşkın Duyarlılık Analizi

Taşkın duyarlılık analizi sürecinde, çalışma kapsamında belirlenen kriterler CBS ortamında analiz edilmiştir. Her bir kriter, taşkın oluşumuna olan etkisi doğrultusunda sınıflandırılmış ve 1 (düşük) ile 4 (çok yüksek) arasında değişen duyarlılık değerleri ile puanlandırılmıştır. Dört sınıflı bu yaklaşımın tercih edilmesinin temel nedeni, karar verme sürecindeki karmaşıklığı azaltarak sınıflar arası ayrımı daha belirgin hale getirmesi ve aynı zamanda öznel değerlendirme hatalarını minimize etmesidir. Ayrıca, orta sınıfın bulunmaması karar vericiyi net bir tercih yapmaya yönlendirmekte, böylece sınıflandırma tutarlılığı artmaktadır. Kriterlerin taşkın oluşumuna etkilerini belirlemek amacıyla BWM kullanılarak ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda en etkili (en iyi) ve en az etkili (en kötü) kriterler, Best–Worst Method (BWM) yaklaşımında karar probleminin amacı doğrultusunda uzman/karar verici yargısına göre belirlenmiş (Rezaei, 2015) ve kriterler arası karşılaştırmalar yapılarak ağırlık katsayıları hesaplanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5

Taşkın Duyarlılık Analizinde Kullanılan Parametreler ve Etki Değerleri

Kriter No	Kriter (C)	Değerlendirme aralıkları	Alan		Puan*	Ağırlık (%)
			km ²	%		
C ₁	Eğim (°)	0-2	85,53	15,19	4	14
		2-5	28,30	5,03	4	
		5-15	141,75	25,18	3	
		15-35	267,73	47,55	2	
		35 +	39,69	7,05	1	
C ₂	Bakı	Düz	41,51	7,37	4	3
		Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı	222,85	39,58	3	
		Doğu	68,66	12,20	2	
		Güney, Güneydoğu, Güneybatı	168,29	29,89	1	
		Batı	61,69	10,96	2	
C ₃	Yükselti (m)	0-250	116,09	20,62	4	8
		250-500	73,97	13,14	3	
		500-1000	345,54	61,37	2	
		1000 +	27,40	4,87	1	
		Kvaterner (alüvyon, bataklık, eski alüvyon)	66,97	11,90	4	
C ₄	Jeoloji	Miosen-Pliosen (Çakıl)	9,45	1,68	1	7
		Orta Eosen (çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, bazalt, andezit, gabro, piroklastik kayaç)	181,37	32,21	3	
		Alt Eosen (kumtaşı, çamurtaşı)	24,52	4,36	2	
		Üst Kretase–Paleosen (kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı)	112,14	19,92	2	
		Üst Kretase (çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı, volkanik kayaç, tortul kayaç)	168,55	29,94	3	
C ₅	Akarsuya uzaklık (m)	0-100	34,89	6,20	4	32
		100-200	32,91	5,85	3	
		200-500	92,58	16,44	2	
		500 +	402,62	71,51	1	
C ₆	Arazi kullanımı	Su yüzeyi	4,85	0,86	4	10
		Tarım alanı	137,85	24,48	3	
		Yerleşim alanı	42,52	7,55	4	
		Orman alanı	276,18	49,06	1	
		Mera	101,60	18,05	2	
C ₇	Toprak türü	Alüvyal topraklar	52,95	9,40	4	6
		Gri-kahverengi podzolik topraklar	89,47	15,89	2	
		Kahverengi orman toprakları	410,74	72,96	1	
		Kolüvyal topraklar	9,84	1,75	3	
C ₈	Yağış (mm)	917-1000	34,45	6,12	1	20
		1000-1250	32,41	5,76	2	
		1250-1500	92,58	16,44	3	
		1500 +	402,62	71,51	4	

