

RESILIENCE
e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Resilience

<https://dergipark.org.tr/pub/resilience>

Deniz Seviyesi Yükselmesi ve Aşırı Yağış Tehditlerine Karşı Mekânsal Kırılabilirlik Değerlendirmesi: Küçük Menderes Alt Havzaları*

Spatial Vulnerability Assessment to Sea Level Rise and Excessive Precipitation Hazards: Sub-catchments in the Küçük Menderes River Basin

Gökçe DEMİRCAN¹ , Mediha Burcu SILAYDIN² 

ORCID 0000-0003-4828-6143

ORCID 0000-0001-9843-3370

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı Doktora Programı²Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İzmir, Türkiye

Öne Çıkanlar / Highlights

- İklim değişikliğine bağlı gelişen deniz seviyesi yükselmesi ve aşırı yağış tehlikeleri
- Küçük Menderes havzasındaki alt havzalar
- Mekansal kırılabilirlik analizi
- Sea level rise and excessive precipitation hazards due to climate change
- Sub-catchments in the Küçük Menderes River Basin
- Spatial vulnerability analysis



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:
08/04/2024Kabul / Accepted:
12/09/2024

Anahtar Kelimeler

İklim değişikliği, deniz seviyesi yükselmesi, aşırı yağış, kırılabilirlik, alt havza

Keywords

Climate change, sea level rise, excessive precipitation, vulnerability, sub-catchment

Özet

Havzaların iklim değişikliğine karşı kırılabilirlik düzeyleri coğrafi konumu, hidrolojik yapısı, fiziksel yapısı, toprak yapısı, jeolojik yapısı, iklim koşulları, kentleşme düzeyi, arazi kullanımı gibi pek çok faktöre dayalı olarak farklılık göstermektedir. Havza temelli kırılabilirlik değerlendirmeleri iklim değişikliğine uyum politikalarında su ile ilgili konuların da gözetilebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu noktada alt havzalar ise aynı zamanda yerele özgü stratejilerin belirlenmesinde uygun bir ölçek oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Küçük Menderes Nehir Havzası'nda yer alan, kentleşmiş havza niteliği gösteren ve aralarında farklı özellikleriyle öne çıkan İzmir-Körfez, Çeşme-Karaburun ve Tahtalı-Seferihisar alt havzalarının deniz seviyesi yükselmesi ve aşırı yağış tehlikelerine karşı mekânsal kırılabilirlik düzeylerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, alt havzalardaki mikro havza sınırları eşik alınarak, maruz kalma, hassasiyet ve dirençlilik olmak üzere üç tipte belirlenen göstergelerden faydalanılarak mekânsal kırılabilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, alt havzaların değişen kırılabilirlik düzeylerine sahip olduğunu ve görece daha kentleşmiş nitelikteki İzmir-Körfez alt havzasının diğerlerine kıyasla daha kırılabilir bir yapı sergilediğini ortaya koymuştur. Orman ve yarı doğal alanlarıyla öne çıkan Çeşme-Karaburun alt havzasının daha düşük kırılabilirlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Abstract

The vulnerability levels of river basins to climate change vary depending on many factors such as geographical location, hydrological structure, physical structure, soil structure, geological

structure, climatic conditions, urbanization level and land use. Vulnerability assessments at the basin level are crucial for addressing water-related issues in climate change adaptation policies. At this point, sub-catchments are also an appropriate scale for determining local-specific strategies. The objective of this study is to assess the level of spatial vulnerability to sea level rise and excessive precipitation hazards in the İzmir-Körfez, Çeşme-Karaburun, and Tahtalı-Seferihisar sub-catchments located in the Küçük Menderes River Basin, which have urbanized basin characteristics and distinct features. In this regard, spatial vulnerability analysis was conducted by using micro-basin borders in the sub-catchments as thresholds and using three types of indicators: exposure, sensitivity, and resilience. The findings revealed that the sub-catchments have different levels of vulnerability and that the İzmir-Körfez sub-catchment, which is relatively more urbanized, has a more vulnerable structure compared to the others. The study found that the Çeşme-Karaburun sub-catchment, which is characterized by its forest and semi-natural areas, has a lower level of vulnerability.

1. GİRİŞ / INTRODUCTION

Kentleşme, sanayileşme, yoğun tarım uygulamalarının neden olduğu kirlenme, aşırı kullanım gibi baskılarla risk altında bulunan su kaynakları, iklim değişikliğinin etkileriyle giderek daha fazla tehdit altında kalmaktadır. İklim değişikliği küresel ve bölgesel su döngülerini etkilemekte, su kaynakları üzerinde önemli riskler yaratmaktadır. Havzalar kuraklık, su kıtlığı, yağış desenindeki belirsizlikler, su miktarı ve kalitesinde düşüşler, sel, kirlilik gibi birçok sorunla karşı karşıya kalmakta ve bu sorunlar yöre halklarını ve geçim kaynaklarını olumsuz etkilemektedir (Jung ve Choi, 2012; Chan, 2013; Bhav ve diğ., 2013; Kim ve Chung, 2014; Roy ve Inamdard, 2014; Scholze ve diğ., 2020; Orozco ve diğ., 2020; Macharia ve diğ., 2020; Aytekin ve Serengil, 2022; Hounkpè ve diğ., 2022). Türkiye’de 25 nehir havzası bulunmaktadır ve bu havzalardaki toplam ortalama yıllık akış miktarı 186 milyar m³’tür (TCOSB, 2014). Türkiye’deki havza yörelerinde insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle önemli sorunlar yaşanmaktadır. Tarımda aşırı kimyasal gübre ve ilaç kullanımından kaynaklanan toprak ve su kirliliği, mera alanlarında aşırı ve düzensiz otlatmalar, orman alanlarının bozulması nedeniyle birçok alanda ekosistemlerin parçalanması bu sorunlardan bazılarıdır (TCOSB, 2014). Kentleşmiş nehir havzalarında çevre kirliliği, plansız sanayileşme, su kaynaklarının aşırı kullanımı, yeraltı su rezervlerindeki düşüşler ve kirlilik verimli toprak, su, orman ve mera gibi doğal kaynaklar ve varlıkları etkilemektedir (TCOSB, 2014).

İklim değişikliği, su kaynaklarının temelini oluşturan ve çeşitli ekosistemleri barındıran nehir havzaları üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Birçoğu kentleşmiş olan nehir havzaları iklim değişikliği ile birlikte daha fazla risk altında kalmaktadır. Türkiye, Akdeniz havzasında yer almaktadır. Yarı-kurak bölgelerden biri olan Akdeniz havzasında iklim değişikliği nedeniyle sıcaklıkların artacağı, yağışta azalma olacağı, kuraklıktan etkilenen bölgelerin artacağı ve su kaynaklarında azalma gözlemleneceği belirtilmektedir (IPCC, 2007). Türkiye’de gelecek yıllarda yıllık ortalama sıcaklığın 2,5°- 4°C artacağı, Ege ve Doğu Anadolu Bölgeleri’nde 4°C’yi, iç bölgelerde ise bu sıcaklık artışının 5°C’yi bulacağı ifade edilmektedir (TCCŞB, 2012). Yağış rejimleri mevsimlere ve bölgelere göre farklılık göstermektedir. Yağışların azalması havzalarda yüzey sularının potansiyelinde sıkıntılar yaşanmasına neden olmaktadır. Türkiye’de bazı havzalardaki yüzey sularının 2030 yılına kadar neredeyse %20 düşeceği ve bu oranın 2050 ve 2100 yıllarına gelindiğinde sırasıyla %35 ve %50’ye yükselmesi beklenmekte ve arazi kullanımı ve havzalardaki arazi örtüsünün de iklim değişikliğinden önemli oranda etkileneceği öngörülmektedir (TCCÖB, 2007). Dolayısıyla, suyun hayati ve toplumsal önemi, doğal kaynakların korunması ve sürekliliğinin sağlanması açısından havzaların iklim değişikliği tehlikelerine karşı kırılabilirliğinin araştırılması önem kazanmaktadır.

