



Doğu Karadeniz Kıyılarında Yeşil Altyapı ile Genel Su Riskinin Azaltılması

Demet Ulku GULPINAR SEKBAN^{1*}

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye

Geliş Tarihi: 11.08.2025

Kabul Tarihi: 06.09.2025

Basım Tarihi: 30.11.2025

Atıf yapmak için: **Gulpinar Sekban, D.U. (2025).** Doğu Karadeniz Kıyılarında Yeşil Altyapı ile Genel Su Riskinin Azaltılması. *Anadolu Çev. Hay. Bil. Derg.*, 10(6), 807-815 . <https://doi.org/10.35229/jaes.1762331>

How to cite: **Gulpinar Sekban, D.U. (2025).** Reducing Overall Water Risk through Green Infrastructure in the Eastern Black Sea Coast. *J. Anatol. Env. Anim. Sci.*, 10(6), 807-815. <https://doi.org/10.35229/jaes.1762331>

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-9614-6009>

***Sorumlu yazar:**

Demet Ulku GULPINAR SEKBAN
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Peyzaj
Mimarlığı Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye
✉: demetsekan@ktu.edu.tr

Öz: Bu çalışma, iklim değişikliği kapsamında “genel su riski” ve “yeşil altyapı” kavramlarını hem küresel ölçekte hem de Doğu Karadeniz Bölgesi özelinde incelemektedir. Araştırma iki aşamalı olarak tasarlanmıştır. İlk aşamada, Web of Science, PubMed ve Embase veri tabanlarında yapılan bibliometrik analiz ile bu iki kavram arasındaki ilişkiler, tematik kümeler ve eğilimler ortaya konmuştur. İkinci aşamada, Water Risk Atlas verileri kullanılarak Doğu Karadeniz illerinin genel su riski profili Türkiye geneli ile karşılaştırılmıştır. Bulgular, literatürde yeşil altyapının ağırlıklı olarak iklim değişikliği, sel riski yönetimi, yağmur suyu yönetimi ve ekosistem hizmetleri gibi teknik ve çevresel temalarla ilişkilendirildiğini gösterirken halk sağlığı boyutunun ise sınırlı bir yer tuttuğunu göstermektedir. Doğu Karadeniz Kıyı bölgesinin genel su riski incelendiğinde ise bölgenin yüksek yağış rejimi, bol yüzey suyu kaynakları ve düşük tarımsal sulama talebi sayesinde düşük su stresine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ancak iklim değişikliği kapsamında artabilecek nehir taşkınları ve ani sel risklerine karşı, dere yatakları ve taşkın alanlarında yeşil altyapı uygulamalarının yaygınlaştırılması önerilmektedir. Bu yaklaşım, hem mevcut düşük risk seviyesinin korunmasına hem de bölgesel iklim uyum kapasitesinin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Doğu karadeniz bölgesi, su riski, iklim değişikliği, yeşil altyapı.

Reducing Overall Water Risk through Green Infrastructure in the Eastern Black Sea Coast

Abstract: This study examines the concepts of "general water risk" and "green infrastructure" within the context of climate change, both globally and specifically for the Eastern Black Sea Region. The research was designed in two stages. In the first stage, the relationships, thematic clusters, and trends between these two concepts were revealed through bibliometric analysis conducted in Web of Science, PubMed, and Embase databases. In the second stage, the general water risk profile of the Eastern Black Sea provinces was compared with that of Turkey as a whole using Water Risk Atlas data. The findings indicate that in the literature, green infrastructure is predominantly associated with technical and environmental themes such as climate change, flood risk management, rainwater management, and ecosystem services, while the public health dimension has received limited attention. An examination of the general water risk of the Eastern Black Sea Coastal region reveals that the region experiences low water stress thanks to its high rainfall regime, abundant surface water resources, and low agricultural irrigation demand. However, to counter the potential increase in river flooding and flash flood risks due to climate change, it is recommended that green infrastructure practices be expanded in stream beds and floodplains. This approach will contribute to both maintaining the current low risk level and increasing regional climate adaptation capacity.

***Corresponding author's:**

Demet Ulku GULPINAR SEKBAN
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Peyzaj
Mimarlık Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye
✉: demetsekan@ktu.edu.tr

Keywords: Climate change, eastern black sea region, water risk, green infrastructure.

GİRİŞ

İklim değişikliği, günümüzde sadece çevresel bir tehdit değil, aynı zamanda toplumsal, ekonomik ve mekânsal düzeyde geniş kapsamlı etkiler yaratan küresel bir kriz olarak karşımıza çıkmaktadır. IPCC'nin son raporuna göre, atmosferdeki her 1 °C sıcaklık artışı, ekstrem yağışların şiddetinde yaklaşık %7 oranında artışa yol açmaktadır (IPCC, 2023). Sıcaklıklardaki bu artış, deniz

seviyelerinin yükselmesine, yağış rejimlerindeki düzensizliğe ve ekstrem hava olaylarının sıklığındaki artışa neden olmaktadır. Bu değişimler özellikle su kaynakları üzerinde çok yönlü baskı oluşturmaktadır. Bu durum literatürde genel su riski (overall water risk) olarak tanımlanmakta ve yalnızca su kıtlığı, sel, kuraklık, su kalitesi sorunları gibi fiziksel riskleri değil, aynı zamanda bu risklerin etkilerini artıran altyapısal, yönetsel ve sosyoekonomik kırılganlıkları da kapsayan bütüncül bir

kavramsal çerçeve sunmaktadır. Dünya Kaynakları Enstitüsü'nün Aqueduct Water Risk Atlas verilerine göre genel su riski fiziksel su miktarı, su stresi, su kalitesi, mevsimsel değişkenlik, düzenleyici çevre, kurumsal kapasite ve planlama yeterliliği gibi göstergelerin birleşik değerlendirmesi ile ölçülmektedir (Wri, 2025). Kentsel bağlamda bu bileşenlerin her biri, altyapı kapasitesinin aşırı yüklenmesi, taşkın kontrol sistemlerinin yetersizliği, içme suyu ve kanalizasyon ağlarının eski ve bakım eksiklikleri gibi sorunlarla doğrudan ilişkilidir. Yüksek su stresi ve mevsimsel değişkenlik, içme suyu arzında dalgalanmalara yol açarak kentlerde su kesintilerini artırabilmektedir. Düşük kurumsal kapasite ve zayıf düzenleyici çevre ise sel riskini azaltacak planlama ve yatırım süreçlerinin etkin şekilde yürütülmesini engelleyebilir. Bu durum, özellikle hızlı nüfus artışı ve plansız kentleşmenin görüldüğü bölgelerde, genel su riskinin fiziksel ve yönetsel boyutlarının birbirini besleyerek kentsel kırılganlığı artırmasına neden olmaktadır.