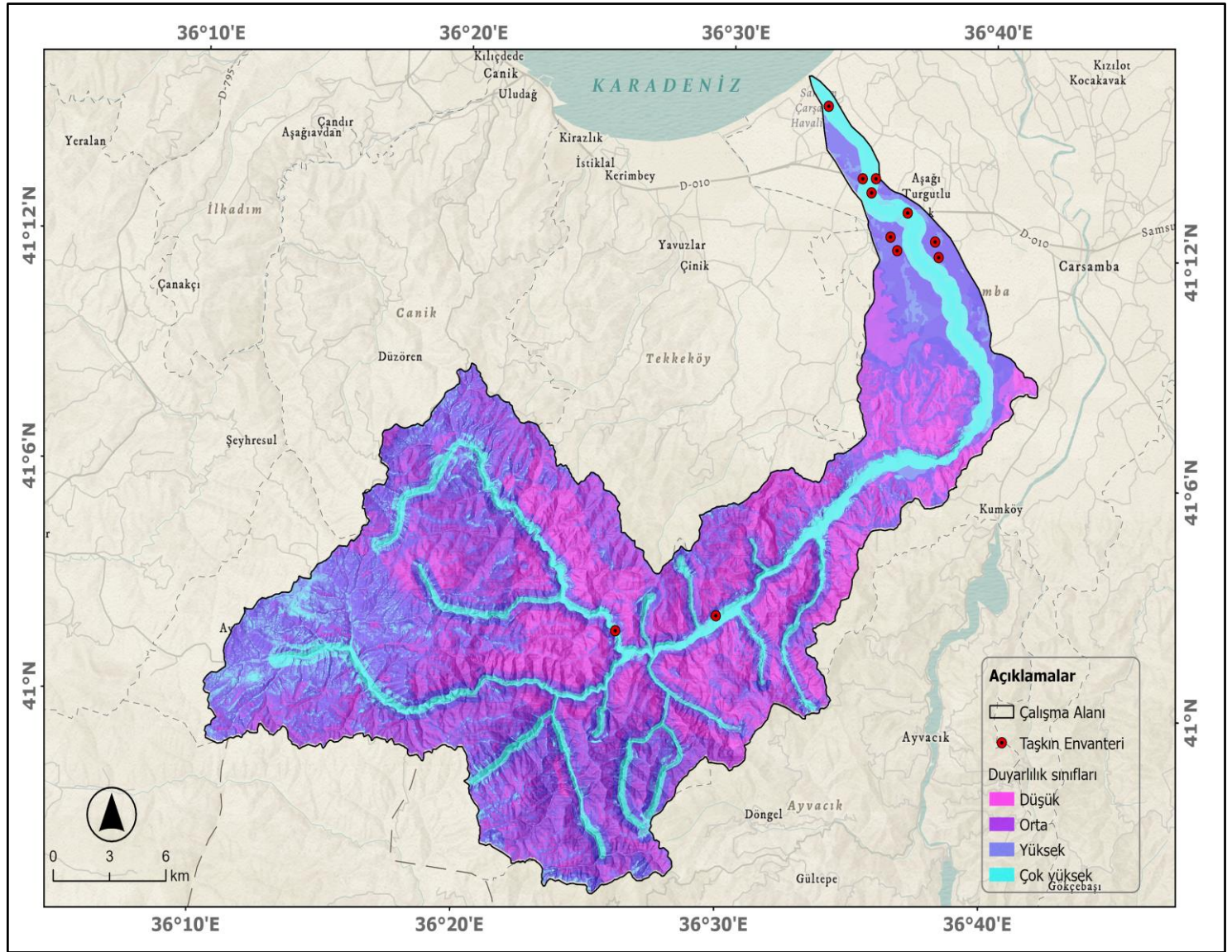
* Çok yüksek (4), yüksek (3), orta (2), düşük (1).

Elde edilen kriter ağırlıkları ve sınıf puanları, CBS ortamında raster veri formatına dönüştürülerek ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) yöntemiyle birleştirilerek çalışma alanına ait taşkın duyarlılık indeksi hesaplanmıştır. Bu indeks değerleri belirli sınıf aralıklarına ayrılarak taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir (Şekil 5) ve çalışma alanında duyarlılığın mekânsal dağılımı ortaya konmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanının %44,89'u düşük duyarlılık, %34,01'i orta duyarlılık, %13,93'ü yüksek duyarlılık ve

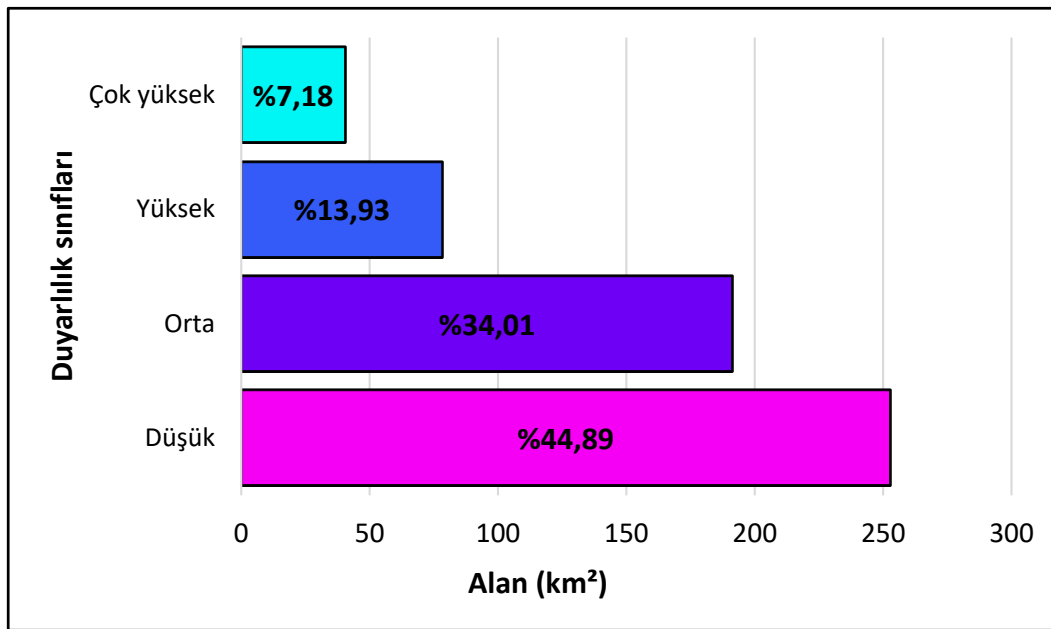
%7,18'i çok yüksek duyarlılık sınıfında yer almaktadır (Şekil 6). Düşük ve orta duyarlılık sınıfları havzanın büyük bölümünü oluşturarak alansal olarak baskın bir dağılım göstermektedir. Yüksek ve çok yüksek duyarlılık sınıfları ise daha sınırlı alanlarda ve parçalı bir dağılım yapısında görülmektedir. Özellikle yüksek ve çok yüksek duyarlılık sınıflarının havzanın belirli kesimlerinde yoğunlaştığı, buna karşılık düşük duyarlılık alanlarının daha geniş ve süreklilik gösteren bölgelerde yer aldığı belirlenmiştir. Orta duyarlılık sınıfı ise geçiş zonu niteliğinde olup çalışma alanı genelinde yayılım göstermektedir.