İklim değişikliğine karşı kırılabilirliğin incelenmesi, yerel olarak ilgili uyum stratejilerinin oluşturulması için bir ön aşamadır (Bhav ve diğ., 2013; Scholze ve diğ., 2020). Nehir havzası ölçeğinde iklim değişikliği etkilerine karşı kırılabilirliği konu alan çeşitli çalışmalar mevcuttur. İklim değişikliğinin su kaynakları, miktarı ve kalitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi (Jung ve Choi, 2012; Kim ve Chung, 2014; Yang ve diğ., 2015; Macharia ve diğ., 2020; Aytekin ve Serengil, 2022); kentleşmiş nehir havzalarında kuraklık (Roy ve Inamdard, 2014; Orozco ve diğ., 2020), taşkın/sel (Gama ve diğ., 2011; Kefi ve diğ., 2018; Tang ve diğ., 2021; Islam ve Ghosh, 2022; Hounkpè ve diğ., 2022) iklim riski değerlendirmeleri; arazi kullanımındaki değişikliklerin su kaynaklarına etkisi (Zope ve diğ., 2017; Kefi

ve diğ., 2018; Orozco ve diğ., 2020); kırılabilirliği etkileyen yerel özellikler, iklim değişikliği etkileri ve ilgili uyum seçeneklerine ilişkin paydaşların algılarının değerlendirilmesi (Bhave ve diğ., 2013); çeşitli iklim değişikliği senaryoları altında su kaynaklarının kırılabilirliğinin değerlendirilmesi (Chen ve diğ., 2020; Nguyen ve diğ., 2021; Zhang ve diğ., 2023); nehir havzası, alt havza ve kentsel alanlar olmak üzere üç farklı ölçekte uygulanabilen gösterge temelli sel kırılabilirlik indeksinin geliştirilmesi (Balica ve diğ., 2009) bu çalışmalardan bazılarıdır. Bunun yanı sıra ulusal veya küresel ölçekte çalışmalar yapılmasına rağmen, orta ölçekli kırılabilirlik dokusunu belirlemek için bölgeselleştirilmiş çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Scholze ve diğ., 2020). Ayrıca hidrolojinin doğal sınırlarını takip etmek ve yerel düzeyde karar almayı etkin bir şekilde destekleyebilmek için alt havza ölçeğinde bir yaklaşımın benimsenmesi de önemlidir (Bhave ve diğ., 2013).

Türkiye'deki nehir havzalarının kırılabilirliğine yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Chan (2013) çalışmasında, orman topluluklarının mülkiyet hakları yapısının toplulukların uyum stratejilerini nasıl etkilediğine ve iklim değişikliğine karşı kırılabilirliklerini nasıl şekillendirdiğine odaklanarak Seyhan Nehri Havzası'ndaki orman topluluklarını ele almıştır. Bu çalışmada, yaşayanların iklim değişikliği algıları, geçim kaynakları ve mülkiyet yapısı odağında tartışmalar yapılmış; iklim değişikliği ve diğer stres faktörlerinin örtüşebileceği ve kırılabilirliği arttırabileceği vurgulanmıştır.

Aytekin ve Serengil (2022), Balıkesir-Susurluk alt havzasında bir kırılabilirlik analizi uygulayarak analiz sonuçlarını arazi kullanımı ve dirençlilik kapasitesi ile birlikte değerlendirmektedir. Çalışmada, kırılabilirlik analizi için havzanın fizyografik özellikleri hassasiyet göstergesi olarak, iklim verileri maruz kalma göstergesi olarak, sosyo-ekonomik durum ise uyarlanabilir kapasite göstergeleri olarak kullanılmıştır. Sonuçta, su kalitesi değerleri ile kırılabilirlik değerleri arasında yüksek bir korelasyon bulunmuş ve kentsel alt havzaların kırsal alt havzalara göre daha kırılabilir olduğu belirtilmiştir. Ertürk ve diğ. (2015) çalışmasında, iklim değişikliğinin Köyceğiz-Dalyan Havzası'ndaki su bütçesi bileşenleri üzerine etkisini ve havzadaki yeraltı su kaynaklarının kirliliğe karşı kırılabilirliğini tespit etmektedir. Çalışmada, su tablasına olan derinlik, net besleme, akifer ortamı, toprak tipi, topografya, vadoz bölgesinin etkisi, hidrolik iletkenlik gibi faktörler ele alınmıştır.

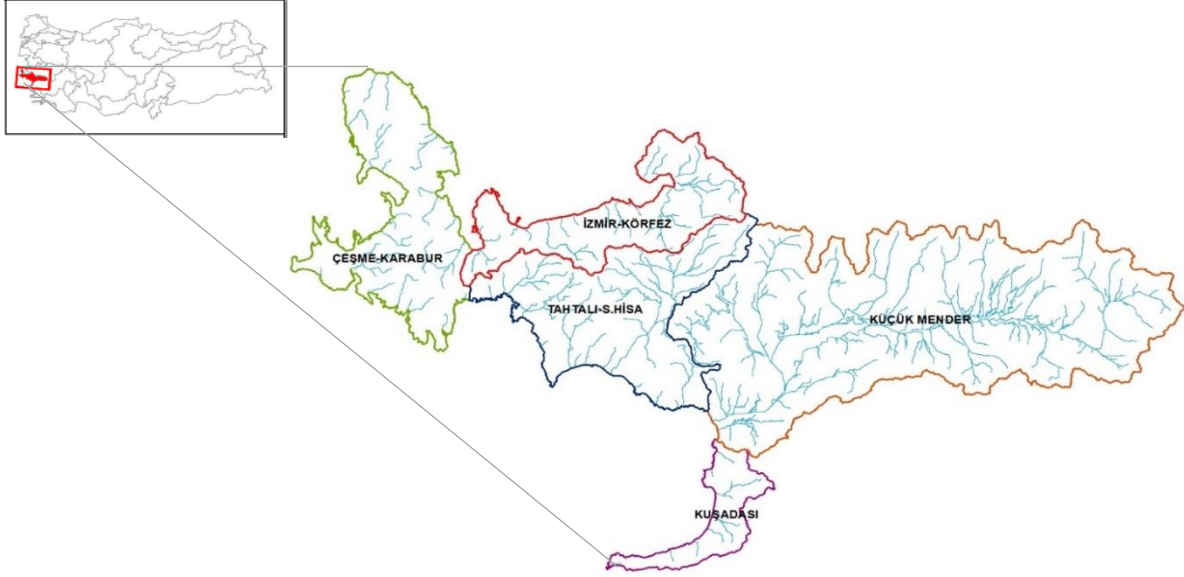
Bu makalede, havza ölçeğinde yürütülen mevcut çalışmalardan farklı olarak ağırlıklı arazi kullanım durumu ile ilgili göstergelerden yararlanılmıştır. Böylelikle deniz seviyesi yükselmesi ve aşırı yağış tehlikelerine odaklanılarak havzadaki nehir ağı ve arazi kullanımı üzerinden mekânsal kırılabilirliğin analizi yapılarak literatüre katkı sağlanması hedeflenmektedir. Bu hedefle çalışmada kıyı, nehir ağı ve arazi kullanım ortak ekseninde, maruz kalma, hassasiyet ve dirençlilik olmak üzere üç tipte belirlenen göstergeler üzerinden mekânsal kırılabilirlik analizi ve değerlendirmeleri gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmanın örnek alanını Küçük Menderes Nehir Havzası sınırı içerisinde yer alan ve farklı özellikleriyle öne çıkan İzmir-Körfez, Çeşme-Karaburun ve Seferihisar-Tahtalı alt havzaları oluşturmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM/ MATERIALS AND METHODS