Ekstrem hava olaylarıyla birlikte küresel ölçekte artan sel olayları, özellikle altyapısı yetersiz, hızlı kentleşme sürecindeki bölgelerde ciddi can ve mal kayıplarına neden olmaktadır (Kreibich & Thielen, 2009; Wu vd., 2025). Çünkü kentsel alanlarda sel riskinin oluşmasında ve risk potansiyelin artmasında, sadece doğa olayları değil, aynı zamanda insan kaynaklı faktörler de önemli rol oynamaktadır (Rimal vd., 2018; Yang vd., 2022). Plansız kentleşme, geçirimsiz yüzeylerin artması, dere yataklarının yapılaşmaya açılması, doğal su yollarının tahrip edilmesi ve yetersiz yağmur suyu altyapısı gibi nedenlerle kentler taşkınlara karşı daha kırılgan hale gelmiştir (Gulpinar Sekban & Akyol, 2023). Buna ek olarak, hızlı nüfus artışı ve ekonomik gelişmelerin baskısıyla kentlerin taşıma kapasitesi zorlanmakta, bu da afetlere karşı dayanıklılığı azaltmaktadır (Fuady vd., 2025). Yaşanan bu sıkıntılar kentsel su yönetimi politikalarının yeniden gözden geçirilmesi ve daha bütüncül, dirençli ve sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesi gerekliliği ortaya koymuştur (Borah, 2025; Larsen & Gujer, 1997).

Sürdürülebilir dirençlilik yaklaşımlarına olan ihtiyaç beraberinde çok işlevsel ve sürdürülebilir çözüm arayışlarını getirmiş ve günümüzde doğa temelli çözüm süreçleri başlamıştır (Gulpinar Sekban & Acar, 2024a; Gulpinar Sekban & Acar, 2024b). Doğa temelli çözümler ve özellikle bu kapsamda geliştirilen yeşil altyapı kavramı, kentsel su yönetiminde sürdürülebilir bir alternatif olarak günümüzde ön plana çıkmaya başlamıştır (Lin vd., 2025). Bu kapsamda yeşil altyapı, doğal süreçleri taklit eden ve ekosistem hizmetlerini yeniden devreye sokan çoğu uygulamayı kapsamaktadır (Khan vd., 2025). Bu uygulamaların başında gelen yeşil çatılar, yağmur bahçeleri, geçirgen yüzeyler, kent içi sulak alanlar, ağaçlandırılmış yeşil koridorlar gibi planlamalar ve uygulamalar, yağmur suyunun toplanmasını, süzülmesini ve yeraltı suyuna

sızmasını teşvik ederek hem taşkın riskini azaltmakta hem de kent ekosisteminin dayanıklılığını artırmayı amaçlamaktadırlar. Ayrıca bu sistemler, karbon tutma, hava kalitesini iyileştirme, biyolojik çeşitliliği artırma ve sosyal yaşam kalitesini destekleme gibi birçok eşzamanlı fayda sunma potansiyeline sahiptirler. Bu faydalarla birlikte literatürde yeşil altyapının sel yönetimi kapsamında değerlendirilmesine karşı artan bir ilgi söz konusudur (Radu vd., 2025). Ancak bu çalışmaların Türkiye Karadeniz kıyı kentlerinin sel riskine karşı duyarlılık düzeyleri, tematik eğilimleri, coğrafi dağılımları ve zaman içindeki evrimi henüz bütüncül bir şekilde değerlendirilmemiştir.

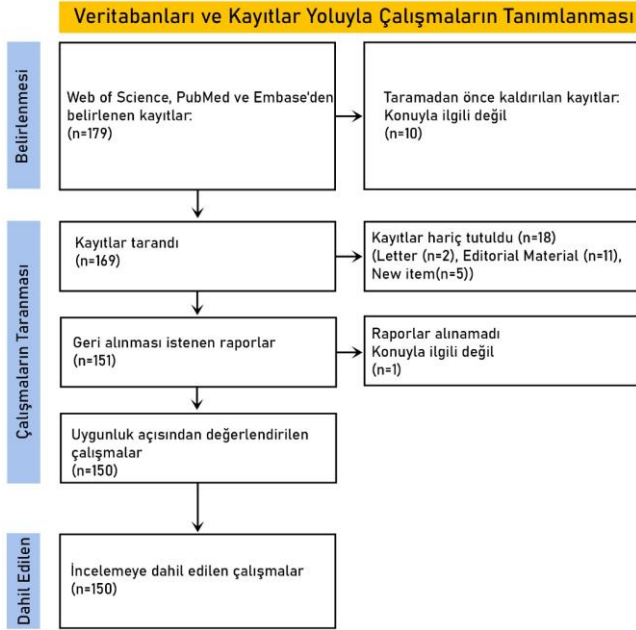
Doğu Karadeniz Bölgesi dik yamaçlı topoğrafyası, dar vadileri ve yüksek yıllık yağış rejimi nedeniyle özellikle nehir taşkınları ve ani sel olaylarına karşı doğal bir hassasiyet taşımaktadır (Kadioğlu vd., 2017). Bölgedeki akarsu sistemleri yoğunlukla kısa mesafelerde hızlı eğim değiştiren karaktere sahip olduğundan, yoğun yağış dönemlerinde yüzey akışı çok kısa sürede dere yataklarına yönelmekte ve bu durum taşkın riskini artırmaktadır. Ayrıca bölgenin kıyı kesimlerinde sık görülen ani sağanak yağışlar, dar havza yapısı ile birleştiğinde sel baskınlarını tetiklemektedir. İklim değişikliğinin etkisiyle birlikte artması öngörülen düzensiz ve şiddetli yağışlar, bu risklerin hem sıklığını hem de şiddetini artırma potansiyeline sahiptir. Özellikle kısa süreli fakat yoğun yağışların sayısının artması, bölgede ani sel olaylarının daha sık yaşanmasına zemin hazırlamaktadır. Aynı zamanda deniz seviyesinin yükselmesi ve kıyı taşkını riski de iç kesimlerden gelen akışlarla birleşerek afetin boyutunu genişletme potansiyeli vardır. Bu nedenle bölgenin mevcut hidrolojik ve topoğrafik özellikleri, iklim değişikliğinin baskısı altında sel ve taşkın tehlikesini yalnızca güncel bir sorun olmaktan çıkarıp, gelecekte daha karmaşık ve yıkıcı bir risk senaryosu haline getirmektedir.