Şekil 5
Abdal Deresi Havzası Taşkın Duyarlılık Haritası.



Şekil 6

Abdal Deresi Havzası'na Ait Taşkın Duyarlılık Sınıflarının Dağılım Oranları.

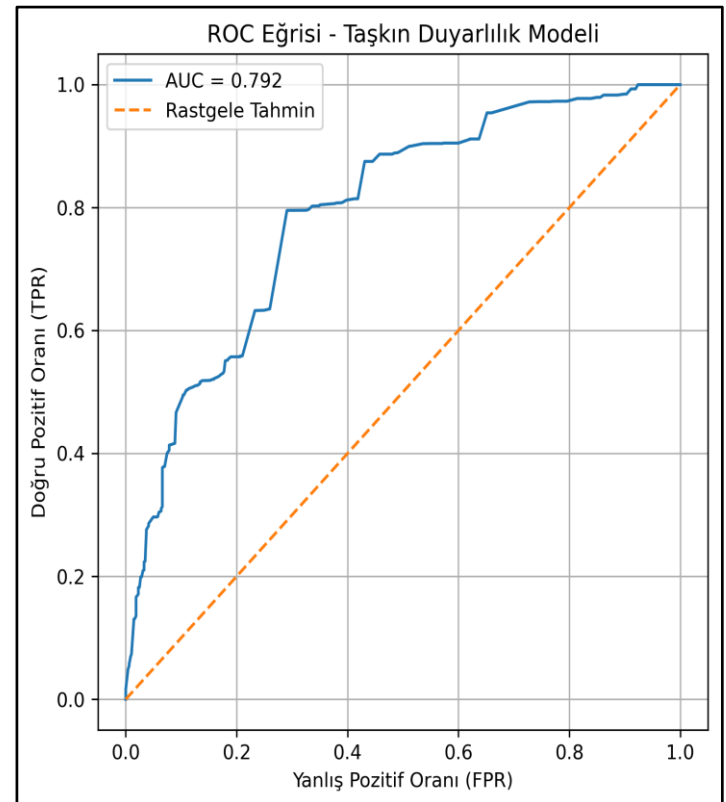


Doğruluk Analizi

Elde edilen taşkın duyarlılık haritasının doğruluğunu değerlendirmek amacıyla Receiver Operating Characteristic (ROC) eğrisi kullanılmıştır. Bu kapsamda geçmiş taşkın olaylarına ait konumsal veriler ile duyarlılık haritası karşılaştırılarak model performansı analiz edilmiştir. ROC analizi, çalışma alanında geçmiş dönemlere ait toplam 11 adet taşkın envanteri verisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu veriler ilgili kurum kayıtları ve arazi gözlemleri doğrultusunda derlenmiş olup, taşkın gerçekleşen alanları temsil eden doğrulanmış nokta verilerinden oluşmaktadır. Taşkın olmayan örnekler ise çalışma alanı içerisindeki taşkın gerçekleşmeyen bölgelerden rastgele (random) yöntemle seçilmiştir. Analiz sürecinde bu noktalar duyarlılık haritasıyla karşılaştırılarak modelin doğru tahmin oranı değerlendirilmiştir. ROC eğrisi altında kalan alan (AUC – Area Under Curve) değeri hesaplanmış (0,792) ve modelin tahmin başarısı nicel olarak ortaya konmuştur (Şekil 7). ROC analizi sonucunda elde edilen AUC değerinin 0,792 olması, modelin taşkın ve taşkın olmayan alanları ayırt etme gücünün rastgele sınıflandırmanın üzerinde olduğunu ve iyi düzeyde bir ayırt edicilik performansı sergileyerek güvenilir tahminler ürettiğini göstermektedir. Bu sonuç, modelin ürettiği tahminlerin güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir. Elde edilen AUC değeri, kullanılan kriterlerin ve BWM ağırlıklandırma yönteminin taşkın oluşumunu temsil etmede başarılı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, oluşturulan duyarlılık haritasının karar destek süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Bu bulgular, geliştirilen modelin taşkın duyarlılığını belirlemede yeterli ve güvenilir bir performans sergilediğini göstermektedir.

Şekil 7

ROC Eğrisi Analizi ile Taşkın Duyarlılık Modelinin Performans Değerlendirmesi.



Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada elde edilen bulgular taşkın duyarlılığının belirlenmesinde hem doğal hem de beşerî faktörlerin birlikte değerlendirilmesinin gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle akarsuya uzaklık ve yağış faktörlerinin yüksek ağırlık değerlerine sahip olması, çalışma alanında akarsuya uzaklık ve yağış faktörlerinin taşkın duyarlılığının mekânsal dağılımında öne çıktığını göstermektedir. Bu durum, literatürde taşkın oluşumunda akarsuya yakınlık (%32) ve yoğun yağışın (%20) belirleyici rol oynadığını vurgulayan birçok çalışma ile uyumludur (Bitek ve Erenoğlu, 2026; Das, 2018; Duman ve İrcan, 2022; Ocak vd., 2021; Özay ve Orhan, 2023; Özşahin ve Kaymaz, 2015; Yıldız ve Gürgöze, 2026). Bu bağlamda elde edilen sonuçlar havza içerisindeki taşkın riskinin özellikle dere yatakları ve taşkın ovaları boyunca yoğunlaştığını açıkça göstermektedir. Bununla birlikte, arazi kullanımı ve toprak özelliklerinin de önemli bir ağırlığa sahip olması, insan faaliyetlerinin taşkın riskini artırıcı etkisini desteklemektedir (Ajin vd., 2013; Kaur vd., 2017). Bu durum, insan faaliyetlerinin doğal süreçlerle etkileşiminin taşkın riskini artırıcı yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Eğim faktörünün %14 ağırlık değeriyle ikinci derecede önemli bir parametre olarak belirlenmiş olması, yüzey akışı süreçlerinin topografya ile olan güçlü ilişkisini ortaya koymaktadır. Düşük eğimli alanlarda suyun birikme eğiliminin artması ve yüksek eğimli alanlarda akışın hızlanarak alt kotlara taşınması taşkın oluşum mekanizmasını doğrudan etkilemektedir (Das, 2019a, 2019b; Nsangou vd., 2022; Ocak ve Bahadır, 2024). Bu sonuçlar, eğimin taşkın duyarlılığı üzerindeki belirleyici rolünü vurgulayan önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir (Ersayın ve Yaş, 2024; Işık vd., 2020; Karakoca ve Ünver, 2025; Ocak ve Bahadır, 2024). Buna karşılık, bakı (%3) ve jeoloji (%7) gibi faktörlerin daha düşük ağırlık değerlerine sahip olması, bu parametrelerin taşkın oluşumuna etkilerinin daha sınırlı olduğunu göstermektedir. Ancak bu durum, söz konusu faktörlerin tamamen önemsiz olduğu anlamına gelmemektedir. Özellikle jeolojik birimlerin geçirgenlik özellikleri (Karakoca ve Ünver, 2025) ve bakının mikroklimatik etkileri (Dölek, 2013; Turoğlu ve Özdemir, 2005) yerel ölçekte taşkın süreçlerini etkileyebilmektedir. Bu bulgular, taşkın oluşumunun büyük ölçüde hidrolojik ve topografik faktörler tarafından kontrol edildiğini, ancak arazi kullanımı gibi insan kaynaklı etkilerin de sürece önemli katkılarda bulunduğunu göstermektedir. Özellikle yerleşim ve tarım alanlarının akarsuya yakın ve düşük kotlu alanlarda yoğunlaşması, taşkın riskinin yalnızca doğal süreçlerle değil, aynı zamanda insan faaliyetleriyle de yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Analiz sonuçları havzanın %44,89'unun düşük, %34,01'inin orta, %13,93'ünün yüksek ve %7,18'inin çok yüksek taşkın duyarlılığı sınıfında yer aldığını ortaya koymuştur (Şekil 6). Bu dağılım, çalışma alanının büyük bir bölümünde taşkın riskinin sınırlı düzeyde olduğunu göstermekle birlikte, özellikle belirli alanlarda yoğunlaşan yüksek ve çok yüksek duyarlılık sınıflarının dikkate değer bir risk potansiyeli oluşturduğunu da göstermektedir. Taşkın duyarlılığının mekânsal dağılımı incelendiğinde, yüksek riskli alanların çoğunlukla akarsu çevresinde, düşük eğimli ve düşük yükselti kesimlerinde

yoğunlaştığı belirlenmiştir. Elde edilen taşkın duyarlılık haritasında yüksek ve çok yüksek duyarlılık sınıflarının özellikle düşük eğimli, düşük yükselti ve akarsuya yakın alanlarda yoğunlaşması, topografik ve morfometrik faktörlerin taşkın oluşumu üzerindeki belirleyici etkisini doğrulamaktadır. Bu bulgular, benzer havzalarda gerçekleştirilen CBS tabanlı taşkın analizleriyle büyük ölçüde örtüşmektedir (Bitek ve Erenoğlu, 2026; Ersayın ve Yaş, 2024; Işık vd., 2020; Karakoca ve Ünver, 2025; Ocak vd., 2021; Toprak ve Canpolat, 2022; Yıldız ve Gürgöze, 2026). Ancak çalışma alanına özgü olarak yerleşim ve tarım alanlarının bu riskli zonlarla çakışması, taşkın tehlikesinin yalnızca doğal bir süreç olmadığını, aynı zamanda arazi kullanım kararlarıyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, sürdürülebilir arazi planlamasının taşkın riskinin azaltılmasında kritik rolünü bir kez daha ortaya koymaktadır.

Model performansının ROC analizi ile değerlendirilmesi sonucunda elde edilen 0,792 AUC değeri, modelin güvenilir ve ayırt edici bir performans sergilediğini göstermektedir. Bu sonuç, kullanılan kriterlerin seçimi ve BWM tabanlı ağırlıklandırma yaklaşımının taşkın duyarlılığını temsil etmede başarılı olduğunu göstermektedir. Literatürde 0,7–0,8 aralığındaki AUC değerleri "iyi" model performansı olarak kabul edilmektedir (Alkan Akinci vd., 2024; Bostancı, 2026; Chen vd., 2018; Yavuz Ozalp vd., 2023). Bu bağlamda, elde edilen sonucun hem kullanılan veri setinin uygunluğunu hem de BWM yöntemine dayalı ağırlıklandırmanın başarısını desteklediği söylenebilir. Bununla birlikte, AUC değerinin mükemmel (0,9 ve üzeri) seviyede olmaması, modelin geliştirilmesine açık yönlerinin bulunduğunu da göstermektedir.

