



Sürdürülebilir Kalkınma İçin
KÜRESEL AMAÇLAR
<https://turkiye.un.org/tr/sdgs>



Resilience



e-ISSN: 2602-4667

DİRENÇLİLİK DERGİSİ Journal of Resilience

Cilt / Volume : **8** Sayı / Number: **2** - Aralık / December **2024**

Resilience

Resilience is an international peer-reviewed journal.
It publishes two issues per year.
Publisher: Eskişehir Technical University
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>
resilience@eskisehir.edu.tr

Dirençlilik

Dirençlilik uluslararası hakemli dergidir.
Yılda iki kere yayınlanır.
Yayın Sahibi: Eskişehir Teknik Üniversitesi
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>
resilience@eskisehir.edu.tr



ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ESKİŞEHİR TECHNICAL UNIVERSITY

Resilience Dergisi

TR Resilience (Dirençlilik), “Tehlikelere maruz kalmış bir sistemin, topluluğun veya toplumun, kendi temel yapılarını ve işlevlerini koruma ve onarma dahil, bir tehlikenin etkileri karşısında zamanında ve etkin bir şekilde direnme, soğurma, uyum geliştirme ve iyileşme becerisi” olarak tanımlanmaktadır, UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).

Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından yayınlanan Resilience dergisi, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarını esas alan dirençlilik ve afet yönetimi ile ilgili araştırmaların değerlendirilmesi ve ulusal/uluslararası literatür ile paylaşılmasına imkân sağlayan bilimsel bir süreli yayındır.

[Resilience \(Dirençlilik\) dergisi](#), sistemlerin ve yaşam alanlarının karşı karşıya kaldığı doğa ve insan kaynaklı tehlikelerin afetlere dönüşmemesi için risk yönetimi odaklı yaklaşımlar geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlar. Dergi, kapsayıcı, güvenli, dirençli, sürdürülebilir kentler için özellikle çok disiplinli, disiplinler arası ve disiplinler üstü araştırmaları bilimsel literatüre kazandırır. 2017 yılında yayınlanmaya başlayan dergi yılda 2 sayı çıkartılan, uluslararası hakemli dergi olup yıl içinde güncel konularda da özel sayılar çıkarmayı amaçlar.

Dergi, TÜBİTAK ULAKBİM DergiPark Akademik çatısı altında yer almaktadır.

EN Resilience is defined as “The ability of a system, community or society exposed to hazards to resist, absorb, accommodate, adapt to, transform and recover from the effects of a hazard in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions through risk management”, UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).

[The journal Resilience](#), published by Eskişehir Technical University is a scientific periodical that allows the evaluation of research on resilience and disaster management based on the United Nations Sustainable Development Goals and sharing them with national/international literature.

The journal, which is published twice a year, is an international peer-review journal and aims to publish special issues on current hot topics during the year.

The journal is available on the TÜBİTAK ULAKBİM DergiPark Academic portal.

Resilience
dergipark.gov.tr/resilience

Resilience



e-ISSN: 2602-4667

DİRENÇLİK DERGİSİ JOURNAL OF RESILIENCE

Aralık / December 2024
Cilt / Volume : 8 Sayı / Number: 2

Sahibi : Eskişehir Teknik Üniversitesi Adına /
Owner: On behalf of Eskişehir Technical University
Rektör / Rector
Adnan ÖZCAN

Editör / Editors in Chief
Muammer Tün

Editör Yardımcıları / Associate Editor-in-Chief
İsmail Talih Güven

Danışman Editör / Consulting Editor
Hikmet Karakoç

Alan Editörleri / Editorial Board

Hakan Ahmet Nefeslioğlu
Doğa Bilimleri Baş Editörü /
Chief Natural Sciences Editor

Nilgün Okay
Afet Yönetimi ve Kamu Yönetimi Bilimleri
Baş Editörü / Chief Disaster Management
and Public Administration Sciences
Editor

Alper Çabuk
Sosyal ve Beşeri Bilimler Baş
Editörü / Chief Social Sciences and
Humanities Editor

Emrah Pekkan
Chief Engineering Sciences Editor /
Mühendislik Bilimleri Baş Editörü

Meltem Şenol Balaban
Chief Architecture and Planning Sciences
Editor / Mimarlık ve Planlama Bilimleri
Baş Editörü

Nazire Burçin Hamutoğlu
Eğitim Bilimleri Baş Editörü /
Chief Educational Sciences Editor

Gökhan Güneysu
Hukuk Bilimleri Baş Editörü /
Chief Law Sciences Editor

Mehmet Eryılmaz
Sağlık Bilimleri Baş Editörü /
Chief Health Sciences Editor

Serdar Kocaekşi
Spor Bilimleri Baş Editörü /
Chief Sport Sciences Editor

Kalite ve İstatistik Editörü / Editor-in-Quality and Statistics

Aslı Kaya Karakütük

Resilience

Resilience is an international peer-reviewed journal.
It publishes two issues per year.
Publisher: Eskişehir Technical University
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>
resilience@eskisehir.edu.tr

Dirençlilik

Dirençlilik uluslararası hakemli dergidir.
Yılda iki kere yayınlanır.
Yayın Sahibi: Eskişehir Teknik Üniversitesi
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>
resilience@eskisehir.edu.tr

Resilience



e-ISSN: 2602-4667

Alan Editörleri / Editorial Board

Ali Tolga Özden
Aras Bozkurt
Aslı Akay
Burçak Çabuk
Bülent Özmen
Can Zülfikar
Çiğdem Tuğaç
Elhadi Adam
Ender Gerede
Esmâ Buluş Kırıkkaya
Gordana Kaplan
Helmi Zulhaidi Bin Mohd Shafri
Hıdır Karaduman
Himmet Karaman
Mustafa Üstüner
Onur Kaplan
Onur Kurt
Resul Çömert
Rina Suryani Oktari
Savaş Karabulut
Saye Nihan Çabuk
Seda Kundak
Siti Aekbal Salleh
Tolga Görüm
Tuğba Seval Fatma Toydemir Karabulut
Tuncay Döğeroğlu
Uğur Avdan
Zlatomir Dimitrov

Resilience

Resilience is an international peer-reviewed journal.
It publishes two issues per year.
Publisher: Eskişehir Technical University
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>
resilience@eskisehir.edu.tr

Dirençlilik

Dirençlilik uluslararası hakemli dergidir.
Yılda iki kere yayınlanır.
Yayın Sahibi: Eskişehir Teknik Üniversitesi
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>
resilience@eskisehir.edu.tr

Resilience



e-ISSN: 2602-4667

Bilim Kurulu / Scientific Board

Adriana GALDERISI	(University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy)
Alik ISMAIL-ZADEH	(Karlsruher Institute of Technology, Germany)
Alp ÖZERDEM	(Conventry University, England)
Ayşe Nuray KARANCI	(Middle East Technical University, Turkey)
Barbara LUCINI	(Catholic University, Italy)
Serkan KEMEÇ	(Van Yüzüncü Yıl University, Turkey)
Blaz KOMAC	(Anton Melik Geographical Institute, Slovenia)
Bijan KHAZAI	(Risklayer, Germany)
Cem SARAÇ	(Hacettepe University, Turkey)
Giovanni SANSAVINI	(ETH Zurich, Swiss)
Igor LINKOV	(Engineer Research and Development Center, US Army, USA)
Jose Palma OLIVEIRA	(University of Lisbon, Portugal)
Kalliopi SAPOUNTZAKI	(Harokopio University, Greece)
Kay C. GOSS	(National Academy of Public Administration, USA)
Louise COMFORT	(University of Pittsburgh, USA)
Marqueza Cathalina L. REYES	(Asian Disaster Preparedness Center, Philippines)
Ömer AYDAN	(University of the Ryukyus, Japan)
Polat GÜLKAN	(Middle East Technical University, Turkey)
Rajib SHAW	(Keio University, Japan)
Shankar SANKARAN	(Sidney Technical University, Australia)
Tahir Serkan IRMAK	(Kocaeli University, Turkey)
Timur GÜLTEKİN	(Ankara University, Turkey)
Yalçın KALYONCU	(Süleyman Demirel University, Turkey)

Resilience

Resilience is an international peer-reviewed journal.
It publishes two issues per year.
Publisher: Eskişehir Technical University
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>
resilience@eskisehir.edu.tr

Dirençlilik


Dirençlilik uluslararası hakemli dergidir.
Yılda iki kere yayınlanır.
Yayın Sahibi: Eskişehir Teknik Üniversitesi
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>
resilience@eskisehir.edu.tr

Resilience

İçindekiler

Afet Lojistiğinde Depo Yer Seçimi


Warehouse Location Selection In Disaster Logistics

Merve GÖK, Rümeyza TOKLU, Emel GÜVEN, Tamer EREN* 

123

Evaluating Disaster Literacy And Individual Disaster Resistance Among Municipal Employees

Belediye Çalışanlarında Afet Okuryazarlığı ve Bireysel Afet Direncinin Değerlendirilmesi

Mine TEPETAŞ* , Didem ARSLANTAŞ, Ezgi YÜCEL, Zehra AKDAĞ, Alaettin ÜNSAL

139

ROADEO modeli ile Karayolu İnşaatı Karbon Ayak İzinin Tahmini: Karaman – Mersin Yol Yapım Örneği


Estimation of Road Construction Carbon Footprint with ROADEO: The Case Study of Karaman – Mersin Road Construction

Gizem AYTAÇ* , Zeynep EREN

151

Geographical Analysis of the Urban Reconstruction Process After the Earthquake in Elazığ


Elazığ'da Deprem Sonrası Kentsel Formun Yeniden İnşaa Sürecinin Coğrafi Analizi

Aşır Yüksel KAYA* 

161

İklim Değişikliğine Dayanıklı Bir Mega Kent Olma Yolunda, İstanbul


On the Way to Becoming a Megacity Resistant to Climate Change, Istanbul

Şafak BAŞA, Ece SAĞIR KURT* , Ezgi ATLI, Tunay ÇARPAR

185

81 İl İçin ISO Akıllılık, Sürdürülebilirlik ve Dayanıklılık Kent Endekslerinin Belirlenmesi ve Radar Grafik Haritalarının Görselleştirilmesi


Determination of ISO Smartness, Sustainability, and Resilience City Indices for 81 Turkish Provinces, and Visualization of Their Radar Chart Maps

Mustafa ÇORUH* 

205

Afet Yönetimi Konulu Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Analizi

Bibliometric Analysis of Graduate Thesis on Disaster Management

Alper YILMAZ, Sena GÖKALP, Emel GÜVEN, Tamer EREN* 

223

Deniz Seviyesi Yükselmesi ve Aşırı Yağış Tehditlerine Karşı Mekânsal Kırılganlık 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 DEMİRCAN* , Mediha Burcu SILAYDIN

235

Urban Vulnerability Assessments to Climate Change for Members of the European Healthy Cities Network in Turkey: A Case Study

Türkiye'deki Avrupa Sağlıklı Şehirler Ağı Üyeleri için İklim Değişikliğine Karşı Kentsel Kırılganlık Değerlendirmeleri: Bir Vaka Çalışması

Cengiz TÜRE* , Murat AR

249

Key Location Attributes of Disaster Medical Services Headquarters: Developing an Urban Health Care Disaster Preparedness Model

Afetlerde Sağlık Hizmetleri Merkezinin Konumu ve Kilit Özellikleri: Kent Modelinin Geliştirilmesi

Verda TUNALIGIL^{1*} 

265

RESILIENCE
e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Resilience

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

Afet Lojistiğinde Depo Yer Seçimi

Warehouse Location Selection In Disaster Logistics

Merve GÖK¹ , Rümeyza TOKLU¹ , Emel GÜVEN¹  Tamer EREN^{1*} 

ORCID 0009-0001-1301-8504

ORCID 0009-0003-3781-8359

ORCID 0000-0001-6106-9720

ORCID 0000-0001-5282-3138

¹Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale, Türkiye

Öne Çıkanlar / Highlights

- Afet lojistiğinde depo yerinin önemi
- Afet sonrası geçici depo yer seçimi
- Afet yönetiminde lojistik
- The importance of warehouse location in disaster logistics
- Temporary warehouse location selection after disaster
- Logistics in disaster management



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:

26/04/2024

Kabul / Accepted:

20/09/2024

Anahtar Kelimeler

Afet lojistiği, depo yer seçimi, ÇKKV, TOPSIS, PROMETHEE

Keywords

Disaster logistics, warehouse location selection, MCDM, TOPSIS, PROMETHEE

Özet

Afetler ne zaman, nerede ve hangi şiddette olacağı bilinmeyen, aniden ortaya çıkan ve etkileri kısa ya da uzun süreli olabilen olaylardır. Bu sebeple hem toplumun yaşam standartları sekteye uğramakta hem de doğaya zarar vermektedir. Afet yaşandıktan sonra afetten etkilenenlerin yiyecek, kozmetik, barınma gibi en temel ihtiyaç malzemelerini hızlı bir şekilde temin etmelidir. Bu nedenle afet lojistiğinde hazırlık, müdahale ve müdahale sonrası kurulacak etkin lojistik sistemi gerekmektedir. Afetzedelerin ihtiyaçlarının temini için depoların doğru konumlandırılması gerekmektedir. Bu çalışmada afet lojistiğinde depo yer seçimi çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi ele alınmıştır. Örnek uygulama olarak Bursa ili tercih edilmiştir. Bursa, fay zonlarına yakınlığından dolayı deprem olasılığı bakımından 1. kuşak illerindedir. Bunun yanı sıra nüfus bakımında Türkiye'nin 4. en kalabalık şehridir. Sanayi bakımından Marmara bölgesinde önemli bir durumdadır. Marmara bölgesini Anadolu'ya bağlayan önemli bir konumdur. Beklenen Marmara depremi için de konumlandırılacak deponun yeri önemlidir. Ele alınan problemin ilk aşamasında depo yeri seçimi için kriterlerin belirlenmesi, ikinci aşamasında bu depolara uygun lokasyonların seçilecek olan ilçelerin nereler olabileceğinin tespiti, üçüncü aşamada ise alternatif ilçelerin sıralanması yapılmıştır.

Abstract

Disasters are events that occur suddenly, when, where and how severe they are not known, and whose effects can be short-term or long-term. For this reason, both the living standards of the society are disrupted, and they harm nature. After a disaster, the most basic needs of those affected by the disaster such as food, cosmetics and shelter must be provided quickly. For this reason, in disaster logistics, an effective logistics system to be established for preparation, response and post-intervention is required. Correct positioning of warehouses is necessary to meet the needs of disaster victims. In this study, the problem of warehouse location selection with multi-criteria decision making (MCDM) in disaster logistics is discussed. Bursa province

meet the needs of disaster victims. In this study, the problem of warehouse location selection with multi-criteria decision making (MCDM) in disaster logistics is discussed. Bursa province was preferred as a sample application. Bursa is one of the first-zone provinces in terms of earthquake probability due to its proximity to fault zones. In addition, it is the 4th most populous city in Turkey in terms of population. It is in an important position in the Marmara region in terms of industry. It is in an important position connecting the Marmara region to Anatolia. The location of the warehouse to be positioned is also important for the expected Marmara earthquake. In the first stage of the problem considered, the criteria for choosing a warehouse location were determined, in the second stage, the districts where suitable locations for these warehouses would be selected were determined, and in the third stage, the alternative districts were ranked.

1. GİRİŞ / INTRODUCTION

Afetler; deprem, sel, yangın, heyelan vb. olmak üzere insanlarda kalıcı yıkımlara sebep olan olaylardır. İnsanı sadece maddi olarak değil manevi olarak da derinden etkilemektedir. Afet için yapılması gerekenlerden biri de afet öncesinde önlem alınmasıdır. Afet yaşandıktan sonra koordineli davranmak en önemli işlevlerden biridir. İhtiyaçların ilk anda karşılanması, ihtiyaç malzemelerine ulaşımın sağlanması ve depoların işlevsel hale getirilmesi ele alınacak önemli problemler arasındadır (Ergünay, 2002).

