



Denizli Kentinde Taşkın Riskli Alanların Analizi ve Kentsel Taşkın Direncinin İncelenmesi

Analysis of Flood Risk Areas and Investigation of Urban Flood Resilience in Denizli City.

Gizem KARACAN TEKİN¹ Duygu GÖKCE²

Öz

Kentler iklim değişikliğine bağlı olarak kısa sürede gerçekleşen ani ve yüksek yoğunluklu yağışlar, iklimle duyarlı olmayan kentsel planlama politikaları ve yetersiz kentsel drenaj sistemleri gibi nedenlerle çeşitli kentsel su sorunlarına tanık olmaktadır. Söz konusu sorunların üstesinden gelebilmek veya uyum sağlayabilmek için çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu kapsamda çalışma iklim değişikliğine bağlı risklere karşı “dirençlilik” düşüncesine dayalı kentsel arazi kullanım kararlarının geliştirilmesi, bunun için de öncelikle risk analizinin yapılması gerektiği hipotezinden temellenmiştir. Çalışmada taşkın riskine ilişkin analiz yöntemlerinin tespiti ve mekânsal planlama kararları ile ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla Web of Science (WOS) veri tabanında tarama yapılarak, elde edilen yayınların bibliyometrik verisi baz alınmıştır. Bu kapsamda “kentsel taşkın direnci” taramasıyla filtrelenen çalışmaların VosViewer 1.6.20.0 programında anahtar kelime analizi yapılmış ve yöntemleri irdelenmiştir. En fazla kullanılan yöntem olduğu belirlenen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak Denizli kentinin taşkın risk haritası oluşturulmuştur. Risk haritasında “düşük, orta, yüksek ve çok yüksek” derecede riskli alanları gösteren 4 sınıf saptanmıştır. Analiz sonucunda çok yüksek riskli alanların kentin güney ve güneybatısında akarsuya yakın kesimlerde ve bitki örtüsünün az ya da seyrek olduğu alanlarda yer aldığı tespit edilmiştir. Elde edilen risk haritası Denizli kenti 1/25.000 ölçekli nazım imar planıyla karşılaştırılarak çok yüksek riskli alanlarda alınan mekânsal plan kararları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda planda taşkın riski bulunan alanların büyük oranda kentsel yerleşme (Mevcut konut alanları, Gelişme konut alanları) ve çalışma alanlarını (Ticaret alanı, Ticaret+Konut alanı, Ticaret+Turizm+Konut alanı) içerdiği tespit edilmiştir. Bu bağlamda Denizli kenti örneğinden yola çıkılarak kent planlama perspektifinde taşkın dirençliliğine ilişkin stratejiler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dirençlilik, Taşkın risk analizi, AHP, Nazım imar planı, Denizli

ABSTRACT

Cities are witnessing various urban water problems due to reasons such as sudden and high-intensity rainfalls that occur in a short time due to climate change, urban planning policies that are not sensitive to the climate, and inadequate urban drainage systems. There are various approaches to overcome or adapt to these problems. In this context, the study is based on the hypothesis that urban land use decisions should be developed based on the idea of “resilience” against risks related to climate change, and that risk analysis should be performed first for this purpose. In the study, a search was conducted in the Web of Science (WOS) database in order to determine the analysis methods related to flood risk and their relations with spatial planning decisions, and the bibliometric data of the obtained publications were taken as basis. In this context, keyword analysis was performed on the studies filtered with the “urban flood resistance” scan in the VosViewer 1.6.20.0 program and their methods were examined. The flood risk map of Denizli city was created using the Analytical Hierarchy Process (AHP), which was determined to be the most used method. The risk map has 4 classes indicating “low, medium, high and very high” risk areas. As a result of the analysis, it has been determined that very high - risk areas are located in the south and southwest of the city, in areas close to the river and in areas with little or sparse vegetation. The obtained risk map was superimposed with the 1/25.000 scale master development plan of Denizli city and the spatial plan decisions taken in very high risk areas were evaluated. In this context, it has been determined that the areas with flood risk in the plan largely include urban settlements (Current housing areas, Development housing areas) and working areas (Trade area,

¹ Corresponding Author | Yetkili Yazar: karacangzm@gmail.com, ORCID:0000-0002-9931-1321

Bu makale, yazarın Süleyman Demirel Üniversitesi’nde 2024 yılında sunulan “Ekstrem Hava Olaylarına Karşı Dirençli Kentler Üzerine Bir Model Önerisi; Denizli Kenti Örneği” adlı doktora tezinden üretilmiştir.

² Süleyman Demirel Üniversitesi, duygugokce@sdu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6491-7131



Trade+Residential area, Trade+Tourism+Residential area). In this context, strategies regarding flood resilience in the urban planning perspective have been developed based on the example of Denizli city.

Keywords: Resilience, Flood risk analysis, AHP, Master development plan, Denizli

GİRİŞ

Sanayi Devrimi'nin getirdiği artan enerji talebine bağlı olarak doğal sistemlerde değişimler gözlenmeye başlamıştır. Bu değişiklikler neticesinde yer kürede buzul erimeleri, fırtınalar, hortumlar, seller, deniz seviyesi yükselmeleri, erozyonlar, kuraklık gibi aşırı hava olayları ve çevresel felaketler meydana gelmeye başlamıştır (Sezik ve Dokuyucu, 2025). Meydana gelen bu değişimler atmosferdeki döngülerin değişmesine neden olarak, iklim sistemlerinde bozulmalara neden olmaktadır. Küresel ölçekte gözlenen bu bozulmalar kentlerde etkileri artarak devam eden afetlere dönüşmektedir. Afet olaylarının ülkemizdeki durumuna bakıldığında; 2024 yılında yaşanan meteorolojik afetler kapsamında en fazla zarar veren olaylar sıralamasında %35 ile şiddetli yağış ve taşkın/sellerin ilk sırada yer almaktadır. Ayrıca şiddetli yağışlara bağlı olayların doğal afetler içinde depremlerden sonra en büyük can ve mal kaybına neden olduğu belirtilmektedir (ÇŞİDB, 2025).

Ülkemizde aşırı yağışa bağlı taşkınların artması sonucunda kentsel sistemlerde ve toplum üzerinde direkt ve endirekt değişimler gözlenmekte, maddi ve manevi kayıplar yaşanmaktadır. Bu bağlamda ülkemiz mevcut planlama ve kentleşme pratiğine dayalı oluşan yoğun ve az boşluklu yapılaşmalar, geçirimsiz yüzeyler, drenaj sistemlerindeki yetersizlikler vb. nedenlerin kentlerde hidro-meteorolojik karakterli sel ve taşkın afeti riskini artırdığı belirtilmektedir (Pancar ve Gökce, 2022). Kentlerin sahip olduğu arazi kullanım deseni, açık ve yeşil alan miktarı/dağılımı, yüzeylerin geçirimsizlik durumu ve yoğunluk miktarı iklim değişikliği ile mücadele süreçlerini etkilemektedir. Ancak son yıllarda taşkın olaylarının artmasına bağlı olarak ortaya çıkan sonuçlar kentlerin sahip oldukları mekânsal planlar ve altyapıları bakımından bu afetlere hazırlıklı olmadığını göstermektedir. Mevcut planlara göre gelişen kentlerde altyapılarının uygun olmaması, yatayda büyümeye bağlı olarak geçirimsiz yüzeylerin oluşması ve yeşil alanların bütüncül bir ağ şeklinde kurgulanmaması nedenleri ile taşkın riski artmaktadır. Özetle, insanların doğanın kendi kurallarıyla uyumlu olmayan veya engel oluşturacak her türlü aktivitesi, olayların ortaya çıkaracağı zararların boyutunu arttırarak bir afete dönüşmesine neden olmaktadır (Kadioğlu, 2019).

Kentlerin büyümesi paralelinde gözlenen kentleşme ve diğer arazi kullanımı değişiklikleri ile yağmur sularının sızması engellenmekte, geçirimsiz yüzeyler artmakta ve diğer faktörlere (ekonomik unsurlar, nüfus yoğunluğunun artması vb.) bağlı olarak taşkınlar artmaktadır. Bütün bu nedenler kentlerde gözlenen su baskınlarında maruziyet ve kırılganlığı arttırarak, bunlardan kaynaklanan zararın miktarını ve kapsamını artırmaktadır. Bu nedenle etkili ve koordineli bir zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme çalışmaları için taşkın yönetim planları gerekmektedir (Kadioğlu, 2019). Bu kapsamda ülkemizde hazırlanan planlarda geleneksel planlama tekniklerinin kullanılması (risk yönetimi, iyileştirme ve müdahale adımlarının bulunmaması vb.) ve yere özgü nitelikte iklimsel analizler yapılmadığı görülmektedir. Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, 8.Madde, 10.fıkrasında; "Afet ve diğer kentsel risklerin yüksek olduğu yerleşmeler veya yapıli kentsel çevre için gerekli görülmesi halinde kentsel risk analizleri veya sakınım planlaması çalışmaları yapılır" ifadesi yer almaktadır ve ilgili plan ve plan kararları kapsamında bir zorunluluk bulunmamaktadır. Bu bağlamda literatürde planlama eylem ve stratejilerinde kentsel iklim verilerinden faydalanılması ve planlama sürecine iklim verilerinin dâhil edilmesi ile etkin bir değerlendirmenin mümkün olacağı belirtilmektedir. Ancak bu analizlerin mevcut planlama pratiğinde çok az dâhil edildiği ve kentsel sistemlerde hâlihazırda bu yönde bir yaklaşım bulunmadığı savunulmaktadır (Fischer vd., 2018; Kadioğlu, 2019; Peker ve Aydın, 2019; Tekin, 2023).

Kentsel Taşkın Direnci

Kentleşme ve iklim değişikliğinin bir sonucu olarak gözlenen nüfus artışı kentsel yoğunluğun artmasına neden olarak, geçirimsiz yüzey miktarını artırmaktadır. Geçirimsiz yüzeylerin artması ile yüzey sularının akış yolları değişmekte, birçok bölgede hidrolojik döngüler bozulmakta ve aşırı hava olayları meydana gelmektedir. Bunların sonuçları da iklim değişikliğine karşı hassas kentlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu kentler genellikle yetersiz altyapıya sahip ve hızlı büyüyen birçok alanla yoğun nüfuslu olma eğilimindedir ve bu da çevresel bozulmaya ve daha fazla su baskınına neden olmaktadır.

Kentsel alanlarda risklere bağlı olarak yaşanan değişimler ve sonuçları mevcut sel riski yönetimi yaklaşımlarındaki eksiklikleri ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda sel ve taşkın afetleriyle başa çıkılmasında hasarı azaltmak için riski yönetmekten, kentsel toplulukları afetlere karşı dirençli hale getirmeye doğru bir paradigma değişimi gerçekleşmiştir. Bu değişim ile kentsel taşkın direnci kavramı ortaya çıkmış ve hasarları azaltmada; taşkınları önlemek, hafifletmek, hazırlanmak ve kurtarmak için yapısal ve yapısal olmayan önlemleri birleştiren risk yönetimi konusu dikkate alınması gereken önemli bir faktör olarak belirtilmektedir. Risk yönetimini içeren uygun bir planlama yaklaşımı ve stratejileri ile taşkın etkilerinin azaltılabileceği, doğal ve inşa edilmiş çevreler arasında daha uyumlu bir ilişki yaratılabileceği ve daha sağlıklı bir kent yaratarak nüfusun yaşam kalitesinin iyileştirilebileceği belirtilmektedir (Meerow vd., 2016; Johannessen ve Wamsler, 2017; Bertilsson vd., 2019; Rözer vd., 2022).

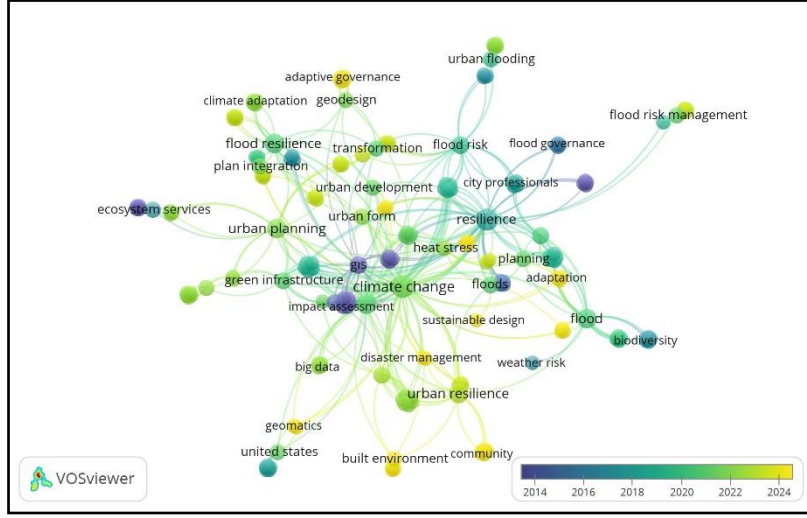
Kentlerin hızla büyümesi/genişlemesi ile iklim değişikliğinden doğrudan etkilenmesi veya savunmasız hale gelmesi sonucunda dirençlilik ve uyum konuları önem kazanmıştır. Bu kapsamda “dirençlilik” kavramı, kentler ve iklim değişikliği literatüründe giderek daha fazla önem kazanarak yer edinmiştir. Kentsel dirençlilik kavramının ortaya çıkması kentlerin riskleri absorbe etme kapasitesini arttırmakta ve sürdürülebilir kalkınmasını sağlayabilmektedir. Bu kapsamda kentlerde iklim değişikliği riskleri temelinde dirençlilik düşüncesi ile planlama yapılması sürecin doğru yönetilmesini ifade etmektedir.