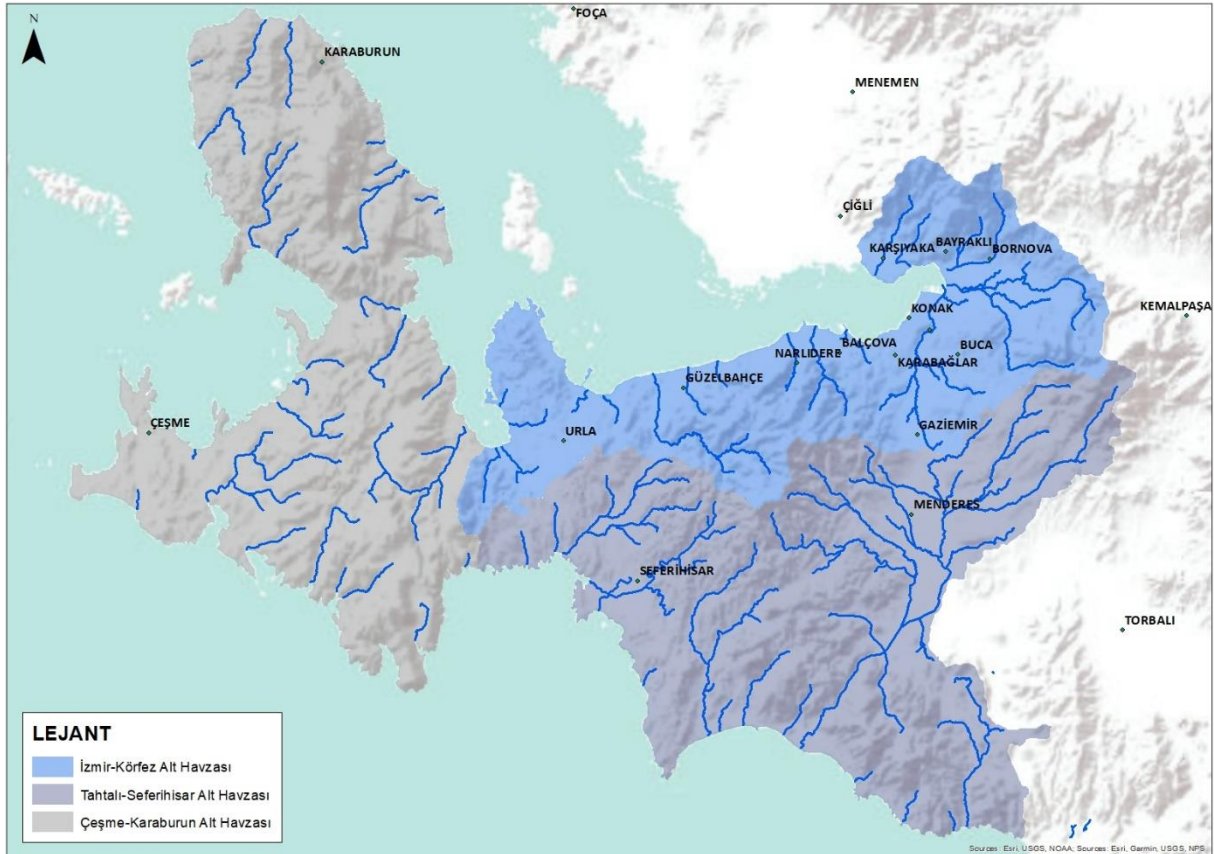
2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmanın örnek alanını Küçük Menderes Nehir Havzası sınırı içerisinde yer alan beş alt havzadan (Şekil 1) üçü; İzmir-Körfez alt havzası, Çeşme-Karaburun alt havzası ve Seferihisar-Tahtalı alt havzası oluşturmaktadır (Şekil 2). Küçük Menderes Nehir Havzası, Türkiye'nin batısında sularını Küçük Menderes nehri ve diğer akarsularla Ege Denizi'ne boşaltan alanı kapsamaktadır. İzmir il sınırının büyük bir kısmını içermektedir. Toplam yağış alanı 6,963 km² olan ve Akdeniz ikliminin hakim olduğu havzada Ters Uzaklık Ağırlıklandırma Metoduna (Inverse Distance Weighting IDW metodu) göre ortalama sıcaklık değeri 16,8 °C olup 627,9 mm'lik değerle yağış ortalaması genel olarak oldukça düşüktür (TCTOB, 2019).¹

¹ Havzadaki sıcaklık ve yağış değerlerine dair bilgiler Küçük Menderes Havzası Nehir Havza Yönetim Planı Nihai Raporu (TCTOB, 2019)'ndan elde edilmiştir. Bu raporda havzadaki ortalama sıcaklık değeri IDW metodu ile belirtilmiş olup, ortalama toplam yağış değerleri için ise farklı metotların (Aritmetik ortalama metodu, Thiessen metodu, IDW metodu ve Kriging metodu) sonuçları yer almaktadır. Ancak, raporda IDW metodu sonuçları ile çalışmanın daha doğru sonuçlar vereceği belirtildiğinden (bkz. TCTOB, 2019, s.37-39) bu makalede IDW metodu referans alınmıştır.



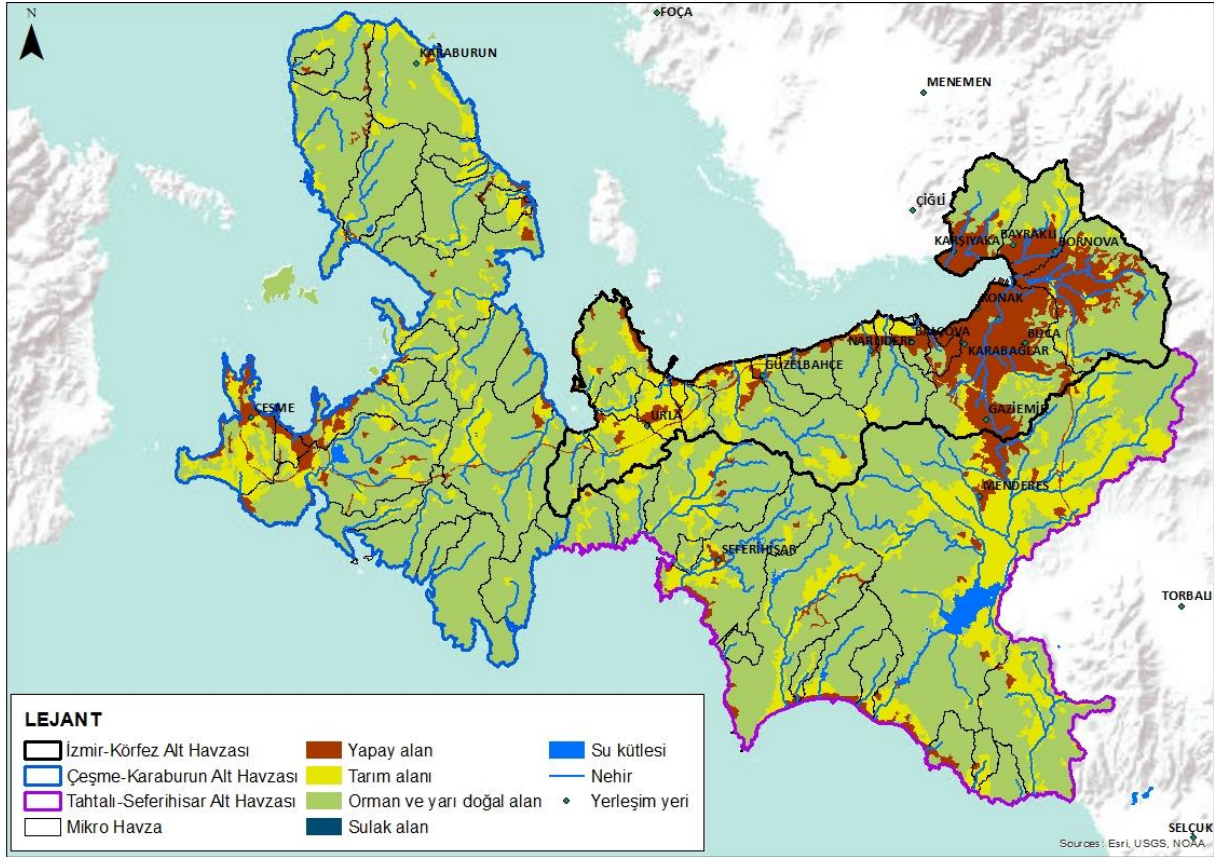
Şekil 1. Küçük Menderes Havzası ve alt havzaları (Kaynak: Copernicus Land Monitoring Service EU-Hydro River Network Database ve ArcGIS programından yararlanarak yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 2. Çalışma alanı (Kaynak: Copernicus Land Monitoring Service EU-Hydro River Network Database verisi ve ArcGIS programından yararlanarak yazarlar tarafından üretilmiştir)

Çalışma alanı olarak belirlenen alt havzalardan İzmir-Körfez alt havzası kentleşmiş bir nehir havzasıdır ve yüksek nüfus yoğunluğuna sahip yerleşimleri barındırmaktadır. Çeşme-Karaburun alt havzası orman ve yarı doğal alanlarıyla öne çıkmakta ve Çeşme, Karaburun gibi turizm sektörünün geliştiği ilçeleri barındırmaktadır. Seferihisar, Menderes ilçelerini kapsayan Tahtalı-Seferihisar alt havzası ise tarım alanlarıyla öne çıkmaktadır ve İzmir'in su gereksinimini karşılayan Tahtalı Barajı bu havzada

bulunmaktadır (Şekil 3). Alt havzaların yağış, sıcaklık ve yerüstü su potansiyelleri Tablo 1’de verilmektedir.