Lojistik; lojistik kavramı tedarikçi – tesis ya da tesis- müşteri arasındaki istenen ürünün, olması gereken yerde, uygun şartlarda, yeterli miktarda, gereken zamanda ilgili müşteri ve maliyetle arasındaki taşıma olarak değerlendirilir (Russell, 2000). Afet lojistiği ise, afetler sonucu zarar görmüş insanların, ihtiyaçlarına anında cevap verip ulaşabilmek için ilk andan son ana kadar çalışma yürütülen alandır. İhtiyaçlara göre planlama yapılan buna göre süreç yönetimi ve aşamaları uygulanır. Afet lojistiğinde bir önemli nokta ise, yaşanan afetin büyüklüğü, afetin gerçekleştiği coğrafya ve etkilenen kişi sayısına göre tedarik zinciri oluşturulmasıdır. Afet sonrasında koordinasyon ne kadar güzel sağlanırsa, afet lojistiği ile tedarik zinciri de o kadar iyi sağlanır.

Afet lojistiği, afet ve olağanüstü durumlardan etkilenen afetzede kişilere en temel ihtiyaç malzemelerinin ulaştırılmasının yanı sıra ilgili bilgilerin planlanması ve kontrolünü içeren proses olarak tanımlanmaktadır (Tomasini ve Wassenhove, 2009). Afet lojistiğinde lojistiğin temel yedi doğrusunda doğru maliyet prensibi hariç geri kalan doğru prensipleri uygulanmaktadır. Afet lojistiğinde malzeme tedariki, depolama, dağıtım, ihtiyaç anında teslimatı, bilgi sistemleri; talep ve ihtiyaç gibi temel elemanları kapsamaktadır. İnsani yardım lojistiğinde; ihtiyaç sahibi kişilere gerekli acil olan gıda, giyim, barınma, ilaç ve hijyen malzemelerinin akışı gerçekleşmektedir. Afetlerin meydana geldiği coğrafyanın büyüklüğü lojistik faaliyetleri de etkilemektedir.

Afet lojistiği 3 kısımda değerlendirir ve kendi içerisinde bölümlere ayırarak değerlendirmektedir.

- Afet öncesi afete hazırlık aşaması
- Afet anında müdahale aşaması
- Müdahale sonrası lojistik faaliyetler

Afet öncesi afete hazırlık süreci

- Afet anında olabilecek senaryoları planlama
- Varsayımlara göre satın alma
- Planlanan sürecin nakliye yönetimi
- Depo yönetimi

Acil durumlarda ve olması beklenen afetlerde hazır bulundurmak için en gerekli ihtiyaç malzemelerinin stoklanması ve hazır edilmiş halde bekletilmesidir. Bu depoların gereken hizmeti verebilmesi için gerekli konumda ve arazide, doğru binalarda ve uygun çalışma alanlarının sağlandığı depo alanlarında olmalıdır.

Afet anında müdahale süreci

- Afetin ön değerlendirme süreci ve bölgenin ihtiyaçlarının tespiti
- Lojistik planlamanın yapılması ve uygulanması
- Afetle müdahale sürecinin izlenmesi, değerlendirilmesi ve raporlanması

Müdahale aşamasından sonra lojistik süreci

- Malzemelerin toplanması ve bakım süreci
- Planlama
- Gözleme, değerlendirme ve raporlama

Aşamalar dikkate alınarak, afet sonrasında belirlenen ihtiyaçlara göre yapılacak olan depo yer seçimi için çalışma yapılması gerekmektedir. Depo yer seçimi için kriterler ve alternatifler değerlendirilmesi ön görülür (Pektaş ,2012; Tanyaş, 2012).

Depoların kullanılacak malzemeye göre özelliklerinin seçilmesi ve buna bağlı olarak konumlarının ayarlanması, tüm bu faktörlerin her biri çok önemli kriterlerdir. Genel olarak kabul edilen standartlara uydurmak ve beklenen özelliklere sahip olması uğraştırıcı ve zahmetli bir uğraştır. Ama beraberinde güzellikler ve kolaylıklar da sağlamaktadır.

Depo yer seçimi problemi, bir şirketin ya da bir organizasyonun depolama ihtiyaçlarını karşılamak için en uygun depo yerini belirleyen bir karar verme sürecidir. Depo yeri seçerken göz önünde alınması gereken çeşitli faktörler vardır. Bunlardan bazıları tedarik zinciri ağı, müşteri konumları, tedarikçilere olan uzaklıklar, ulaşım, altyapı, çevresel riskler ve maliyetlerdir. Depo yer seçimi problemi bir optimizasyon problemi olarak ele alınmaktadır. Belirli kriterler ve alternatifler belirlenerek en uygun depo yerini tespit etmektir. Matematiksel model ve optimizasyon yöntemleri kullanılarak sonuç elde edilmeye çalışılmaktadır.

Depo yer seçimi problemi bir organizasyonun lojistik ve tedarik zinciri yapısının temel yapı taşıdır. Bu nedenle doğru şekilde ele alınması ve planlanması önemlidir. Depo yer seçimi problemi oldukça sık karşılaşılan ve üzerinde çalışmalar yapılan bir konudur. Afet lojistiğinde de önemli yere sahiptir. Afet lojistiğinin ilk aşaması olan hazırlık aşamasında depo yönetiminin ilk temelidir. Bir deponun nereye ve hangi kriterler dahilinde yapılacağı afet anında ve sonrasında büyük önem taşımaktadır. Depo yer seçimi problemi ile deponun kurulacağı en doğru yerin neresi olacağı ÇKKV yöntemleri ile deterministik olarak bulunabilir ve afet sonrası ihtiyaç duyulduğunda kullanıma hazır olabilmektedir. Geçici afet depolarında ise durum afet sonrasında güvenli ve ulaşımı kolay bölgelere yerleştirilip afet süresinde ihtiyaçların karşılanmasını sağlamaktır (Tezcan, Alakaş, Özcan ve Eren,2023).

Yapılan çalışmada afet sonrasında, ilk anda ihtiyaç duyulan malzemelerin teminini kolaylaştıracak sistem geliştirilmek hedeflenmiştir. İhtiyaç duyulan malzemelerin ilk etapta tespit edilmesi, kategorilere ayrılması ve kategorisine göre depo seçimi yapılması da temel hedefler arasında yer almaktadır. Depoların nasıl olması gerektiğini, nerede ve hangi özelliklerde bulunması gerektiğini belirlemek önemlidir. Asıl amaç, kişilerin ihtiyaç duyduğu malzemeye kolaylıkla ulaşım istediğini istediği zaman alabilmesidir.

Çalışmada deprem risk oranı yüksek olan Bursa ili için uygulama yapılmıştır. Gerçekleştirilen literatür taraması sonucunda Bursa ilinde ilin afetselliği de dikkate alınarak afet lojistiği kapsamında depo yer seçim probleminin ele alındığı başka bir çalışmayla karşılaşılmamıştır. Çalışmada çok ölçütlü karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yönteminin kullanılmasının temel sebebi ise farklı alternatif ve kriterleri karşılaştırıp sıralama imkânı sunuyor olmasıdır. Geçici afet deponunun hangi ilçeye yapılabileceği ÇKKV yöntemlerinden olan AHP, PROMETHEE ve TOPSIS yöntemleri ile incelenmiştir. AHP yöntemi, literatürde karmaşık karar problemlerini basitleştirme, karşılaştırmalı değerlendirme, esneklik ve uyarlanabilirlik, tutarlılık kontrolü ve doğru sonuçlar elde etme gibi özellikleri nedeniyle sıkça kullanılmaktadır. Bu yöntemle, depo seçimi için gerekli kriterler

belirlenmiştir TOPSIS, ideal çözüme en yakın alternatifleri belirleyerek kolay ve objektif bir değerlendirme sunarak, hızlı ve anlaşılır sonuçlar elde edilmesini sağlar. PROMETHEE ise, alternatifler arasındaki tercihleri ve karşılaştırmaları daha esnek bir şekilde ele alarak tercih fonksiyonları kullanarak sıralamalar sunar. Bu nedenlerle çalışmada TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile depo yeri için uygun illerin sıralaması yapılmıştır.

2. LİTERATÜR / LİTERATURE REVIEW

Depo yer seçimi problemi üzerinde çalışılmış ve farklı örnekler kullanılmıştır. Yapılan literatürdeki çalışmalar incelenmiş ve özetlenmiştir.

Koçak ve Yavuz (2012), afet sonrası insani yardım malzemelerinin ihtiyaç sahiplerine ulaştırılması için havayollarını iyileştirme ve planlama önerileri vermişlerdir. Çağlar ve Kuşçuoğlu (2013), afet yönetimi tanımını yaparak işleyişine ve süreçlerine yer vererek insani yardım lojistiğini ortak konuda toplamışlardır. Tanyaş, Günalay, Aksoy ve Küçük (2013), İstanbul şehri için en büyük zarar verebilecek afet tehlikesini taşıyan deprem sonrası için bir lojistik yönetim modeli önerilmektedir. Model; taşımacılık, haberleşme, altyapı, depolama, kamu ve özel kuruluşlarla koordinasyon, enkaz kaldırma ve sağlık personel hizmetleri faaliyetlerini kapsamaktadır. Önerilen model İstanbul'un bir ilçesinde uygulanmışlardır. Önsüz ve Atalay (2015) çalışmalarında, afet lojistiğinin aşamalarını hazırlık, müdahale öncesi ve sonrası şeklinde açıklamışlardır, Ergin (2016), afet sonrası depo yeri seçimi problemi ele almıştır. Türkiye'de meydana gelecek afet durumunda, afetten etkilenenlerin en temel ihtiyaçlarının giderilmesi için gerekli olan malzeme ve ekipmanların tutulacağı yerlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Becerikliler (2017), Türkiye'deki afet ve afet lojistiği oluşumu dünya çapındaki örneklerle de yer verilerek analiz etmiş; lojistik ve tedarik zinciri, afet ve acil durumlar, devlet ve özel kurumlar, gönüllü vakıflar, bağış organizasyonları karşılaştırmıştır. Aydın, Ayvaz ve Küçükaşçı (2017), afet lojistiği kapsamında ihtiyaç noktalarına acil yardım malzemelerinin en kısa sürede ulaştırılmasını sağlayan afet lojistik depolarının yer seçimi problemi ele almışlardır. Ele alınan problem için iki aşamalı bütünsel bir model önerilmiştir. Önerilen model İstanbul ilinin Maltepe ilçesinin afet lojistik depolarının yer seçimi problemine uygulanmışlardır. Şen ve Esmer (2017), afet lojistiğinde, etkin bir planlama ile zarar görmüş ihtiyaç sahiplerinin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ihtiyaç duyulan her şeyin uygun zamanda uygun yere ve uygun kişilere ulaştırılması sürecinde örnek bir uygulama yapmıştır. Temur, Turgut, Yılmaz, Arslan ve Camcı (2018), deprem yaşandıktan sonra hayatta kalmış kişilerin, acil ihtiyaç duyulan temel insani malzemelere erişiminin en kısa zamanda temin edilebileceği bir planlama yapmaktır. Bu doğrultuda AHP yöntemi kullanılarak duyarlılık analizi yapmışlardır. Çoban (2019), afet yaşandıktan sonra iyileştirme çalışmalarının yararlı olabilmesi için afetten önce olabilecek bir afet bölgesi seçerek afet sonrası iyileştirme planlarını nasıl olabileceği usul ve esasları belirlemek ve iyileştirme planının taslağını ve hangi kuruluş tarafından yönetileceği üzerine bir çalışma yapmıştır. Ulugger (2021), tedarik zinciri planlamasının hem sivil toplum kuruluşlarında hem de kamu kurumlarında nasıl uygulandığı gözlemlenmiştir. Çalışma, ülkemizde afet yönetiminde görevli olan kurum ve kuruluşlarda bulunmuş katılımcılar ile nitel araştırma yöntemi ile veri toplayarak derinlemesine görüşme tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kalkan (2022), Türkiye aktif fay hatları bulunan bir ülkedir. Bu illerimizden biri Uşak'tır. Bu çalışmada olası afet anında toplanma alanlarının sayısı ve yeterlilikleri üzerine değerlendirme çalışması yapmıştır. Şipal (2023), ülkemizde yakın zamanda yaşamış olduğumuz son derece üzücü ve çok fazla kaybımız olduğu depremin genel incelenmesini, lojistik açısından yeterlilik ve koordinasyon çalışması yapmıştır. Meral, Kayalı, Kabay ve Avcı (2023), birçok afet riskiyle sürekli karşı karşıya kalmasından dolayı çalışmalarında Bingöl'ü uygulama ili olarak almışlardır. Japonya'da kullanılan politikalar örnek alınarak, yeşil alanların en çok kullanıldığı ve en çok ihtiyaç duyulan alanlar olduğu kanısına varılarak yeterlilik çalışması yapmışlardır. Tezcan, Alakaş, Özcan ve Eren (2023), deprem olmadan önce depoların konumu analitik yöntemlerle belirlenmelidir. Bu nedenle 43 ile bağlantısı olan Kırıkkale ilinde geçici depo yeri seçimi problemi ve araç rotalama problemleri yapılmıştır. ÇKKV yöntemleri kullanılarak bu çalışma ile ilgili sonuçlar elde etmişlerdir. Literatür taramasının toplu olarak gösterimi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Literatür Taraması

YAZAR	BAŞLIK	KONU	YÖNTEM
Koçak ve Yavuz (2012)	Havalimanlarının afetlere hazırlanması	Havayollarının iyileştirilmesi ve planlanması ile insani yardım malzemelerinin ihtiyaç sahiplerine ulaştırılması	Nitel Değerlendirme
Kuşçuoğlu ve Çağlar (2013)	İnsani yardım ve lojistik yönetimi	Afet yönetimi tanımı yapılarak, işleyişi ve süreçleri ile insani yardım lojistiği konuları	Nitel Değerlendirme
Tanyaş, Günelay, Aksoy ve Küçük (2013)	İstanbul ilinde olası deprem sonrası lojistik yönetimi üzerine bir çalışma	İstanbul'da deprem sonrası için önerilen lojistik yönetim modeli, taşımacılık, haberleşme, altyapı, depolama, kamu ve özel kuruluşlarla koordinasyon, enkaz kaldırma ve sağlık hizmetleri faaliyetlerini kapsamaktadır.	Nitel Değerlendirme
Önsüz ve Atalay (2015)	Afet lojistiği	Afet lojistiğinin aşamaları: hazırlık, müdahale öncesi ve sonrası.	Nitel Değerlendirme
Ergin (2016)	Afet lojistiğinde depo yeri seçim probleminin optimizasyon ve kümeleme teknikleri ile çözülmesi	Türkiye'de afet durumunda, afetten etkilenenlerin ihtiyaçlarının giderilmesi için malzeme ve ekipmanların tutulacağı yerlerin belirlenmesi.	Kümeleme Analizi
Becerikliler (2017)	Afet ve insani yardım lojistiği	Türkiye'deki afet lojistiği dünya çapındaki örneklerle karşılaştırılmış; lojistik ve tedarik zinciri, afet ve acil durumlar, devlet ve özel kurumlar, gönüllü vakıflar, bağış organizasyonları analiz edilmiştir.	Nitel Değerlendirme
Aydın, Ayvaz ve Küçükkaşçı (2017)	Afet yönetiminde lojistik depo seçimi problemi: maltepe ilçesi örneği	Afet lojistiği kapsamında ihtiyaç noktalarına acil yardım malzemelerinin ulaştırılmasını sağlayan afet lojistik depolarının yer seçimi problemi ve İstanbul Maltepe ilçesi örneği.	Küme kapsama modeli, p-medyan problemi
Şen, Esmer (2017)	Afet lojistiği: bir literatür taraması	Afet lojistiğinde ihtiyaç duyulan her şeyin uygun zamanda, uygun yere ve uygun kişilere ulaştırılması süreci ve örnek uygulama	Literatür taraması
Temur, Turgut, Yılmaz, Arslan ve Camcı (2018)	Deprem sonrası planlamaya yönelik Lojistik ağ tasarımı: Ümraniye bölgesinde farklı deprem senaryoları için bir uygulama	Deprem sonrası hayatta kalan kişilerin temel insani malzemelere erişiminin en kısa zamanda sağlanması için AHP yöntemi kullanılarak yapılan duyarlılık analizi.	AHP, P- medyan modeli
Çoban (2019)	Afet Sonrası İyileştirme Planı Hazırlanması	Afet sonrası iyileştirme planlarının taslağının ve yönetim esaslarının belirlenmesi üzerine çalışma.	Nitel Değerlendirme