Dirençlilik kavramı Holling (1996) tarafından “bir sistem içindeki ilişkilerin devamlılığı ve bu sistemlerin durum değişkenlerinin, itici değişkenlerin ve parametrelerin değişimlerini absorbe etme ve yine de devam etme yeteneği” olarak tanımlanmıştır. Bu noktadan hareketle farklı tanımlar ortaya çıkmış ve dirençliliğin farklı boyutları ifade edilmiştir. 2012 yılında BM-Habitat, kentleri iklim felaketlerine adapte etmeyi ve dış şoklar ve felaketlerle başa çıkma yeteneklerini geliştirmelerine yardımcı olmayı amaçlayan kentsel dirençlilik kavramını ifade etmiştir. Ardından yaşanan afetlere bağlı olarak dirençlilik kavramı taşkın riski analizi ve karar alma süreçlerine dahil edilmiştir. Bu kapsamdaki çalışmalarda kentsel drenaj tasarımının ile sürdürülebilir drenaj sistemlerine doğru ilerlediği belirtilmektedir. Kentlerin sel ve taşkınlarla karşı direnme ve toparlanma yeteneği, ekonomik kalkınmayı ve can ve mal güvenliğini korumada önemli bir rol oynamaktadır ve kentsel dirençliliğin sağlanması başta risk altında olan bölgeler olmak üzere kentsel topluluklar için önemli bir ihtiyaçtır (Tumini vd., 2017; Bulti vd., 2019; Gao vd., 2022).

1. Yöntem

Çalışma kentsel taşkın direncine yönelik çalışmaların ve yöntemlerinin incelenmesi ile risk analizi yapılması olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Bu kapsamda ilk bölümde taşkın riskli alanların analizi ve taşkın direncinin incelenmesine yönelik literatürde yer alan çalışmaların önemli noktaları ve eğilimlerinin belirlenmesi amacıyla Web of Science (WOS) veri tabanında tarama yapılmıştır. Veri tabanında 15.03.2025 tarihinde "urban flood resilience" (kentsel taşkın direnci) kavramı ile tarama yapıldığında 3.266 sonuca ulaşılmıştır. Ardından “analyses” (analiz) kavramı ayrı bir satır olarak eklendiğinde 1.614 çalışma tespit edilmiştir. Taşkın direnci ve kent planlama disiplinde kullanılan yöntemlerin belirlenmesi amacıyla Web of Science Categories: Urban and Regional Planning olarak sınırlandırılmış ve 100 çalışma tespit edilmiştir. Yapılan tarama sonucunda çalışmalarda öne çıkan kavramların belirlenmesi amacıyla VosViewer programı aracılığıyla anahtar kelime analizi yapılmıştır.

Yapılan analizle anahtar kelime kullanım sıklığı 1 olarak belirlenerek çalışmalarda öne çıkan kelimelere ilişkin ağ görselleştirmesi yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Literatürde kentsel sel direnci ve analiz yöntemleri ile ilişkili çalışmalarda öne çıkan anahtar kelimeler

Anahtar kelimelerine göre analiz edilen 100 çalışmada (makale, bildiri, erken görünüm vb.) toplam 198 adet anahtar kelime kullanıldığı tespit edilmiştir. Çalışmalarda en fazla kullanılan anahtar kelimeler; “iklim değişikliği” (16), “dirençlilik” (12) ve “taşkın direnci” (11) olarak yer almaktadır. Analiz kapsamındaki çalışmaların yayımı yılda minimum 2 olarak belirlenmiş ve 2014-2024 yılları arasında gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Şehir ve Bölge Planlama (Urban and Regional Planning) kategorisinde yer alan çalışmalarda kentsel alanlarda sel riskini yöntemler kullanarak analiz edenler incelenmiş ve 43 sonuca ulaşılmıştır. Bu sonuçlarda analizlerde Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanan ve mekânsal planlama kararları üreten çalışmalar sınırlandırıldığında 21 çalışmada çok kriterli değerlendirme yönteminin (AHP) kullanıldığı tespit edilmiştir (Tablo 1).

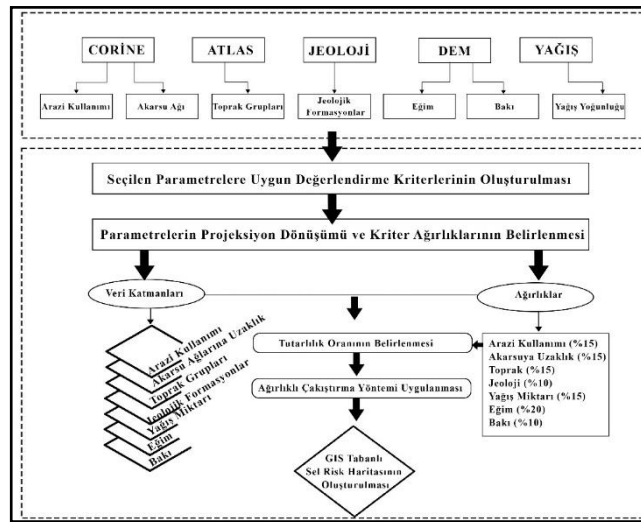
Tablo 1. Analiz kapsamında incelenen çalışmalar (Yazar tarafından hazırlanmıştır)

	Yazar (lar)	Anahtar Kelimeler	Amaç & Yöntem
1.	Ghajari vd., 2017	Kentsel sürdürülebilirlik, Kentsel fiziksel kırılganlık, Çok kriterli karar analizi (ÇKKA), Coğrafi bilgi sistemleri (CBS)	Çalışmada 14 kırılganlık kriteri belirlenmiş ve bu kriterlerin her biri için standart haritalar bir CBS ortamında oluşturulmuştur. Sonuç olarak, farklı risk koşulları için kırılganlık haritaları oluşturmak üzere sıralı ağırlıklı ortalama tekniği uygulanmıştır.
2.	Lin vd., 2019	Hassasiyet, Çok amaçlı DM, Coğrafi bilgi sistemleri, AHP	Çalışma taşkın kontrolü ve risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesini kolaylaştırmak ve potansiyel taşkın kapsamlarını ve ölçeğini tahmin etmek için yeni bir nicel taşkın duyarlılığı analizi çerçevesi sunmaktadır. Coğrafi bilgi sistemi (CBS) platformu içindeki çok kriterli karar verme yöntemlerine dayanmaktadır.
3.	Pokhrel, 2019	Kentsel yeşil alan, GIS analitik hiyerarşi süreci, Katmandu şehri, Kentsel dirençlilik, Nepal	Çalışma coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile analitik hiyerarşi süreci (AHP) tabanlı çok kriterli analiz yöntemlerini kullanarak kentsel yeşil alan gelişimi için uygun alanları değerlendirmektedir.
4.	Kittipongvises vd., 2020	Analitik hiyerarşi süreci, Taşkın tehlikesi, Coğrafi bilgi sistemleri, Tayland, Dünya mirası alanı	Çalışmanın amacı sel tehlikelerinin mekânsal dağılımını değerlendirmek ve geçmiş deneyimlerin toplum sel hazırlığına nasıl katkıda bulunduğunu analiz etmektir. CBS analizi ve hane halkı anketleri Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) tekniğine göre sistematik bir şekilde gerçekleştirilmiştir.
5.	Gao vd., 2020	Tayfun sel felaketi, Risk değerlendirmesi, Mekânsal ve zamansal kümülatif risk, Ekonomik etki	Çalışmanın amacı sel felaketlerinin mekânsal ve zamansal riskini ve ortaya çıkan dolaylı ekonomik etkileri değerlendirmek için bir yöntem sunmaktır. Kapsamlı bir ağırlıklı risk değerlendirmesi üretmek için coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve mekânsal analiz birleştirilmiştir.
6.	Kaaviya ve Devadas., 2021	Su direnci, Coğrafi bilgi sistemleri, Uzaktan algılama, Çok kriterli karar analizi, AHP	Çalışma coğrafi bilgi sistemi, uzaktan algılama ve analitik hiyerarşi sürecini (AHP) etkili bir şekilde entegre ederek Hindistan'ın Tamil Nadu eyaletine bağlı Chennai şehrindeki su dayanıklılığı bölgelerini belirlemeyi amaçlamaktadır.