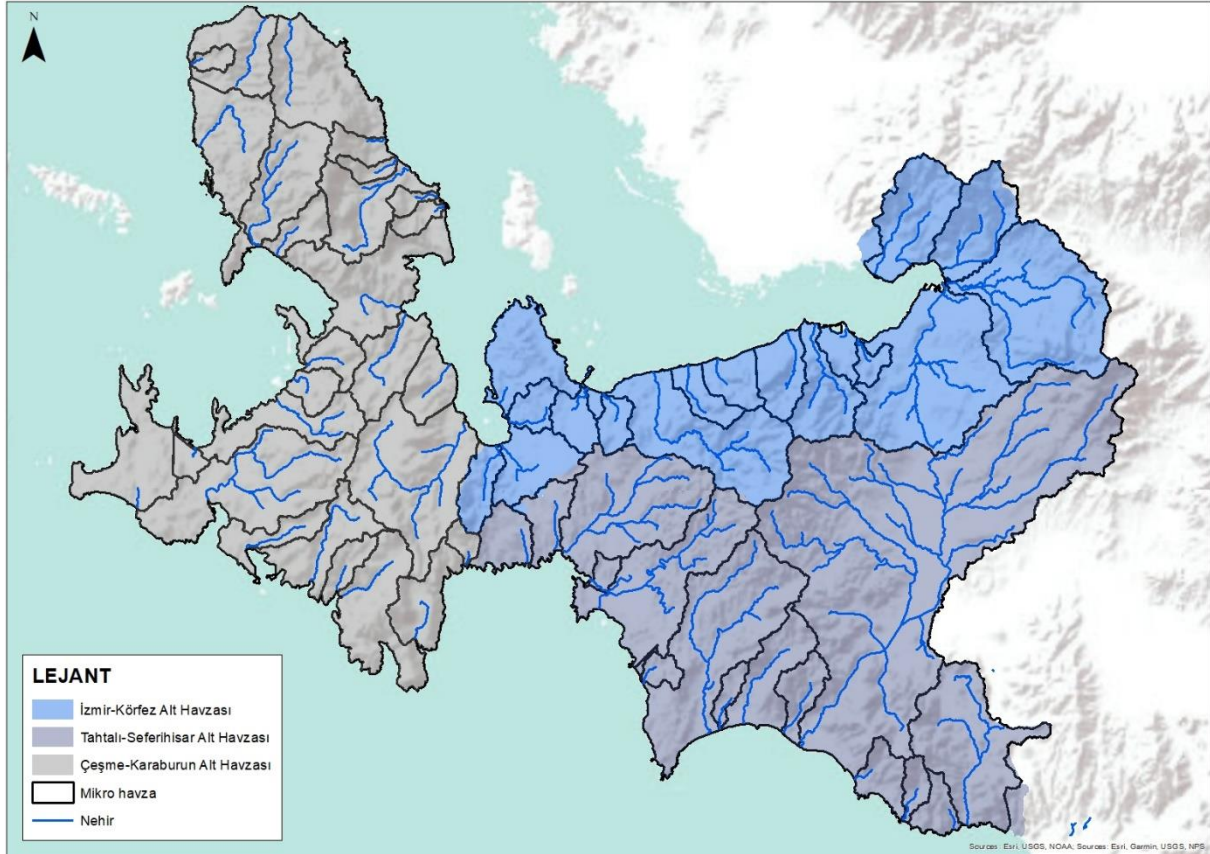


Şekil 3. Çalışma alanı genel arazi kullanımı (Kaynak: Copernicus Land Monitoring Service EU-Hydro River Network Database ve Corine 2018 arazi kullanım sınıflandırması verisi ve ArcGIS programından yararlanılarak yazarlar tarafından üretilmiştir)

Tablo 1. Çalışma alanındaki alt havzaların yağış, sıcaklık değerleri ve yerüstü suyu miktarları (TCTOB, 2019’dan yararlanılarak tablolştırılmıştır.) ile arazi kullanım türü büyüklükleri (Corine 2018 arazi kullanım sınıflandırması verisi ve ArcGIS programından yararlanılarak hesaplanmıştır.)

Alt havza adı	Toplam yağış değeri (mm) (IDW metodu)	Ortalama sıcaklık değeri (°C) (IDW metodu)	Yerüstü suyu miktarı (hm ³ /yıl)	Yapay alan (ha)	Tarım alanı (ha)	Orman ve yarı doğal alan (ha)
İzmir-Körfez	642,9	17	126	22690,208	14385,005	44315,944
Çeşme-Karaburun	747,8	17,2	76	5953,237	15922,204	88998,898
Tahtalı-Seferihisar	653,7	16,9	176	5020,408	32803,456	84103,713

Bu çalışmada kırılganlık analizi gerçekleştirilirken mikro havza sınırları eşik alınmıştır. Mikro havza “yüzey veya yüzey-altı akışlarla belirli bir drenaj sistemini (ırmak, nehir veya göl) besleyen en küçük hidrolojik birim” (TCOSB, 2014) şeklinde tanımlanmaktadır. Alt havzalardaki mikro havza sınırları “Copernicus Land Monitoring Service EU-Hydro River Network Database, 2006-2012” veri tabanından elde edilmiştir. Hidroloji nehir ağı lejantında H1 olarak gösterilen sınır kullanılmıştır (Şekil 4). İzmir-Körfez alt havzasında 17, Çeşme-Karaburun alt havzasında 27, Seferihisar-Tahtalı alt havzasında 15 tane mikro havza bulunmaktadır.



Şekil 4. Mikro havza sınırları (Kaynak: Copernicus Land Monitoring Service EU-Hydro River Network Database verisi ve ArcGIS programından yararlanarak yazarlar tarafından üretilmiştir)

2.2. Yöntem

2.2.1. Göstergelerin açıklanması

Bu çalışmada İzmir-Körfez alt havzası, Çeşme-Karaburun alt havzası ve Seferihisar-Tahtalı alt havzasında deniz seviyesi yükselmesi ve aşırı yağış tehditlerine karşı kıyı, nehir ağı ve arazi kullanım ortak ekseninde, maruz kalma, hassasiyet ve dirençlilik olmak üzere üç tipte belirlenen göstergeler üzerinden mekânsal kırılgnlık analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 2). Literatürde gösterge adları farklı şekillerde ifade edilmektedir. Bu nedenle göstergelerin kullanıldığı referanslar anılan ifadeler eşliğinde Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Mekânsal kırılgnlık analizi için kullanılan göstergeler

Gösterge adı	Kısaltma	Birim	Gösterge tipi	Açıklama	Veri kaynağı	Kırılgnlıkla ilişkisi	Referans
Yapay alan	M _y	ha	Maruz kalma	Kentsel doku, endüstriyel, ticari ve ulaşım birimleri, maden, boşaltım, inşaat sahaları, yapay, tarım dışı bitki örtüsü alanları	https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover adresinden CORINE, 2018 arazi kullanım sınıflandırması verisi indirilmiştir. ArcGIS programı üzerinden mikro havza sınırları eşik alınarak hesaplanmıştır.	Yapay alan miktarı arttıkça, kırılgnlık artar.	Kentsel yapılı çevre (Scholze ve diğ., 2020; Tang ve diğ., 2021; Aydın ve Kahraman, 2022) Kentsel gelişim (Williams ve diğ., 2019)

Tarım alanı	M _T	ha	Hassasiyet	Ekilebilir alan, sürekli mahsüller, meralar, karışık tarım alanları	CORINE, 2018 arazi kullanım sınıflandırması verisi kullanılarak ArcGIS programı üzerinden mikro havza sınırları eşik alınarak hesaplanmıştır.	Tarım alanı arttıkça, kırılabilirlik artar.	Tarım alanı (He ve diğ., 2019; Huynh ve diğ., 2020)
Orman ve yarı doğal alan	M _{OD}	ha	Dirençlilik	Orman, maki ve otsu bitkiler, bitki örtüsünün az olduğu veya hiç olmadığı açık alanlar	CORINE, 2018 arazi kullanım sınıflandırması verisi kullanılarak ArcGIS programı üzerinden mikro havza sınırları eşik alınarak hesaplanmıştır.	Orman ve yarı doğal alanlar arttıkça, kırılabilirlik azalır.	Orman alanı (Aydın ve Kahraman, 2022) Bitki örtüsü (Balica ve diğ., 2009; Jiang ve diğ., 2018; He ve diğ., 2019; Tang ve diğ., 2021)
Kentsel yeşil alanlar	M _{KY}	ha	Dirençlilik	Yeşil kentsel yüzeyler, spor ve dinlenme alanları	CORINE, 2018 arazi kullanım sınıflandırması verisi kullanılarak ArcGIS programı üzerinden mikro havza sınırları eşik alınarak hesaplanmıştır.	Kentsel yeşil alanlar arttıkça, kırılabilirlik azalır.	Yeşil alan (Nasiri ve diğ., 2018) Kentsel yeşil alan (Aydın ve Kahraman, 2022)
Kıyı şeridi uzunluğu	M _{KU}	km	Maruz kalma	Kıyı şeridi uzunluğu	https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-hydro/eu-hydro-river-network-database adresinden indirilen hidroloji verisindeki H1 olarak gösterilen mikro havza sınırları eşik alınarak o mikro havzadaki kıyı uzunluğu ArcGIS programı üzerinden hesaplanmıştır.	Kıyı şeridi uzunluğu arttıkça, kırılabilirlik artar.	Kıyı şeridi uzunluğu (Balica ve diğ., 2012; Aydın ve Kahraman, 2016; Zahmatkesh ve Karamouz, 2017; Chang ve diğ., 2018)
Kıyı şeridi boyunca yapay alan uzunluğu	M _{KYU}	km	Maruz kalma	Kıyı şeridi boyunca kentsel doku, endüstriyel, ticari ve ulaşım birimleri, maden, boşaltım, inşaat sahaları, yapay, tarım dışı bitki örtüsü gibi yapay alan uzunluğu	CORINE, 2018 arazi kullanım sınıflandırması verisi ve Land Copernicus hidroloji verisindeki H1 olarak gösterilen mikro havza sınırları kullanılarak ArcGIS programı üzerinden hesaplanmıştır.	Kıyı şeridi boyunca yapay alan uzunluğu arttıkça, kırılabilirlik artar.	Kıyı şeridi boyunca yapılı çevre uzunluğu (Aydın ve Kahraman, 2022)
Nehir uzunluğu	H _{NU}	km	Hassasiyet	Nehir ağı toplam uzunluğu	https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-hydro/eu-hydro-river-network-database adresinden nehir ağı verisi indirilmiştir. ArcGIS programı üzerinden her bir mikro havzadaki toplam nehir ağı uzunluğu hesaplanmıştır.	Nehir ağı uzunluğu arttıkça, kırılabilirlik artar.	Nehir sayısı (Nasiri ve diğ., 2018)