Bu çalışmanın diğer katkılarından biri, taşkın duyarlılık analizlerinde nispeten çok kriterli karar verme yöntemi olan BWM'nin uygulanabilirliğini ortaya koymasındır. Geleneksel olarak yaygın şekilde kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile karşılaştırıldığında, BWM yöntemi daha az sayıda karşılaştırma gerektirmesi ve daha yüksek tutarlılık sağlaması açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu durum, özellikle uzman görüşüne dayalı ağırlıklandırma süreçlerinde hata payını azaltmakta ve daha güvenilir sonuçların elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Çalışma bulguları, BWM yönteminin CBS ile entegrasyonunun taşkın duyarlılık modellemesinde etkili bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.

Öte yandan, çalışmanın bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Öncelikle kullanılan veri setlerinin mekânsal ve zamansal çözünürlüğü model doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Özellikle 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip veriler küçük ölçekli topografik farklılıkları ve mikro ölçekteki hidrolojik süreçleri yeterince temsil edemeyebilir. Bu durum, model sonuçlarında yerel ölçekte sapmalara yol açabilir. Ayrıca taşkın envanteri verilerinin sayısı ve doğruluğu, ROC analizinin güvenilirliği üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bunun yanı sıra, modelde kullanılan kriterler literatüre dayalı olarak seçilmiş olmakla birlikte, farklı havzalarda farklı faktörlerin daha baskın olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Gelecek çalışmalar açısından daha yüksek çözünürlüklü verilerin kullanılması, uzaktan algılama ürünlerinin entegrasyonu ve makine öğrenmesi yöntemleriyle

hibrit modellerin geliştirilmesi, taşkın duyarlılık analizlerinin doğruluğunu artırabilir. Ayrıca, iklim değişikliğinin yağış rejimleri üzerindeki etkileri dikkate alınarak dinamik modelleme yaklaşımlarının geliştirilmesi taşkın riskinin daha gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma, taşkın duyarlılık analizlerinde BWM yönteminin uygulanabilirliğini ortaya koyarak literatüre metodolojik bir katkı sunmaktadır. Geleneksel çok kriterli karar verme yöntemlerine kıyasla daha az karşılaştırma gerektirmesi ve yüksek tutarlılık sağlaması, BWM yöntemini özellikle veri ve uzman değerlendirmesine dayalı çalışmalarda önemli bir alternatif haline getirmektedir. Bu yönüyle çalışma, CBS tabanlı taşkın duyarlılık modellerinde daha etkin ve güvenilir ağırlıklandırma yaklaşımlarının kullanımına yönelik önemli bir örnek teşkil etmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma hem metodolojik hem de uygulama açısından önemli bulgular sunmakta; BWM ve CBS entegrasyonunun taşkın duyarlılık analizlerinde güvenilir ve uygulanabilir bir yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar yalnızca çalışma alanı için değil, benzer hidrolojik ve topografik özelliklere sahip havzalar için de yol gösterici niteliktedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

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

Yapay Zekâ Kullanımı: Yazar, bu çalışmada sadece dil ve ifade düzenlemesi için yapay zekâ destekli uygulamalardan yararlandığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

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

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

Use of Artificial Intelligence: The author states that in this study, artificial intelligence-powered applications were used only for language and expression refinement.

Kaynaklar

- Ajin, R., Krishnamurthy, R., Jayaprakash, M., & Vinod, P. (2013). Flood hazard assessment of vamanapuram river basin, Kerala, India: An approach using remote sensing & GIS techniques. *Advances in Applied Science Research*, 4(3), 263-274.
- Akyüz, G., Yalpir, Ş., & Ertunç, E. (2023). Determining the suitability of lands for agricultural use with the Best-Worst Method. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 23(4), 1045-1055. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.1229833>
- Alkan Akinci, H., Akinci, H., & Zeybek, M. (2024). Comparison of diverse machine learning algorithms for forest fire susceptibility mapping in Antalya, Türkiye. *Advances in Space Research*, 74(2), 647-667. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.04.018>
- Avcı, V. (2025). *Doğu Karadeniz Bölümü'nde meydana gelen sel ve taşkınların analizi* (1955-2022). Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub701>
- Bağcı, H. R. (2017). *Yeşilirmak Deltası'nda (Çarşamba/Samsun) doğal ortam insan ilişkileri ve doğal çevre planlaması* (Tez No: 490974). [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü]. YÖK Tez Merkezi.