7.	Doorga vd., 2022	Taşkın riski, Site uygunluk analizi, Coğrafi değerlendirme, Çok Amaçlı AHP Mauritius	Çalışmada sel yönetim stratejileri önermek için sosyal, teknik, ekonomik ve yasal perspektifler dahil edilmiştir. Amaç, sel baskınlarının fiziksel etkilerini en aza indirirken daha geniş sosyal ve ekonomik riskleri de ele almaktır.
8.	Afsari vd., 2022	Güvenlik açığı haritalaması, Coğrafi bilgi sistemleri, Karar almada risk, Hassasiyet analizi, Tahran	Çalışmada topografik ve hidrolojik özellikleri, demografiyi, bitki örtüsünü, arazi kullanımını ve kentsel özellikleri yansıtan çeşitli faktörler dikkate alınarak ağırlıkları uzman görüşleri ve bulanık analitik hiyerarşi süreci (FAHP) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.
9.	Idress vd., 2022	Kentsel sel tehlikesi, Coğrafi bilgi sistemleri, Çok kriterli analiz, Erozyon, Ilorin	Çalışmada belirlenen kriter ağırlıkları Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA) tekniği kullanılarak hesaplanmış ve ağırlıklı bindirme işlemi uygulanarak hızlandırılmış yüzey akışı ve su baskını tehlike haritalarını oluşturmak için CBS ortamına entegre edilmiştir.
10.	Abdrabo vd., 2023	İklim değişikliği, Kentsel alanlar, Taşkın riski, Güvenlik endeksi, AHP, Karar desteği	Çalışma mahalle ölçeğinde kentsel sellere maruz kalma, duyarlılık ve dayanıklılığa dayalı bir kentsel FVI geliştirmek için entegre gösterge tabanlı bir yaklaşıma odaklanmaktadır. Gösterge seçimine ve ağırlıklandırma sürecine yönelik AHP analizi için seçilen 13 gösterge benzer sonuçlar vermiştir.
11.	Hussain vd., 2023	CapFloor-M, Sel direnci, Makine öğrenimi, Analitik hiyerarşi süreci, Coğrafi bilgi sistemi, Pakistan	Çalışma makine öğrenimi (ML), coğrafi bilgi sistemi (CBS), uzaktan algılama (RS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHP) temelli kapasite tabanlı sel dayanıklılığı modeli (CapFloor-M) adı verilen entegre bir sel dayanıklılığı modeli önermiştir.
12.	Wang vd., 2024	Yeşil altyapı şeması önceliklendirme, Kentsel dirençlilik, Mekânsal analiz Analitik hiyerarşi süreci (AHP)	Taşkın kontrolünün dirençliliğini artırmak ve yeşil altyapı ağı oluşturmak için şebeke ölçeğinde taşkın riski değerlendirme sonuçları üretmek ve zamansal-mekânsal heterojenliğini analiz etmek için taşkın riski değerlendirmesi GIS tabanlı çok kriterli bir değerlendirme yöntemi önerilmiştir.
13.	Liang vd., 2024	Kentsel form afet dayanıklılığı, Sel felaketi, AHP-entropi, Mekânsal-zamansal evrim, Coğrafi bilgi sistemleri	Çalışmada kentsel formun belirsiz rahatsızlıklarla başa çıkma ve kentsel dayanıklılık elde etme üzerindeki etkisinin belirlenmesi için 2015'ten 2020'ye kadar olan zamansal ve mekânsal evrimini değerlendirmek ve analiz etmek için analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve entropi ağırlık yönteminin birleşik ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır.
14.	Mushwani vd., 2024	Sel direnci, Kabil Şehri, Dirençli stratejiler, Kentsel topluluk, Kentsel planlama	Çalışmada AHP analizi ve CBS'yi içeren karma yöntemli bir yaklaşım kullanılarak Afganistan'ın Kabil şehrinin sel tehlikelerine karşı dayanıklılığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
15.	Nguyen vd., 2024	Taşkın duyarlılığı, Taşkın şartlandırma faktörleri, Analitik hiyerarşi süreci, Coğrafi bilgi sistemleri, Hanoi	Çalışmada Hanoi, Vietnam için CBS ortamında analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanılarak sel duyarlılığını belirlemek için bir model sunulmaktadır. AHP analizi belirlenen faktörlerin sel duyarlılığıyla ilgili öncelik seviyelerini ölçmek ve bir sel duyarlılığı haritası geliştirmek için elde edilen sonuçların tutarlılığını değerlendirmek için kullanılmıştır.
16.	Osseni vd., 2024	Çok kriterli analiz, Coğrafi bilgi sistemleri, Yeşil alanlar uygunluk haritası	Çalışmanın amacı Podji Bölgesi'nde yeşil manzaraların kentsel planlamaya dahil edilmesine elverişli alanları belirlemektir. Kullanılan yaklaşım, GIS ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) çerçevesinden yararlanarak çok kriterli bir analiz içermektedir.
17.	Alves vd., 2024	Yağmur suyu, Sel zaafiyeti haritalaması, Karar destek aracı, Kentsel drenaj sistemleri	Çalışmanın amacı dört ana adıma dayanmaktadır: (1) havza karakterizasyonu, (2) analiz hiyerarşik süreci (AHP) kullanılarak taşkın koşullandırıcı faktörlerinin geliştirilmesi, (3) CBS ortamında savunmasızlık analizi ve (4) model duyarlılık analizi.
18.	Nkonu ve Antwi, 2024	Kentleşme, Taşkın riski haritalama, Akra Metropolü, ANN-CA modelleme, Kentsel planlama, AHP	Çalışma Accra'da şehir plancılarına, politika yapıcılara ve paydaşlara sel risklerini etkili bir şekilde yönetmede yardımcı olmak için sürdürülebilir kentsel gelişim, iyileştirilmiş altyapı ve proaktif sel azaltma önlemlerine olan ihtiyacı çok kriterli karar analiziyle birleştiren bir GIS tabanlı sel riski haritalama çerçevesiyle vurgulamaktadır.
19.	Koroma vd., 2024	İklimsel etki, Coğrafi bilgi sistemi, Çok kriterli karar verme, Kentsel dirençlilik, Sierra Leone Sürdürülebilir kentsel kalkınma	Çalışmanın amacı Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) araçları ve AHP tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) analizini kullanarak sel kırılganlığındaki zamansal ve mekânsal değişiklikleri değerlendirmektir.
20.	Gu vd., 2024	Kentsel gıda dayanıklılığı, Kentsel planlama, Metropol alanı	Çalışma Zhengzhou metropol alanının kentsel dayanıklılığını değerlendirmeyi ve analiz etmeyi, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) verilerini entegre ederek, mekânsal analiz, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve bulanık kapsamlı değerlendirme tekniklerini kullanmaktadır.
21.	Zeydalinejad vd., 2024	Yeraltı suyu, Sızma, Kanalizasyon şebekeleri, Coğrafi bilgi sistemleri, AHP, Kentsel ortamlar	Çalışmada kentsel tesislerde özellikle kanalizasyon şebekelerinde yeraltı suyu sızmasının hesaplama açısından analizini geliştirmek için, jeoloji, jeomorfoloji, hidroloji, hidrojeoloji, iklim ve topoğrafyayı dikkate alan bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) çerçevesi içinde Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (F-AHP) kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünü oluşturan risk analizi kapsamında incelenen kaynaklar kullanılan veri seti/yöntemlerin belirlenmesinde etkili olmuştur. İncelenen çalışmalarda taşkın riskinin mekânsal olarak tespiti ve düzeylerinin belirlenmesi amacıyla uzaktan algılama ile farklı yöntem ve tekniklerin kullanıldığı görülmüştür. Elde edilen bulgulara göre taşkın risk analizi kapsamında ağırlıklı olarak CBS tabanlı analiz yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yönteminin kullanıldığı belirlenmiştir. Bu kapsamda taşkın risk analizinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri arasında en çok kullanılan yöntemlerden olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'nin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu yöntemde belirlenen kriterler ile hiyerarşik bir yapı oluşturularak ikili karşılaştırma matrisleri ile modelleme yapılmaktadır. Seçilen kriter bir risk faktörü oluşturduğundan karşılaştırma matrisleri ile önem düzeyleri belirlenmektedir (Karakuş ve Demirel, 2022; Ünal vd., 2022; Tanış ve Çelik, 2024).

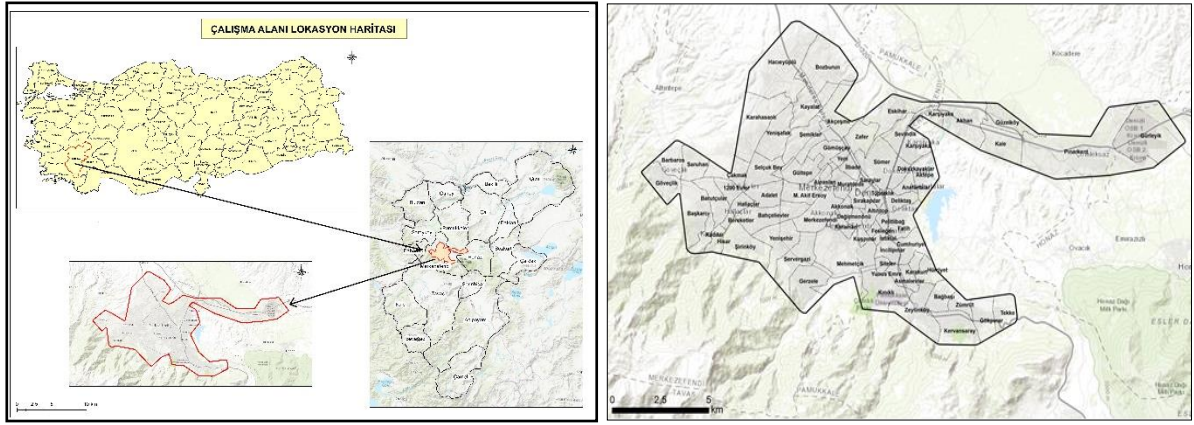
Çalışmada Denizli kentinde taşkın riskinin analizi kapsamında belirlenen kriterler (Arazi Kullanımı, Akarsulara Uzaklık, Toprak Grubu, Jeoloji, Eğim, Bakı, Yağış) AHP yöntemine tabi tutularak analizleri yapılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları (1 ile 9 arasında değişmekte) değerlendirildikten sonra, ArcMap 10.8 yazılımında Weighted Sum (Ağırlıklı Çıkartırma) aracı kullanılarak tüm kriterler toplanmış ve çalışma alanının taşkın risk haritası üretilmiştir. Bu kapsamda kullanılan metodoloji ve yöntemlerin akış şeması Şekil 2'de yer almaktadır. Denizli kentinde taşkın riskli alanların tespit edilmesinin ardından "Denizli İli 1/25.000 Ölçekli Nazım İmar Planı"nda yer alan arazi kullanım kararları riskli alanlar kapsamında irdelenmiştir.



Şekil 2. Taşkın risk analizi akış şeması

2. Çalışma Alanı

Denizli ili merkez ilçelerin (Merkezefendi ve Pamukkale) sınırları içerisinde kentsel yerleşik alanın çeperlerinden Google Earth programı ile yaklaşık 200-300 m. çizilerek belirlenen sınır çalışma alanını oluşturmaktadır. Bu kapsamda belirlenen çalışma alan sınırı "Denizli kenti" olarak ifade edilmektedir ve yüzölçümü yaklaşık 161 km²'dir. Denizli kenti çalışma alanında; Akçeşme, Akhan, Aktepe, Barbaros, Bağbaşı, Başkarcı, Bozburun, Çakmak, Cumhuriyet, Eskihsar, Fatih, Gerzele, Gökpınar, Göveçlik, Gürleyik, Güzelköy, Hacıyüplü, Hisar, Hürriyet, Kadılar, Kale, Karahasanlı, Karşıyaka, Kervansaray, Kınıklı, Pınarkent, Saruhan, Servergazi, Şirinköy, Tekke, Yenişehir, Zeytinköy ve Zümrüt mahallerinin bir kısmı bulunmaktadır. 1200 Evler, Adalet, Akkonak, Alpaslan, Altıntop, Anafartalar, Asmalievler, Bahçelievler, Barutçular, Bereketler, Deliktaş, Değirmenönü, Dokuzkavaklar, Fesleğen, Gültepe, Gümüştay, Hallaçlar, İlbade, İncilipınar, İstiklal, Karaman, Kayalar, Kuşpınar, Mehmet Akif Ersoy, Mehmetçik, Merkezefendi, Muratdede, Pelitlibağ, Saraylar, Selçuk Bey, Siteler, Sümer, Sırakapılar, Şemikler, Topraklık, Yeni, Yenişafak, Yunus Emre ve Zafer mahallelerinin ise tamamı bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma alanı lokasyon haritası ve yer alan mahalleler

Çalışma alanının içinde bulunduğu Denizli ili; Ege Bölgesi'nin doğusunda, Ege-İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinin kesişme noktasında yer almaktadır. İlin doğusunda Burdur ve Afyonkarahisar, batısında Aydın ve Manisa, kuzeyinde Uşak, güneyinde ise Muğla ili bulunmaktadır. İl, İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması (İBBS)'na göre, TR-3 Ege Bölgesi, Düzey-2 Bölgeleri'nden ise TR-32 Aydın Alt Bölgesi sınırları içinde (Aydın, Denizli, Muğla) yer almaktadır. İlin 2024 yılı TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre toplam nüfusu 1.061.371 kişidir (TÜİK, 2024). Merkez ilçelerin nüfusu; Pamukkale 345.850, Merkezefendi 345.933 kişidir. İlin idari bölünüş bakımından merkez ilçeler dâhil 19 ilçe belediyesi ile büyükşehir belediyesi ve 622 mahallesi bulunmaktadır. Kentin mekânsal gelişimi ise tarihsel gelişime paralel olarak ilerlemiş ve üretim biçimlerinin gelişmesi, kentleşmenin hızlanması, göçün artması gibi olgularla şekillenmiştir (Akay, 2019). Ayrıca Denizli'nin 2012 yılında büyükşehir belediyesi olması ile il sınırının tamamı büyükşehir belediye sınırı olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda kentte yer alan tüm kırsal yerleşimler mahalle statüsü almıştır. İklimsel parametreler bakımından Akdeniz iklim sahasında yer alan Denizli, bu iklim tipinin tüm özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır. Kentte eylül ayı ortalarından itibaren sıcaklık azalmaya başlamaktadır ve son on yıllık ortalamalara göre kış mevsimi sıcaklıklarında artış ve yılın sıcak aylarında değişimler gözlenmektedir. Ortalama yağış değerlerine göre ise yıl içerisinde ve mevsimlere göre kısmen düzenli dağılsa da ekim, kasım ve aralık aylarında artış gözlenmektedir.

3. Veri Kaynakları ve Analizler

3.1. Kullanılan Veriler

Çalışmada verilerin depolanması, irdelenmesi ve analiz yöntemleri kullanılarak haritalar üretilmesi için uzaktan algılama yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılmıştır. Bu bağlamda veriler elde edildikten sonra ArcMap 10.8 yazılımı ile haritalar üretilmiştir. Analizlerde kullanılan tüm parametrelere ilişkin veriler ilgili kurum ve kuruluşların açık erişimli ve ücretsiz veri tabanlarından elde edilmiştir. Ayrıca analiz kapsamında hazırlanan tüm haritalarda projeksiyon sistemi olarak WGS84 30° kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yağış verileri alanın yer aldığı istasyon bilgileri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Eğim ve baki verilerine ilişkin Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisi NASA - Earth Explorer üzerinden temin edilmiştir (USGS, 2023). SYM olarak 30 m. çözünürlüklü SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) veri seti kullanılmıştır. Arazi kullanım parametreleri CORINE veri tabanı kullanılarak indirilmiştir (Copernicus, 2023). İndirilen veriler 2018 yılına ait veriler olup, kullanılan veri setinde çalışma alanında yer alan kullanımlar düzenlenmiştir. İlin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden (MTA, 2023) temin edilmiş ve paftalar (M21, M22) taranarak sayısallaştırılmıştır. Toprak verileri Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS, 2023) uygulamasından temin edilmiş ve sayısallaştırılmıştır.