Nüfus	S_N	kişi	Maruz kalma	Nüfus	TÜİK, 2022 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sisteminden elde edilen nüfus verisi kullanılarak ArcGIS programı üzerinden her bir mikro havzadaki nüfus hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken, ilçenin nüfusu ve kapladığı alan ile mikro havza içerisinde kalan kısmı oranlanmıştır. Mikro havza içerisinde ilçe sınırı olmasına rağmen, o sınır dahilinde yerleşim barındırmayan ilçelerin nüfus verisi dahil edilmemiştir.	Nüfus arttıkça, kırılabilirlik artar.	Nüfus (Aprea ve diğ., 2019; Lehmann ve diğ., 2021)
-------	-------	------	-------------	-------	--	---------------------------------------	--

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) (2014)'ne göre maruz kalma, insanların, geçim kaynaklarının, türlerin ve ekosistemlerin, çevresel fonksiyonların, hizmetlerin ve kaynakların, altyapının, ekonomik, sosyal veya kültürel varlıkların iklim değişikliğinden olumsuz etkilenebilecek yerlerde bulunmasıdır. Bu çalışmada yapay alan, kıyı şeridi uzunluğu, kıyı şeridi boyunca yapay alan uzunluğu ve nüfus bu gösterge türünde ele alınmıştır.

IPCC 3. Değerlendirme Raporu'nda (2001), hassasiyet bir sistemin iklimle ilgili uyarılardan olumlu ya da olumsuz etkilenme derecesi olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada tarım alanı büyüklüğü ve toplam nehir ağı uzunluğu hassasiyet göstergesi olarak kullanılmıştır. Tarım üretiminin geniş alanlara sahip olması iklim değişikliğine hassasiyeti arttırmaktadır (Huynh ve diğ., 2020). Ayrıca, tarımsal üretimin oranı kentsel ekonomik durumun bir göstergesi olarak kullanıldığında, tarım oranının yüksek olduğu alanlar ekonomik yapının iklim değişikliğine hassas olduğu alanlardır (He ve diğ., 2019). Tarım arazileri, geçimlik ve ekonomik faaliyetler nedeniyle en kırılabilir ikinci arazi örtüsüdür (Nguyen ve diğ., 2021). Diğer bir hassasiyet göstergesi ise havzadaki nehir ağı uzunluğudur. Bir mikro havzadaki toplam nehir ağı uzunluğunun artması hassasiyeti artırarak, kırılabilirliği de arttıracaktır. Nehir sayısının artması, sel kırılabilirliğini arttırmaktadır (Nasiri, 2018).

Dirençlilik, bir sosyal veya ekolojik sistemin aynı temel yapıyı ve işleyiş şekillerini, kendi kendini organize etme kapasitesini, strese ve değişime uyum sağlama kapasitesini korurken, rahatsızlıkları absorbe etme yeteneğidir (IPCC, 2007). Açık alanların artması kırılabilirliğin azalmasına katkı sağladığı için (Nasiri, 2018; Mukherjee ve Takara, 2018) bu çalışmada, orman ve yarı doğal alanlar ile kentsel yeşil alanlar dirençlilik göstergesi olarak ele alınmıştır.

2.2.2. Kırılabilirlik analizi

Bu çalışmada gösterge temelli kırılabilirlik analizi uygulanmıştır. IPCC (2001) kırılabilirliği, maruz kalma, hassasiyet ve uyarılabilir kapasitenin bir fonksiyonu olarak tanımlamaktadır. Buna ek olarak ilgili literatürde kırılabilirliğin etki, maruz kalma, hassasiyet, uyarılabilir kapasite ve dirençliliğin bir fonksiyonu olarak da değerlendirilebildiği görülmektedir (örn. De Leon, 2006; Balica ve diğ., 2009; Balica ve diğ., 2012; Nasiri ve diğ., 2018; Aydın ve Kahraman, 2022). Bu çalışmada kırılabilirlik analizinde maruz kalma, hassasiyet ve dirençlilik faktörleri ele alınarak aşağıdaki hesaplama yöntemi kullanılmıştır:

$$Kırılabilirlik = \frac{Maruz\ kalma \times Hassasiyet}{Dirençlilik}$$

Buna göre çalışma kapsamında kullanılan formül şu şekildedir:

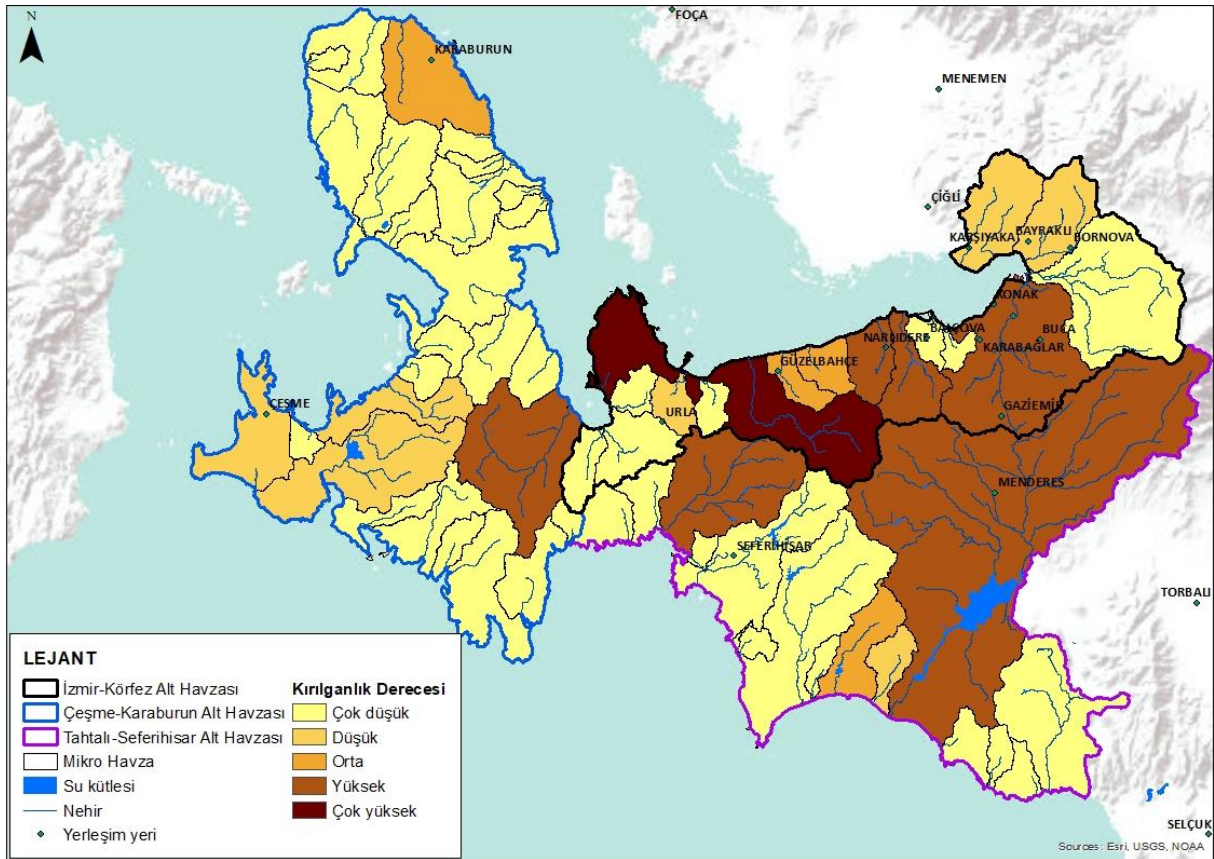
$$Kırılabilirlik = \frac{M_Y \times M_T \times M_{KU} \times M_{KYU} \times H_{NU} \times S_N}{M_{OD} \times M_{KY}}$$

Bu çalışmada mikro havza sınırları temel alındığı için, göstergelere ait veri değerleri mikro havza bazında girilmiştir. Farklı birimlere sahip olan gösterge veri değerlerinin aynı anda kullanılabilmesi için değer normalize edilmiştir. Alt havzalardaki mikro havza sınırları eşik alınarak uygulanan kırılabilirlik

analizi sonucunda elde edilen değerler, ArcGIS programı üzerinden ‘Geometrik Aralık ile Sınıflandırma Yöntemi’ kullanılarak çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere 5 kategoride sınıflandırılmıştır.