Bu çalışma, iklim değişikliği bağlamında yeşil altyapının genel su riskinin azaltılmasındaki rolünü hem küresel eğilimler hem de Doğu Karadeniz kıyı bölgesi özelinde ortaya koymayı amaçlamaktadır. İlk aşamada, literatüre kazandırılmış bilimsel çalışmalar kapsamında yeşil altyapı ve genel su riski analizi yapılacak daha sonrasında ise bu genel durum içerisinde Karadeniz kıyı kentlerinin durumu irdelenecektir. Çalışma elde edilen bulgular doğrultusunda, kentsel planlamada yeşil altyapının nasıl daha etkin bir şekilde entegre edilebileceğine dair stratejik öneriler sunmayı hedeflemektedir.

MATERYAL VE METOT

Bu araştırma, belirlenen amaç ve hedeflere ulaşmak üzere iki aşamalı olarak tasarlanmıştır. İlk aşamada, Web of Science, PubMed ve Embase veri tabanlarında, “overall water risk” AND “green infrastructure” anahtar kelimeleri kullanılarak kapsamlı bir literatür taraması

gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çalışmalar, analize dâhil edilmeden önce Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) protokolü esas alınarak uygunluk açısından değerlendirilmiş ve seçim kriterlerine göre filtrelenmiştir (Şekil 1). PRISMA analizi sonucunda çalışma kapsamına 150 bilimsel yayın dahil edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma kapsamında değerlendirilen bilimsel çalışmaların PRISMA akış şeması.

Figure 1. PRISMA flow chart of scientific studies evaluated within the scope of the study.

Çalışmaya dahil edilen yayınlar üzerinde RStudio yazılım ortamında, bibliometrix paketi kullanılarak bibliyometrik analiz yapılmıştır. Analiz kapsamında, literatürde “genel su riski” (overall water risk) ile “yeşil altyapı” (green infrastructure) kavramları arasındaki ilişkiler incelenmiş, bu iki ana kavramın birlikte geçtiği temalar belirlenmiş ve hangi yeşil altyapı alt kavramlarının genel su riski ile daha yoğun ilişkilendirildiği ortaya konmuştur. Bu amaçla anahtar kelime eş oluşum analizi, tematik haritalama ve eğilim analizi gibi yöntemler uygulanmıştır.

İkinci aşamada, Water Risk Atlas kullanılarak Doğu Karadeniz Bölgesinin genel su risk durumu değerlendirilmiştir (Wri, 2025). Bu kapsamda bölgedeki iller için şu göstergeler analiz edilmiştir:

- Fiziksel Riskler - Miktar (Physical Risks - Quantity): Su Stresi (Water Stress), Su Tükenmesi (Water Depletion), Yıllar Arası Değişkenlik (Interannual Variability), Mevsimsel Değişkenlik (Seasonal Variability), Yeraltı Suyu Seviyesi Düşüşü (Groundwater Table Decline), Nehir Taşkını Riski (Riverine Flood Risk), Kıyı Taşkını Riski (Coastal Flood Risk), Kuraklık Riski (Drought Risk)

- Fiziksel Riskler ve Kalite (Physical Risks and Quality): Arıtılmamış Bağlı Atık Su (Untreated Connected Wastewater), Kıyusal Ötrofikasyon Potansiyeli (Coastal Eutrophication Potential)
- Düzenleyici ve İtibara Dayalı Riskler (Regulatory and Reputational Risk): İyileştirilmemiş/İçme Suyu Olmayan Alanlar (Unimproved/No Drinking Water), İyileştirilmemiş/Atık Su Hizmeti Olmayan Alanlar (Unimproved/No Sanitation), Ülke ESG Risk Endeksi (Peak RepRisk Country ESG Risk Index)

Elde edilen haritalar, bölgesel ölçekte mevcut risk seviyelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Elde edilen verilerle Bileşik Su Stres Profili (BSSP), sektör bazlı altı gösterge kullanılarak hesaplanmıştır. BSSP için toplam su stresi, tarımsal su stresi, madencilik su stresi, inşaat su stresi, petrol ve gaz su stresi, imalat sanayi su stresi kullanılmıştır. Her bir gösterge standardize edilmeden ham değerler üzerinden, üç farklı ağırlık senaryosu ile birleştirilmiştir. Bunun için;

1. Eşit ağırlık senaryosunda tüm göstergelere eşit katsayı atanmıştır (1:1:1:1:1:1).
2. Tarım ağırlıklı senaryosunda tarımsal su stresine 2 katsayı, diğer göstergelere 1 katsayı verilmiştir.
3. Sanayi ağırlıklı senaryosunda imalat ve inşaat göstergelerine 2 katsayı, diğerlerine 1 katsayı verilmiştir.

Her senaryo için BSSP puanı şu formül ile hesaplanmıştır:

$$BSSP_{senaryo} = \sum_{i=1}^6 w_i + X_i \quad (1)$$

Formül içindeki w_i ağırlık katsayısını, X_i ise ilgili gösterge değerini ifade etmektedir. Senaryo bazında elde edilen BSSP puanları azalan düzende sıralanmış ve her ilin risk sıralaması belirlenmiştir. Üç senaryodaki sıralamalar slopegraph ile görselleştirilmiştir. Bu görselleştirme sayesinde illerin senaryolar arası sıralama değişimleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Doğu Karadeniz illeri mavi, diğer iller gri renkte gösterilerek bölgesel farklılıklar vurgulanmıştır. Bu analizlerden elde edilen bulgular doğrultusunda Doğu Karadeniz Bölgesinin genel su riski profiline uygun yeşil altyapı önerileri geliştirilmiştir.