Çalışmalarda kullanılan parametreler ve verilerin tipi, kaynağı ve temin edilme zamanına ilişkin detaylar Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Taşkın risk analizinde kullanılan parametreler, verilerin tipi, kaynağı ve erişim zamanı

Analiz Parametresi	Analizde Kullanılan Veri		
	Tipi	Kaynağı	Zamanı
Arazi Kullanımı	Copernicus Land Monitoring Service	Corine 2018	20.11.2023
Akarsuya Uzaklık	Sayısal Yükselti Modeli	Nasa - Earth Data	05.12.2023
Toprak Grubu	Büyük Toprak Grupları	Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS)	30.11.2023
Jeoloji	1/25.000 Ölçekli Jeoloji Paftaları	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)	27.11.2023
Eğim	Sayısal Yükselti Modeli	United States Geological Survey (USGS) - Earth Explorer	18.11.2023
Baki	Sayısal Yükselti Modeli	United States Geological Survey (USGS) - Earth Explorer	18.11.2023
Yağış	Sayısal Yükselti Modeli	Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)	15.11.2023

3.2. Analitik Hiyerarşi Süreci

Taşkın riskinin analizi kapsamında yapılan çalışmalarda kullanılan CBS tabanlı yöntemlerin zemin araştırmaları ve gözlemlere dayandığı, ancak bu yöntemlerin zaman alıcı ve pahalı olduğu belirtilmektedir. Bu kapsamda uzaktan algılama verileri ile birden fazla veri seti elde edilmesinin, AHP yaklaşımı ile yapılan analizlerde önemli bulgular oluşturduğu belirtilmektedir.

Saaty (2001) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi, literatürde yaygın olarak kullanılan Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) yöntemlerindendir. Çalışmalarda Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemlerinin kullanılmasındaki amaç; alternatif ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir. Bu kapsamda Analitik Hiyerarşi Süreci, karar vericinin tüm alternatifleri tüm kriterler altında değerlendirerek, önem derecelerine göre ikili karşılaştırmalar yapması mantığına dayanmaktadır. Bu yöntem ile birden fazla ölçüt kullanılabilmesi ve yöntemin kolaylığı nedenleriyle analiz çalışmalarında sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca karmaşık problemler hiyerarşik bir yapı içinde ele alınarak, nicel ve nitel ölçütler altında değerlendirilmektedir (Öztürk, 2009; Köroğlu ve Akıncı, 2023; Waseem vd., 2023; Yurteri, 2024).

AHP yöntemi ile karmaşık problemleri çözmedeki iş akışı üç aşamada bulunmaktadır. Bunlar kısaca;

- 1- Karar verme ile problemin hiyerarşik bir yapıya dönüştürülmesi,
- 2- Uzman görüşlerinden yararlanılarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulması ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi,
- 3- İkili karşılaştırmaların tutarlılık oranının (Consistency Ratio - CR) hesaplanması (Akıncı ve Demirarslan, 2022).

AHP yönteminde kullanılan kriterlerin üstünlüğünü belirlemek üzere ikili karşılaştırma matrisleri yer almaktadır. Bu karşılaştırmalarda Saaty (2001) tarafından geliştirilen matrislerde her bir faktörün önem derecesi bulunmaktadır. Bu yöntem ile her faktörün önemi 1’den (eşit derecede önemli) 9’a (son derece önemli) kadar ölçeklendirilmektedir. Bu matrisin değerlendirme ölçeği Tablo 3’de yer almaktadır.

Tablo 3. İkili karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri ve değer tanımları

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması
3	1. faktörün 2. faktörden daha önemli olması
5	1. faktörün 2. faktörden çok önemli olması
7	1. faktörün 2. faktöre göre çok güçlü bir öneme sahip olması
9	1. faktörün 2. faktöre göre mutlak üstün bir öneme sahip olması
2,4,6,8	Ara değerler

Kaynak: Saaty, 2001'den derlenerek yazar tarafından hazırlanmıştır

AHP yönteminde iş akış sıralamasına göre kriterlerin önem derecelerine göre matrisleri oluşturulduktan sonra, matrisin tutarlılık indeksi (CI) belirlenerek, tutarlılık oranı (CR) hesaplanmaktadır. Burada; λ = tutarlılık vektörünün ortalama değeri ve n = kriter sayısıdır.

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)}$$

Matrislerde tutarlılık durumu sağlanıyorsa, $\lambda = n$ olarak verilmektedir ve tutarlılık oranı (CR) hesaplanmaktadır. Burada; rastgele indeksinin (RI) tutarlılık indeksine (CI) bölünmesiyle tutarlılık oranı hesaplanmaktadır (Stefanidis ve Stathis, 2013; Hussain vd., 2023).

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Bu yöntemle yapılan tüm karşılaştırma matrislerinde CR değerinin 0.1'den düşük olması yöntemin uygunluğunu göstermekte, değerin 0.1'den büyük olması durumunda ise değerlendirmenin yeniden yapılması gerektiği belirtilmektedir (Eastman, 2003; Shahabi vd., 2014).

Çalışmada taşkın risk analizi kapsamında Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) ile birlikte faktörlerin optimal ağırlık seçimini belirlemek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Yöntem kapsamında kullanılan kriterlerin belirlenmesinde literatür araştırmaları ile alanın doğal ve fiziksel yapısının özellikleri dikkate alınmıştır.

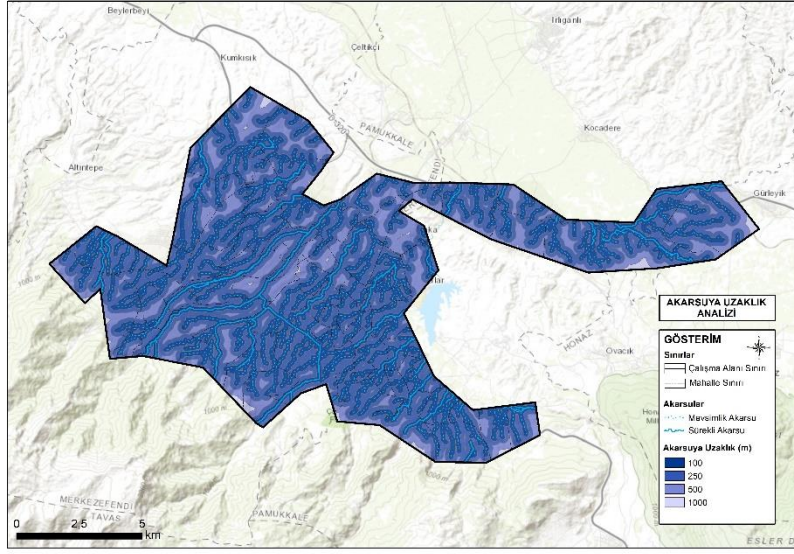
3.3. Taşkın Risk Analizi

Çalışmada belirlenen kriterlerin AHP yöntemine göre matrisleri oluşturularak, her bir matrisin ağırlığı toplamda 1 olacak şekilde yukardan aşağı doğru belirlenmiş ve analiz yapılmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen analizler ve bulgular bu bölümde detaylandırılmıştır.

3.3.1. Arazi kullanımı

Arazi kullanım biçimleri suyun sızma oranını, buharlaşmayı, yüzey akışını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir ve taşkınların meydana gelmesinde ana faktörlerden biridir (Nistor, 2019; Yurteri, 2024). Çalışma alanında yer alan arazi kullanım biçimlerinin belirlenmesinde 2018 yılı Coordination of Information on the Environment (CORINE) verileri kullanılmıştır. Alanda; yerleşim alanları, sanayi alanları, maden ve inşaat alanları, kuru tarım alanı, sulu tarım alanı, açık ve yeşil alanlar, meyve bahçesi/zeytinlik, mera alanı, orman alanı, çayırlar ve çıplak kayalıklar yer almaktadır. Bu kapsamda arazi kullanım verilerinin önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisi (Tablo 4) oluşturulmuş; sel riski açısından su yapıları ve yüzeyleri en yüksek, yerleşik alanlar ve tarım alanları orta riskli ve diğer doğal alanlar çok düşük riskli olarak sınıflandırılmıştır (Tokgözlü ve Özkan, 2018; Köroğlu ve Akıncı, 2023). Çalışmada kullanılan CORINE 2018 arazi kullanımı temel olarak 11 sınıfa (yerleşim alanları, sanayi alanları, maden ve inşaat alanları, kuru tarım alanı, sulu tarım alanı, açık ve yeşil alanlar, meyve bahçesi/zeytinlik, mera alanı, orman alanı, çayırlar, çıplak kayalıklar) ayrılarak incelenmiştir (Şekil 4).

Çalışma alanı için hazırlanan akarsu ağı kullanılarak 100, 250, 500, 1000 ve 1000+ m olacak şekilde akarsuya mesafe zonları oluşturulmuştur. Oluşturulan tampon bölgeler kullanılarak akarsuya uzaklık analizi yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Akarsuya uzaklık analizi

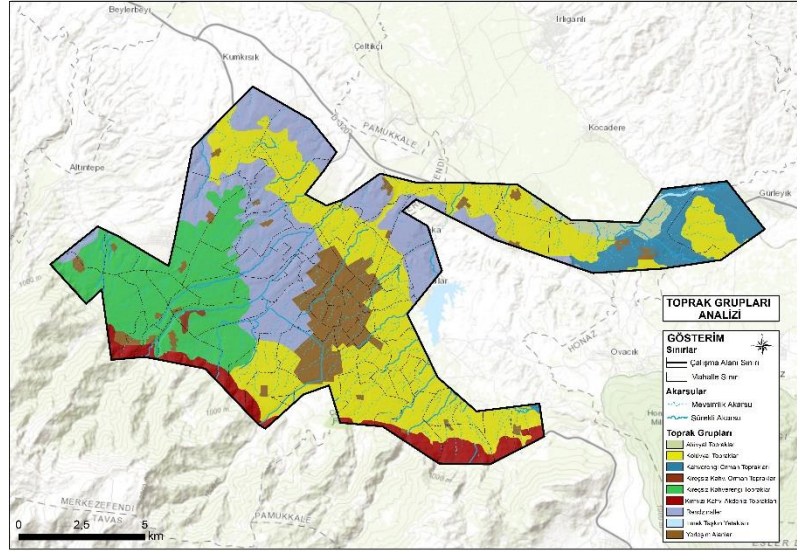
3.3.3. Toprak grupları

Her bir toprak grubu farklı geçirgenliğe sahiptir ve bu nedenle yağışların sızma oranını etkilemektedir. Toprak tipine göre yüzeye gelen yağışın toprak içine sızma oranı da değiştiği için toprak tipi sel ve taşkın afetlerinin oluşmasında en önemli faktörlerdendir (Özcan, 2017; Hammami vd., 2019). Bu kapsamda çalışma alanında bulunan büyük toprak gruplarına ilişkin veriler Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) üzerinden elde edilmiş ve 7 sınıfta (Alüvyal Topraklar, Kolüvyal Topraklar, Kahverengi Orman Toprakları, Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları, Kireçsiz Kahverengi Topraklar, Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları, Rendzinaller) incelenmiştir. Toprak gruplarının geçirgenlik kapasiteleri de literatür bulgularından yararlanılarak oluşturulmuştur (Günek, 2020; Köse vd., 2024; Partigöç ve Dinçer, 2024). Alüvyal ve hidromorfik kökenli topraklarda taşkın risk seviyesi en yüksek, kahverengi topraklar ve diğer topraklarda nispeten daha düşük riskli olarak sınıflandırılmıştır. Toprak verilerinin önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur (Tablo 6).