4. BULGULAR/ FINDINGS

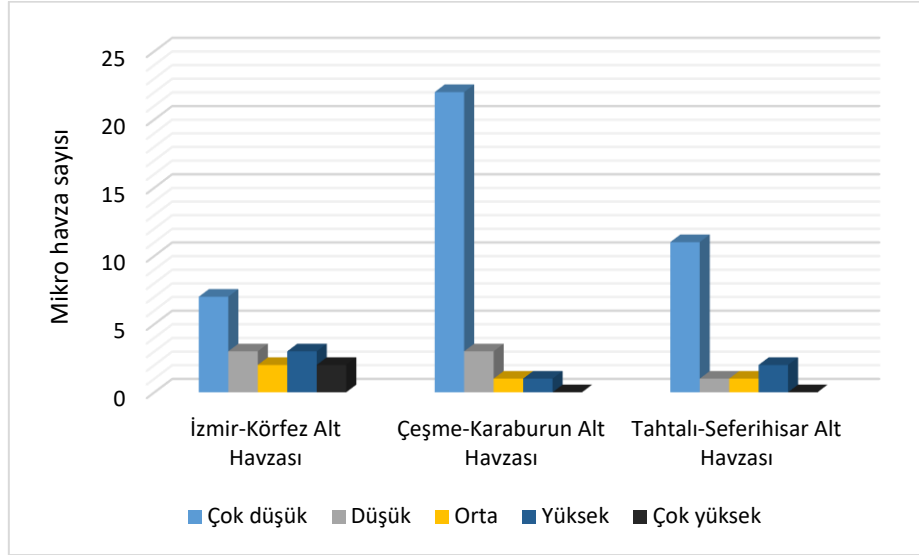
Deniz seviyesi yükselmesi ve aşırı yağış tehlikelerine karşı İzmir-Körfez, Çeşme-Karaburun ve Tahtalı-Seferihisar alt havzalarındaki mekânsal kırılabilirliğin tespiti için yapılan kırılabilirlik analizi sonucunda, çalışma alanında 59 mikro havzadan 2’sinin çok yüksek, 6’sının yüksek, 4’ünün orta, 7’sinin düşük ve 40 tanesinin çok düşük kırılabilirlik düzeyine sahip olduğu saptanmıştır. Çok düşük ve düşük kırılabilirlik düzeyine sahip mikro havzalar sayısı olarak çoğunlukta olmakla birlikte, büyüklük itibarıyla değerlendirildiğinde yüksek ve çok yüksek kırılabilirliğin yaklaşık %40 oranında bir alan kapladığı görülmektedir (Şekil 5).



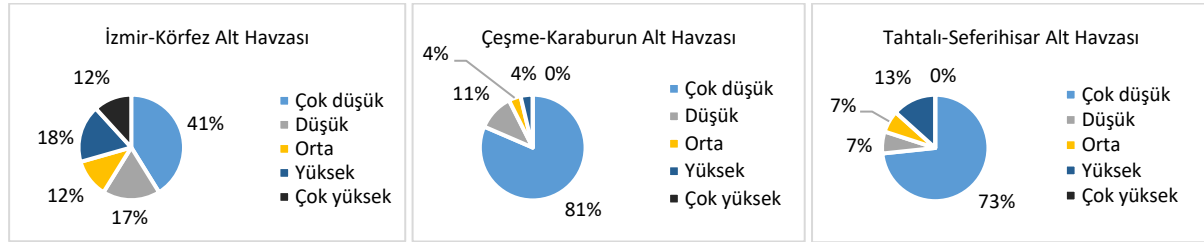
Şekil 5. İzmir-Körfez, Çeşme-Karaburun ve Tahtalı-Seferihisar alt havzalarının kırılabilirlik düzeyleri (ArcGIS programından yararlanılarak yazarlar tarafından üretilmiştir.)

Mikro havzaların kırılabilirlik düzeyleri alt havza bazında değerlendirildiğinde, çok yüksek kırılabilirliğe sahip mikro havzaların İzmir-Körfez alt havzasında; çok düşük kırılabilirliğe sahip olanların ise Çeşme-Karaburun alt havzasında yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Grafik 1). İzmir-Körfez alt havzasında yüksek ve çok yüksek kırılabilirliğe sahip mikro havzaların sayısı, havza genelinde %30’luk bir oranı oluşturmaktadır. Tahtalı-Seferihisar alt havzasında bu oran %13, Çeşme-Karaburun alt havzasında ise %4’tür. İzmir-Körfez alt havzasındaki orta düzeyde kırılabilirlik derecesine sahip mikro havzaların oranı %12’dir ve bu oran diğer iki alt havzaya kıyasla daha yüksektir. Çeşme-Karaburun alt havzası ise diğer alt havzalara göre daha düşük bir kırılabilirliğe sahiptir. İçerdiği mikro havzaların %92’si çok düşük ve düşük kırılabilirliğe sahip olup, %4’ü orta ve %4’ü yüksek kırılabilirliğe sahiptir. Çok yüksek kırılabilirliğe sahip mikro havza bulunmamaktadır. Tahtalı-Seferihisar alt havzası, Çeşme-Karaburun alt havzasına

göre daha yüksek, İzmir-Körfez alt havzasına göre ise daha düşük bir kırılabilirliğe sahiptir. Sayı itibariyle Tahtalı-Seferihisar alt havzasındaki mikro havzaların %80'i çok düşük ve düşük kırılabilirliğe sahip olup, %7'si orta ve %13'ü yüksek kırılabilirliğe sahiptir. Bu alt havzada çok yüksek kırılabilirliğe sahip mikro havza bulunmamaktadır (Grafik 2).



Grafik 1. Mikro havzaların kırılabilirlik düzeylerinin alt havzalar itibariyle sayısal dağılımı



Grafik 2. Mikro havzaların kırılabilirlik düzeylerinin alt havzalar itibariyle oransal dağılımı

Yapılan analiz sonucunda İzmir-Körfez alt havzasının diğer iki alt havzaya göre daha kırılabilir bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. İzmir-Körfez alt havzası diğer iki alt havzaya göre kentleşme oranı ve dolayısıyla yapay alanı yüksek bir yapı sergilemesi, bu bulgunun nedeni olarak gözlenmektedir. Diğer yandan bulgular, orman ve yarı doğal alanları ile öne çıkan ve turizm sektörünün geliştiği Çeşme, Karaburun ilçelerini içeren Çeşme-Karaburun alt havzasının ise daha az kırılabilirliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Önemli nehir ağı ve tarım alanlarıyla öne çıkan Tahtalı-Seferihisar alt havzası ise hem yüksek hem de düşük kırılabilirliğe sahip mikro havzaları barındırmaktadır.

Alt havzalardaki kırılabilirlik düzeylerinin mekânsal dağılımı daha detaylı incelendiğinde (Şekil 4); İzmir-Körfez alt havzasında yer alan, kent merkezi (Konak) ve yüksek yoğunluklu (Karabağlar, Buca, Gazimir) yerleşimleri içeren mikro havzanın yüksek kırılabilirlik düzeyine sahip olduğu gözlenmektedir. Karşıyaka, Bayraklı, Bornova ilçelerini barındıran mikro havzalarda kentsel dokunun yanı sıra, görece kıyı şeridinin kısa olması ve orman ve yarı doğal alanların varlığı, görece kırılabilirliği azaltmada etkilidir. Narlıdere ilçesinin tamamını ve Güzelbahçe ilçesinin bir kısmını içeren mikro havzalar, orta ve yüksek kırılabilirlik düzeylerine sahiptir. Bu mikro havzalarda kıyı şeridi uzunluğu, kıyı şeridi boyunca kesikli kentsel dokunun varlığı dikkat çekmektedir. Güzelbahçe, Menderes ve Seferihisar ilçelerinin bir kısmını içeren mikro havzadaki kıyı şeridi uzunluğu, kıyı şeridi boyunca kesikli kentsel doku, tarım alanlarının büyüklüğü ve nehir ağı uzunluğu iklim tehlikelerine maruz kalma ve hassasiyeti artırarak, kırılabilirliği

arttırmaktadır. Bu mikro havza çok yüksek kırılabilirlik düzeyine sahiptir. Urla ilçe sınırı içerisinde kalan mikro havzanın oldukça uzun bir kıyı şeridinde sahip olması, deniz seviyesi yükselmesi ve aşırı yağış tehlikelerine karşı maruz kalma riskini arttırmaktadır.