Uluggergerli(2021)	Afet Tedarik Zinciri Yönetimi: Nitel Bir Araştırma	Tedarik zinciri planlamasının sivil toplum kuruluşlarında ve kamu kurumlarında nasıl uygulandığının gözlemlenmesi.	Nitel araştırma
Kalkan (2022)	Uşak Kentinde Belirlenen Afet ve Acil Durum Toplanma Alanlarının Yeterliklerinin Değerlendirilmesi	Türkiye'de olası afet anında toplanma alanlarının sayısı ve yeterliliklerinin değerlendirilmesi, Uşak ili örneği	Belirlenen kriterlere göre alternatif alanların değerlendirilmesi
Şipal(2023)	6 Şubat 2023 Depreminin Afet Yönetim ve Deprem Lojistiği Açısından Değerlendirilmesi	6 Şubat 2023 depremi genel incelemesi, lojistik açısından yeterlilik ve koordinasyon çalışması.	Nitel Değerlendirme
Meral, Kayalı, Kabay ve Avcı (2023)	Bingöl Kenti Açık Yeşil Alanlarının Doğal Afetlere Hazırlık Durumları ve Leke Senaryoları	Bingöl'deki afet yönetimi ve Japonya'da kullanılan politikaların örnek alınarak yeşil alanların kullanım yeterliliği çalışması	Anket, Senaryo Çalışmaları
Tezcan, Alakaş, Özcan ve Eren (2023)	Afet Sonrası Geçici Depo Yeri Seçimi ve Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması: Kırıkkale İlinde Bir Uygulama	Deprem öncesi depoların konumu ve araç rotalama problemleri, Kırıkkale ili örneği ve analitik yöntemlerle çözüm önerileri.	AHP, BAHP, TOPSIS, PROMETHEE, VIKOR

Gerçekleştirilen literatür analizi doğrultusunda depo yeri seçimi probleminde Bursa ili özelinde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bursa ili Marmara bölgesinde İstanbul dan sonra gelen en büyük en önemli şehirdir. Deprem riskinin de fazla olduğu Kuzey Anadolu Fay Hattında bulunan Gemlik körfezinin bulunduğu 7'nin üzerinde deprem üretme potansiyeline sahip fay hattının üzerinde bulunması nedeniyle çalışma da Bursa ili tercih edilmiştir. Çalışmada Bursa iline ait ilçeler ÇKKV yöntemleriyle belirlenen kriterlere göre değerlendirilerek bu il için uygun depo yeri seçilmiştir. Çalışmanın bu yönleriyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3. YÖNTEMLER / METHODS

Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV), tayin edilen alternatiflerin ve kriterlerin seçilme sınıflandırma, sıralama, eleme ve örneklendirme yaparak çoğunlukla ağırlıklandırarak, nitel özelliklerle değerlendirilebilen ve birbirleriyle uygun sayılarla değerlendirilmesidir Bu problemin çözümünde AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleri kullanılmıştır. AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edilmiş, TOPSIS uygulaması; yöntemin rahat olması ve nicel olgulara yardımcı olduğundan dolayı kullanılmıştır. Bir başka özelliği ise daha yalın olması sebebi ile alternatifler sıralanırken TOPSIS uygulaması kullanılmıştır. PROMETHEE uygulaması; karar vericiler probleme göre tercih fonksiyonu seçebilmeleri, kriterlerin önem ağırlıkları göz önüne alındığında maksimum-minimum değerlendirme açısından alternatiflerin sıralaması yapılırken seçilmiştir (Kütükçü ve Eren, 2017). Çalışmada etik kurul izni gerektiren veriler kullanılmamıştır.

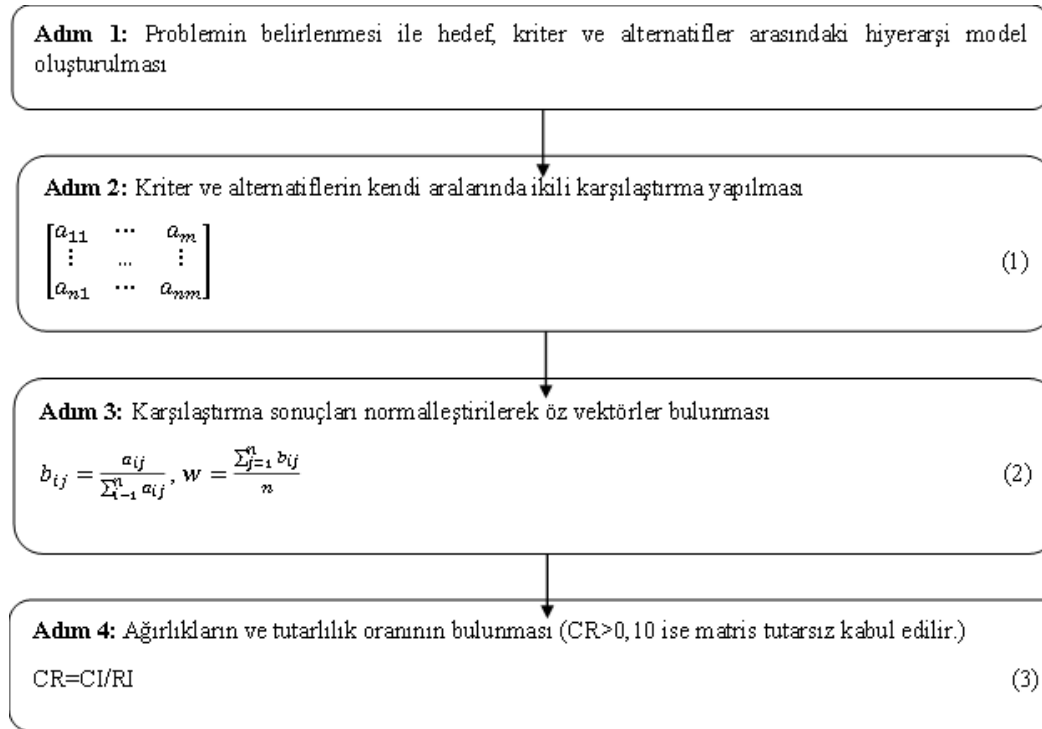
3.1 AHP

AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıklandırılması, alternatiflerin sıralanmasının yanı sıra kalite yönetimi doğrusal programlama gibi analitik yöntemlerle kullanımı yüksek literatürde uygulama alanı geniş birçok kriterli karar verme yöntemidir (Kütükçü ve Eren, 2017). Çalışmamızda olası bir deprem

sonrasında kurulacak olan depoların kriterleri ağırlıklandırılmıştır. Saaty (1980) tarafından geliştirilen bu yöntem ile kriterler belirli bir hiyerarşiye göre düzenlenmekte, ağırlıkları hesaplanmaktadır. Yöntem adımları aşağıda sunulmuştur.

Tablo 2: Saaty 1-9 Skalası

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit derecede önemli
3	Kısmen daha önemli
5	Çok daha önemli
7	Kuvvetli derecede önemli
9	Kesinlikle daha önemli
2,4,6,8	Ara değerler



Şekil: AHP adımları

Figure1: AHP steps

Tutarlılık indeksini (CI) hesaplamak için $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ denklemi kullanılmaktadır. Bu denklemde en büyük öz vektör değerini λ_{max} , matrisin eleman sayısı n harfine karşılık gelmektedir. CR (tutarlılık oranı) için ise, $CR = \frac{CI}{RI}$ işlemi kullanılır. Rassal indeks oranını RI olarak gösterilmektedir. RI değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

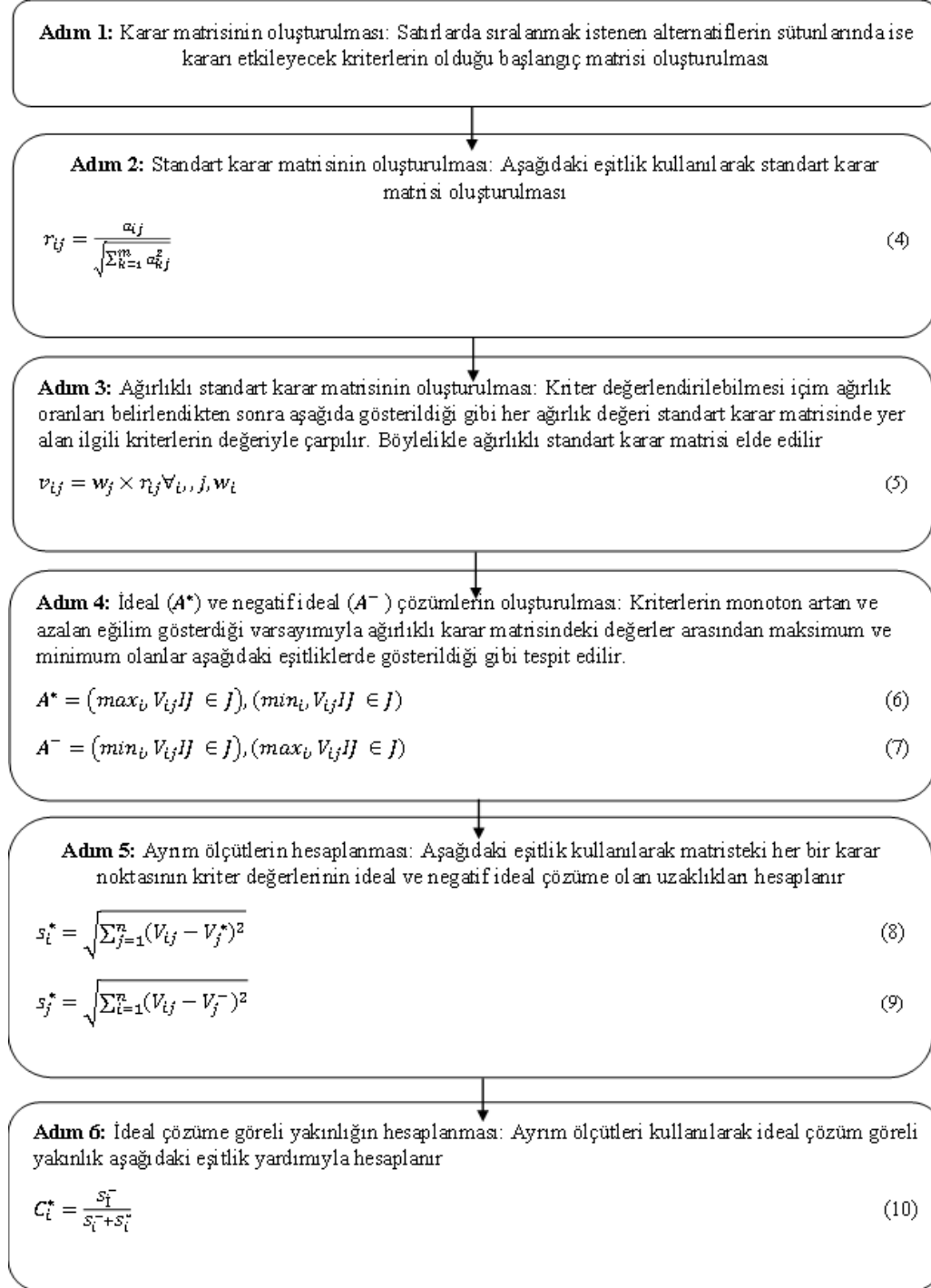
Tablo 3: RI Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	0

İkili karşılaştırma matrislerinde tutarlılık oranı 0,10'dan az olduğunda matris tutarlıdır (Kütükçü ve Eren, 2017)

3.2 TOPSIS

TOPSIS yöntemi; uygulamasının basit olması ve nicel ölçülerle desteklemesi nedeniyle tercih edilmiştir. Bununla beraber anlaşılır olmasından dolayı ile uzman kişilerin bu yöntemi kolay anlamasını çözümlemesini ve yorumlayıp belli bir sonuca varmasını sağlamaktadır. Yöntem adımları şekil 2 de sunulmuştur (Tezcan, vd.2023).



Şekil2: TOPSIS Adımları
Figure 2: TOPSIS Steps

3.3 PROMETHEE

PROMETHEE yöntemi; karar vericilerin problemin özelliklerini dikkate alarak tercih fonksiyonu seçebilmeleri ve kriterlerin önem derecelerine dikkat ederek maksimum-minimum değerlendirme yapabilmesi yönünden tercih edilmiştir (Asoğlu ve Eren,2018). Yöntemin adımları adım 1, adım 2 ve şekil 3 de sunulmuştur.

Adım 1: Her kriterin ağırlığı $w = (w_1, w_2, \dots, w_k)$ ve kriterlerin $c = (f_1, f_2, \dots, f_k)$ ile değerlendirmeye alınan alternatiflerin $A = (a, b, c, \dots)$ veri matrisi, Tablo 4'te verilmiştir.