Tablo 6. Toprak kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

	Alüvyal	Kahverengi	Kolüvyal	Kırmızı	Hidromorfik	Diğer
Alüvyal	1	3	2	5	7	3
Kahverengi	1/3	1	1/3	1/2	3	1/2
Kolüvyal	1/2	3	1	3	5	2
Kırmızı	1/5	2	1/3	1	3	1/3
Hidromorfik	1/7	1/3	1/3	1	3	1/5
Diğer	1/3	2	1/2	3	5	1

Çalışma alanında yer alan toprak gruplarının mevcudiyetine ilişkin analizde alan 9 sınıfta incelenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Toprak grupları analizi

3.3.4. Jeoloji

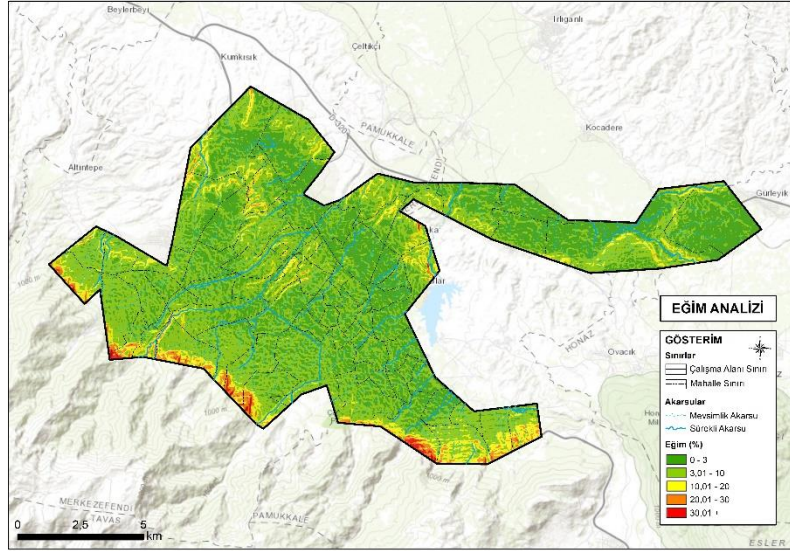
Yer şekillerinin jeolojik özellikleri yağışların geçirgenliği üzerinde etkilidir ve sel oluşumuna etkisi bulunmaktadır. Geçirgen kaya formasyonları, iyi bağlantılı gözeneklere sahip olduklarından suyun yer altına en iyi şekilde sızmasına destek olmaktadır. Geçirimsiz kaya formasyonları ise daha küçük ve birbirine daha az bağlı gözenekleri içerdiğinden suyun yer altına sızmasına engel olmaktadır. Geçirimsizliğin düşük olduğu birimlerde sızmanın az veya hiç olmaması halinde yüzeysel akışa geçen su miktarı taşkın riskini artırmakta, geçirimli zeminlerde taşkın riski daha düşüktür (Hammami vd., 2019; Sütünç ve Yavuz 2022; Tanış ve Çelik, 2024).

Çalışmada jeoloji analizi kapsamında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden 1/25.000 ölçekli M21 ve M22 açıklamalı jeoloji paftaları temin edilmiştir. Sel riski açısından Sütünç ve Yavuz (2022) tarafından hazırlanan çalışmadaki kayaların geçirimsizlik durumu sınıflandırmasından yararlanılmış ve risk düzeyleri sınıflandırılmıştır. Bu kapsamda jeoloji verilerinin önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur (Tablo 7).

Tablo 7. Jeoloji kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Jeoloji	Şist	Alüvyon	B. Konisi, Traverten	Mermer, Breş	Kumtaşı, Çakıl taşı	Kireçtaşı	Kuvarsit
Şist	1	1/2	2	2	3	2	3
Alüvyon	2	1	5	4	5	4	3
B. Konisi, Traverten	1/2	1/5	1	1/3	1	2	1/3
Mermer, Breş	1/2	1/4	3	1	2	1/2	2
Kumtaşı, Çakıl taşı	1/3	1/5	1	1/2	1	1	1/4
Kireçtaşı	1/2	1/4	1/2	2	1	1	1
Kuvarsit	1/3	1/3	3	1/2	4	1	1

Elde edilen paftalarda çalışma alanındaki jeolojik birimler; alüvyon, alüvyon yelpazesi, kireçtaşı, kumtaşı - çakıl taşı, mermer - breş, kuvarsit, şist, birikinti konisi ve traverten olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 7).



Şekil 8. Eğim analizi

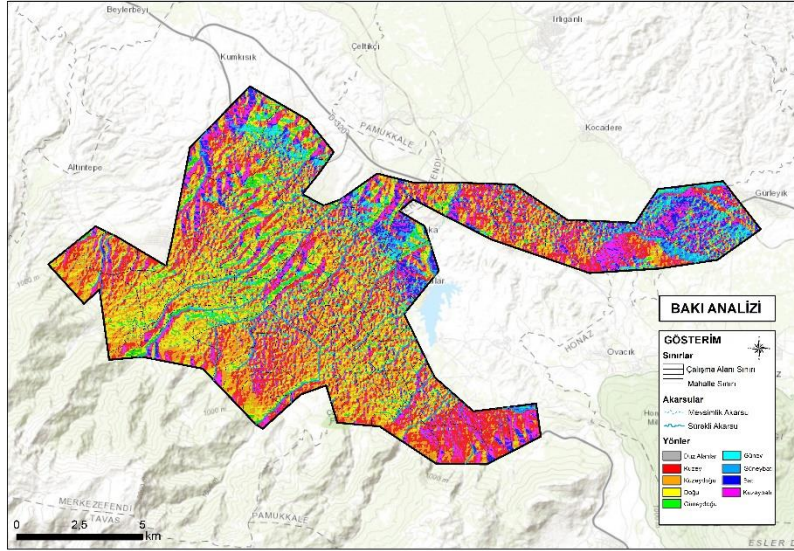
3.3.6. Bakı

Bakı faktörü kuzey yamaçlarda güneşlenme süresinin kısalmasıyla ilişkilidir ve buharlaşma süresini etkilemesi nedeniyle yağışların akışa geçmesini yönlendirici bir unsur olarak ele alınmaktadır. Ülkemizin coğrafi konumu itibarıyla güney yamaçların kuzey yamaçlara göre daha fazla güneş alması yamaçlar arasında buharlaşma, toprak nemliliği ve bitki örtüsü bakımından farklılıklara neden olmaktadır. Bu kapsamda bakı değerlerinin taşkın oluşumunu dolaylı olarak etkilediği belirtilmektedir. En genel ifade ile düz araziler ile az güneş alan bakıya sahip bölgeler taşkın açısından riskli kabul edilmekte, diğer yönlerin ise kuzey - güney yönlü farklılaştığı belirtilmektedir (Dölek, 2015; Özay, 2021; Akın ve Karaca, 2021). Çalışma alanında bakı değerleri USGS-Earth Explorer üzerinden temin edilen 25 m. mekânsal çözünürlüğe sahip Sayısal Yükselti Modeli (DEM) verilerinin ArcGIS 10.8 programında 3D Analyst-Surface Raster-Aspect aracında işlenerek elde edilmiştir. Bu kapsamda bakı verilerinin önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur (Tablo 9).

Tablo 9. Bakı kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

	Kuzey	Doğu - Batı	Güney
Kuzey	1	3	1/3
Doğu - Batı	1/3	1	1/5
Güney	3	5	1

Bakı faktörü ana yönler, ara yönler ve düz alanlar (Düz alanlar, Kuzey, Kuzeybatı, Kuzeydoğu, Güney, Güneydoğu, Güneybatı, Batı, Doğu) olarak 9 kategoride ele alınmıştır (Şekil 9). Düz alanlarda risk düzeyi en yüksek, ana ve ara yönlerde ise daha düşük risk olarak sınıflandırılmış ve yamaç bakısına bağlı bir risk sınıflandırması yapılmıştır.



Şekil 9. Bakı analizi

3.3.7. Yağış

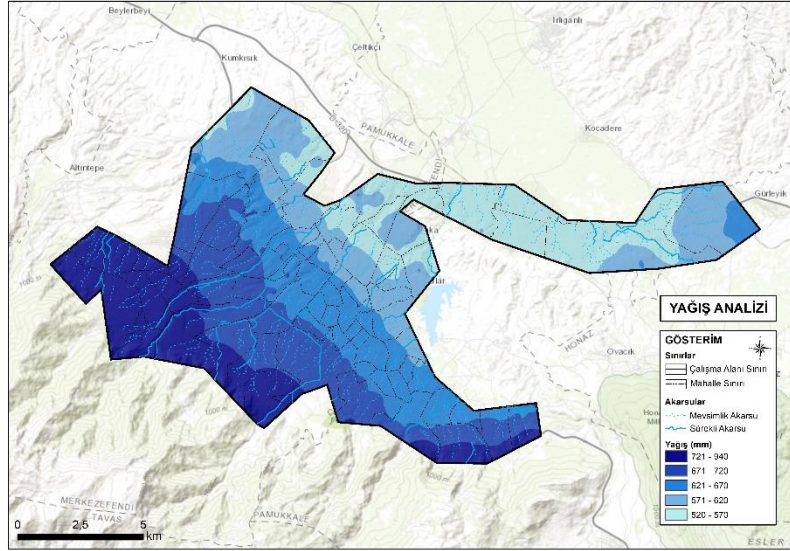
Meteorolojik kökenli bir doğal afet olarak nitelendirilen yağışlar taşkınlar yüzeysel su akışlarını oluşturmaktadır. Bu akışların oluşumu da büyük ölçüde yağışa bağlıdır ve taşkınlara neden olmaktadır (Köroğlu ve Akıncı, 2023). Bu kapsamda yağışın dağılımını göstermek için ArcGIS 10.8 programında Geostatistical Analyst-Radial Basis Function modülü kullanılmıştır. Bu modülde çalışma alanında yer alan altı istasyona ait yağış verileri, rakım değeri ve konum bilgileri kullanılmıştır. İstasyonlar referans alınarak yükselti değerlerine göre 1.000 adet sanal istasyon kurulmuş ve yıllık ortalama yağışın dağılımı hesaplanmıştır. Sanal istasyonlar için kullanılan veriler Schreiber yöntemi ile hesaplanmıştır. Schreiber yönteminin temelini yükselti arttıkça yağış miktarının artması yaklaşımı oluşturmaktadır. Bu yöntemle yükseltinin ortalama her 100 metredeki artışına bağlı olarak yağış miktarının 54 mm arttığı belirtilmektedir. (Aydınöz, 2008; Ceylan ve Vural, 2023; Yurteri, 2024).

Çalışma alanında deniz seviyesinden 324 metre yüksekte bulunan ölçüm istasyonlarının yıllık ortalama 567,6 mm'lik değeri, oluşturulan sanal istasyonlara Schreiber yöntemi ile uygulanmış ve yağış değerleri belirlenmiştir. ArcGIS 10.8 programında Attributes Table'da Field Calculator ile; $567,6 + ((\text{yükselti} - 324) * 54) / 100$ formülü girilerek yağış değerleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda yağış değerlerinin önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur (Tablo 10).

Tablo 10. Yağış kriteri için ikili karşılaştırma matrisi

Mm	1201 +	951-1200	831-950	681-830	450-680
1201 +	1	3	5	7	9
951-1200	1/3	1	3	5	7
831-950	1/5	1/3	1	3	5
681-830	1/7	1/5	1/3	1	3
450-680	1/9	1/7	1/5	1/3	1

Çalışma alanında oluşturulan yağış haritasına göre yıllık ortalama yağış değerleri 520-940 mm arasında değişmektedir ve 5 sınıfta incelenmiştir (Şekil 10).



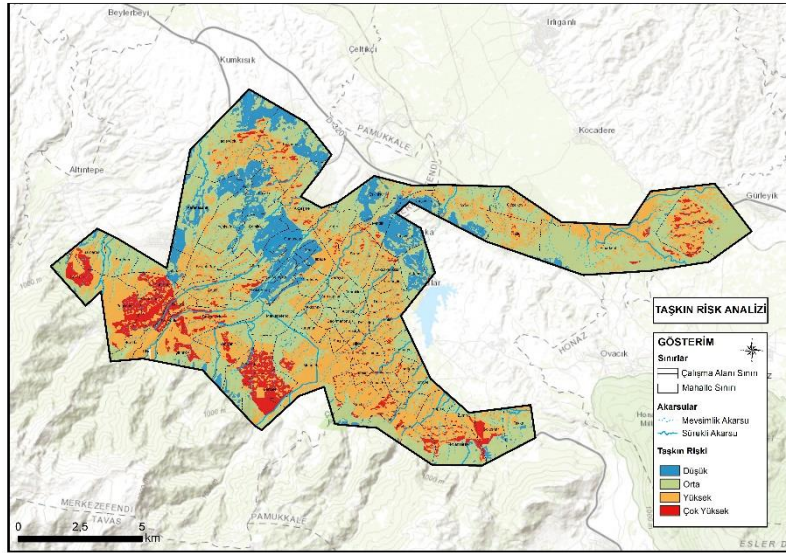
Şekil 10. Yağış analizi

Denizli kentinde taşkın riskinin analizine ilişkin hazırlanan analizlerden sonra, her bir kriter için matrislerde yer alan ölçütlerin ağırlıklar toplamı, her değerın sütun toplamına bölünerek normalleştirme yapılmıştır. Ardından, her satırın ortalaması alınarak bağıl ağırlıklar hesaplanmış ve ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda tutarlılık oranı %6 olarak belirlenmiştir ve bu değerin %10'dan düşük olması matrisin doğruluğunu kabul etmektedir (Ünal vd., 2022). Bu kapsamda AHP uygulanan her bir faktöre ilişkin karşılaştırma matrisi ile ağırlık ve tutarlılık oranları belirlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Ana ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisi, ağırlık ve tutarlılık oranları