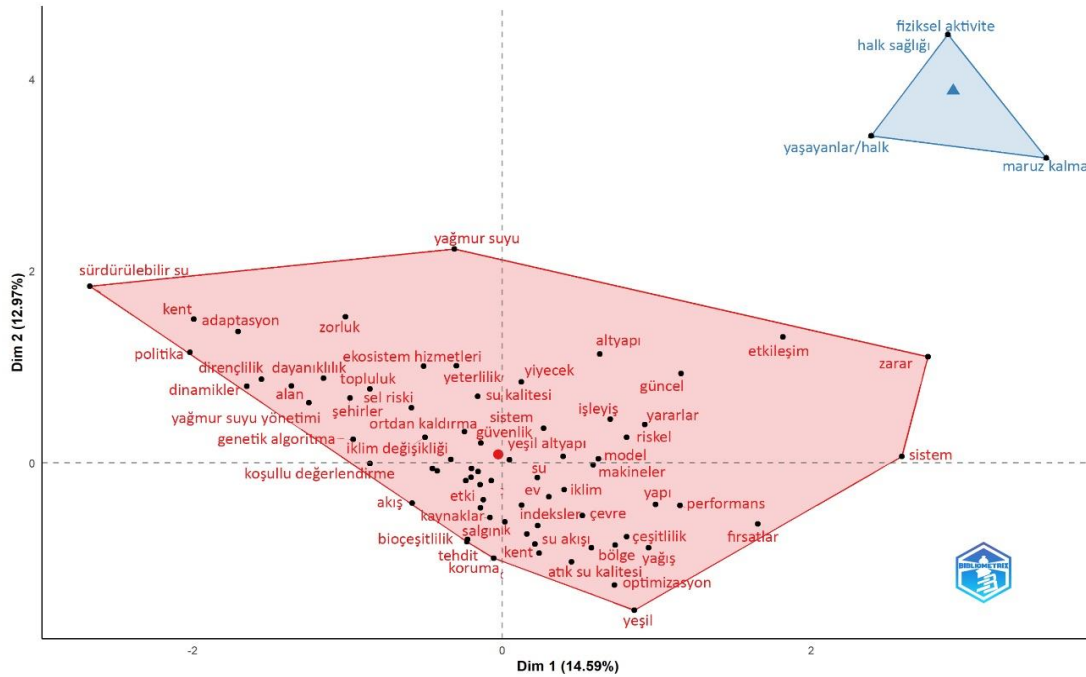
BULGULAR

Birinci Aşama: Bibliyometrik Analizine Ait

Bulgular: Çalışma kapsamında 150 adet bilimsel çalışma incelenmiştir. Yapılan bibliyometrik analizinde anahtar kelimelere yapılan faktör analizi sonucunda, “genel su riski (overall water risk)” ve “yeşil altyapı (green infrastructure)” konularında iki belirgin kavramsal kümenin ortaya çıktığını göstermektedir (Şekil 2). Kırmızı renkle temsil edilen ana küme, su yönetimi, yeşil altyapı ve kentsel iklim uyum

konularına odaklanmakta olup “yeşil altyapı”, “ekosistem hizmetleri”, “yağmur suyu yönetimi”, “iklim değişikliği” ve “dayanıklılık” gibi kavramlar etrafında yoğunlaşmaktadır. Bu küme, ağırlıklı olarak altyapı planlaması, çevresel uyum stratejileri, ekosistem hizmetleri ve su kalitesinin iyileştirilmesi gibi teknik ve çevresel yönetim temalarına işaret etmektedir. Buna karşılık, mavi renkle gösterilen daha küçük ama yoğun ikinci küme ise daha çok “halk sağlığı”, “fiziksel aktivite”, “sakinler” ve “maruz kalma” gibi kavramlarla tanımlanmaktadır. Bu küme ağırlıklı olarak

yeşil altyapının sağlık ve sosyal etkileri üzerine odaklandığı görülmektedir. Eksenler incelendiğinde, Dim 1 (14,59%) kentsel uyum ve ekosistem hizmetleri ile altyapı ve mühendislik çözümleri arasındaki ayrımı ortaya koyarken, Dim 2 (12,97%) sağlık ve sosyal etkiler ile teknik ve çevresel yönetim arasındaki farkı yansıtmaktadır. Bulgular, genel su riski literatürünün yeşil altyapı ile çoğunlukla teknik çözüm perspektifinde ilişkilendiğini, buna karşılık halk sağlığı boyutunun literatürde daha bağımsız ve sınırlı bir alan oluşturduğunu göstermektedir.



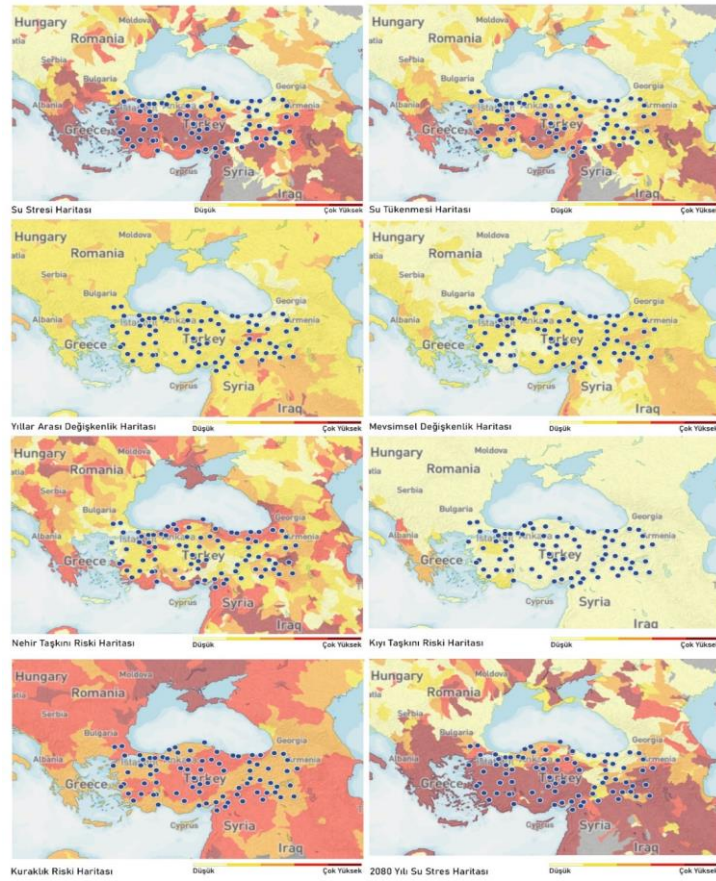
Şekil 2. Bibliyometrik analiz sonucunda anahtar kelimelere yapılan faktör analizi.

Figure 2. Factor analysis performed on keywords as a result of bibliometric analysis.

Bibliyometrik analiz bulguları, mevcut durumun değerlendirilmesi açısından, su yönetimi ve yeşil altyapı konularının küresel ölçekte giderek artan iklim kaynaklı tehditlerle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Kırmızı küme içinde yoğunlaşan “yağmur suyu yönetimi”, “iklim değişikliği”, “sel riski” ve “dayanıklılık” gibi kavramlar, özellikle artan yağış rejimi düzensizlikleri, ani sağanaklar ve kentleşmenin etkisiyle oluşan sel baskınları bağlamında kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Buda yeşil altyapı uygulamaları arasında bulunan yağmur bahçeleri, geçirgen yüzeyler, biyolojik hendekler gibi uygulamaları aşırı yağışların etkisini hafifletmek, yüzey akışını azaltmak ve yağmur suyunu yerinde tutarak kentsel sel riskini minimize etmek için ön plana çıkarmaktadır. Bununla birlikte “sürdürülebilir su” ve “ekosistem hizmetleri” gibi kavramların yer aldığı ilişkiler ağı, kuraklık dönemlerinde suyun verimli kullanımını ve yağmur suyunun depolanarak yeniden kullanımını destekleyen çözümlerin önemini göstermektedir.