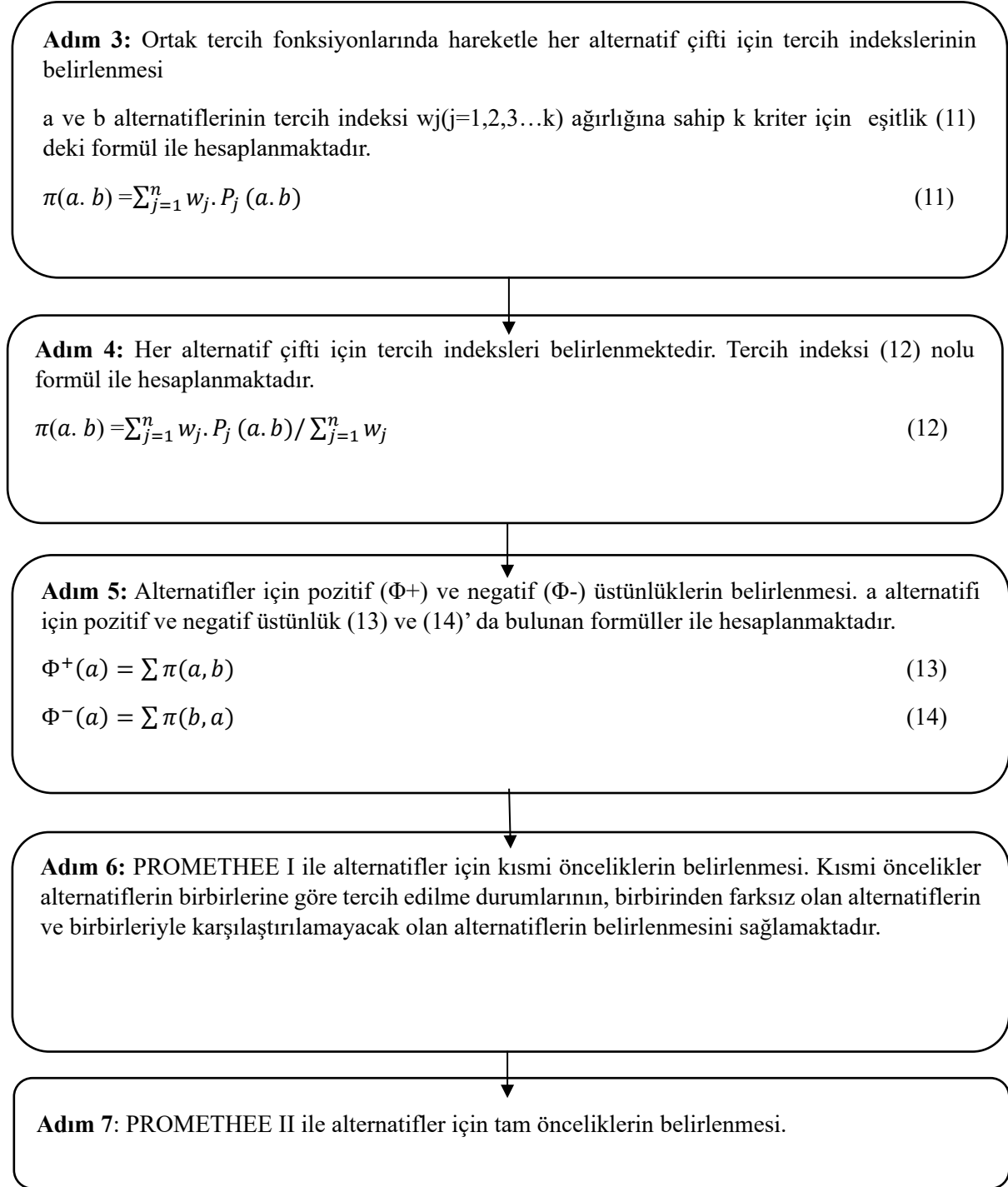
Tablo4: Veri Matrisi

	Değerlendirme faktörleri				
	f_1	f_2	f_3	f_k	
Karar	$f_1(A)$	$f_2(A)$	$f_3(A)$	$f_k(A)$	
Noktaları	$f_1(B)$	$f_2(B)$	$f_3(B)$	$f_k(B)$	
	$f_1(C)$	$f_2(C)$	$f_3(C)$	$f_k(C)$	
	
Ağırlıklar	w_i	w_1	w_2	w_3	w_k

Adım 2: Yöntemin uygulama adımında kullanılması için 6 farklı tercih fonksiyonundan biri tercih edilir. Bu 6 tercih fonksiyonu Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: PROMETHEE Yönteminde Kullanılan Fonksiyonlar

Tip	Parametreler	Fonksiyon
Birinci Tip (Olağan)	-	$P(x) = \begin{cases} 0 & \forall x \leq 0 \\ 1 & \forall x \geq 0 \end{cases}$
İkinci Tip (U-tipi)	l	$P(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 1 \\ 1 & x \geq 1 \end{cases}$
Üçüncü Tip (V-Tipi)	m	$P(x) = \begin{cases} \frac{x}{m} & x \leq m \\ 1 & x \geq m \end{cases}$
Dördüncü Tip (seviyeli)	q.p	$P(x) = \begin{cases} 0 & x \leq q \\ \frac{1}{2} & q \leq x \leq q + p \\ 1 & x > q + p \end{cases}$
Beşinci Tip (Lineer)	s.r	$P(x) = \begin{cases} 0 & x \leq q \\ \frac{(x-s)}{r} & s < x \leq s + r \\ 1 & x > q + p \end{cases}$
Altıncı Tip (Gaussian)	e	$P(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} & x \geq 0 \end{cases}$



Şekil 3: Promethee Adımları
Figure 3: Promethee Steps

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA / THE RESEARCH FINDINGS AND DISCUSSION

Çalışmada olması beklenen bir afet zamanında afetten etkilenenlerin temel ihtiyaçların sağlanabileceği afet lojistiğinde depo yer seçimine odaklanılmıştır. Bu çalışmada Bursa ilinde uygun depo konumlarının belirlenmesi ele alınmıştır.

Birinci aşamada, depo seçiminde kriterlerin oluşturulması, ikinci aşamada Bursa ilinin ilçeleri alternatif olarak belirlenmesi, üçüncü aşamada alternatiflerin kriterlere göre ağırlıklandırılarak aralarından en uygun konumun tespit edilmesi hedeflenmektedir.

4.1 Problem Tanımı

Uygulamada, afet yaşandıktan sonra görev yapacak geçici deponun uygulama yeri Bursa'dır. Bursa, deprem olması beklenen ve deprem olması halinde büyük yıkımlar olacağı düşünülen bir bölgedir. Dolayısıyla bu uygulama hem afetten etkilenenlerin temel ihtiyaçlarının giderilmesi hem de ülke ekonomisi için önem arz eder. Bu hususlar göz önüne alınarak geçici depo yeri seçilmiştir. Geçici depo yer seçim probleminde Bursa ilinin 17 ilçesi arasından uygun konumun belirlenmesini ele alınmıştır. Uygun ilçede geçici deponun hangi lokasyonda görev alacağını bulabilmek için yer seçimi problemine yoğunlaşmıştır.

4.2 Alternatif ve Kriterlerin Belirlenmesi

Bursa'nın jeolojik yapısı göz önüne alındığında, olması beklenen bir afet durumunda bütün ilçeleri etkileyebileceği için Osmangazi, Nilüfer, Yıldırım, Mudanya, Gemlik, İnegöl, Büyükşehir, Gürsu, Kestel, Harmanlık, Yenişehir, İznik, Karacabey, Keles, Mustafakemalpaşa, Orhaneli, Orhangazi ilçeleri alternatif olarak seçilmiştir. Kriterler tespit edilirken literatürdeki araştırmalar göz önüne alınarak saptanmıştır. Ana kriterler; ulaşım ağı ve erişilebilirlik, teknoloji, iletişim, alt yapı, güvenlik, kapasite, nüfus, arazi ve eğitimidir. Kriterlerin kapsamı Tablo 6'da açıklanmış, alternatifler Tablo 7 de belirtilmiştir.

Tablo 6: Kriter Kapsamları

KRİTERLER	AÇIKLAMA
Ulaşım Ağı ve Erişilebilirlik	Depoya ulaşım kolaylığı ve depodaki malzemelerin afetzedelere kolay ulaşım olması için planlama yapılmalıdır.
Teknoloji	Bölgenin teknolojik anlamda yeterli olmasıdır.
İletişim	İletişim araçları olan telefon internet gibi araçların yeterli seviyede olmalıdır.
Altyapı	Belediye hizmetleri olan su, elektrik, doğalgaz ve kanalizasyon yapısı yenilenmiş gelişmiş olmalıdır.
Güvenlik	Afet sonrası bölge güvenliği sağlanmalıdır.
Kapasite	Deponun kapasitesi afetten etkilenenlere yeterli olmalıdır.
Nüfus	Afetten etkilenebilecek afetzedelerin sayısı nüfus yoğunluğuna göre fazla olma olasılığı yüksektir.
Arazi maliyeti	Kurulacak deponun maliyeti kamulaştırması için gereken maliyettir.
Eğitim	Afet bilinci kazanmış nüfusun olmasıdır.

Tablo 7: Alternatif Olarak Seçilen Bursa İlçeleri

Osmangazi	Nilüfer	Yıldırım	Kestel
Keles	Gürsu	Mustafakemalpaşa	Harmanlık
Orhangazi	Orhaneli	Gemlik	İnegöl
Mudanya	Karacabey	Yenişehir	Büyükorhan
İznik			

4.3 Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Bursa şehrinde olması beklenen bir afet yaşandıktan sonra afetten etkilenenlerin temel ihtiyaçlarının sağlanması için geçici depo yeri seçim problemi kullanılmıştır. Bu problem için kriterler tespit edilmiş,

AHP yöntem adımları kullanılmıştır. Kriterlerin hiyerarşik şeması yapıldıktan sonra Saaty'in 1-9 skalası kullanılarak ilerlenmiştir. Kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Bu oluşturulan karşılaştırma matrisi Tablo 8 de belirtilmiştir.

Tablo 8: AHP yöntemi ile kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Ulaşım	Teknoloji	İletişim	Altyapı	Güvenlik	Kapasite	Nüfus	Arazi	Eğitim
Ulaşım Ağı ve Erişilebilirlik	1	5	5	5	7	7	7	7	7
Teknoloji	1/5	1	5	5	1/5	5	5	5	5
İletişim	1/5	1/5	1	5	1/5	3	5	7	5
Alt Yapı	1/5	1/5	1/5	1	1/5	5	5	5	5
Güvenlik	1/7	5	5	5	1	3	7	5	9
Kapasite	1/7	1/5	1/3	1/5	1/3	1	3	3	1/5
Nüfus	1/7	1/5	1/5	1/5	1/7	1/3	1	3	1/9
Arazi Maliyeti	1/7	1/5	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1	1/7
Eğitim	1/7	1/5	1/5	1/5	1/9	5	9	7	1

Saaty skalası ile ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Eğer CR değeri AHP yöntemi sonucunda matris tutarlılığı $CR < 0.1$ ise ikili karşılaştırma matrisinin problem için tutarlı olduğu kanısına varılır. Denge oluşturulmaması halinde, ikili karşılaştırma matrisine yeniden bakarak ve matristeki değerler değiştirilerek işlemlerin yeniden yapılması gerekmektedir. Çalışma sonucunda kriterlerin ağırlıkları Tablo 9 da belirtilmiştir.

Tablo 9: Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Sonuç
Ulaşım Ağı ve Erişilebilirlik	0,321064
Teknoloji	0,140983
İletişim	0,105347
Alt Yapı	0,082077
Güvenlik	0,195592
Kapasite	0,03587
Nüfus	0,024697
Arazi Maliyeti	0,018193
Eğitim	0,076176

Tutarlılık oranı 0,09 olarak bulunmuştur. Buradan oluşturulan karşılaştırma matrisi tutarlıdır. En yüksek değere sahip kriter en önemli kriter olarak seçilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre 0,321064 değeri ile birinci öncelikli kriter ulaşım ağı ve erişilebilirlik kriteridir. Çıkan sonuç düşünüldüğünde afet anında o bölgeye ulaşım en önemli önceliklidir. Afet anında afet bölgesinde zaman çok önemlidir. Ulaşım ağı eğer elverişli olursa bu da kurtarma ve yardım çalışmalarından zamandan kazanılmasını sağlar. Bu da çıkan sonucun tutarlılığını gösterir.

4.5 Alternatiflerin Sıralanması

Bursa şehrinde geçici depo yeri seçim probleminde ilk olarak tüm ilçeler tercih edilmiştir. AHP yönteminde elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Gerçek hayatla tutarlı çözümler elde etmek için, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri uygulanarak ilçelerin sıralanması amaçlanmıştır. TOPSIS, PROMETHEE kullanılan karar matrisi Tablo 10 da verilmiştir.

Tablo 10: Karar Matrisi

Kriterler/Alternatifler	Ulaşım Ağı ve Erişilebilirlik	Teknoloji	İletişim	Alt Yapı	Güvenlik	Kapasite	Nüfus	Arazi Maliyeti	Eğitim
Osmangazi	9	8	8	8	8	8	10	8	7
Nilüfer	10	9	9	9	10	9	9	10	8
Yıldırım	9	8	7	7	7	8	8	8	8
Kestel	8	8	8	8	8	7	7	7	7
Gürsu	8	8	7	7	8	7	7	8	7
Gemlik	8	8	8	8	8	7	8	7	8
Büyükorhan	5	6	6	6	6	6	5	5	5
Harmancık	5	6	6	6	6	6	4	5	5
Orhaneli	6	6	6	6	6	6	5	5	5
Orhangazi	7	7	7	7	7	7	7	7	7
İnegöl	8	7	7	7	7	7	8	8	8
İznik	6	6	6	6	6	6	6	7	7
Karacabey	7	6	7	6	7	6	6	6	7
Mudanya	6	7	7	6	8	7	7	8	8
Mustafakemalpaşa	7	6	6	7	7	6	7	7	7
Yenişehir	8	7	7	7	6	7	6	6	6
Keles	6	6	6	6	6	6	5	6	6

AHP kriter ağırlıkları öncelikle TOPSIS yönteminde uygulanmıştır. Devamında standart karar matrisi elde edilmiştir. Bu matrise normalizasyon işlemi yapıldıktan sonra ideal pozitif ve ideal negatif çözümler göz önüne alınarak karar merkezlerinden ideal çözüme yakınlıklar elde edilmiştir. Sonuç kısmında, olması beklenen ideal çözümün göreceli yakınlık değerleri elde edilmiştir. Alternatiflerin sıralaması Tablo 11’de verilmiştir. Tabloya bakıldığında en iyi lokasyonun nilüfer ilçesi en kötü lokasyonunda Harmancık olduğu izlenmiştir. Nilüfer’in ulaşım ağı ve erişilebilirlik özellikleri dikkate alındığında tutarlı bir sonuca varılmıştır.

Tablo 11: Alternatif Sıralaması

	Si+	Si-	Ci*	Sıra
Nilüfer	0,000215	0,015591	0,986413	1
Osmangazi	0,004539	0,01159	0,718566	2
Yıldırım	0,006448	0,010934	0,629064	3
Gemlik	0,006419	0,009351	0,592974	4
Kestel	0,00647	0,009218	0,587569	5
Gürsu	0,007064	0,008772	0,553924	6
İnegöl	0,007893	0,008461	0,517351	7
Yenişehir	0,009119	0,008048	0,468817	8
Orhangazi	0,009856	0,005909	0,374803	9
Karacabey	0,010029	0,005833	0,367743	10
Mustafakemalpaşa	0,010428	0,005709	0,353784	11
Mudanya	0,011562	0,004909	0,298021	12
İznik	0,013324	0,00297	0,182257	13
Keles	0,013302	0,002794	0,173591	14
Orhaneli	0,013482	0,002619	0,162666	15
Büyükorhan	0,015591	0,000215	0,013587	16
Harmancık	0,015607	0	0	17

Sonraki aşamamız olan PROMETHEE yöntemi ile sıralama elde edilmiştir. Problemin çözümlendirilmesinde Visual PROMETHEE uygulaması kullanılmıştır. Bu programda, tercih fonksiyonu olarak olağan fonksiyonu kullanılmış, skala başlığı ise mutlak olarak seçilmiştir. Tablo 12’ye bakıldığında en iyi sonucun nilüfer ilçesine aitken en kötü sonucun ise Harmancık ilçesine ait olduğu görülmüştür.

Tablo 12: PROMETHEE Göre Alternatif Sıralaması

	Action	Phi	Phi+	Phi-
1	Nilüfer	0,7361	0,8542	0,1181
2	Osmangazi	0,5278	0,6806	0,1528
3	Gemlik	0,5278	0,6528	0,125
4	Kestel	0,3889	0,5694	0,1806
5	Yıldırım	0,3681	0,5764	0,2083
6	İnegöl	0,1944	0,4653	0,2708
7	Gürsu	0,1875	0,4444	0,2569
8	Orhangazi	0,0694	0,3958	0,3264
9	Mudanya	0,0139	0,3681	0,3542
10	Yenişehir	-0,0139	0,375	0,3889
11	Karacabey	-0,1944	0,2639	0,4583
12	Mustafakemalpaşa	-0,1944	0,2569	0,4514
13	İznik	-0,4653	0,1181	0,5833
14	Orhaneli	-0,5069	0,1181	0,625
15	Keles	-0,5139	0,1181	0,6319
16	Büyükorhan	-0,5486	0,1042	0,6528
17	Harmancık	-0,5764	0,0972	0,6736

Uygulanmış olan bu iki yöntemin sonucunda en iyi lokasyonun Nilüfer ilçesi olduğu tespit edilmiştir. Nilüfer'in zemini, konumu, ulaşımı göz önüne alındığında tutarlı bir sonuca varılmıştır. Dolayısıyla Nilüfer'de kurulacak olan geçici depo ile afetten etkilenenlerin temel ihtiyaçlarının kolaylıkla sağlanabileceği tespit edilmiştir.