- Bitek, D., & Erenoğlu, R. C. (2026). Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile taşkın duyarlılık analizi: Oğulpaşa Deresi Havzası örneği (Edirne). *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 16(1), 124-147. <https://doi.org/10.46453/jader.1892689>
- Bostancı, H. T. (2026). Gümüşhane'nin heyelan duyarlılığının makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 7(1), 195-211. <https://doi.org/10.48123/rsgis.1836037>
- Botzen, W. J. W., Aerts, J. C. J. H., & van den Bergh, J. C. J. M. (2013). Individual preferences for reducing flood risk to near zero through elevation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(2), 229-244. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9359-5>
- Cayır Ervural, B. (2026). Determination of electric vehicle charging station location based on a three-stage method: BWM, game theory, and a multi-objective programming approach. *Transportation Letters*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/19427867.2026.2627490>
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). (2025). *2024 disasters in numbers*. https://files.emdat.be/reports/2024_EMDAT_report.pdf
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). (2026, Mart 11). *Public EM-DAT*. <https://public.emdat.be/data>
- Chen, W., Peng, J., Hong, H., Shahabi, H., Pradhan, B., Liu, J., Zhu, A. X., Pei, X., & Duan, Z. (2018). Landslide susceptibility modelling using GIS-based machine learning techniques for Chongren County, Jiangxi Province, China. *Science of the Total Environment*, 626, 1121-1135. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.124>
- Çeribaşı, G. (2019). Şen yöntemi ve Trend yöntemleri kullanılarak Doğu Karadeniz Havzasının yağış verilerinin analiz edilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 254-264. <https://doi.org/10.21597/jist.439569>
- Danacıoğlu, Ş., & Öz, M. N. (2025). Tahtalı Barajı Havzasında bulanık mantık yöntemi ile taşkın risk analizi. *Journal of Anatolian Geography*, 2(1), 82-89. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jag/article/1698520>
- Das, S. (2018). Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(19), 576. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3933-4>
- Das, S. (2019a). Comparison among influencing factor, frequency ratio, and analytical hierarchy process techniques for groundwater potential zonation in Vaitarna Basin, Maharashtra, India. *Groundwater for Sustainable Development*, 8, 617-629. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.03.003>
- Das, S. (2019b). Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas Basin, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 14, 60-74. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.02.006>
- Das, S. (2020). Flood susceptibility mapping of the Western Ghat coastal belt using multi-source geospatial data and Analytical Hierarchy Process (AHP). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100379. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100379>
- Das, S., Pardeshi, S. D., Kulkarni, P. P., & Doke, A. (2018). Extraction of lineaments from different azimuth angles using geospatial techniques: A case study of Pravara basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(8), 160. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3522-6>
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2026). *1963-2023 yılları arası taşkın verileri*. <https://www.dsi.gov.tr/>
- Dölek, İ. (2013). Muş'ta yaşanan sel ve taşkınlar neden olan doğal faktörlerin analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 28, 408-422. <https://izlik.org/JA47UF84PP>