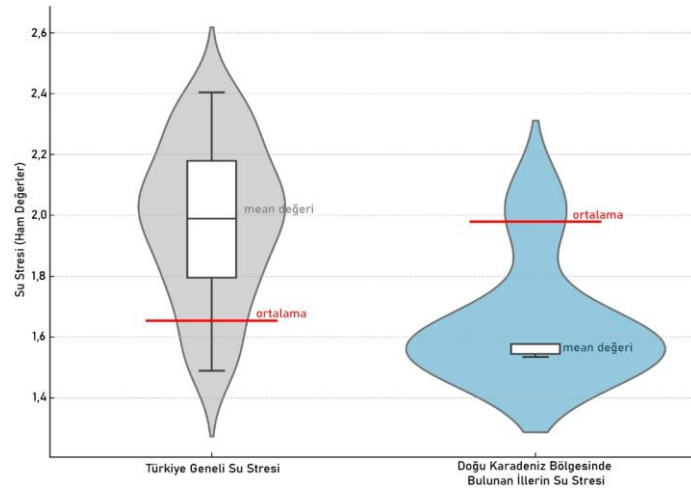
İkinci Aşama: Doğu Karadeniz Bölgesi Genel Su Riski Profiline Ait Bulgular: Türkiye geneli ile Doğu Karadeniz illerinin toplam su stresi değerleri karşılaştırıldığında, Doğu Karadeniz illerinin dağılımının Türkiye geneline kıyasla belirgin şekilde daha düşük ve dar bir aralıkta olduğu görülmektedir (Şekil 3).

Su stres değerleri karşılaştırıldığında, Türkiye genelindeki su stresi değerleri geniş bir varyans göstermekte olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte düşük ve yüksek stresli iller arasında belirgin farklar bulunmaktadır. Buna karşın Doğu Karadeniz illerinde değerler birbirine daha yakın olup, yüksek stres seviyelerine rastlanmamaktadır (Şekil 4). Ortalama değerler incelendiğinde, Doğu Karadeniz ortalamasının Türkiye ortalamasının belirgin biçimde altında olduğu, medyan değerlerin de benzer şekilde düşük seyrettiği tespit edilmiştir. Elde edilen veriler bölgenin yüksek yağış rejimi, bol yüzey suyu kaynakları ve düşük tarımsal sulama talebi gibi iklimsel ve yapısal faktörlerle uyumlu olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Türkiye ve Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan illerin genel su riski profiline ait bazı haritalar (Wri, 2025).

Figure 3. Some maps of the general water risk profile of the provinces in Türkiye and the Eastern Black Sea Region (Wri, 2025).



Şekil 4. Türkiye ve Doğu Karadeniz illerine ait su stres değerlerinin karşılaştırılması.

Figure 4. Comparison of water stress values of Türkiye and Eastern Black Sea provinces.

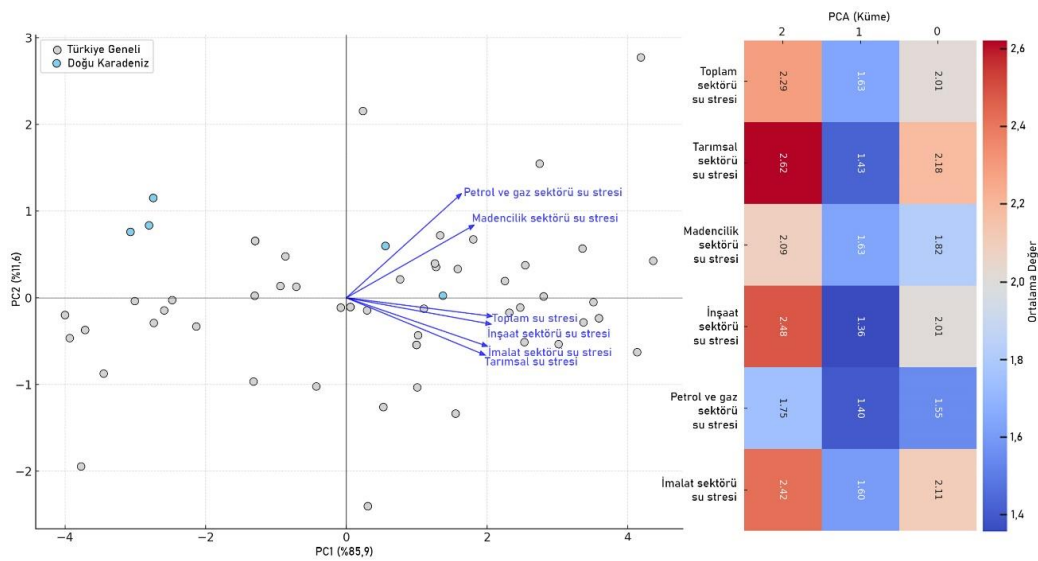
Sektör bazlı su stresi göstergelerine (toplam, tarımsal, madencilik, inşaat, petrol-gaz ve imalat) uygulanan Temel Bileşenler Analizi (PCA), verideki varyansın önemli bir bölümünün ilk iki bileşenle açıklandığını göstermiştir (Şekil 5). PCA biplot'ta Doğu Karadeniz illeri Türkiye geneline kıyasla daha dar bir alanda ve genellikle PC1'in negatif tarafında kümelendiği görülmüştür. Bu kümelendirme bölgenin düşük toplam su stresi ve düşük tarımsal su stresi ile karakterize olduğunu, ayrıca madencilik, petrol ve gaz gibi su talebi yüksek

sektörlerden uzak bir profil sergilediğini ortaya koymaktadır. Kırmızı vektörlerle gösterilen değişken yükleri incelendiğinde, toplam su stresi ile tarımsal su stresinin aynı doğrultuda yer aldığı ve yüksek korelasyon gösterdiği görülmektedir. Bu iki gösterge, PC1 bileşeninin en baskın belirleyicileridir. Madencilik ve petrol ve gaz su stresi daha çok PC2 eksenine yük verirken, inşaat ve imalat sektörleri PC1 eksenine ile daha fazla ilişkilidir. Genel olarak PCA sonuçları, Doğu Karadeniz illerinin benzer sektör bazlı su stresi profillerine sahip homojen bir grup

oluşturduğunu, Türkiye genelindeki illerin ise sektör yapılarına bağlı olarak çok daha geniş bir varyans sergilediğini göstermektedir. Elde edilen bulguların bölgenin iklimsel koşullarının yanı sıra ekonomik faaliyetlerinin su talebi açısından daha dengeli ve düşük riskli olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