5.SONUÇ / RESULTS

Çalışmada, Türkiye'de deprem potansiyeli olan şehirlerden birisi olan Bursa ili için uygulama gerçekleştirilmiştir. Bursa ili Marmara bölgesinde bulunması ve sanayinin lokomotif şehirlerinden biri olması ile de önemli bir yere sahip olan bir ildir. Ayrıca Marmara bölgesini Anadolu'ya bağlayan ulaşım ağlarının merkezidir. Bu nedenle Bursa lojistik anlamında büyük öneme sahiptir. Bu ilde meydana gelebilecek bir afet ciddi sorunlara sebep olabilecek düzeydedir. Bu nedenlerle dolayı seçilmiş olan uygulama ilinde konumlandırılacak geçici deponun ideal yerinin seçim problemi ele alınmıştır. Problemin çözümünde ÇKKV yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Gerçekleştirilen analiz, değerlendirme ve araştırma adımlarında tercih edilen kriterlerin ağırlıklandırılması çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP, alternatiflerin sıralama ve uygun lokasyonun elde edilmesi TOPSIS ve PROMETHEE uygulanması ile elde edilmiştir.

Çalışmada geçici depo yeri seçimi probleminde ilk aşamada Bursa da kurulacak olan geçici depo için 9 tane kriter belirlenmiştir. Alternatifler olarak da Bursa'nın 17 ilçesi belirlenmiştir. Belirlenen kriter ve alternatiflerin çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözümlenmesi sonucu sıralamalar tespit edilmiştir. Ortaya çıkan sıralama sonuçları bakıldığında en iyi lokasyonun Nilüfer beldesi olduğu görülmüştür. Nilüfer beldesinin seçilmesinin nedeni konumu, zemini, ulaşımın rahat olması gibi avantajlardan dolayı tutarlıdır.

Çalışmanın literatüre asıl katkısı, Bursa da afet sonrası hizmet verecek olan geçici depo için uygun konumunu belirlemektir. Daha önce Bursa ilinde afet lojistiğinde depo yer seçimi yapılmamış olmaması bir sonraki çalışmalar için yol gösterici nitelikte olacağı düşünülmektedir. Ülkemizde afet lojistiği konusunda çeşitli şehirlerde yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Meral, Kayalı, Kabay ve Avcı (2023) Bingöl ili için, Tanyaş, Günalay, Aksoy ve Küçük (2013) İstanbul için, Tezcan, Alakaş, Özcan ve Eren (2023) Kırıkkale için ve Kalkan (2022) Uşak şehri için bu alanda çalışmalar yapmışlardır. Uşak

ve Bingöl'de afet sonrası, toplanma alanları için yeşil alanlar ne kadar yeterli olduğunun araştırması, İstanbul'da depo yerlerinin uygunluğunun ölçülmesi, Kırıkkale'de yer seçimi ve araç rotalama üzerine çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Ancak incelenen literatür kapsamında Bursa ilinde depo yeri seçimi için ele alınmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca Bursa'da depo yeri seçiminde afet durumu da göz önüne alınarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Detaylı olarak bakıldığında bu çalışma ile sunulanlar sonucunda, afet yaşandıktan sonra yapılan planlar konusunda daha geniş uygulamaların gerçekleştirilmesi hem uygulamacılara hem de literatür çalışmasına katkı sağlayacaktır. Çalışmada yer alan problem Bursa ilini kapsamaktadır. Bu sebeple ilde yer alan ilçeler dikkate alınmıştır. Belirlenen ilçelerin özellikleri uzman görüşü ve literatür araştırması sonucunda oluşturulan kriterler dahilinde değerlendirilmiştir. Dolayısıyla belirlenen kriterler, alternatifler, ilin afet durumu gibi probleme özgü olan veriler problemin kısıtlarını oluşturmaktadır. İleriki çalışmalarda problem kriter ve alternatif kısıtları değiştirilerek başka iller için de değerlendirmeler gerçekleştirilebilir. . Bu doğrultuda Bursa'nın kritik öneme sahip olması gibi diğer illerde de afetten sonra görev alacak depoların seçimi değerlendirmeye alınabilir. Yapılacak olan depolarda saklanması gereken malzemeler ve personel seçimi problemlerine odaklanılabilir. Yöntem olarak yapay zekâ teknikleri ve çok kriterli karar verme yöntemleri gelecekte yapılacak çalışmalarda tercih edilebilir.

6.TEŞEKKÜR / ACKNOWLEDGEMENT

Bu çalışma 1919B012312436 numaralı 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destek Projesi kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Ağdaş, Ö., Bali, O., & Ballı, H., 2014. Afet Lojistiği Kapsamında Dağıtım Merkezi İçin Yer Seçimi: Smaa-2 Tekniği ile Bir Uygulama. *Beykoz Akademi Dergisi*, 2(1), 75-95.
- Asoğlu, İ., & Eren, T.,2018. AHP, TOPSIS, PROMETHEE Yöntemleri ile Bir İşletme İçin Kargo Şirketi Seçimi. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(16), 102-122.
- Aydın, H., Ayvaz, B., Küçükaşçı, E., & Ş.,2017. Afet Yönetiminde Lojistik Depo Seçimi Problemi: Maltepe İlçesi Örneği. *Yasar University Journal*, 12(Özel Sayı), 1-13.
- Bayram, B., & Eren, T., 2023. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Afet Sonrası Geçici Depo Yeri Seçimi. *Acil Yardım ve Afet Bilimi Dergisi*, 3(2), 22-30.
- Becerikliler, U.,2017, Afet ve İnsani Yardım Lojistiği (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Maltepe Üniversitesi)
- Bostan, S., & Yaman Yüce, M.,2021. Ayvacık Depremi Üzerinden Afet Lojistiği Konusunda Uzman Görüşleri. *İşletme Bilimi Dergisi*, 9(3), 519-541.
- Çoban, H. 2019. Afet Sonrası İyileştirme Planı Hazırlanması. *Resilience*, 3(2), 239-246.
- Derse, O., 2022. Dematel Tabanlı Topsis Yöntemi ve Küme Kapsama Modeli İle Afet Lojistiği İçin Depo Yeri Seçimi: Ege Bölgesi Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 702-713.
- Durdağ, C., Ergenecoşar, S., Kınık, Z., Yılmaz, K. K.,2021. Afet Bakış Açısıyla Lojistik Depo Yeri Seçimi: İstanbul Beykoz İlçesi Üzerine Bir Uygulama. *Beykoz Akademi Dergisi*, 9(1), 98-107.
- Ergin, C., 2016. Afet Lojistiğinde Depo Yeri Seçim Probleminin Optimizasyon Ve Kümeleme Teknikleri İle Çözülmesi [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Ergün, M., Korucuk, S., & Memiş, S., 2020. Sürdürülebilir Afet Lojistiğine Yönelik İdeal Afet Depo Yeri Seçimi: Giresun İli Örneği. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 144-165.
- Fırat, S., & Dabak, R.,2023. Afetlerde Yardım Malzemeleri Ulaştırmasında İnsansız Hava Aracı Kullanımı. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 7(Özel Sayı), 35-58
- Genç, E., & Atabey, A., 2023. Sel felaketi sırasında afet lojistiği yönetimi kapsamında temel başarı etkenleri: Bartın ili üzerine bir değerlendirme. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(47), 805-829.
- Herdem, K., 2011. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminin Türkiye'deki Kriz Yönetimi Anlayışı Üzerinde Oluşturduğu Değişiklikler. *Amme İdaresi Dergisi*, 44(2), 147-166.

- Kalkan, M., 2022. Uşak Kentinde Belirlenen Afet ve Acil Durum Toplanma Alanlarının Yeterliklerinin Değerlendirilmesi. *Resilience*, 6(2), 269-285.
- Koçak, H., Yavuz, Ö., 2012, Havalimanlarının Afetlere Hazırlanması, *Türk Hava Kurumu Üniversitesi*,130-136
- Köse Küçük, M., & Çavdur, F., 2018. Afet Sonrası Yardım Malzemesi Dağıtımını İçin Rota Üretme-Elemente Algoritması ve Tamsayı Programlama Kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(4).
- Kuşçuoğlu, M., & Çağlar, B., 2013. İnsani yardım ve lojistik yönetimi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (29), 45-52.
- Kütükçü, A. Z., & Eren, T., 2017. Acil Durum Haberleşmesinde Kullanılan El Telsizi'nin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Seçilmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 183-203.
- M Tanyaş, Y Günalay, L Aksoy, B Küçük,2013, İstanbul İlinde Olası Deprem Sonrası Lojistik Yönetimi Üzerine Bir Çalışma, *Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*,16-18
- Meral, A., Kayalı, R., Kabay, Y., & Avcı, Y. E.,2023. Bingöl Kenti Açık Yeşil Alanlarının Doğal Afetlere Hazırlık Durumları ve Leke Senaryoları. *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(1), 58-72.
- Oral, N., Yumuşak, R., & Eren, T.,2021. AHP ve ANP Yöntemleriyle Tehlikeli Madde Depo Yeri Seçimi: Kırıkkale İlinde Bir Uygulama. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 115-124.
- Oyanık, M., & Cengiz, E.,2020. Afet Bilinci ve Kader İlişkisi: Gümüşhane Örneği. *The Journal of International Scientific Researches*, 5(Ek), 87-101.
- Önsüz M, Atalay B. 2016, Afet Lojistiği. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 37(3):1-6.
- Peker, İ., Korucuk, S., Ulutaş, Ş., Sayın Okatan, B., et al.,2016. Afet Lojistiği Kapsamında En Uygun Dağıtım Merkez Yerinin AHS-VIKOR Bütünleşik Yöntemi İle Belirlenmesi: Erzincan İli Örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 14(1), 82-103.
- Pektaş, P.,2012. İlçe Bazında Afet Lojistiği: Başakşehir Uygulaması (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul).
- Şen, G., & Esmer, S. 2017. Afet Lojistiği: Bir Literatür Taraması. *The International New Issues in Social Sciences*, 5(5), 231-250.
- Şipal, Y. Z.,2023. 6 Şubat 2023 Depremin Afet Yönetim ve Deprem Lojistiği Açısından Değerlendirilmesi. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 8(2), 821-825.
- Tanyaş, M.,2012. Lojistik Yönetimi Ders Notları. İstanbul.
- Taşkıran, G.,2015. Bir Kamu Üniversitesi Hastanesinde Çalışan Hemşirelerin Afetlere Hazır Oluşluluk Durumları (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Tezcan, B., Alakaş, H. M., Özcan, E., & Eren, T.,2023. Afet Sonrası Geçici Depo Yeri Seçimi ve Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması: Kırıkkale İlinde Bir Uygulama. *Politeknik Dergisi*, 26(1), 13-27.
- Tezcan, B., Avşar Özcan, N., Özcan, E., & Eren, T.,2020. Deprem Sonrası Mobil Hizmet Tesisi Seçim Problemi İçin Çok Kriterli Bir Karar Modeli Önerisi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(2), 753-763.
- Tekin Temur, G., Turgut, Y., Yılmaz, A., Arslan, Ş., vd. 2019. Deprem sonrası planlamaya yönelik lojistik ağ tasarımı: Ümraniye bölgesinde farklı deprem senaryoları için bir uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(1), 98-105
- Turgut, Z. N., Danişan, T., & Eren, T.,2020. Spor Yapanlar için En Uygun Akıllı Saatin AHP ve PROMETHEE Yöntemleri İle Seçimi. *Uluslararası Beden Eğitimi Spor Ve Teknolojileri Dergisi*, 1(2), 1-11.
- Ulugergerli, F. G. 2021. Afet Tedarik Zinciri Yönetimi: Nitel Bir Araştırma. *Resilience*, 5(1), 1-20.
- Yıldız, M.,2000. İlköğretim Okullarındaki Öğretmenlerin Deprem Öncesinde ve Deprem Sonrası Öğrenme ve Öğretme Başarıları İle Deprem Sonrası Oluşabilecek Değişiklikler (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü)



Evaluating Disaster Literacy And Individual Disaster Resistance Among Municipal Employees*

Belediye Çalışanlarında Afet Okuryazarlığı ve Bireysel Afet Direncinin Değerlendirilmesi

Mine TEPETAŞ^{1*}, Didem ARSLANTAŞ¹, Ezgi YÜCEL¹,

Zehra AKDAĞ², Alaettin ÜNSAL^{1*}

ORCID 0000-0003-4747-7220

ORCID 0000-0002-5263-3710

ORCID 0000-0001-9359-3877

ORCID 0009-0005-7573-2913

ORCID 0000-0001-8353-1605

¹Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Medicine, Department of Public Health, Eskişehir, Türkiye

²Ankara Etlik City Hospital, Department of Psychiatry, Ankara, Türkiye

Öne Çıkanlar / Highlights

- Afetlerde okuryazarlık ve bireysel dirençlilik
- Belediye çalışanlarında afet okuryazarlığının değerlendirilmesi
- Belediye çalışanlarında bireysel afet direncinin değerlendirilmesi
- Literacy and individual resilience in disasters
- Assessment of disaster literacy among municipal employees
- Assessment of individual disaster resilience among municipal employees



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:

16/05/2024

Kabul / Accepted:

19/07/2024

Anahtar Kelimeler

Afet, okuryazarlık, afet direnci, belediye çalışanları

Keywords

Disaster, literacy, disaster resilience, municipal employees

Özet

Türkiye, pek çok afetle karşılaşan bir ülkedir. Afet okuryazarlığının yüksek olması ve bireysel olarak afetlere dirençli olmak bireylerin ve toplumun sağlığı, gelişimi, psikolojik ve ekonomik zararların önlenmesi için önemlidir. Afetlerin olduğu bölgelerde kamu hizmeti sunan en yakın birimler olan belediyeler afet planlama çalışmalarını da yürütürler. Literatürde özellikle afetlere müdahalede ön planda görev alan belediye çalışanlarının afet okuryazarlığı ve afet dirençliliğini değerlendiren bir çalışmaya rastlanamamıştır. Çalışmamızın amacı belediye çalışanlarının afet okuryazarlığı ve bireysel afet dirençlilik düzeylerini belirlemek ve afet okuryazarlığı ile ilişkili olabilecek faktörleri değerlendirmektir. Bu kesitsel çalışma Odunpazarı Belediyesi çalışanları arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubu 636 belediye çalışanından oluşmaktadır. Çalışmamızda Afet Okuryazarlığı Ölçeği ve Bireysel Afet Direnci Ölçeği kullanılmıştır. Afet Okuryazarlığı Ölçeği skorları ortalama $210,2 \pm 42,8$ puandır. Belediye çalışanlarının Afet Okuryazarlığı Ölçeği'nden aldıkları puanlar ile Bireysel Afet Direnci Ölçeği'nden aldıkları puanlar arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğu bulunmuştur. Eskişehir Odunpazarı Belediyesi çalışanlarının afet okuryazarlığı ve bireysel afet direncinin orta düzeyde olduğu söylenebilir. Afet okuryazarlığının öğrenim düzeyi, bölgelerindeki afet risklerini ve toplanma yerlerini bilme, olası afetlere karşı hazırlıklı hissetme ve bireysel afet dirençliliği ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Afetlerde ön planda görev

alan belediye personelinin afet okuryazarlığı ve bireysel afet direncini üst seviyelere çıkarmak bireyleri ve toplumu koruma için önem arz etmektedir. Bu amaçla personele afet ile ilgili konularda düzenlenen hizmet içi eğitimler artırılmalıdır.