- Duman, N., & İrcan, M. R. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı Çankırı merkez ilçesinin taşkın duyarlılık analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (9), 50–66. <https://doi.org/10.46453/jader.1165963>
- Ekinci, D. (2004). *Gülüç Çayı Havzası'nın uygulamalı jeomorfoloji özellikleri* (Tez No: 146587). [Doktora, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. YÖK Tez Merkezi.
- Ersayın, K., & Yaş, M. (2024). Taşkın duyarlılığının Best-Worst yöntemiyle değerlendirilmesi: Suluca Deresi Havzası (Tokat) örneği. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 7(4), 683–692. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.1488908>
- Esri. (2025, Ekim 17). ESRI | Sentinel-2 Land Cover Explorer.
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>
- García-Zamora, D., Labella, Á., & Figueira, J. (2025). The Tournament Tree Method for preference elicitation in Multi-criteria decision-making. *ArXiv*, abs/2510.08197. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2510.08197>
- Gheibdoust, H., Homayounfar, M., Kiani-Sarkaleh, A., & Soufi, M. (2026). Identification and assessment influencing drivers of the humanitarian supply chain for disaster management: A BWM method. *International Journal of Emergency Services*, 15(1), 138–164. <https://doi.org/10.1108/IJES-12-2024-0075>
- Guler, D., & Yomralioglu, T. (2021). Location evaluation of bicycle sharing system stations and cycling infrastructures with Best Worst Method using GIS. *The Professional Geographer*, 73(3), 535–552. <https://doi.org/10.1080/00330124.2021.1883446>
- Harita Genel Müdürlüğü (HGM). (2025). 1/25000 ölçekli topografya haritaları.
- İşık, 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>
- Jongman, B. (2018). Effective adaptation to rising flood risk. *Nature Communications*, 9(1), 1986. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04396-1>
- Karakoca, E., & Ünver, A. (2025). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanarak Eşen Çayı Havzası'nda taşkın riski değerlendirmesi ve haritalandırılması. *Geomatik*. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1542251>
- Kaur, H., Gupta, S., Parkash, S., Thapa, R., & Mandal, R. (2017). Geospatial modelling of flood susceptibility pattern in a subtropical area of West Bengal, India. *Environmental Earth Sciences*, 76(9), 339. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6667-9>
- Kaya, M., & Aktaş, C. (2026). Görele Çayı, Yalakoda Deresi ve Acısu Deresi Havzalarında taşkın duyarlılığının morfometrik yöntemlerle değerlendirilmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (16), 64–93. <https://doi.org/10.46453/jader.1865335>
- Keya, T. A., Balakrishnan, S. S., Solayappan, M., Dheena Dhayalan, S. S., Subramaniam, S., An, L. J., Leela, A., Fernandez, K., Kumar, P., Lokeshmaran, A., Boratne, A. V., & Abdullah, M. T. (2024). Enhancing precision flood mapping: Pahang's vulnerability unveiled. *PLOS ONE*, 19(11), e0310435. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310435>
- Konurhan, Z., & Başaran, E. (2024). Rüzgâr Enerji Santrali (RES) yer seçimi için BWM-CBS tabanlı bir yaklaşım: Tunceli örneği. *Journal of Geography*, (47), 15–28. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2023-1233104>
- Kou, G., Ergu, D., Chen, Y., & Lin, C. (2016). Pairwise comparison matrix in multiple criteria decision making. *Technological and Economic Development of Economy*, 22, 738–765. <https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1210694>
- Kundzewicz, Z., Kanae, S., Seneviratne, S., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., Mechler, R., Bouwer, L., Arnell, N., Mach, K., Muir-Wood, R., Brakenridge, R., Kron, W., Benito, G., Honda, Y., Takahashi, K., & Sherstyukov, B. (2014). Flood risk and climate change: global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 59, 1–28. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.857411>
- Lachiche, N., & Flach, P. (2003). *Improving accuracy and cost of two-class and multi-class probabilistic classifiers using ROC curves*. Machine Learning, Proceedings of the Twentieth International Conference (ICML 2003), August 21–24, 2003, Washington, DC, USA.
- Liang, F., Brunelli, M., & Rezaei, J. (2020). Consistency issues in the best worst method: Measurements and thresholds. *Omega*, 96, 102175. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.102175>
- Liu, W., Wu, J., Xu, F., Mu, D., & Zhang, P. (2024). Modeling the effects of land use/land cover changes on river runoff using SWAT models: A case study of the Danjiang River source area, China. *Environmental Research*, 242, 117810. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117810>
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2026). 1/25.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları.
- Mandal, S., & Mandal, S. (2019). Statistical Approaches for Landslide Susceptibility Assessment and Prediction. *Springer International Publishing*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93897-4>
- Merz, B., Blöschl, G., Vorogushyn, S., Dottori, F., Aerts, J., Bates, P., Bertola, M., Kemter, M., Kreibich, H., Lall, U., & Macdonald, E. (2021). Causes, impacts and patterns of disastrous river floods. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2, 592–609. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00195-3>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2025). 1975-2020 yılları arası iklim verileri.
- Mojaddadi, H., Pradhan, B., Nampak, H., Ahmad, N., & Ghazali, A. H. bin. (2017). Ensemble machine-learning-based geospatial approach for flood risk assessment using multi-sensor remote-sensing data and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 1080–1102. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1294113>
- Nsangou, D., Kpoumié, A., Mfonka, Z., Ngouh, A. N., Fossi, D. H., Jourdan, C., Mbele, H. Z., Mouncherou, O. F., Vandervaere, J.P., & Ndam Ngoupayou, J. R. (2022). Urban flood susceptibility modelling using AHP and GIS approach: Case of the Mfoundi watershed at Yaoundé in the South-Cameroon plateau. *Scientific African*, 15, e01043. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01043>
- Ocak, F. (2025). Afet risk yönetimi kapsamında afet ve acil durum toplanma alanlarının BWM ve CBS ile belirlenmesi: İlkadım (Samsun) örneği, Türkiye. *International Journal of Geography and Geography Education*, (56), 246–268. <https://doi.org/10.32003/igge.1684133>
- Ocak, F. (2026a). Balaban Deresi Havzası'nda (Taşova, Amasya) CBS Tabanlı Taşkın Duyarlılık Analizi. İçinde R. Bozyiğit (Ed.), *Fiziki Coğrafya Alanında Uluslararası Araştırmalar-V* (ss. 49–66). Eğitim Yayınevi.
- Ocak, F. (2026b). Morfometrik analizlerle taşkın potansiyelinin belirlenmesi: Akçay Havzası (Samsun) örneği, Türkiye. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (16), 1–24. <https://doi.org/10.46453/jader.1818945>
- Ocak, F., & Bahadır, M. (2020). Örnek taşkın risk modeli oluşturulması ve Ünye şehrindeki derelere ait taşkın risk analizleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 13(80), 499–524. <https://doi.org/10.29228/JASSS.43017>
- Ocak F., & Bahadır M. (2021). Taşkın bilgi ve yönetim sisteminin oluşturulmasında web CBS teknolojisi kullanımı: Ordu-Ünye şehir selleri örneği. İçinde M. F. Döker & E. Akköprü (Ed.), *Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları-II* (ss. 205–220). Pegem Akademi.