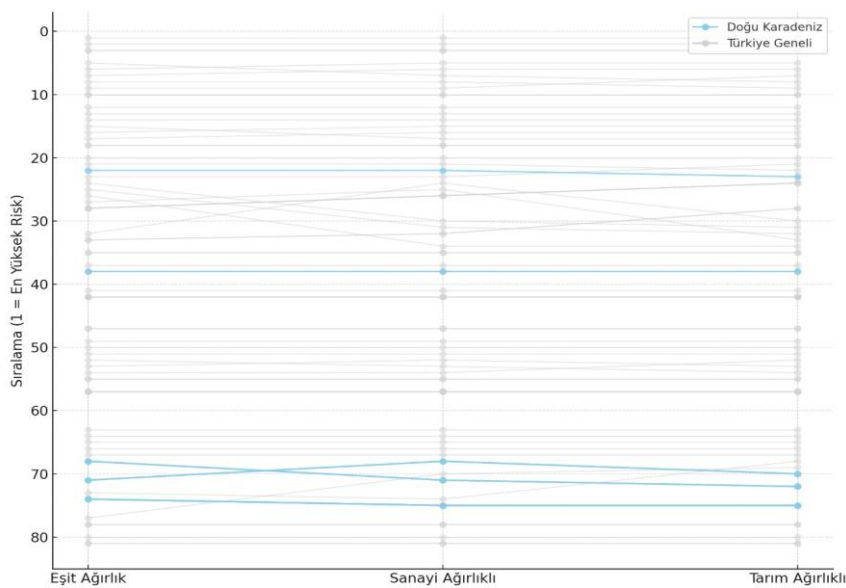
Farklı ağırlık senaryolarına göre hesaplanan Bileşik Su Stres Profili (BSSP) sıralamaları, illerin su stresi risk düzeylerinin senaryo değişimlerine karşı duyarlılığını ortaya koymaktadır. Türkiye için en etkin olan senaryolar eşit ağırlık, tarım ağırlıklı ve sanayi ağırlıklı olmak üzere üç farklı senaryo altında incelenmiştir (Şekil 6). Elde edilen bulgular Doğu Karadeniz illerinin sıralamalarının senaryolar arasında büyük ölçüde sabit kaldığını

göstermektedir. Buda bölgenin su stresi profilinin belirli bir sektöre aşırı bağımlı olmadığını ve genel risk düzeyinin çeşitli ağırlıklandırma koşullarında da düşük kaldığını göstermektedir. Türkiye genelindeki iller için ise senaryolar arası sıralama değişimlerinin daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Özellikle tarımsal su talebinin yüksek olduğu iç ve güney iller, tarım ağırlıklı senaryoda daha üst sıralara çıkarken, sanayi yoğun iller sanayi ağırlıklı senaryoda yükseliş göstermiştir. Bu da söz konusu illerde su stresi riskinin belirli sektörlerdeki su talebine duyarlı olduğunu ve ağırlıklandırma yaklaşımının risk değerlendirmesini önemli ölçüde etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.



Şekil 5. Türkiye ve Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan illerin sektör bazlı su stresi profillerinin karşılaştırılması ve sektör bazlı su stresi K-means kümeleme sonuçları.

Figure 5. Comparison of sector-based water stress profiles of provinces in Türkiye and the Eastern Black Sea Region and sector-based water stress K-means clustering results.



Şekil 6. Türkiye ve Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan illerin Bileşik Su Stres Profiline ait üç farklı senaryoya göre sıralama kararlılığı.

Figure 6. Ranking stability of the provinces in Türkiye and the Eastern Black Sea Region according to three different scenarios of the Composite Water Stress Profile.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma genel su riski ve yeşil altyapı kavramlarının literatürde büyük ölçüde teknik çözümler ve çevresel yönetim bağlamında ele alındığını, buna karşın halk sağlığı boyutunun sınırlı bir yer tuttuğunu ortaya koymuştur (Seelam vd., 2025; Zhou vd., 2025). Çalışma kapsamında yapılan bibliometrik analiz sonuçları, yeşil altyapının küresel ölçekte iklim değişikliği, sel riski yönetimi, yağmur suyu yönetimi ve ekosistem hizmetleri ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir (Benoit vd., 2025; Zhou vd., 2025). Özellikle yağmur suyu yönetimi, iklim değişikliği, sel riski ve dayanıklılık kavramları, artan yağış rejimi düzensizlikleri ve ani sağanaklar karşısında dirençliliği artırmaya yönelik doğa temelli çözümlerle doğrudan bağlantılıdır (Onur, 2024). Bu bağlantıyla birlikte yağmur bahçeleri, geçirgen yüzeyler ve biyolojik hendekler gibi uygulamalar, aşırı yağışların yüzey akışına dönüşmesini engelleyerek sel riskini azaltmada adaptasyon planlamaları kapsamında kent stratejileri arasında yer almaktadır (Ishimatsu vd., 2017). Bununla birlikte mevcutta var olan planlamaların veya adaptasyon stratejilerinin kent ölçeğinde sürdürülebilir olması için mevcut durumun ve gelecek durumun ortaya konması gerekmektedir. Mevcut literatürde genel risk planlarına ait var olan çalışmaların mevcut bir alana entegre edilebilmesi için öncelikle mevcut durum analizinin yapılması gerekmektedir (Gray vd., 2020; Gulpinar Sekban & Acar, 2021). Bu çalışmada Doğu Karadeniz kıyı bölgesi için yeşil altyapı önerilerinde bulunmadan önce mevcut durum analizi yapılmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'ne yönelik yapılan mevcut durum analizleri sonucunda, bölgenin Türkiye geneline kıyasla düşük su stresi profiline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bölgedeki iller, yüksek yağış rejimi, zengin yüzey suyu kaynakları ve düşük tarımsal sulama talebi gibi doğal avantajlar sayesinde hem ortalama hem de medyan su stresi değerlerinde Türkiye ortalamasının altında yer almaktadır. Sektör bazlı analizler de bölgenin su talebi yüksek sektörlerle aşırı bağımlı olmadığını ve farklı ağırlık senaryolarında da düşük risk seviyesini koruduğunu göstermektedir. Bu durum, Doğu Karadeniz'in mevcut su kaynakları açısından kısmen sürdürülebilir bir yapıya sahip olduğunu işaret etmektedir. Ancak bu avantajlı durum, iklim değişikliğinin etkileri göz önünde bulundurulduğunda potansiyel riskleri ortadan kaldırmamaktadır. Bölgenin topoğrafyası ve hidrolojik yapısı, nehir taşkınları ve ani sel baskınlarına karşı doğal bir hassasiyet oluşturmaktadır (Yan vd., 2015). Plansız kentleşme, dere yataklarının yerleşime açılması, geçirimsiz yüzeylerin artması ve doğal su yollarının tahribi bu hassasiyeti artırmaktadır. Bu nedenle, yeşil altyapı planlamalarının yalnızca kent merkezleri ile sınırlı kalmaması, dere koridorları, taşkın ovaları ve kıyı şeritleri

gibi kritik alanlarda da uygulanması gerekmektedir. Dere kenarlarında tampon bölgelerin oluşturulması, doğal taşkın alanlarının korunması, sel suyu depolama alanlarının planlanması ve taşkın parkları gibi uygulamalar, iklim değişikliğinin yağış rejimi üzerindeki olumsuz etkilerine karşı etkili çözümler sunacaktır (Osborne & Kovacic, 1993).