Genel olarak oldukça düşük bir kırılabilirliğe sahip Çeşme-Karaburun alt havzasında, Urla ilçe sınırı içerisinde yüksek kırılabilirlik düzeyine sahip bir mikro havza bulunmaktadır. Bu mikro havzadaki nehir ağı uzunluğu ve tarım alanlarının büyüklüğü hassasiyeti artırarak, kırılabilirliği arttırmaktadır. Karaburun ilçesinde yer alan ve orta kırılabilirlik düzeyine sahip mikro havzanın kıyı bölgesindeki tarım alanlarının büyüklüğü ve kıyı şeridi uzunluğu kırılabilirliği etkilemektedir. Çeşme-Karaburun alt havzasındaki düşük kırılabilirliğe sahip mikro havzalar, havza genelinde %11'lik bir orana sahiptir. Bu mikro havzalar Çeşme ilçesinde yer almaktadır. Bu havzalarda kesikli kentsel dokunun varlığı ve nehir ağı uzunluğu kırılabilirliği etkilemektedir.

Tahtalı-Seferihisar alt havzasında yüksek kırılabilirlik düzeyine sahip mikro havzalar bulunmaktadır. Alt havzanın genelinde %13'lük bir kısmı oluşturan bu mikro havzalardan biri, İzmir iline içme ve kullanma suyu sağlayan ve yağış alanı 554,3 km² (TCTOB, 2019) olan Tahtalı Barajı'nı içeren mikro havzadır. Menderes ilçesinin büyük bir kısmını içermektedir. 232,714 km uzunluğundaki nehir ağı, yaklaşık 20 bin hektarlık tarım alanı ve kıyı şeridi boyunca var olan kesikli kentsel doku kırılabilirliği arttırmaktadır. Bir diğer yüksek kırılabilirlik düzeyine sahip mikro havza Seferihisar ve Urla ilçe sınırları arasında bulunmaktadır. Büyük bir kısmı Seferihisar ilçesinde yer alan bu mikro havzadaki nehir ağı uzunluğu ve tarım alanı büyüklüğü fazladır. İçme ve kullanma suyu sağlayan Ürkmez Barajı'nı içeren ve kıyı şeridi boyunca kesikli kentsel dokuya sahip mikro havzanın ise orta kırılabilirlik düzeyi sergilediği gözlenmektedir.

5. SONUÇ/RESULT

Bu çalışmada, deniz seviyesi yükselmesi ve aşırı yağış tehlikelerine odaklanılarak, Küçük Menderes Havzasında yer alan, farklı özellikleriyle öne çıkan İzmir-Körfez, Çeşme-Karaburun ve Tahtalı-Seferihisar alt havzalarına yönelik mekânsal kırılabilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Genel olarak nehir havzalarının iklim değişikliklerine karşı kırılabilirlikleri, coğrafi konum, havzadaki su varlığı, kentleşme oranı gibi pek çok faktöre göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçları, havzaların kendi içerisinde de bir kırılabilirlik sınıflandırması sunduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, bir nehir havzasının kendi sınırları içerisinde her zaman homojen bir dağılım gösteremeyeceğini bu çalışmada mikro havza ölçeğinde yürütülen analizlerle ortaya konmuştur. Örneğin Çeşme-Karaburun alt havzası görece daha homojen bir kırılabilirlik dağılımı gösterirken, İzmir-Körfez alt havzasının farklı kırılabilirlik düzeylerini barındıran heterojen bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu durumu değerlendirmeye alınan havzanın yerleşik doku varlığı ve dolayısıyla yapaylaşma oranı ile ilişkilendirmek mümkündür. Elde edilen sonuçlar, alt havzaların değişen kırılabilirlik düzeylerine sahip olduğunu ve görece daha kentleşmiş nitelikteki İzmir-Körfez alt havzasının diğerlerine kıyasla daha kırılabilir bir yapı sergilediğini ortaya koymuştur. Orman ve yarı doğal alanlarıyla öne çıkan Çeşme-Karaburun alt havzasının daha düşük kırılabilirlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Literatürde iklim değişikliği bağlamındaki havza kırılabilirlik çalışmaları havza bütünü ya da alt havza sınırı ele alınırken, bu çalışmada havzayı oluşturan mikro havza sınırları eşik alınmıştır. Dolayısıyla ölçeği gereği daha detaylı bir kırılabilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Diğer yandan daha önce belirtildiği gibi literatürde havzalara yönelik kırılabilirlik çalışmalarında genellikle su kaynaklarının miktarı, kalitesi, kuraklık, orman alanları veya arazi kullanım değişimi gibi konular üzerine odaklanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada havza ölçeğinde yürütülen mevcut çalışmalardan farklı olarak, havzadaki mevcut arazi kullanımını bağlamında bir kırılabilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Aytekin ve Serengil (2022), bu çalışmadan farklı olarak su kalitesi konusuna odaklanarak, kentsel alt havzaların kırsal alt havzalara göre daha kırılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Bu makalenin odağını arazi kullanımını oluşturmakla birlikte, kentleşmiş havzaların görece daha kırılabilir olduğuna yönelik elde edilen sonuçlar Aytekin ve Serengil (2022)'in çalışması ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada ölçeğine uygun detayda ve mekânsal olma hedefini karşılayacak şekilde kırılabilirlik analizi, havzalardaki genel arazi kullanım deseni, nehir

ağı ve kıyı ortak ekseninde belirlenen göstergelerden yararlanılarak yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları genel olarak arazi kullanım türü itibariyle kentleşmiş doku, tarım ve orman alanlarının kırılabilirlik düzeylerinin mekânsal dağılımının etkili olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda gelecekteki benzer çalışmalarda bu arazi kullanımlarına odaklanan daha detaylı/farklı göstergelerin de ele alınmasının yararlı olacağını söylemek mümkündür.

İklim değişikliğine uyum stratejilerinin belirlenmesinde bir ön koşul olan kırılabilirlik analizlerinin nehir havzalarının yanı sıra, alt havza ölçeğinde de yaygınlaştırılması oldukça önemlidir. Alt havza ölçeğinde gerçekleştirilen mekânsal kırılabilirlik analizleri, yere özgü uyum stratejilerinin tanımlanabilmesi için önemli bir başlangıç noktası olabilir. İklim değişikliğine bağlı gelişen tehditlere karşı alt havza ölçeğinde mekânsal kırılabilirlik analizlerinin yapılması, uyum stratejilerinin daha gerçekçi ve etkili olmasının yanı sıra önceliklerin belirlenmesine de katkı sağlayacaktır. İklim değişikliği ile mücadelede adaptasyon politikalarının geliştirilmesi oldukça önemlidir. Yere özgü uygun adaptasyon politikalarının geliştirilmesi için de kırılabilirlik analizlerinin gerçekleştirilmesi önemli bir ön koşuldur. Bu ve benzer çalışmaların artırılması ve yaygınlaştırılması, havzalara yönelik kırılabilirliği azaltacak ve dirençliliği artıracak önemlerin alınması için büyük önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR/ ACKNOWLEDGEMENT

Bu çalışma, Gökçe Demircan'ın Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Programında sürdürülen "Kıyı Kentlerinde İklim Değişikliğine Uyumun Mekânsal Planlama ile Bütünleştirilmesi: İzmir Örneği" başlıklı doktora tezi kapsamında üretilmiştir.