Abstract

Türkiye faces many disasters. High levels of disaster literacy and individual disaster resilience are important for the health and development of individuals and society and for the prevention of psychological and economic damages. Municipalities, which are the closest units providing public services in disaster-prone regions, also carry out disaster planning activities. There is no study in the literature that assesses the disaster literacy and resilience of municipal employees who are at the forefront of disaster response. The aim of our study was to determine the disaster literacy and individual disaster resilience levels of community workers and to assess the factors that may be associated with disaster literacy. This cross-sectional study was conducted among 636 employees of Odunpazarı Municipality. Disaster literacy and individual disaster resilience scales were used in our study. The mean Disaster Literacy Scale score was 210.2 ± 42.8 points. It was found that there was a moderate positive relationship between the Disaster Literacy Scale scores of the municipal employees and their scores on the Individual Disaster Resilience Scale. It can be said that the disaster literacy and individual disaster resilience of the employees of Eskişehir Odunpazarı Municipality are at a moderate level. Disaster literacy was found to be related to education level, knowledge of disaster risks and gathering places in their regions, feeling prepared for possible disasters and individual disaster resilience. It is important to raise the level of disaster literacy and individual disaster resilience of local government personnel, who are on the front line of disasters, in order to protect individuals and society. To this end, in-service training on disaster-related issues should be increased.

1. INTRODUCTION

A disaster is defined as a severe alteration in the normal functioning of a community or society due to hazardous physical events interacting with vulnerable social conditions, leading to widespread adverse effects on human, material, economic, or environmental factors that require immediate emergency response to satisfy critical human needs and that may require external support for recovery. (United Nations Department of Humanitarian Affairs 1992). According to The Emergency Events Database (EM-DAT) disasters can be divided into two categories: natural and technological hazards. These disasters can be divided into technological disasters (industrial and transportation accidents) and natural disasters (geophysical, meteorological, hydrological, climatological, biological, and extraterrestrial) (The Emergency Events Database (EM-DAT) 2014). There are also studies in the literature that divide disasters into sudden and slow onset disasters, or into natural, man-made, and hybrid disasters (Van Wassenhove, 2006; Shaluf, I.M, 2007). Throughout history, disasters have caused numerous negative impacts, including death, injury, physical and psychological loss, environmental damage, and sociological problems in living spaces. It is important to realise that disasters have no bias and can strike anyone, anywhere, at any time (Bayram and Güler 2016). In 2023, there were 1097 disasters worldwide, of which 796 were natural and 301 technological. These disasters resulted in 169,763 deaths, affected over 262 million people and caused economic losses of over 326 billion dollars. The disasters that claimed the most lives were heat/cold waves and earthquakes. Other disasters included in order of fatalities storms, floods, accidents, epidemics, landslides/avalanches, fires and volcanic activity (The Emergency Events Database (EM-DAT) 2023).

Türkiye is prone to natural disasters due to its geological and topographical structure. In addition, there is a risk of man-made disasters such as fire, terrorism, chemical, biological, and industrial events (T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı 2018). Türkiye ranks sixth in the world in the frequency of earthquakes, third in the annual number of deaths due to disaster-related reasons, and fourth in the annual number of deaths due to exposure to disasters (Işık et al. 2012). According to the International Emergency Database (EM-DAT), Türkiye experienced a total of fourteen disasters in 2023, eleven of which were natural and three of which were technological. The most common disasters were earthquakes and floods, followed by accidents and storms. The earthquake that occurred in

Kahramanmaraş on February 6, 2023, which affected 11 provinces, claims the most lives in Türkiye's history (The Emergency Events Database (EM-DAT) 2023).

The significance attached to disasters by different countries varies according to their geographical, political and economic conditions. However, disaster risk reduction is of vital importance to many nations (Kitagawa, 2015). Disaster risk reduction is a top priority worldwide. Therefore, disaster training is of great importance for both countries and individuals. It is of the utmost importance that individuals are informed and well educated about potential disasters in order to prevent catastrophic consequences that threaten the lives of many people (Tsai, Chang, Shiau, & Wang, 2020). A disaster-aware, informed, and prepared life is essential for protection against disaster damage.

Attitudes and behavior toward disasters can significantly influence the extent of damage caused. To enhance disaster literacy, it is imperative to equip individuals with information about the nature and consequences of disasters, facilitate access to pertinent resources, raise awareness, and disseminate knowledge to those who possess expertise in disaster management (Kuzucuoğlu & Şeşen, 2020). Disaster literacy encompasses the knowledge, attitudes, and behaviors essential for responding to and assessing disasters in a manner that ensures survival. Disaster literacy equips individuals with the requisite skills and knowledge in the domains of disaster prevention, risk reduction, preparedness, intervention, recovery, planning, and implementation (Sözcü & Aydınözü, 2019).

Individual disaster resilience is a dynamic process that can be observed in people who have the ability to adapt and learn in the face of disasters so that they can recover and maintain their ability to function (Boon 2014). In societies with high individual disaster resilience, the first goal is not to return to the pre-disaster situation, but to achieve a more viable or sustainable equilibrium (Rivera and Kapucu 2015). Individuals must be resilient to disasters in the interests of themselves and society. Disaster resilient people are expected to effectively prevent psychological and economic damage. To increase individual resilience, people need to be aware of the dangers in their environment, take responsibility, and be informed about risks in advance of disasters (Boon et al. 2012).

In order to be adequately protected from disasters, it is of the utmost importance to be fully aware of the potential effects and consequences of disasters and to be able to implement the necessary interventions in a timely and effective manner. A multitude of official and civil organizations play a pivotal role in disaster response. Municipalities, which are among the most prominent of these organizations, are among those that can provide the swiftest response to disasters in their respective regions. It is evident that municipal employees must possess a certain degree of knowledge regarding disasters and the appropriate actions to be taken in the event of such occurrences. This will enable them to protect themselves and the general public within their respective service areas, to minimise the damage and losses, to prevent further damage and losses, and to re-establish social order. Despite the fact that Turkey is a country that frequently encounters disasters, it was hypothesised that the disaster literacy and individual disaster resilience levels of municipal employees may not be particularly high in our country. Moreover, no study was identified in the literature that evaluated municipal employees on this subject. A study conducted by Saifudin et al. with individuals residing in a region with a high disaster risk revealed that the level of disaster literacy was high and that there was a robust positive correlation between disaster literacy and disaster resilience (Saifudin, n.d., 2023). In studies conducted in the community in Iran and among middle school students in Indonesia, disaster literacy was reported to be at a moderate level (Farzanegan, Fischer, & Noack, 2024; Logayah, Maryani, Ruhimat, & Wiyanarti, 2023).

Given the unpredictable nature of disasters, it is imperative that teams deployed to disaster zones maintain a state of constant preparedness. Local governments are the most proximate organizations providing public services in areas where disasters occur. As a result, community planning for disaster management is of paramount importance for municipalities. A high level of disaster literacy and individual disaster resilience among municipal employees will enable them to protect themselves and the wider society. In this manner, the devastation and losses that may result from disasters will be averted

prior to their occurrence, the destruction and losses that ensue after the disaster will be mitigated, and the formation of new disasters will be prevented. It is anticipated that this study will address a significant gap in the existing literature by determining the disaster literacy levels of municipal employees who will be working in potential disaster areas. Furthermore, the study sought to examine the factors associated with the disaster literacy levels of municipal employees and to assess the relationship between disaster literacy and individual disaster resistance.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study Design And Participants

This study was conducted with the employees of Eskişehir Odunpazarı Municipality between May 2, 2023, and September 30, 2023. The study employed a cross-sectional method, which is one of the quantitative research methods. In the present study, a full-count sampling method was employed to achieve a comprehensive representation of the Odunpazarı Municipality employees. The complete count sampling method is a technique for selecting a sample in which every unit in the universe is included. This method is particularly suited to universes that are small and concentrated in a specific area. Nevertheless, it can also be employed for larger populations, such as those enumerated in censuses (Ural and Kiliç 2005). 681 municipal employees who agreed to take part in the study completed the questionnaire. Forty-five people who did not fully complete the questionnaire were excluded from the study. The study group consisted of 636 people. The participants in the study were those who completed the questionnaire and explicitly agreed to participate; thus, no written informed consent was obtained from them. The questionnaires were distributed by the researchers to the duly authorized personnel in the municipality. The questionnaires delivered to the municipal employees by the authorized personnel were completed by the employees themselves. This process took approximately 15-20 minutes. The completed questionnaires were collected again by the authorized personnel and received by the researchers on the predetermined date.

2.2. Ethics Approval

The necessary approvals were obtained from the Ethics Committee for Non-interventional Clinical Research of Eskişehir Osmangazi University with the number 61 and date 16.05.2023 and from the Odunpazarı Municipality.

2.3. Data Collection Tool And Data Collection Process

In order to collect data in the study a questionnaire based on the literature was prepared (Boon 2014; Rivera and Kapucu 2015; Sözcü and Aydınöz 2019). The first part of the questionnaire includes some socio-demographic characteristics of the municipal employees (age, gender, marital status, educational status, family income level, etc.) and some variables that are assumed to be related to the level of disaster literacy (where he/she deals with disaster-related issues most often, whether he/she has received training on disasters, whether he/she has first aid knowledge, disaster kit preparedness, whether he/she has an disaster emergency plan, etc.). The second part contains the questions of the Disaster Literacy Scale (DLS) and the third part contains the questions of the Individual Disaster Resilience Scale (IDRS). In the present study, the Cronbach's Alpha value for the Disaster Literacy Scale was 0.981, while the Cronbach's Alpha value for the Individual Disaster Resilience Scale was 0.872.

Disaster Literacy Scale was used to determine the disaster literacy of municipal employees. Çalışkan and Üner developed this scale in 2023. The scale, which is comprised of four sub-dimensions: mitigation, preparedness, response, and recovery, comprises 61 questions in a 5-point Likert format. The responses to the inquiries are classified as follows: "very difficult" (1), "difficult" (2), "not sure" (3), "easy" (4), and "very easy" (5). The scores that can be obtained from the scale range from 61 to 305, with higher scores indicating a higher level of disaster literacy. The Cronbach's Alpha value of the Disaster Literacy Scale is 0.954, with values between 0.83 and 0.88 observed in the sub-dimensions (Çalışkan and Üner 2023).

The Individual Disaster Resilience Scale was developed by DiTirro in 2018 (DiTirro 2018). The Turkish validity and reliability study of the scale was conducted by Şen in 2022. The scale comprises a total of 19 5-point Likert-type questions (1=Strongly Disagree, 2=Disagree, 3=Unsure, 4=Agree, 5=Strongly Agree) distributed across four sub-dimensions: coping with information, emotional coping, joint coping, and coping with experience. The scale includes reverse-coded items, specifically questions 17, 18, and 19. The minimum score that can be attained on the scale is 19, while the maximum score is 95. A higher score on the scale indicates a greater level of disaster resilience in the individual. The Cronbach's alpha coefficient for the scale was determined to be 0.896. The Cronbach's alpha coefficients for the subdomains range from 0.914 to 0.802 (Şen 2022).

2.4. Statistical Analysis

The data obtained were analysed with SPSS (v15.0) Statistical Package Programme. The data were subjected to skewness, kurtosis, and Kolmogorov-Smirnov analyses to ascertain their normality. A normal distribution is accepted when the Kurtosis and Skewness values fall between -1.5 and +1.5 (Tabachnick, Fidell, and Ullman 2013). The skewness value of the disaster literacy variable was found to be -0.721, the kurtosis value 1.294 and the Kolmogorov-Smirnov test value 0.095. In accordance with the calculated values, it was determined that the disaster literacy variable exhibited negative skewness and kurtosis, yet remained consistent with the normal distribution. The statistical analysis was conducted using multivariate linear regression analysis and Pearson correlation analysis. Following the univariate analyses, further analysis was conducted using sociodemographic variables and related factors found to be associated with disaster literacy. This resulted in the creation of a multivariate linear regression model. A statistical significance value of $p \leq 0.05$ was accepted.

3. RESULTS

Of the study participants, 228 (35.8%) were female and 408 (64.2%) were male. Their ages ranged from 16 to 66 years, with a mean of 40.3 ± 8.5 years. The scores of the municipal employees in the DLS ranged from 61 to 305, with a mean of 210.2 ± 42.8 (median: 217.0) points. The distribution of DLS scores obtained by the study group according to some sociodemographic characteristics is shown in Table 1.

Table 1: The distribution of DLS scores obtained by the study group according to some sociodemographic characteristics

Some Sociodemographic Characteristics	n	%	Scores from the Disaster Literacy Scale Mean \pm SD
Age Group (Year)			
34 and below	154	24.2	211.1 \pm 44.1
35-39	138	21.7	208.1 \pm 44.9
40-44	139	21.9	210.5 \pm 39.5
45 and above	205	32.2	210.6 \pm 42.7
Gender			
Female	228	35.8	213.1 \pm 38.9
Male	408	64.2	208.5 \pm 44.8
Marital status			
Married	460	72.3	211.6 \pm 42.3
Not married	176	27.7	206.5 \pm 44.0
Education status			
Middle school and below*	180	28.3	195.0 \pm 46.5
High school*	163	25.6	208.6 \pm 40.7
University and above*	293	46.1	220.4 \pm 38.6
Family Income Status			
Bad*	121	19.0	199.6 \pm 41.0
Middle*	449	70.6	211.1 \pm 43.0
Good*	66	10.4	222.9 \pm 41.0

Profession			
Employee	365	57.4	201.3 ± 44.5
Officer	239	37.6	221.4 ± 37.7
Executive*	32	5.0	227.6 ± 33.4
Total Duration in the Municipality (Year)			
4 and below	212	33.3	205.3 ± 45.3
5-9	234	36.8	210.4 ± 39.2
10 -14	91	14.3	213.0 ± 47.4
15 and over	99	15.6	217.3 ± 40.2
Total	636	100.0	210.2 ± 42.8

* $p < 0,001$

In the study group, 487 participants (76.6%) had no previous experience with disasters. Of these, 201 (31.6%) had received training on disaster-related topics and 180 (28.3%) were prepared to protect themselves from potential disasters. The distribution of the scores of DLS obtained by the study group according to some variables assumed to be related to disaster literacy can be found in Table 2.

Table 2: The distribution of the scores of DLS obtained by the study group according to some variables assumed to be related to disaster literacy

Some Factors Thought to Be Related to Disaster Literacy	n	%	Scores from the Disaster Literacy Scale Mean ± SD
Experience Any Disaster			
No	487	76.6	209.2 ± 44.2
Yes	149	23.4	213.2 ± 37.9
Type of Disaster Experienced			
I Did Not Experience a Disaster	447	70.3	209.7 ± 43.1
Earthquake	177	27.8	211.2 ± 43.1
Other	12	1.9	213.6 ± 24.9
Sources of Information About Disasters			
I Do Not Follow Any Source**	27	4.2	179.3 ± 51.6
TV/Radio/Newspaper/Brochure	351	55.2	207.8 ± 41.4
Internet /Social Media	212	33.3	214.9 ± 39.9
Other	46	7.2	224.6 ± 50.7
Losing a Relative in a Disaster			
I Was Not Experience a Disaster	449	70.6	210.4 ± 43.9
Yes	33	5.2	206.5 ± 39.5
I Was Experienced A Disaster, But I Did Not Lose Anyone Close To Me	154	24.2	210.4 ± 40.3
Suffering Any Financial Loss in a Disaster			
I Was Not Experience a Disaster	459	72.2	211.2 ± 43.6
Yes	28	4.4	204.7 ± 35.3
I Was Experienced a Disaster, But I Did Not Experienced Financial Loss	149	23.4	208.0 ± 41.7
First Degree or Second Degree Relatives Exposure to Any Disaster			
No	503	79.1	209.1 ± 43.2
Yes	133	20.9	214.2 ± 41.0
Status of Receiving Any Disaster-Related Training			
No	435	68.4	205.1 ± 45.2
Yes**	201	31.6	221.1 ± 34.7
Status of Receiving First Aid Training			
No	332	52.2	205.7 ± 44.0
Yes*	304	47.8	215.0 ± 41.0
Having a Disaster and Emergency Bag at Home			
No	440	69.2	205.0 ± 45.4

Yes**	196	30.8	221.7 ± 33.7
Having a Personal and/or Family Disaster Plan			
No	438	68.9	203.0 ± 44.5
Yes**	198	31.1	226.0 ± 33.9
Being Aware Of Disaster Risks in The Region/Province			
No	329	51.7	197.7 ± 45.0
Yes**	307	48.3	223.6 ± 35.9
Being Aware Of The Location Of Gathering Areas in The Area Of Residence			
No	359	56.4	201.2 ± 44.6
Yes**	277	43.6	221.8 ± 37.3
Preparedness for Possible Disasters			
No	456	71.1	205.3 ± 42.1
Yes**	180	28.3	222.5 ± 42.2
Knowledge What to Do in Case of a Possible Disaster			
No	273	42.9	199.3 ± 43.4
Yes**	363	57.1	218.3 ± 40.5
Willingness to Receive Disaster-Related Training			
No	250	39.3	203.3 ± 45.5
Yes**	386	60.7	214.6 ± 40.4
Total	636	100.0	210.2 ± 42.8

* $p < 0,05$, ** $p < 0,001$

As a result of further analysis in our study, it was found that municipal employees' disaster literacy was related to their level of education level, knowledge of disaster risks in their place of residence, knowledge of the location of the gathering areas and perception of disaster preparedness. The results of the Multivariate Linear Regression Analysis (educational status, family income status, profession, disaster information sources, disaster-related training, first aid training, having a disaster and emergency kit at home, having a personal and/or family disaster plan, being aware of disaster risks in the region/province, being aware of the location of gathering areas in the neighbourhood, preparedness for possible disasters, knowledge of what to do in the event of a possible disaster, willingness to take disaster-related training) were created that are related to disaster literacy are shown in Table 3.