Bölge özelinde önerilebilecek diğer stratejiler arasında, kentsel alanlarda geçirgen yüzey oranının artırılması, yağmur suyu toplama ve depolama sistemlerinin yaygınlaştırılması, yerel ölçekte suyun yeniden kullanımını teşvik eden altyapı yatırımları yer almaktadır. Kırsal ve yarı kentsel alanlarda dere kenarı bitkilendirmeleri, arazi kullanım planlarında su geçirgenliği yüksek yüzeylerin korunması ve ekosistem temelli sel kontrol projeleri öncelikli hedefler olmalıdır (Gulpinar Sekban & Düzgüneş, 2021; Onur & Gulpinar Sekban, 2022). Bölgedeki yüksek biyolojik çeşitlilik potansiyelinden yararlanılarak, hem taşkın riskini azaltan hem de ekosistem hizmetlerini güçlendiren yeşil altyapı projeleri geliştirilebilir. Ayrıca, çalışmada ortaya konan bibliometrik bulgular, yeşil altyapı çalışmalarında halk sağlığı ve sosyal fayda boyutunun literatürde kısmen az işlendiğini göstermektedir. Oysa Doğu Karadeniz gibi su stresi düşük bölgelerde bile sel ve taşkın olayları, halk sağlığı üzerinde önemli etkiler yaratabilmektedir. Bu nedenle, bölgedeki yeşil altyapı planlamaları, mühendislik ve çevresel boyutların yanı sıra halk sağlığı ve sosyal dayanıklılık boyutlarını da içerecek şekilde tasarlanmalıdır.

Bu çalışmanın bulguları doğrultusunda Doğu Karadeniz kıyı kentlerinde sel ve taşkın riskini azaltmaya yönelik uygulanabilir proje önerileri geliştirilmesi gereklidir. Bu öneriler öncelikle dere koridorları ve taşkın ovalarında tampon bölgelerin oluşturulması ve doğal taşkın alanlarının korunması üzerine yoğunlaşmalıdır. Bu öneriler doğrultusunda gerçekleştirilen uygulamalar bölgenin hidrolojik hassasiyetine karşı etkili stratejileri oluşturacaktır. Çalışma alanlarında planlanabilecek taşkın parkları ve sel suyu depolama bölgeleri, aşırı yağış dönemlerinde suyun kontrollü bir şekilde tutulmasına imkan tanıyarak hem altyapı yükünü hafifletecek hem de yaşanabilecek afet sonrası sosyal kullanımlara katkı sağlayacaktır. Kent merkezlerinde geçirgen yüzeylerin artırılması ve yağmur bahçelerinin yaygınlaştırılması, yüzey akışını azaltarak suyun toprağa sızmasını teşvik edecek, aynı zamanda yağmur suyu toplama ve yeniden kullanım sistemleri sayesinde su tasarrufu sağlanarak altyapıya binen yük hafifleyecektir. Kırsal ve yarı kentsel alanlarda dere kenarı bitkilendirme kararları ile kıyı şeridinde ekosistem temelli sel kontrol projelerinin hayata geçirilmesi, hem biyolojik çeşitliliği destekleyecek hem de doğal yöntemlerle taşkın riskinin yönetilmesine katkıda