Bu çalışma aynı zamanda Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında (Proje No: FDK-2024-3475) desteklenmektedir. Bu projeye destek sağlayan Dokuz Eylül Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR/REFERENCES

- Apreda C., D'Ambrosio V., Di Martino F. 2019. A climate vulnerability and impact assessment model for complex urban systems. *Environmental Science and Policy*, 93, 11–26
- Aydın M.B.S. ve Kahraman E. D. 2016. Determining the Spatial Vulnerability Levels and Typologies of Coastal Cities to Climate Change: Case of Turkey. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Geological and Environmental Engineering*, 10 (11), 1058- 1062.
- Aydın M.B.S. ve Kahraman E. D. 2022. Mitigation or adaptation, the determination of which strategy should be given priority for urban spatial development: the case study of central cities in Turkey. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09985-y>
- Aytekin M. ve Serengil Y. 2022. Assessment of Vulnerability, Resilience Capacity and Land Use Within the Scope of Climate Change Adaptation: The Case of Balıkesir-Susurluk Basin. *Kastamonu Uni., Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2): 112-124. DOI:10.17475/kastorman.1179037
- Balica S. F., Douben N., Wright N. G. 2009. Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Science & Technology-WST*, 60 (10). DOI: 10.2166/wst.2009.183
- Balica S.F., Wright N. G., van der Meulen F. 2012. A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Nat Hazards*, 64:73–105. DOI: 10.1007/s11069-012-0234-1
- Bhave A. G., Mishra A., Groot A. 2013. Sub-basin scale characterization of climate change vulnerability, impacts and adaptation in an Indian River basin. *Reg Environ Change* 13:1087–1098. DOI 10.1007/s10113-013-0416-8
- Chan C. 2013. Property rights and climate change vulnerability in Turkish forest communities: a case study from Seyhan River Basin, Turkey. *Climate and Development*, 5:1, 1-13, DOI: 10.1080/17565529.2012.762335
- Chang S. E., Yip J.Z.K., Conger T., Oulahan G., Marteleira M. 2018. Community vulnerability to coastal hazards: Developing a typology for disaster risk reduction, *Applied Geography* 91, 81–88
- Chen Y., Feng Y., Zhang F., Yang F. and Wang L. 2020. Assessing and Predicting the Water Resources Vulnerability under Various Climate-Change Scenarios: A case Study of Huang-Huai-Hai River Basin, China. *Entropy*, 22, 333. DOI:10.3390/e22030333

- Copernicus Land Monitoring Service. Corine Land Cover 2018 (vector), Europe. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (Erişim tarihi: 21.12.2022)
- Copernicus Land Monitoring Service. EU-Hydro River Network Database 2006-2012 (vector), Europe. <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-hydro/eu-hydro-river-network-database> (Erişim tarihi: 21.12.2022)
- De León J. C. V. 2006. Vulnerability: A Conceptual and Methodological Review. 'Studies of the University: Research, Counsel, Education', Publication Series of UNU-EHS, No. 4
- Ertürk A., Ekdal A., Karakaya N., Cüceloğlu G., Gürel M., İ. Gönenç E. 2015. Yeraltı Suyuna Bağlı Ekosistemler: Köyceğiz – Dalyan Örnek Çalışması. Konferans Bildirisi.
- Gama L., Ortiz-Pérez M. A., Moguel-Ordoñez E., Collado-Torres R., Diaz-López H., Villanueva-García C. and Macías-Valadez M. E. 2011. Flood risk assessment in Tabasco, Mexico. WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 145. DOI:10.2495/WRM110561
- He C., Zhou L., Ma W., Wang Y. 2019. Spatial Assessment of Urban Climate Change Vulnerability during Different Urbanization Phases. Sustainability, 11, 2406. DOI:10.3390/su11082406.
- Houngpè J., Badou D. F., Ahouansou D. M. M., Totin E., Sintondji L. O. C. 2022. Assessing observed and projected flood vulnerability under climate change using multi-modeling statistical approaches in the Ouémé River Basin, Benin (West Africa). Regional Environmental Change, 22:112. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01957-5>
- Huynh H. L. T., Do A. T., Dao T. M. 2020. Climate change vulnerability assessment for Can Tho city by a set of indicators, International Journal of Climate Change Strategies and Management, 12, 1, 147-158. DOI 10.1108/IJCCSM-01-2018-0003
- IPCC, 2001: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [McCarthy J. J., Canziani O. F., Leary N. A., Dokken D. J., White K. S. (eds.)]. Cambridge University Press.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- Islam A. ve Ghosh S. 2022. Community-Based Riverine Flood Risk Assessment and Evaluating Its Drivers: Evidence from Rarh Plains of India. Applied Spatial Analysis and Policy, 15:1-47. <https://doi.org/10.1007/s12061-021-09384-5>
- Jiang L., Huang X., Wang F., Liu Y., An P. 2018. Method for evaluating ecological vulnerability under climate change based on remote sensing: A case study, Ecological Indicators, 85, 479-486
- Jung Y. ve Choi M. 2012. Survey-Based Approach For Hydrological Vulnerability Indicators Due To Climate Change: Case Study of Small-Scale Rivers. Journal of The American Water Resources Association, 48, 2, 256-265. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2011.00608.x
- Kefi M., Kumar Mishra B., Kumar P., Masago Y. Fukushi K. 2018. Assessment of Tangible Direct Flood Damage Using a Spatial Analysis Approach under the Effects of Climate Change: Case Study in an Urban Watershed in Hanoi, Vietnam. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 7, 29. DOI:10.3390/ijgi7010029
- Kim Y. ve Chung E-S. 2014. An index-based robust decision making framework for watershed management in a changing climate. Science of the Total Environment 473-474, 88-102.
- Lehmann M., Major D. C., Fitton J. M., Doust K., O'Donoghue S. 2021. Towards a typology for coastal towns and small cities for climate change adaptation planning. Ocean and Coastal Management, 212, 105784
- Macharia D., Kaijage E., Kindberg L., Koech G., Ndungu L., Wahome A., Mugo R. 2020. Mapping Climate Vulnerability of River Basin Communities in Tanzania to Inform Resilience Interventions. Sustainability, 12, 4102. DOI:10.3390/su12104102
- Mukherjee ve Takara. 2018. Urban green space as a countermeasure to increasing urban risk and the UGS-3CC resilience framework. International Journal of Disaster Risk Reduction, 28, 854-861. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.01.027>

- Nasiri H., Yusof M. J. M, Ali T. A. M., Hussein M. K. B. 2018. District flood vulnerability index: urban decision-making tool. *International Journal of Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1797-5>
- Nguyen H. D., Fox D., Dang D. K., Pham L. T., Du Q. V. V., Nguyen T. H. T., Dang T. N., Tran V. T., Vu P. L., Nguyen Q.-H., Nguyen T. G., Bui Q.-T. and Petrisor A.-I. 2021. Predicting Future Urban Flood Risk Using Land Change and Hydraulic Modeling in a RiverWatershed in the Central Province of Vietnam. *Remote Sensing*, 13, 262. <https://doi.org/10.3390/rs13020262>
- Orozco I., Martínez A., Ortega V. 2020. Assessment of the Water, Environmental, Economic and Social Vulnerability of a Watershed to the Potential Effects of Climate Change and Land Use Change. *Water*, 12, 1682. DOI:10.3390/w12061682
- Roy A. ve Inamdar A. B. 2014. A framework for climate change and vulnerability assessment in an urbanized river basin through geospatial technologies and hydrological modeling. *IGARSS*
- Scholze N., Riach N., Glaser R. 2020. Assessing Climate Change in the Trinational Upper Rhine Region: How Can We Operationalize Vulnerability Using an Indicator-Based, Meso-Scale Approach? *Sustainability*, 12, 6323. DOI:10.3390/su12166323
- Tang J., Li Y., Cui S., Xu L., Hu Y., Ding S., Nitivattananon V. 2021. Analyzing the spatiotemporal dynamics of flood risk and its driving factors in a coastal watershed of southeastern China. *Ecological Indicators* 121, 107134.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (TCTOB), Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. 2019. Küçük Menderes Havzası Nehir Havza Yönetim Planı Hazırlanması Projesi Nehir Havza Yönetim Planı Nihai Raporu.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (TCÇŞB). 2012. İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011-2023.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı (TCOSB). 2014. Ulusal Havza Yönetim Stratejisi 2014-2023.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı (TCÇOB). 2007. Türkiye İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi.
- TÜİK. 2022. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. İzmir ili, ilçe nüfusları. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>
- Williams D. S., Máñez Costa M., Sutherland C., Celliers L., Scheffran J. 2019. Vulnerability of informal settlements in the context of rapid urbanization and climate change. *International Institute for Environment and Development (IIED)*, 31(1): 157–176. 10.1177/0956247818819694
- Yang X.-H., Di C.-L., He J., Zhang J. and Li Y.-Q. 2015. Integrated assessment of water resources vulnerability under climate change in Haihe River Basin. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 25, 8,1834-1844
- Zahmatkesh Z. ve Karamouz M. 2017. An uncertainty-based framework to quantifying climate change impacts on coastal flood vulnerability: case study of New York City, *Environ Monit Assess*, 189: 567. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6282-y>
- Zhang X., Tian Y., Dong N., Wu H., Li S. 2023. The projected futures of water resources vulnerability under climate and socioeconomic change in the Yangtze River Basin, China. *Ecological Indicators* 147, 109933.
- Zope P. E., Eldho T. I., Jothiprakash V. 2017. Hydrological impacts of land use–land cover change and detention basins on urban flood hazard: a case study of Poisar River basin, Mumbai, India. *Nat Hazards*, 87:1267–1283. DOI 10.1007/s11069-017-2816-4