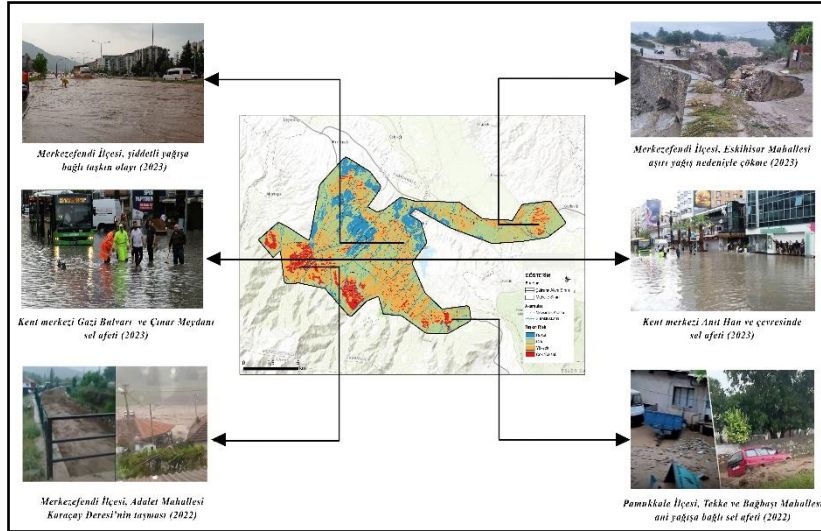
	Akarsu Uzaklık	Eğim	Yağış	Bakı	Arazi Kullanımı	Toprak	Jeoloji	Ağırlık	Tutarlılık Oranı
Akarsu Uzaklık	1	1/3	1/2	5	1/2	1/3	1/3	0,078	%8
Eğim	3	1	3	7	4	3	2	0,315	%8
Yağış	2	1/3	1	3	1/2	1/3	1/3	0,085	%8
Bakı	1/5	1/7	1/3	1	1/4	1/5	1/6	0,030	%5
Arazi Kullanımı	2	1/4	2	4	1	1/2	1/3	0,106	%8
Toprak	3	1/3	3	5	2	1	1/2	0,163	%5
Jeoloji	3	1/2	3	6	3	2	1	0,223	%9
Tutarlılık Oranı: 0.06									

Her bir faktör için hazırlanan ikili karşılaştırma matrisi ve tutarlılık oranlarının sağlanmasından sonra, sonuç haritanın üretilmesi için bulunan değerlerde ArcGIS programında Weighted Overlay-Weighted Sum fonksiyonu ile çakıştırma yapılmıştır. Taşkın riskli alanların analizine göre; eğim kriteri en fazla ağırlığa sahipken, akarsuya uzaklık, toprak sınıfları, arazi kullanımı ve yağış miktarı da önem arz etmektedir. Jeolojik yapı ve bakı kriterleri ise en düşük ağırlıklara sahiptir. Denizli kentinde Çürüksu Çayı'nın mevsimlik ve sürekli kollarının yoğun olarak yer aldığı bölgelerde sel riskinin çok yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 11). Bu durumun oluşmasında ayrıca; eğimin düşük olması, jeolojik açıdan alüvyal malzemelerin yoğun olarak gözlenmesi, yağış miktarının yüksek olması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 11. Denizli kenti taşkın risk analizi

Çalışma kapsamında hazırlanan taşkın riskli alanların analizine göre; Denizli kentinde çok yüksek ve yüksek riskli alanların ağırlıklı akarsuya yakın kesimlerde, bitki örtüsünün az ya da seyrek olduğu, zemin yapısının geçirgen olan alüvyal topraklardan oluştuğu ve yerleşim alanlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda kentte 2022 ve 2023 yıllarında gözlenen sel/taşkın olaylarının hazırlanan risk haritası ile örtüştüğü belirlenmiş ve Şekil 12’de konumları işaretlenmiştir.

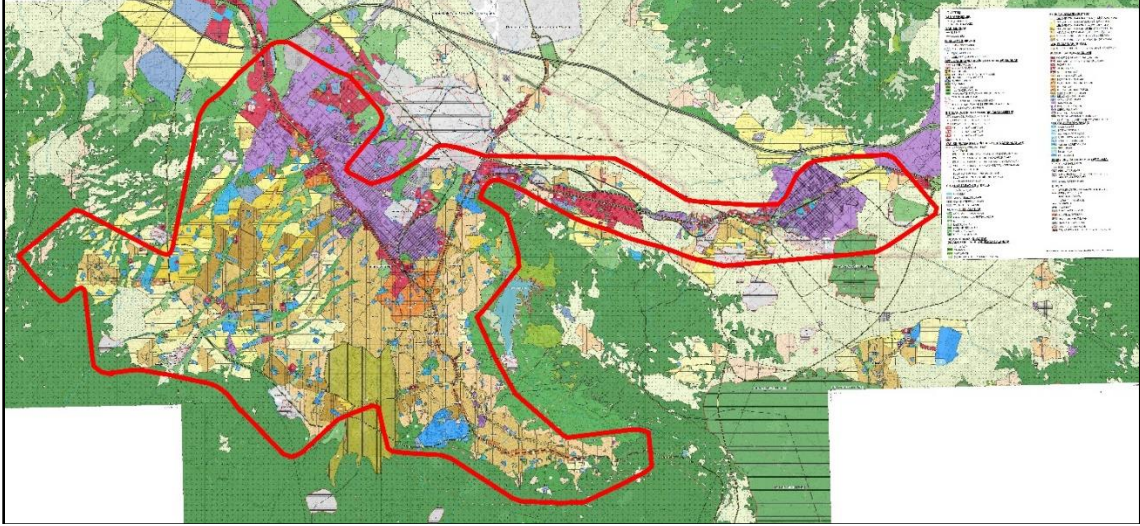


Şekil 12. Denizli kenti son yıllarda yaşanan sel afetleri ve konumları

3.4. Denizli Kenti Sel Riskli Alanlarda Mekânsal Planlama Kararlarının İrdelenmesi

Denizli kentinde sel riskli alanların tespiti yapılarak kentteki konumları ve son yıllarda yaşanan afetler irdelenmiştir. Bu kapsamda sel riskini yüksek seviyede içeren alanların, planlama çalışmaları dahilinde hazırlanan üst ölçek planlarda hangi fonksiyonları içerdiği ve ne tür kararlar alındığı, alanın risk düzeyine göre önem arz etmektedir. Denizli kentinin yürürlükteki planının hazırlanması temelde 06.12.2012 tarih ve 28489 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanarak, 30.03.2014 tarihinde yürürlüğe giren 6360 sayılı “14 İlde Büyükşehir Belediyesi ve 27 İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” ile gerçekleşmiştir. Bu kapsamda Denizli Belediyesi, büyükşehir belediyesi olmuş ve il mülki sınırı büyükşehir belediyesi sınırı olmuştur.

Yasa hükümleri bağlamında Denizli ili içerisindeki belde belediyeleri ile köylerin tamamı mahalleye dönüştürülmüş, bu durum il bütününde 1/25.000 ölçekli nazım imar planı yapılmasını gerektirmiştir. Bu gereklilik sonucu hazırlanan ve yürürlükteki plan (Şekil 13) Denizli Büyükşehir Belediyesi'nce hazırlanan, 20.11.2018 tarih ve 1078 sayılı Denizli Büyükşehir Belediye Meclisince onaylanıp 01.07.2019 tarihinde kesinleşen “Denizli İli 1/25.000 Ölçekli Nazım İmar Planı”dır (DBB, 2019).



Şekil 13. Denizli İli 1/25.000 Ölçekli Nazım İmar Planı'nın çalışma alanını kapsayan kısmı

Nazım imar planında riskli alanların içerdiği fonksiyonlara yönelik plan kararları/uygulama hükümleri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda taşkın riskinin azaltımına yönelik önlemler ile ilişkisi kurularak, planda ele alınışı irdelenmiştir.

- Denizli kentinde taşkın riski bulunan alanlar büyük oranda kentsel yerleşme alanlarını (Mevcut Konut Alanları, Gelişme Konut Alanları) içermektedir. Uygulama hükümleri bağlamında bu alanlarda konutların yanı sıra, konut kullanımına hizmet verecek sosyal ve teknik altyapı alanları ile perakende ticaret türleri vb. kullanımlar yer alabileceği belirtilmektedir. Bu kapsamda riskin yüksek olduğu konut dokularında gelişme konut alanlarının yer alması riskin etki düzeyini artırmaktadır.
- Kentteki açık ve yeşil alanlar taşkın riskinin azaltılmasında önemli bir faktör olduğundan, bu alanların miktarının artırılması gerekmektedir. Planda “Bu planın ölçeği gereği 10.000 m² altındaki açık ve yeşil alanlar mekânsal olarak gösterilmemiştir. Alt ölçekli 1/5.000 ölçekli nazım imar ve 1/1.000 ölçekli uygulama imar planlarında ‘Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği’nde belirtilen standartlarda açık ve yeşil alanlar nüfusun ihtiyacı olan büyüklükte planlanacaktır.” ifadesi yer almaktadır. Bu kapsamda yeşil alanların ağ şeklinde kurgulanmadığı ve planlama kararlarında yönlendirici ifadelerin bulunmadığı görülmektedir.
- Riskli alanlarda kentsel çalışma alanları (Ticaret alanı, Ticaret+Konut alanı, Ticaret+Turizm+Konut alanı) bulunmaktadır. Planda, “Bu alanlar için yapılaşma koşulları, geleneksel merkez gelişmeleri, mevcut yapılaşma koşulları ve kullanım durumları dikkate alınarak alt ölçekli imar planlarında belirlenecektir” ifadesi yer almaktadır. Alt ölçekli planlara geçilmeden önce geçirimli yüzey miktarının artırılmasına yönelik plan kararlarının alınmadığı görülmektedir.
- Taşkınlardan en fazla etkilenecek alanlar akarsulara yakın olan alanlar olduğundan, bu alanlardaki yapılaşma hükümleri önem arz etmektedir. Planda “Akarsu ve derelere komşu parseller ile baraj, baraj rezervuarı ile taşkın riski taşıyan alanlarda DSİ 21. Bölge

Müdürlüğü'nden uygun görüş alınmadan yapı yapılamaz." ifadesi yer almaktadır. İlgili kurumdan alınan görüşün yanı sıra, alana özgü nitelikte analizler ve riskin yüksek olduğu alanlarda yapılacak analizlere ilişkin bir hüküm bulunmamaktadır. Ayrıca, "Büyük Menderes Deresi ve Çürüksu Çayı'nın taşkın sahasından etkilenen ve aşağıdaki tabloda verilmiş olan mahallelerde DSİ 21. Bölge Müdürlüğünden uygun görüş almadan yapı yapılamaz." ifadesinde yer alan mahallelerle risk düzeylerine ilişkin çalışmalar yapılmamıştır.

- Plan kapsamında hazırlanan "Değişiklik Analizi Haritası"na göre Merkezefendi ve Pamukkale ilçelerinin (merkez ilçeler) yerleşik alanında genişleme ve sıçramalar olduğu belirtilmiştir. İki farklı ilçe merkezinin genişleyerek tek bir merkez olması kent merkezinden çeperlere doğru baskı oluşturup, doğal karakteri korunacak alanların niteliğinin değişmesine ve neden olmuştur. Ayrıca Gökpınar Barajı'nın etrafındaki alanlarda kentsel yayılımının artması ile geçirimli yüzeylerin azaldığı görülmektedir. Bu kapsamda gözlenen değişikliklerin getireceği olumsuz sonuçlar üzerine çıkarımlar yapılmadığı görülmektedir.
- Plan kapsamında kentteki eşikler kullanılarak hazırlanan "Yerleşilebilirlik (Grid) Analizi" mekânsal gelişime yön verilmesi bağlamında önemli görülmektedir. Analizde planlama alanında yer alan tüm arazi kullanım türlerine ve fonksiyonlarına yönelik sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma kriterlerinde alanın adı (Askeri alanlar, sulak alanlar vb.) ve değerler (0 ve 5 arasında) yer almaktadır. Bütün arazi kullanım türlerine yönelik ataması yapılan değerler 0,1,2,3,4,5 olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda; 0 ve 1: yerleşilemez, 2,3,4,5: yerleşilebilir olarak belirlenmiştir. Taşkına etki eden faktörler irdelendiğinde; Su yüzeyleri=0, Sulak alan bölgesi=0, Sulak alan tampon bölgesi=0, Su kanalları koruma kuşağı=1, Afetler Açısından Riskli Alan (Taşkın)=1 olarak sınıflandırılmıştır. Yapılan bu sınıflandırma taşkın riskinin mekânsal boyutta ele alındığını gösteren olumlu bir gelişmedir.