bulunacaktır. Tüm bu stratejiler, iklim değişikliğinin giderek artan etkileri karşısında bölgenin uyum kapasitesini güçlendiren, uygulanabilir ve sürdürülebilir çözüm önerileri olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, genel su riski ve yeşil altyapı konularının küresel literatürdeki konumunu ortaya koyarken, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin su stresi bakımından Türkiye geneline göre daha avantajlı bir profile sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ancak iklim değişikliği ile birlikte nehir taşkınları ve ani sel risklerinin artabileceği dikkate alınmalıdır. Bu risklere karşı, yeşil altyapı uygulamalarının dere yatakları, taşkın alanları ve kent hidrolojisi boyunca stratejik biçimde yaygınlaştırılması gerekmektedir. Yağmur suyu yönetimi, doğal taşkın alanlarının korunması, geçirgen yüzeylerin artırılması ve ekosistem temelli sel kontrol projeleri, bölgenin iklim değişikliğine uyum kapasitesini güçlendirecek ve mevcut düşük su stresi seviyesinin korunmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Benoit, T., Martel, J.-L., Bilodeau, É., Brissette, F., Charron, A., Brulé, D., . . . Deslauriers, S. (2025).** Limits of Blue and Green Infrastructures to Adapt Actual Urban Drainage Systems to the Impact of Climate Change. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *151*(2), 04025003. DOI: [10.1061/JIDEDH.IRENG-10330](https://doi.org/10.1061/JIDEDH.IRENG-10330)
- Borah, G. (2025).** Urban Water Stress: Climate Change Implications for Water Supply in Cities. *Water Conservation Science and Engineering*, *10*(1), 20. DOI: [10.1007/s41101-025-00344-5](https://doi.org/10.1007/s41101-025-00344-5)
- Fuady, M., Buraida, Kevin, M.A., Farrel, M.R., & Triaputri, A. (2025).** Enhancing Urban Resilience: Opportunities and Challenges in Adapting to Natural Disasters in Indonesian Cities. *Sustainability*, *17*(4). DOI: [10.3390/su17041632](https://doi.org/10.3390/su17041632)
- Gray, S., O'Mahony, C., Hills, J., O'Dwyer, B., Devoy, R., & Gault, J. (2020).** Strengthening coastal adaptation planning through scenario analysis: A beneficial but incomplete solution. *Marine Policy*, *111*, 102391. DOI: [10.1016/j.marpol.2016.04.031](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.031)
- Gulpinar Sekban, D.U., & Acar, C. (2021).** Determining usages in post-mining sites according to landscape design approaches. *Land Degradation & Development*, *32*(8), 2661-2676. DOI: [10.1002/ldr.3933](https://doi.org/10.1002/ldr.3933)
- Gulpinar Sekban, D.U., & Acar, C. (2024a).** Evaluation of the variables affecting usage preferences in reclaimed areas through design focus and intensity. *European Planning Studies*, *32*(1), 121-147. DOI: [10.1080/09654313.2023.2177099](https://doi.org/10.1080/09654313.2023.2177099)
- Gulpinar Sekban, D.U., & Acar, C. (2024b).** Combining Climate Change Adaptation Strategies with Spatial Analysis and Transforming Urban Open Spaces into Landscape Design Solutions: Case of Trabzon City, Türkiye. *Journal of Urban Planning and Development*, *150*(3), 05024020. DOI: [10.1061/JUPDDM.UPENG-4809](https://doi.org/10.1061/JUPDDM.UPENG-4809)
- Gulpinar Sekban, D.U., & Akyol, D. (2023).** Contributions of Green Infrastructure-Oriented Planning and Designing in Residential Gardens to the City's Ecosystem: Case of Trabzon City, Turkey. *Journal of Urban Planning and Development*, *149*(1), 05022043. DOI: [10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000898](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000898)
- Gulpinar Sekban, D.U., & Düzgüneş, E. (2021).** Planting Design Approach in Sustainable Urban Planning. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, *8*(2), 63-71. DOI: [10.11113/ijbes.v8.n2.674](https://doi.org/10.11113/ijbes.v8.n2.674)
- IPCC. (2023).** Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change In H. L. a. J. R. e. Core Writing Team (Ed.), *IPCC* (pp. 35-115). Switzerland.
- Ishimatsu, K., Ito, K., Mitani, Y., Tanaka, Y., Sugahara, T., & Naka, Y. (2017).** Use of rain gardens for stormwater management in urban design and planning. *Landscape and Ecological Engineering*, *13*(1), 205-212. DOI: [10.1007/s11355-016-0309-3](https://doi.org/10.1007/s11355-016-0309-3)
- Kadioğlu, Y., Bağcı, H.R., & Yılmaz, C. (2017).** Doğu Karadeniz Kıyı Kuşağındaki Doğal Afetlere Bir Örnek: 21 Eylül 2016 Tarihli Beşikdüzü Seli ve Heyelanları. *Marmara Coğrafya Dergisi*, *36*, 232-242.
- Khan, M.O., D. Keesstra, S., Slowik-Opoka, E., Klamers-Iwan, A., & Liaqat, W. (2025).** Determining the Role of Urban Greenery in Soil Hydrology: A Bibliometric Analysis of Nature-Based Solutions in Urban Ecosystem. *Water*, *17*(3). DOI: [10.3390/w17030322](https://doi.org/10.3390/w17030322)
- Kreibich, H., & Thieken, A. H. (2009).** Coping with floods in the city of Dresden, Germany. *Natural Hazards*, *51*(3), 423-436. DOI: [10.1007/s11069-007-9200-8](https://doi.org/10.1007/s11069-007-9200-8)
- Larsen, T.A., & Gujer, W. (1997).** The concept of sustainable Urban Water Management. *Water Science and Technology*, *35*(9), 3-10. DOI: [10.1016/S0273-1223\(97\)00179-0](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00179-0)
- Lin, Z.-H., Laffan, S.W., & Metternicht, G. (2025).** Role of green infrastructure planning in achieving sustainable development goals through an environmental efficiency lens: An integrated literature review. *Ecological Indicators*, *174*, 113471. DOI: [10.1016/j.ecolind.2025.113471](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113471)
- Onur, M. (2024).** The Employment of Rain Gardens in Urban Water Management to Improve Biodiversity and Ecosystem Resilience. In A. Stefanakis, H.V. Oral, C. Calheiros, & P. Carvalho (Eds.), *Nature-based Solutions for Circular Management of Urban Water* (pp. 73-91). Cham: Springer International Publishing.
- Onur, M., & Gulpinar Sekban, D.U. (2022).** Sandy Beaches Changing in Line with Urbanization

- Visual Quality Values. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 9(2), 35-45. DOI: [10.11113/ijbes.v9.n2.932](https://doi.org/10.11113/ijbes.v9.n2.932)
- Osborne, L.L., & Kovacic, D.A. (1993). Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *Freshwater Biology*, 29(2), 243-258. DOI: [10.1111/j.1365-2427.1993.tb00761.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1993.tb00761.x)
- Radu, G., Chevereșan, M.I., Perju, S., & Bărbulescu, A. (2025). Integrating Nature-Based Solutions for Increased Resilience to Urban Flooding in the Climate Change Context. *Hydrology*, 12(1). DOI: [10.3390/hydrology12010016](https://doi.org/10.3390/hydrology12010016)
- Rimal, B., Zhang, L., Keshtkar, H., Sun, X., & Rijal, S. (2018). Quantifying the Spatiotemporal Pattern of Urban Expansion and Hazard and Risk Area Identification in the Kaski District of Nepal. *Land*, 7(1). DOI: [10.3390/land7010037](https://doi.org/10.3390/land7010037)
- Seelam, D.R., Kidiyur, M.D., Whig, P., Gupta, S.K., & Balantrapu, S.S. (2025). Integrating Artificial Intelligence in Blue-Green Infrastructure: Enhancing Sustainability and Resilience. In S. K. Gupta, N. Maurya, F. A. Malik, & L. Razzak Janjua (Eds.), *Integrating Blue-Green Infrastructure Into Urban Development* (pp. 347-372). Hershey, PA, USA: IGI Global Scientific Publishing.
- Wri. (2025). Water Risk Atlas. Retrieved 10.05.2025, 2025, from <https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/>
- Wu, H., Zhang, M., He, Y., Chen, P., Pasquier, U., Hu, H., & Wen, J. (2025). Scenario-based flood adaption of a fast-developing delta city: Modeling the extreme compound flood adaptations for shanghai. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 117, 105207. DOI: [10.1016/j.ijdrr.2025.105207](https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105207)
- Yan, K., Di Baldassarre, G., Solomatine, D.P., & Schumann, G. J.P. (2015). A review of low-cost space-borne data for flood modelling: topography, flood extent and water level. *Hydrological Processes*, 29(15), 3368-3387. DOI: [10.1002/hyp.10449](https://doi.org/10.1002/hyp.10449)
- Yang, K., Hou, H., Li, Y., Chen, Y., Wang, L., Wang, P., & Hu, T. (2022). Future urban waterlogging simulation based on LULC forecast model: A case study in Haining City, China. *Sustainable Cities and Society*, 87, 104167. DOI: [10.1016/j.scs.2022.104167](https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104167)
- Zhou, M., He, Y., & Qiu, Z. (2025). Construction of a Multi-level Blue-Green Infrastructure Network in a Riverside City: A Case Study of Shaoxing. *Ecosystem Health and Sustainability*, 11, 0287. DOI: [10.34133/ehs.0287](https://doi.org/10.34133/ehs.0287)
- Zhou, S., Diao, H., Wang, J., Jia, W., Xu, H., Xu, X., . . . , & Wu, Z. (2025). Multi-stage optimization framework for synergetic grey-green infrastructure in response to long-term climate variability based on shared socio-economic pathways. *Water Research*, 274, 123091. DOI: [10.1016/j.watres.2025.123091](https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123091)