Table 3. The results of Multivariate Linear Regression Analysis were created that are related to disaster literacy

Variables	Disaster Literacy Scale Score		
	Non-Std. B	Std. Beta	95% CI *
Education Status**	5.342	0.105	0.539-10.145
Family Income Status	3.147	0.039	-3.143-9.437
Profession	5.115	0.071	-1.652-11.881
Sources Of Information About Disasters	1.484	0.024	-3.355-6.322
Status Of Receiving Any Disaster-Related Training	3.811	0.041	-3.811-11.432
Status Of Receiving First Aid Training	-5.907	-0.069	-13.014-1.201
Having A Disaster And Emergency Bag At Home	1.558	0.017	-6.571-9.687
Having A Personal And/Or Family Disaster Plan	5.889	0.064	-2.795-14.573
Being Aware Of Disaster Risks in The Region/Province**	12.534	0.146	4.693-20.374
Being Aware Of The Locations Of Gathering Areas in The Region You Live in**	7.267	0.084	0.107-14.428
Preparedness For Possible Disasters**	9.139	0.096	0.687-17.592
Knowledge of What To Do in Case Of A Possible Disaster	1.080	0.013	-6.873-9.033
Willingness To Receive Disaster-Related Training	5.786	0.066	-0.914-12.485
R²	0.147		
F	9.429		

*Confidence Interval, ** $p < 0,05$

The IDRS scores of the study group ranged from 28 to 95 with a mean of 60.9 ± 11.6 (median: 61.0) points. It was found that there was a moderate positive correlation between the scores obtained by the municipal employees in the DLS and the scores obtained in the IDRS ($p < 0.001$, $r = 0.555$). The distribution of points scored by municipal employees in the IDR and points scored in the IDRS is shown in Figure 1.

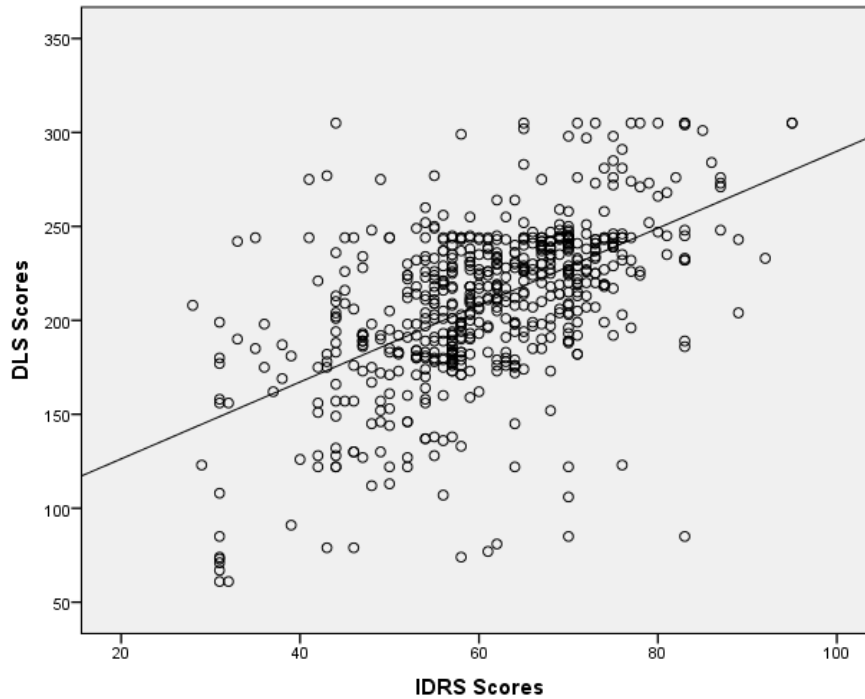


Figure 1. The distribution of points scored by municipal employees in the IDR and points scored in the IDRS

4. Discussion

In order to effectively prepare for and respond to disasters, it is important to have a clear understanding of what a disaster is. Disaster literacy provides people with the necessary knowledge to mitigate disaster risks. You do not have to be a disaster expert, but you do need to have basic knowledge, attitudes and behaviors related to disasters (Sözcü and Aydınöz 2019).

The level of education is an important factor that influences an individual's lifestyle and behavior. In addition, individuals with a higher level of education are expected to have a higher level of disaster literacy, as they have access to more information about disasters during their educational life, which increases their awareness of disasters. Our study found that the higher the level of education, the higher the level of disaster literacy. Genç et al. and Demirci reported that the level of disaster literacy was higher among individuals with higher levels of education levels (Genc et al. 2022). However, Farzanegan et al. found no relationship between education level and disaster literacy levels (Farzanegan, Fischer, and Noack 2024). The different results of the studies may be due to differences in the educational systems and educational curricula of the countries in which the studies were conducted.

Disasters have different characteristics, including type, severity, timing and location of occurrence. It is important that people are informed about the disaster risks in their region in order to increase their awareness and take the necessary precautions to protect themselves and others. This can also improve their disaster literacy. The study found that participants who were aware of the disaster risks in their locality had high disaster literacy levels. A review of the literature revealed no studies that examined the relationship between knowledge of disaster risks in the region and disaster literacy. Some studies have

indicated that a significant proportion of the population is unaware of the disaster risks in their own region (Demirci 2021; Tekeli-Yeşil et al. 2010).

To improve disaster literacy and preparedness, it is important to know our environment, to know what to do in the event of a disaster, and to know where the gathering areas are located. Our study found that people who knew the location of gathering areas in their region had higher disaster literacy levels. In one study, it was reported that those who knew the location of gathering areas had higher disaster literacy levels (Sözcü and Aydınöz 2019). In another study, it was reported that people who did not know the locations of gathering areas in their region (Demirci 2021). The disparate outcomes observed may be attributed to variations in socioeconomic status and educational attainment among the individuals residing in the regions where the studies were conducted.

Individuals with high disaster literacy are better prepared for disasters. This study found that those who consider themselves prepared for possible disasters have high disaster literacy levels. Zhang et al. also reported that individuals who reported being prepared for disasters had high disaster literacy levels (Zhang et al. 2021). Bekler et al. reported that there was no relationship between disaster preparedness and disaster literacy (Bekler et al. 2022). The discrepancies in the outcomes observed across various studies may be attributed to the disparate sociodemographic profiles of the sampled populations and the absence of a uniform methodology for assessing disaster preparedness levels. Additionally, the reliance on self-reported data may have introduced a degree of subjectivity into the findings.

Resilience to disasters is influenced by various individual, physical, sociological, economic, psychological and environmental factors. It is widely recognised that individual disaster resilience can only be achieved through positive interactions between all these factors. Individuals who can facilitate such interactions are likely to have a high level of disaster literacy. The study found that individual disaster resilience increases with the level of disaster literacy increases. Similarly, Saifudin et al. and Miyamoto et al. observed a positive correlation between disaster literacy and resilience (Miyamoto et al. 2022; Saifudin n.d.).

5. CONCLUSION

Our study found that disaster literacy and individual disaster resilience of municipal employees are at an intermediate level. We found that disaster literacy levels were higher among those who had a higher level of education, who were knowledgeable about disaster risks in their area, who were familiar with gathering points in their area, and who felt prepared for potential disasters. A positive correlation was found between the disaster literacy of municipal employees and their individual disaster resilience.

The study has several limitations. First, it is a cross-sectional study. Second, the data collection is limited to the employees of Eskişehir Odunpazarı Municipality. Third, the survey form used is based on subjective responses and relies on the participants' own thoughts and memories. Therefore, the results may have limited generalizability. The article focuses on disaster literacy and individual disaster resilience, but does not address economic, social or political issues related to disaster management. This may lead to incomplete evaluations. The article aims to raise awareness by providing a general overview.

A strength of our study is that it was conducted among municipal employees who are responsible for first responders to disasters. In addition, this study is the first in Türkiye to examine disaster literacy and individual disaster resilience together. There are only a limited number of studies on this topic in the international literature.

Disaster literacy and individual disaster resilience are crucial for disaster preparedness. Training can be provided to enhance disaster literacy, particularly for municipal employees who are among the initial responders to disasters. It may be beneficial to conduct drills on a regular basis. In-service training can be designed to enhance the individual disaster resilience of municipal employees. The formulation of disaster preparedness action plans can facilitate the active participation of all municipal employees in

these plans. Consequently, employees' disaster literacy and individual disaster resilience levels can be enhanced. It is recommended that more comprehensive studies be conducted to investigate the relationship between disaster literacy and individual disaster resilience.

6. REFERENCES

- Bayram, Ayhan, and Seyhan BİLİR Güler. 2016. "Doğal Afetlerle İlgili Kuruluşların Önem ve Sorumluluk Düzeylerinin Çeşitli Değişkenlere Göre İncelenmesi: İstanbul Örneği." *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 9(2): 665–86.
- Bekler, Tolga, Sait Cifci, Feyza Bekler, and Alper Demirci. 2022. "Canakkale Settlement Risk Reduction Studies and Evaluation of Disaster Awareness Çanakkale Şehir Merkezi Risk Azaltma Çalışmaları ve Afet Farkındalığın Değerlendirilmesi." *Türk Deprem Araştırma Dergisi* 4(1).
- Boon, Helen J. 2014. "Disaster Resilience in a Flood-Impacted Rural Australian Town." *Natural hazards* 71: 683–701.
- Boon, Helen J, Alison Cottrell, David King, Robert B Stevenson, and Joanne Millar. 2012. "Bronfenbrenner's Bioecological Theory for Modelling Community Resilience to Natural Disasters." *Natural hazards* 60: 381–408.
- Çalışkan, Cüneyt, and Sarp Üner. 2023. "Measurement of Disaster Literacy in Turkish Society: Disaster Literacy Scale (DLS) Design and Development Process." *Disaster Medicine and Public Health Preparedness* 17: e211.
- Demirci, Kıvanç. 2021. "İzmir Kent Yerleşiklerinin Temel Afet Bilgi ve Bilinç Düzeyinin Ölçülmesi." *Afet ve Risk Dergisi* 4(2): 395–412.
- DiTirro, Lindsey J. 2018. "Conceptualizing Individual Disaster Resilience: Benchmarking Tools for Individual and Social Coping Capacity for a Disaster Resilient Society."
- Farzanegan, Mohammad Reza, Sven Fischer, and Peter Noack. 2024. "Natural Disaster Literacy in Iran: Survey-Based Evidence from Tehran." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 100: 104204.
- Genc, Fatma Zehra, Suzan Yıldız, Emine Kaya, and Naile Bilgili. 2022. "Disaster Literacy Levels of Individuals Aged 18–60 Years and Factors Affecting These Levels: A Web-Based Cross-Sectional Study." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 76: 102991.
- Işık, Özden, Hakan Mehmet Aydınlioğlu, Selma Koç, Oğuz Gündoğdu, Gülcan Korkmaz, and Asime Ay. 2012. "Afet Yönetimi ve Afet Odaklı Sağlık Hizmetleri." *Okmeydanı Tıp Dergisi* 28(2): 82–123.
- Miyamoto, Mamoru, Daiki Kakinuma, Tomoki Ushiyama, Abdul Wahid Mohamed Rasmy, Masaki Yasukawa, Della Grace Bacaltos, Anthony C Sales, Toshio Koike, and Masaru Kitsuregawa. 2022. "Co-Design for Enhancing Flood Resilience in Davao City, Philippines." *Water* 14(6): 978.
- Rivera, Fernando I, and Naim Kapucu. 2015. "Disaster Vulnerability, Hazards and Resilience." *Switzerland: Springer International Publishing*.
- Saifudin, I Made Moh Yanuar. "Disaster Health Literacy, Risk Perception, and Preparedness towards Resilience in a Volcano-Prone Community: A Cross-Sectional Study in Yogyakarta, Indonesia." *Journal of Community Empowerment for Health* 6(3): 154–60.
- Şen, Gülhan. 2022. "Toplumda Suç Korkusu ve Sosyal Sermaye Dinamikleri Açısından Afet Direnci: Burdur Antalya Kent Merkezi Örneği." Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Sözcü, Ufuk, and Duran Aydınöz. 2019. "Öğretmen Adaylarının Doğal Afet Okuryazarlık Düzeylerinin Çeşitli Değişkenlere Göre İncelenmesi." *International Journal of Geography and Geography Education* (40): 79–91.
- T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. 2018. *Türkiye'de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri*.
https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/35429/xfiles/turkiye_de_afetler.pdf.
- Tabachnick, Barbara G, Linda S Fidell, and Jodie B Ullman. 2013. *Using Multivariate Statistics*. pearson Boston, MA.
- Tekeli-Yeşil, Sıdıka, Necati Dedeoğlu, Charlotte Braun-Fahrlaender, and Marcel Tanner. 2010. "Factors Motivating Individuals to Take Precautionary Action for an Expected Earthquake in

- Istanbul.” *Risk Analysis: An International Journal* 30(8): 1181–95.
- The Emergency Events Database (EM-DAT). 2014. “Disaster Classification System.” <https://doc.emdat.be/docs/data-structure-and-content/disaster-classification-system/> (January 17, 2024).
- The Emergency Events Database (EM-DAT). 2023. “Public EM-DAT Data.” <https://public.emdat.be/data> (January 17, 2024).
- United Nations Department of Humanitarian Affairs. 1992. “Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management.” *United Nations Department of Humanitarian Affairs, Geneva*.
- Ural, Ayhan, and İbrahim Kiliç. 2005. “Bilimsel Araştırma Süreci ve SPSS İle Veri Analizi.”
- Zhang, Di, Xiaofang Zhu, Zhengrong Zhou, Xiao Xu, Xueying Ji, and Aihua Gong. 2021. “Research on Disaster Literacy and Affecting Factors of College Students in Central China.” *Disaster medicine and public health preparedness* 15(2): 216–22.

ROADEO modeli ile Karayolu İnşaatı Karbon Ayak İzinin Tahmini: Karaman – Mersin Yol Yapım Örneği

Estimation of Road Construction Carbon Footprint with ROADEO: The Case Study of Karaman – Mersin Road Construction

Gizem AYTAÇ^{1*} , Zeynep EREN¹ 

ORCID 0009-0006-4893-2626

ORCID 0000-0003-1633-2547

¹ Karaman – Mersin Yol Yapım Şantiyesi, Karaman, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye.