4. Tartışma ve Sonuç

İklim değişikliğine bağlı olarak gözlenen taşkınların doğal ve yapılı çevrede pek çok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Hidrolojik döngülerde gözlenen değişimler ile taşkın afetleri artmakta, yağmur suyu akışı ve miktarında bozulmalar meydana gelerek kentsel taşkın olaylarına neden olmaktadır. Kentsel yapılı çevrede gözlenen taşkın olayları ağırlıkla yapılaşmanın yoğun ve geçirimsiz yüzey miktarının fazla olduğu alanlarda gözlenmektedir. Bu alanlarda yağmur sularının drenajına engel olacak unsurlar yer aldığından ani taşkın olayları gerçekleşmektedir. Bu bağlamda taşkınların olumsuz sonuçlarından kaçınmak veya etkileri minimize etmek adına dirençlilik uygulamaları önemli görülmektedir.

Kentsel direncin sağlandığı pek çok koşulda iklim kaynaklı olumsuzluklardan kaçınılması mümkün olabilmektedir. Bu kapsamda çalışma alanını oluşturan Denizli kentinde yerel yönetim düzeyinde yürütülen yatırım programları, İklim Değişikliği Eylem Planı'nın hazırlanması, Belediye Başkanları Küresel İklim ve Enerji Sözleşmesi'ne taraf olunması gibi çalışmaların bulunması konu hakkında farkındalığın bulunduğunu göstermektedir. Çalışmalarda taşkın riski ağırlıkla yağış ve fırtınalarla ilişkilendirilerek tarım, ekosistemler ve atık su sistemleri üzerinde etkileri ile aşırı ve ani yağışa bağlı olarak kentsel alanlardaki etkileri olarak ele alınmıştır. Eylem planında ise; ıslah kanalı çalışmaları yapılması, arazi kullanım politikalarının geliştirilmesi, riskli bölgelerde yerel halkın desteği ile arazi toplulaştırma uygulamalarının öncelikli hale getirilmesi, teknik ve kurumsal önlemlerle taşkın ve sellerden korunmanın sağlanması vb. gibi önlemlerle ele alınmaktadır. Bu kapsamda eylem planında aşırı yağışlara bağlı olarak meydana gelen sel/taşkınlara ilişkin mekânsal planlarda eylemler tanımlanmadığı görülmektedir.

Çalışmada temelde kentsel alanlarda taşkın riski kapsamında dirençliliğin sağlanmasında "taşkın riskli alanların ve düzeylerinin" tespit edilmesinin temel bir gereklilik olduğu düşüncesinden yola çıkılmıştır.

Bu bağlamda kentsel alanlarda taşkın riskini analiz etmeye yönelik geliştirilen analiz yöntemleri incelenmiştir. İncelenen yöntemler kapsamında en yaygın kullanılan teknik ile Denizli kentinde gerçekleştirilen analiz ile riskli alanlar ve düzeyleri belirlenmiş, bu alanlarda öngörülen kentsel arazi kullanım kararları ile yürürlükteki imar planları ve irdelenmiştir.

Kentlerin kendi bağamlarında iklim tehlikelerine karşı dirençliliğinin sağlanmasında eyleme geçirilebilir nitelikteki temel araç mekânsal planlardır ve yerel iklim eylem planlarının azaltım ve uyum hedeflerini hayata geçirme bağlamında mekânsal planlarla bütünleştirilmesi önem arz etmektedir. İklim eylem planlarında tanımlanan eylemlerin imar planlarında somut plan kararlarına dönüştürülmesi, iklim eylem planları ile imar planlarının birbirini tamamlayıcı şekilde hazırlanması önemli görülmektedir (Karacan ve Gökce, 2023). Çalışma alanında yürürlükteki plan ile risk haritasının çıktıları birlikte ele alınarak irdelenmiştir. Sonuçta taşkın riski kapsamında eylemlerin kapsamı ve içeriğinin yetersiz olduğu, somut önlemlerin açık bir biçimde yer almadığı görülmüştür. Bu kapsamda taşkın riskinin kentlerde oluşturduğu sorunlara çözüm olarak mekânsal düzeyde önlem alınması için kent planlama disiplini bağlamında konunun ele alınması önemli bir noktadır.

Kentin saçaklanması ve makro formuna bağlı olarak yatayda genişlemesi nedeniyle gelişme yönünün riskler göz önünde bulundurularak belirlenmesi/sınırlandırılması gerekmektedir. Bunun için planda yoğunluk bölgeleri oluşturularak kademeli bir geçiş sağlanması ve analiz verilerinin yer seçim kararlarına entegre edilmesi gerekmektedir. Kentsel alanlarda sel riskine karşı önlemlerin alınması amacıyla mekânsal planlamanın analiz aşamasında CBS tabanlı tekniklerden yararlanılması önemlidir. Bu kapsamda öncelikle planları hazırlayan yerel yönetimlerce mevcut planların bu doğrultuda revize edilmesi ve yeni yapılacak planlarda “dirençlilik” yaklaşımının plan analiz ve yapım aşamalarına entegre edilmesi riskleri azaltma veya hazırlık olunması konusunda önemli görülmektedir. Kentsel alanlar iklim değişikliğinin neden olduğu bozulmalara karşı doğrudan etkilenme potansiyeline sahip olduğundan, geliştirilecek strateji ve politikaların bu kapsamda bağlantılar kurması gerekmektedir. Kentsel alanlarda mevcut ve öngörülen riskler bağlamında hazırlıklı olunması ve uyum önlemlerinin alınması gerekmektedir. Geliştirilecek eylemlerin kentsel yapıyı çevre, altyapı ve diğer faktörleri içermesi ve eylemlerin zaman planlaması yapılarak (kısa, orta ve uzun vadede) belirlenmesi gerekmektedir. Potansiyel taşkın riski barındıran kentlerin bu konuda özel müdahale biçimleri geliştirmesi uygulamaya yönelik adımlarını oluşturmaktadır. Bu adımlar uyum eylemleri ile su kaynaklarının/ekosistemlerinin korunması, yağmur suyu yönetimi, yeşil altyapı ve sürdürülebilir drenaj sistemleri vb. uygulamaları içermektedir. Bahsi geçen uygulamalar kent ölçeğinden mahalle ve bazen parsel ölçeğine kadar, ölçeğin gerektirdiği ayrıntı düzeyinde tanımlanmalıdır. Ayrıca taşkınların kentsel alanda etkisinin azaltılması bağlamında kentsel büyümeyi yönlendirici veya sınırlayıcı plan kararlarının alınması gerekmektedir. Riskli alanların belirlenmesi ile yalnızca mevcut durum tespiti yapılmamalı, ek olarak yapılacak taşkın tehlike haritaları, erken uyarı sistemleri vb. uygulamalarıyla eşgüdümlü olarak çalışmalar yapılmalıdır. Bu kapsamda bahsi geçen eylem ve stratejilerin kentlerin kendi bağamları ve riskleri dahilinde ele alınması ile etkin taşkın risk yönetimi sağlanabileceği düşünülmektedir.

Unutulmamalıdır ki, iklim değişikliğine bağlı afetler her ne kadar insan kaynaklı süreçler temelinde gözlense de, oluşumlara sebebiyet verildiği kadar önüne geçilmesi konusunda da müdahale edilerek değişimlere karşı direnme kapasitesi artırılabilir.

Etik Standartlara Uyum

Çıkar Çatışması: Yazarlar, kendileri ve/veya diğer üçüncü kişi ve kurumlarla çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik Kurul İzni: Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur. Buna ilişkin ıslak imzalı onam formu, makale süreç dosyasına eklenmiştir.

Finansal Destek: Finansal destek bulunmamaktadır.

Teşekkür: Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 124K653 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA:

- Abdrabo, K. I., Kantoush, S. A., Esmail, A., Saber, M., Sumi, T., Almamari, M., & Ghoniem, S. (2023). An integrated indicator-based approach for constructing an urban flood vulnerability index as an urban decision-making tool using the PCA and AHP techniques: A case study of Alexandria, Egypt. *Urban Climate*, 48, 101426.
- Afsari, R., Nadizadeh Shorabeh, S., Kouhnavard, M., Homaei, M., & Arsanjani, J. J. (2022). A spatial decision support approach for flood vulnerability analysis in urban areas: A case study of Tehran. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7), 380.
- Akay, S., (2019). *Kent formunun morfolojik analizi; Denizli örneği*. [Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi], Denizli, Türkiye.
- Akın, G., & Karaca, Ö. (2021). Çerçi ve Murt Deresi (Fethiye-Muğla) taşkın duyarlılık alanlarının CBS ile çok kriterli karar verme analizi kullanılarak haritalanması. *Yerbilimleri*, 42(1), 121-143.
- Akinci, H., & Demirarslan, K. O. (2022). Site selection for municipal solid waste landfill: Case study of Artvin, Turkey. *Environmental & Engineering Geoscience*, 28(3), 293-310.
- Alves, R. A., Rudke, A. P., de Melo Souza, S. T., dos Santos, M. M., & Martins, J. A. (2024). Flood vulnerability mapping in an urban area with high levels of impermeable coverage in southern Brazil. *Regional Environmental Change*, 24(3), 96.
- Aydınöz, D., (2008). Yükseldikçe bölgelerimize göre her 100 m.deki yağış artışı üzerine bir deneme. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 17, 172-184
- Bertilsson, L., Wiklund, K., Tebaldi, I., Rezende, O. M., Verol, A. P., & Miguez, M. G. (2019). Urban flood resilience-A multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning. *Journal of Hydrology*, 573, 970-982.
- Bulti, D. T., Girma, B., & Megento, T. L. (2019). Community flood resilience assessment frameworks: A review. *SN Applied Sciences*, 1, 1-17.
- Ceylan, M. & Vural, A. (2023). Yeraltı suyu potansiyel alanlarının coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemi ile belirlenmesi: Gökdere Havzası (Gümüşhane) örneği. U. Özkaya (Ed.), *International Conference on Scientific and Academic Research*, 342-349.
- Copernicus, (2023). Programme of the European Union. <https://dataspace.copernicus.eu>
- ÇŞİDB, (2025). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Meteoroloji 2024 Yılı İklim Değerlendirmesi. <https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2024-iklim-raporu.pdf>

- Doorga, J. R., Magerl, L., Bunwaree, P., Zhao, J., Watkins, S., Staub, C. G., ... & Boojhawon, R. (2022). GIS-based multi-criteria modelling of flood risk susceptibility in Port Louis, Mauritius: towards resilient flood management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 67, 102683.
- Dölek, İ., (2015). Sungu beldesi ve yakın çevresinde (Muş) sel ve taşkına duyarlı alanların belirlenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31, 258-280
- Duman, N. & İrcan, M.R. (2022) Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı Çankırı Merkez ilçesinin taşkın duyarlılık analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 9, 50-66.
- Dutta, M., Saha, S., Saikh, N. I., Sarkar, D., & Mondal, P. (2023). Application of bivariate approaches for flood susceptibility mapping: a district level study in Eastern India. *HydroResearch*, 6, 108-121.
- Eastman, J.R. (2003). Idrisi kilimanjaro: guide to GIS and image processing. Clark Labs.
- Fischer, K., Hiermaier, S., Riedel, W., & Haring, I. (2018). Morphology dependent assessment of resilience for urban areas. *Sustainability*, 10(6), 2-14.
- Gao, M., Wang, Z., & Yang, H. (2022). Review of urban flood resilience: insights from scientometric and systematic analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8837.
- Gao, Z., Geddes, R. R., & Ma, T. (2020). Direct and indirect economic losses using typhoon-flood disaster analysis: An application to Guangdong province, China. *Sustainability*, 12(21), 8980.
- Ghajari, Y., Alesheikh, A. A., Modiri, M., Hosnavi, R., & Abbasi, M. (2017). Spatial modelling of urban physical vulnerability to explosion hazards using GIS and fuzzy MCDA. *Sustainability*, 9(7), 1274.
- Gigovic, L., Pamucar, D., Bajic, Z., & Drobnjak, S. (2017). Application of GIS-interval rough AHP methodology for flood hazard mapping in urban areas. *Water*, 9(6), 360.
- Gu, Y., Sun, J., Cai, J., Xie, Y., & Guo, J. (2024). Urban planning perspective on food resilience assessment and practice in the Zhengzhou Metropolitan Area, China. *Land*, 13(10), 1625.
- Günek, H. (2020). Türkiye'nin toprak coğrafyası: Türkiye'nin toprakları, toprak sorunları ve erozyon. *Pagem Akademi*, 235-262, Ankara.
- Hagos, Y. G., Andualem, T. G., Yibeltal, M., & Mengie, M. A. (2022). Flood hazard assessment and mapping using GIS integrated with multi-criteria decision analysis in upper Awash River basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 12(7), 148.
- Hammami, S., Zouhri, L., Souissi, D., Souei, A., Zghibi, A., Marzougui, A., & Dlala, M. (2019). Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 1-16.
- Holling, C. S. (1996). Engineering resilience versus ecological resilience. *Engineering within Ecological Constraints*, 31(1996), 32.
- Hoque, M.A.A., Tasfia, S., Ahmed, N., & Pradhan, B. (2019). Assessing spatial flood vulnerability at Kalapara Upazila in Bangladesh using an analytic hierarchy process. *Sensors*, 19(6), 1302.
- Hussain, M., Tayyab, M., Ullah, K., Ullah, S., Rahman, Z. U., Zhang, J., & Al-Shaibah, B. (2023). Development of a new integrated flood resilience model using machine learning with GIS-based multi-criteria decision analysis. *Urban Climate*, 50, 101589.
- Idrees, M. O., Olateju, S. A., Omar, D. M., Babalola, A., Ahmadu, H. A., & Kalantar, B. (2022). Spatial assessment of accelerated surface runoff and water accumulation potential areas using AHP and