- Ocak, F., & Bahadır, M. (2024). Evaluation of potential flood areas in the Basin of Lake Ladik through AHP and GIS integration, (Samsun, Türkiye). *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (13), 71–93. <https://doi.org/10.46453/jader.1513212>
- Ocak, F., Bahadır, M., & Aylar, F. (2021). Bakacak Deresi Havzası'nın (Samsun) coğrafi analizi ve taşkın duyarlılığı. *Mavi Atlas*, 9(2), 61–81. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.981217>
- Özay, B., & Orhan, O. (2023). Flood susceptibility mapping by best–worst and logistic regression methods in Mersin, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 45151–45170. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25423-9>
- Özşahin, E. (2013). Arnavutluk'ta taşkın risk analizi. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 12, 91–109. <https://izlik.org/JA57BY77KF>
- 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. <https://doi.org/10.17295/dcd.52077>
- Paprotny, D., Sebastian, A., Morales-Nápoles, O., & Jonkman, S. N. (2018). Trends in flood losses in Europe over the past 150 years. *Nature Communications*, 9(1), 1985. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04253-1>
- Ramdani, R. S., Fehdi, C., Gueradia, N. E. H., Gueradia, S., & Hafnaoui, S. (2025). Flood susceptibility assessment using GIS-AHP and morphometric analysis in the El Malabiod Watershed, Northeastern Algeria. *Geomatics, Landmanagement and Landscape*, (1). <https://doi.org/10.15576/GLL/200350>
- Rentschler, J., Salhab, M., & Jafino, B. A. (2022). Flood exposure and poverty in 188 countries. *Nature Communications*, 13(1), 3527. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30727-4>
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>
- Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64, 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001>
- Shaikh, M. P., Yadav, S. M., & Manekar, V. L. (2023). Flood hazards mapping by Linking CF, AHP, and Fuzzy Logic techniques in urban areas. *Natural Hazards Review*, 25(1). <https://doi.org/10.1061/NHREFO.NHENG-1716>
- Shi, J., Cui, L., & Tian, Z. (2020). Spatial and temporal distribution and trend in flood and drought disasters in East China. *Environmental Research*, 185, 109406. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109406>
- Sieg, T., Schinko, T., Vogel, K., Mechler, R., Merz, B., & Kreibich, H. (2019). Integrated assessment of short-term direct and indirect economic flood impacts including uncertainty quantification. *PLOS ONE*, 14(4), e0212932. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212932>
- Şahin, K. (2002). Çarşamba Ovası ve yakın çevresinde sel afeti (27 Mayıs 2000). *Türk Coğrafya Dergisi*, 39, 79–65. <https://izlik.org/JA64MK82AR>
- Şanlı, B., Can, M., & Aslan, S. T. (2025). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile taşkın riskinin tespiti: Bursa ili İnegöl ilçesi Kalbur Deresi örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1), 167–186. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1625180>
- Taoukidou, N., Karpouzou, D., & Georgiou, P. (2025). Flood hazard assessment through AHP, Fuzzy AHP, and Frequency Ratio methods: A comparative analysis. *Water*, 17(14), 2155. <https://doi.org/10.3390/w17142155>
- Taşdemir, F. (2022). ROC analizi ve R yazılımı ile verilerin sınıflama doğruluklarının karşılaştırılması. *Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi*, 6(2), 230–241. <https://doi.org/10.32960/uead.1166987>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021). *Tarım arazileri değerlendirme ve bilgilendirme portalı*.
- Tanoue, M., Hirabayashi, Y., & Ikeuchi, H. (2016). Global-scale river flood vulnerability in the last 50 years. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep36021>
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2013). Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. *Journal of Hydrology*, 504, 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.034>
- Tempa, K. (2022). District flood vulnerability assessment using analytic hierarchy process (AHP) with historical flood events in Bhutan. *PLOS ONE*, 17(6), e0270467. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270467>
- Toprak, A., & Canpolat, F. A. (2022). Frekans oran, analitik hiyerarşi ve lojistik regresyon modellerinin taşkın tehlike tahmininde karşılaştırmalı kullanımı, Fatsa ilçe merkezi ve yakın çevresi örneği. *International Journal of Geography and Geography Education*, 45, 349–379. <https://doi.org/10.32003/igge.998492>
- Toprak, A. (2025). Integrating energy valley optimization with machine learning for flood susceptibility mapping in Kayseri, Türkiye. *Acta Geophys*, 73, 3601–3624. <https://doi.org/10.1007/s11600-025-01595-5>
- Turoğlu, H., & Özdemir, H. (2005). *Bartın'da sel ve taşkınlar. Sebepler, etkiler, önleme ve zarar azaltma önerileri*. Çantay.
- Ullah, K., & Zhang, J. (2020). GIS-based flood hazard mapping using relative frequency ratio method: A case study of Panjkora River Basin, eastern Hindu Kush, Pakistan. *PLOS ONE*, 15(3), e0229153. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229153>
- URL 1: <https://www.gzt.com/foto-galeri/gundem/karadenizi-sel-vurdu-samsunda-bir-can-kaybi-2037942>
- Uzun, A. (2007). *Doğu Karadeniz kıyı kuşağında coğrafi yapı sel ilişkisi*. TMMOB Afet Sempozyumu, 387–393.
- Uzun, M., & Tatlıdil, K. (2025). Dalaman Çayı Havzası'nın morfometrik analiz yöntemleri kullanılarak alt havza kapsamında taşkın duyarlılık önceliklendirmesi. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 7(2), 68–84. <https://doi.org/10.56130/tucbis.1807763>
- Vujović, F., Valjarević, A., Durlević, U., Morar, C., Grama, V., Spalević, V., Milanović, M., Filipović, D., Čulafić, G., Gazdić, M., Batočanin, N., Barović, G., Golijanin, J., Radovanović, D., Bačević, N., & Šiljeg, A. (2025). A Comparison of the AHP and BWM models for the flash flood susceptibility assessment: A case study of the Ibar River Basin in Montenegro. *Water*, 17(6), 844. <https://doi.org/10.3390/w17060844>
- Yavuz Ozalp, A., Akinci, H., & Zeybek, M. (2023). Comparative analysis of Tree-Based ensemble learning algorithms for landslide susceptibility mapping: A case study in Rize, Turkey. *Water*, 15(14), 2661. <https://doi.org/10.3390/w15142661>
- Yıldız, B., & Gürgöze, S. (2026). Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak taşkın duyarlılığının değerlendirilmesi: Abdal Deresi Havzası örneği (Samsun/Türkiye). *Journal of Anatolian Geography*, 5, 1. <https://izlik.org/JA55JY64UR>
- Yılmaz, C., & Kaya, M. (2020). Şehir coğrafyası ve afet yönetimi bağlamında Samsun–Atakum sel ve taşkınları. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 25(44), 31–46. <https://doi.org/10.17295/ataunidd.787483>