- data-driven GIS-based approach: the case of Ilorin metropolis, Nigeria. *Geocarto International*, 37(27), 15877-15895.
- Johannessen, A., & Wamsler, C. (2017). What does resilience mean for urban water services?. *Ecology and Society*, 22(1).
- Kaaviya, R., & Devadas, V. (2021). Water resilience mapping of Chennai, India using analytical hierarchy process. *Ecological Processes*, 10, 1-22.
- Kadioğlu, M. (2019). Kent selleri: yönetim ve kontrol rehberi. Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları. <https://www.marmara.gov.tr/uploads/old-site/2020/10/KENT-SELLERI-kucuk.pdf>
- Karacan, G., & Gökce, D. (2023). İklim değişikliği ile yerel mücadele: iklim eylem planları ile mekânsal planların bütünleştirilmesi. *PLANARCH-Design and Planning Research*, 7(2), 181-190.
- Karakuş, C.B. & Demirel, C. (2022). Coğrafi bilgi sistemi tabanlı analitik hiyerarşi süreci kullanılarak taşkın tehlike haritalaması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(4), 1155-1173.
- Kittipongvises, S., Phetrak, A., Rattanapun, P., Brundiers, K., Buizer, J. L., & Melnick, R. (2020). AHP-GIS analysis for flood hazard assessment of the communities nearby the world heritage site on Ayutthaya Island, Thailand. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 48, 101612.
- Koroma, A. O., Saber, M., & Abdelbaki, C. (2024). Urban flood vulnerability assessment in Freetown, Sierra Leone: AHP Approach. *Hydrology*, 11(10), 158.
- Köroğlu, B., & Akıncı, H. (2023). Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı çok kriterli karar analizi ile Giresun İli Dereli ilçesinin taşkın duyarlılık analizi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 62-81.
- Köse, Y., Şahin, Ş., & Müftüoğlu, V. (2024). Ankara Çayı Havzası'nın kentsel planlama kapsamında taşkın duyarlılığı açısından değerlendirilmesi. *İdealkent*, 16(43), 512-543.
- Liang, Y., Wang, C., Chen, G., & Xie, Z. (2024). Evaluation framework ACR-UFDR for urban form disaster resilience under rainstorm and flood scenarios: A case study in Nanjing, China. *Sustainable Cities and Society*, 107, 105424.
- Lin, L., Wu, Z., & Liang, Q. (2019). Urban flood susceptibility analysis using a GIS-based multi-criteria analysis framework. *Natural Hazards*, 97, 455-475.
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49.
- Msabi, M. M., & Makonyo, M. (2021). Flood susceptibility mapping using GIS and multi-criteria decision analysis: A case of Dodoma region, central Tanzania. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 21, 100445.
- MTA, (2023). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. https://eticaret.mta.gov.tr/index.php?route=product/category&path=2_6
- Mushwani, H., Ahmadzai, M. R., Ullah, H., Baheer, M. S., & Peroz, S. (2024). A comprehensive AHP numerical module for assessing resilience of Kabul City to flood hazards. *Urban Climate*, 55, 101939.
- Nguyen, H. N., Fukuda, H., & Nguyen, M. N. (2024). Assessment of the susceptibility of urban flooding using gis with an analytical hierarchy process in Hanoi, Vietnam. *Sustainability*, 16(10), 3934.

- Nistor, M.M., (2019). Vulnerability of groundwater resources under climate change in the Pannonian Basin. *Geo-Spatial Information Science*, 22(4), 345-358.
- Nkonu, R. S., & Antwi, M. (2024). A novel ANN-CA and MCDA integrated framework for predicting urban expansion and its implications on future flood risk, Accra Metropolis. *Environmental Development*, 52, 101061.
- Ocak, F., & Bahadır, M. (2020). Örnek taşkın risk modeli oluşturulması ve Ünye şehrindeki derelere ait taşkın risk analizleri. *Journal of Academic Social Science Studies*, 13(80).
- Osseni, A. A., Gbesso, G. H. F., Yevidé, S. I. A., & Godonou, E. R. A. (2024). Suitability evaluation for urban green space areas in seme-podji district (Southern Benin), using GIS and AHP methods. *Revue Internationale de Geomatique*, 33.
- Özay, B. (2021). *Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı taşkın duyarlılık analizi; Mersin ili örneği*. [Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi], Mersin, Türkiye.
- Özcan, O., (2017). Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Ayamama Deresi örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3, 9-27.
- Pancar, Z. B., & Gökce, D. (2022). Hidro-Meteorolojik karakterli afet riski bulunan alanlardaki mevcut mekânsal planlama kararları: Serik (Antalya) örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(2), 229-245.
- Partigöç, N. S., & Dinçer, C. (2024). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı afet risk analizi: Denizli ili örneği. *Geomatik*, 9(1), 27-44.
- Peker, E. & Aydın, C.İ. (2019). Değişen iklimde kentler; yerel yönetimler için azaltım ve uyum politikaları. IPM-Mercator Politika Notu. <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/Document/degisen-iklimde-kentler-yerel-yonetimler-icin-azaltim-ve-uyum-politikalari-61f167/degisen-iklimde-kentler-yerel-yonetimler-icin-azaltim-ve-uyum-politikalari-61f167>. Pdf
- Pokhrel, S. (2019). Green space suitability evaluation for urban resilience: an analysis of Kathmandu Metropolitan city, Nepal. *Environmental Research Communications*, 1(10), 105003.
- Rözer, V., Mehryar, S., & Surminski, S. (2022). From managing risk to increasing resilience: a review on the development of urban flood resilience, its assessment and the implications for decision making. *Environmental Research Letters*, 17(12), 123006.
- Saaty, T. (2001). Fundamentals of the analytic hierarchy. D.L. Schmoldt (Ed.), The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making (15-35). Kluwer Academic Publishers.
- Saral, A., & Musaoğlu, N. (2011). Çok kriterli karar verme ve bilgi difüzyonu yöntemleri ile taşkın risk analizi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22.
- Sezik, M., & Dokuyucu, E. (2025). İklim Değişikliği ve Türkiye’de kentlerin iklim değişikliği politikalarına uyum sorunları. *Kent Akademisi*, 18(1), 540-562.
- Shahabi, H., Keihanfard, S., Ahmad, B.B., & Amiri, M.J.T. (2014). Evaluating boolean, ahp and wlc methods for the selection of waste landfill sites using GIS and satellite images. *Environmental Earth Sciences*, 71(9), 4221-4233.
- Stefanidis, S., & Stathis, D. (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Natural Hazards*, 68, 569-585.

- Sütüncü, H.S.S. & Yavuz, V.S. (2022). Taşkın risk alanlarının analitik hiyerarşi süreci kullanılarak mikro-havza ölçeğinde değerlendirilmesi. *İdealkent*, 13(37), 1667-1690.
- Taniş, E., & Çelik, R. (2024). CBS tabanlı ahp çok kriterli karar verme yöntemi (ÇKKY) kullanılarak Van Gölü Güzelsu alt havzası taşkın risk haritalarının çıkarılması ve değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 15(4), 941-950.
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2015). 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.
- Tekin, Ö. F. (2023). Kentsel kriz ve krizler çağının kent modelleri. *Kent ve Kriz*, 1.
- Tokgözlü, A. & Özkan, E., (2018). Taşkın risk haritalarında ahp yönteminin uygulanması: Aksu Çayı havzası örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 44, 151-176.
- TUCBS, (2023). Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri, https://basic.atlas.gov.tr/?_appToken=&metadataId=1096232
- Tumini, I., Villagra-Islas, P., & Herrmann-Lunecke, G. (2017). Evaluating reconstruction effects on urban resilience: a comparison between two Chilean tsunami-prone cities. *Natural Hazards*, 85, 1363-1392.
- TÜİK, (2024). Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>
- USGS, (2023). United States Geological Survey, Earth Explorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Ünal, A., Çamcı, K.G., & Tonyaloğlu, E.E. (2022). Çok kriterli karar analizi ile doğal afetlerde haritalama: Aydın ili sel-taşkın riski örneği. *Journal of International Studies*, 6(2), 136-150.
- Wang, Z., Li, Z., Wang, Y., Zheng, X., & Deng, X. (2024). Building green infrastructure for mitigating urban flood risk in Beijing, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 93, 128218.
- Waseem, M., Ahmad, S., Ahmad, I., Wahab, H., & Leta, M.K. (2023). Urban flood risk assessment using AHP and geospatial techniques in swat Pakistan. *Applied Sciences*, 5, 215.
- Yurteri, C. (2024). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında analitik hiyerarşi yöntemi (AHY) yöntemi kullanılarak taşkın risk analizi: Karabük ili örneği. *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 12(2), 298-318.
- Zeydalinejad, N., Javadi, A. A., Baldock, D., & Webber, J. L. (2024). An integrated hydrological-hydrogeological model for analysing spatio-temporal probability of groundwater infiltration in urban infrastructure. *Sustainable Cities and Society*, 116, 105891.

EXTENDED SUMMARY

Research Problem:

The main purpose of this study is to identify flood risk areas in the case of Denizli city and to present suggestions for ensuring and/or reducing urban flood resilience. In addition, from an urban planning perspective, the issue of climate change, its effects and the problems observed in the context of spatial planning in the intervention forms/strategies developed regarding the risks are emphasized.

Research Questions:

This study examines the studies and methods used in the literature to ensure urban flood resilience. In this context, some questions were sought to achieve the purpose of the study. These are What are the methods/techniques used in studies conducted to identify flood risk areas in urban areas? How are the results of studies conducted in flood risk areas addressed in concrete and spatially critical planning decisions? What actions and strategies are being developed in the context of urban planning for flood resilience?

Literature Review

Due to extreme weather events observed on a global scale, climate systems are changing, and their negative effects are observed in urban areas. These effects have reached dimensions that require the development of intervention methods in parallel with the increase in urbanization. As a result of these effects, flood events, which are observed as a meteorological disaster, cause great losses and damage in cities. In this context, it is seen that analyses are made in current studies in the context of determining flood risk areas in cities and taking precautions. Analytical Hierarchy Process (AHP) Method is frequently used in analysis. Some of these studies are Saral and Musaoğlu, (2011); Tokgözlü and Özkan, (2018); Ocak and Bahadır, (2020); Duman and Ircan, (2022). In the studies, flood risk areas were determined by calculating according to the criteria weights using the AHP method. Then, land use functions in risky areas were determined. In this context, as a result of the study, risk analysis findings and spatial plans & plan decisions in studies on flood resilience were examined. The prepared flood risk map and the plans with spatial sensitivity regarding flood resistance and sanctions in the context of space were evaluated and it was determined that concrete measures were not clearly included.

Methodology:

In this study, an analysis was conducted in Denizli city to determine the areas related to flood risk. In the analysis conducted, a search was conducted on Web of Science in order to determine the most frequently used method in studies in this context. As a result of the search, the obtained resources were classified in the city and regional planning category, and it was determined that they were maps prepared with the GIS-based AHP method. In this direction, the flood risk map of the study area was produced using the Weighted Sum tool in ArcGIS software using the AHP method. The outputs of the produced map were compared with spatial plans, and the findings were examined in the context of urban planning.

Results and Conclusions

Floods observed in cities due to reasons such as increasing impermeable surfaces, wrong land use policies, excessive and sudden rainfall etc. are considered as natural disasters. This shows how important land use policies are in flood risk areas in cities and the high level of being affected by disasters with inappropriate policies. In this context, it reveals the importance of planning policies in providing urban resistance against the negative effects of floods. In this study, it was determined that the areas determined to be risky in the analysis conducted for providing flood resilience in urban areas overlap with the areas where flood events have been observed in the city in recent years. This shows that risky areas can be determined in advance with the risk analyses to be conducted, flood resistance can be provided, and spatial measures can be taken.