Öne Çıkanlar / Highlights

- | | |
|---------------------|------------------------|
| ▪ İklim değişikliği | ▪ Climate change |
| ▪ Karbon ayak izi | ▪ Carbon footprint |
| ▪ Karayolu inşaatı | ▪ Highway construction |
| ▪ Sera gazı | ▪ Greenhouse gas |



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:

23/06/2024

Kabul / Accepted:

16/12/2024

Anahtar Kelimeler

İklim değişikliği, karbon ayakizi, karayolu inşaatı, GHG, ROADEO Modeli

Keywords

Climate change, carbon footprint, road construction, greenhouse gas, ROADEO Model

Özet

Bu çalışmada; yol yapım, onarım ve iyileştirme işlerinden kaynaklanan emisyonları en aza indirecek çözümler belirlemek için özellikle gelişmekte olan ülkeler için yol inşaatlarının karbon ayakizi tahminini sağlayan ROADEO modeli kullanılarak Karaman-Mersin arasında 3.3 km'si Sertavul Tünel inşaatı olmak üzere toplam 10 km'lik karayolu inşaatının GHG emisyonları (Greenhouse Gas, GHG) hesaplanmıştır. ROADEO, yol inşaatı GHG emisyonlarının değerlendirilmesi ve azaltılmasına yönelik olarak "Yol Emisyonları Optimizasyonu: Yol İnşaatı ve Rehabilitasyonunda GHG Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Bir Araç Seti" ismi ile hazırlanmış ampirik bir GHG hesaplama rehber aracıdır. ROADEO modeli kullanılarak Karaman-Mersin yol yapım inşasından elde edilen GHG emisyonları 1 km'lik yol inşasından sırasıyla; yol yapısı için 1,810 tCO₂eq, hafriyat işlemlerinden 973 tCO₂eq, yol aksesuarlarından 148 tCO₂eq, arazi kullanım değişikliğinden 150 tCO₂eq, drenajdan 38 tCO₂eq ve yol üstyapı işlemlerinden 2 tCO₂eq olarak tahmin edilmiştir. Elde edilen tahmin sonuçlarına göre GHG emisyonlarının %59'u yol inşaatı için gerekli malzeme kullanımından, %35'i bu malzemelerin sahaya taşınması aşamasından ve son olarak %6'sı ise yol inşaatında kullanılan araç-gereç, makine-teçhizat gibi ekipmanlardan kaynaklanmaktadır.

Abstract

In this study, GHG (Greenhouse Gas) emissions of a total of 10 km of road construction between Karaman and Mersin, including 3.3 km of Sertavul Tunnel construction were calculated using the ROADEO Model, which provides carbon footprint estimation of road

construction especially for developing countries in order to identify solutions to minimize emissions from road construction, repair and improvement works. ROADEO is an empirical GHG planning tool prepared under the name “Road Emissions Optimization: A Toolkit for Reducing Greenhouse Gas Emissions in Road Construction and Rehabilitation” for the accumulation and reduction of road construction GHG emissions. GHG emissions were estimated as 1,810 tCO₂eq for road structure, 973 tCO₂eq from earth moving operations, 148 tCO₂eq from road accessories, 150 tCO₂eq from land use change, 38 tCO₂eq from drainage, and tCO₂eq from roadside pavement and median treatments of 1 km of Karaman-Mersin Road construction using ROADEO Model. According to the model results, 59% of GHG emissions sourced by the use of materials required for road construction, 35% from the transportation of these materials to the site, and finally 6% from equipment such as machinery and equipment used in road construction.

1. GİRİŞ/INTRODUCTION

Dünya üzerindeki tüm küresel yüzey hava ve deniz sıcaklıklarında, buzullarda, hidrolojik döngüde gözlemlenen hızlı değişiklikler, son 50 yılda hızlanmış ve sanayi devriminden beri insan faaliyetlerinden kaynaklanan başta karbondioksit (CO₂) olmak üzere GHG'nin artışı küresel sıcaklıkların yaklaşık 1 °C artmasına sebep olmuştur (IPCC 2021). 1960'larda, atmosferdeki CO₂'in küresel büyüme oranı yılda yaklaşık 0.8±0.1 ppm iken son 50 yılda yıllık büyüme oranı üç katına çıkarak 2.4 ppm'e ulaşmıştır (NOAA 2024). Bu nedenle mevcut küresel ısınma hızının, jeolojik devirler boyunca bilinen en hızlı ve doğal iklim değişiminin görüldüğü çağ olan buzul çağının bitişindeki ısınma hızından on kat daha fazla olduğu belirtilmektedir (NASA 2020). Nisan 2024 küresel sıcaklık ölçümleri sanayi öncesi referans dönemi olan 1850-1900 dönemine göre 1.58 °C daha sıcak olarak kaydedilmiştir (Copernicus 2024). İklimin ortalama durumundaki veya değişkenliğindeki istatistiksel olarak anlamlı değişikliklere, genellikle onlarca yıl veya daha uzun süre devam eden değişikliklere “iklim değişikliği” adı verilmektedir (IPCC 2018a). Küresel ölçekteki fosil yakıt kullanımı, arazinin parçalanması, orman alanların yok edilmesi, atık sorunu, tarımsal gübreler, pestisitler, endüstriyel tarım ve hayvancılık faaliyetleri GHG artışının temel sebepleri olarak gösterilmektedir. Bu gazların atmosferdeki hızlı artışına bağlı olarak, şehirleşmenin de etkisiyle doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında sıcaklık artmaktadır (Türkeş 2001; Türkeş 2008). Atmosferdeki moleküllerin yaklaşık %0.43'üne karşılık gelen bu gazlar yer yüzeyinden yansıyan kızılötesi radyasyonu absorbe ederek yer kürenin ısınmasına önemli ölçüde katkıda bulunurlar. Bu gazlar sırasıyla CO₂, metan (CH₄) ve diazot oksit (N₂O) olup doğal GHG olarak adlandırılır. Atmosferde ayrıca sülfür heksaflorür (SF₆), azot tri florürler (NF₃), hidroflorokarbonlar (HFC) gibi florlü gazlar ile ozon (O₃) gibi GHG da yer almaktadır (Kadıoğlu ve Çakır 2015). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 1990 yılında yayımlanan ilk değerlendirme raporunda (FAR 1990), insan faaliyetlerinden kaynaklanan GHG emisyonları olan CO₂, CH₄, CFC ve N₂O atmosferik konsantrasyonlarının önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir. IPCC son değerlendirme raporunda (AR6, 2022) ise; 1.5 °C küresel ısınmanın gerçekleşmesi halinde sıcak hava dalgalarının artacağını, sıcak mevsimlerin uzayacağını ve soğuk mevsimler kısılacacağını belirtmektedir. Küresel sıcaklıkların 2 °C olması durumunda ise aşırı sıcaklıkların tarım ve sağlık açısından kritik tolerans eşiklerine daha sık ulaşacağını göstermektedir.

Küresel GHG emisyonlarının enerji ile ilgili olan kısımlarının yaklaşık %75'i kentlerden kaynaklanmaktadır. 21. yy'ın ortasına kadar Dünya nüfusunun üçte ikisinin kentsel alanlarda yaşaması beklendiğinden bu değerlerin artacağı öngörülmektedir. Bu nedenle kentsel GHG emisyon envanterlerinin belirlenmesi küresel iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adımdır. Bu amaçla Topluluk Ölçekli GHG Envanterleri Küresel Protokolü (The Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories, GPC), şehirlere ve yerel yönetimlere şehir GHG emisyonlarını tutarlı bir şekilde belirlemek, hesaplamak ve raporlamak için sağlam, şeffaf ve küresel olarak kabul edilen bir çerçeve sunmaktadır. 2014 yılından beri küresel ölçekte şehirler tarafından emisyonları hesaplamak ve raporlamak için kullanılan GPC, Ulusal GHG Envanterlerine ilişkin 2006 IPCC Kılavuzlarının 2019 versiyonu ile uyumlu hale getirilmek üzere revize edilmiştir. GPC protokolüne göre; şehir sınırları içerisinde yer alan kaynaklardan meydana gelen GHG emisyonları (Kapsam 1), şehir sınırları içerisinde kullanılan elektrik, ısı, buhar ve soğutma kullanımı sonucu ortaya çıkan GHG

emisyonları (Kapsam 2) ve şehir sınırları içinde gerçekleştirilen faaliyetler sonucunda şehir sınırları dışında meydana gelen diğer tüm GHG emisyonları (Kapsam 3) üç farklı emisyon envanteri çıkarılabilmektedir. Bu GPC kapsamına göre ulaşım emisyonları; hem şehir içi hem de şehir içinde başlayıp şehir dışında sonlanan ulaşım emisyonlarını içermektedir. Ulaşım, şehirlerarası ve uluslararası seyahatler de dahil olmak üzere, karayolu, demiryolu, deniz ve hava yoluyla yapılan tüm yolculukları kapsamaktadır. Ulaşıma ait olan GHG emisyonları doğrudan yakıtın yakılmasıyla veya doğrudan şebekeden sağlanan elektriğin kullanımı ile meydana gelmektedir. Ancak bu ulaşım emisyon hesabı karayolu inşasından meydana gelen emisyonları kapsamamaktadır (GPC, 2020). Sektörel GHG emisyonları içerisinde ulaşım sektörü önemli bir yer tutmaktadır. Ulaşım sektörüne ait GHG envanteri birçok hesaplama metodu kullanılarak belirlenmektedir. Bunlar arasında en kabul gören yaklaşım IPCC Tier 1 yaklaşımıdır. Bu metod ile ulaştırma sektöründeki araçların kullandıkları yakıtın türüne bağlı olarak oluşturacakları GHG emisyonları hesaplanabilmekte, Tier 2 ve 3 yaklaşımı da dahil edildiğinde araç türü, araç sayısı, yol mesafesi vb. parametreler de hesaplama dahil edilerek CO₂ eşdeğeri cinsinden emisyon envanteri çıkarılabilmektedir (Pekin, 2006). Ancak bir karayolunun inşaat aşamasından başlamak üzere, işletmeye alınma ve kullanım ömrü dahil olmak üzere çevreye salım yaptığı GHG emisyonlarının CO₂ eşdeğeri cinsinden envanterinin belirlenmesi o yol inşasına ait karbon ayak izinin hesaplanmasını gerektirir. Bu konuda literatürde çok fazla çalışma olmamasına rağmen; yol inşaatı GHG emisyonları, iklim değişikliğine olan önemli katkıları nedeniyle uzun bir süredir önemli bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Çünkü karayolu projelerinin yaşam döngüsü boyunca, GHG emisyonlarının çoğunluğu inşaat aşamasına aittir. Son yıllarda başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere tüm dünyada büyük miktarlarda yol inşa edilmiş olup, 2050 yılına kadar 25 milyon kilometreden fazla yeni yol inşa edileceği tahmin edilmektedir. Karayolu inşaatlarının, malzemelerin çıkarılması ve üretimi, sahaya nakliye ve inşaat makineleri kullanımı gibi faaliyetleri inşaat aşamasında karayolu taşımacılığından kaynaklanan toplam emisyonların %5 ile %25'ine karşılık GHG emisyonları üretmektedir. Son yıllarda karayolu inşaatı aşamasında sıcak karışım asfalt teknolojisi, yeşil beton teknolojisi, atık geri dönüşüm teknolojisi, fotovoltaiik kaplama teknolojisi vb. gibi birçok enerji tasarrufu ve emisyon azaltıcı önlem alınmasına rağmen bu yöntemlerin küresel ölçekte yaygınlaşmaması önemli çevresel etkiler ve GHG emisyonları ile karayollarının hala tartışma konusu olmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle karayolu inşaatlarının karbon ayakizi hesaplamaları önem kazanmaktadır (Yu vd., 2022).

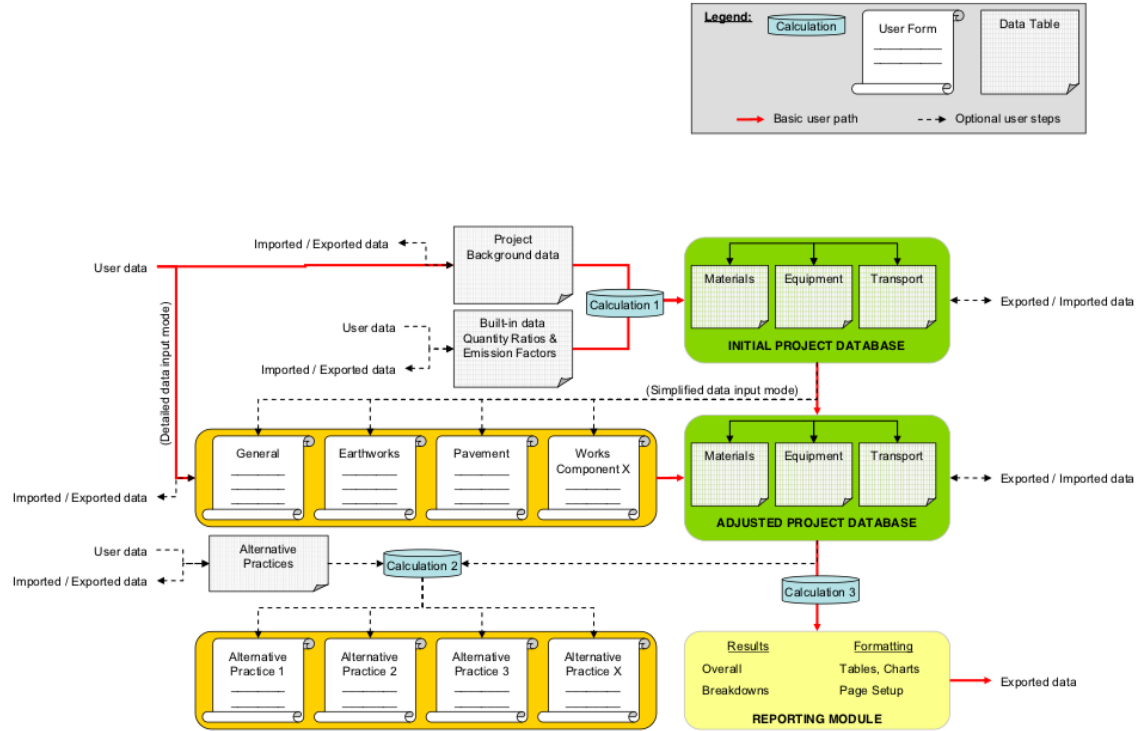
Bu amaçla bu çalışmada yol yapım ve iyileştirmelerinden kaynaklanan emisyonları en aza indirecek çözümler belirlemek için özellikle gelişmekte olan ülkeler için yol inşaatlarının karbon ayak izi tahminini sağlayan ROADEO modeli kullanılarak Karaman-Mersin arasında 3.3 km'si Sertavul Tünel inşaatı olmak üzere toplam 10 km'lik karayolu inşaatının GHG emisyonları hesaplanmıştır. Program yol inşaatı için gerekli zeminin hazırlanması, yol malzemesi temini, malzemenin taşınması ve inşaat esnasında kullanılan araç-gereç, makine-teçhizat vb. gibi ekipmanlar, yol aksesuarları ile yolun ulaşım amaçlı kullanımı esnasında meydana gelecek GHG emisyonları hesabını esas almaktadır.

2. MATERYAL VE METOT /MATERIALS AND METHODS

2.1. ROADEO Modeli

ROADEO, yol inşaatı GHG emisyonlarının değerlendirilmesi ve azaltılmasına yönelik olarak "Yol Emisyonları Optimizasyonu: Yol İnşaatı ve Rehabilitasyonunda GHG Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Bir Araç Seti" ismi ile hazırlanmış ampirik bir GHG hesaplama rehber aracıdır. Asya Sürdürülebilir ve Alternatif Enerji Programı (ASTAE) tarafından finanse edilmiş ve Dünya Bankası (WB) Doğu Asya Sürdürülebilir Kalkınma Altyapı Birimi yönlendirmesiyle gelişmekte olan ülkeler için hazırlanmıştır (URL-1, 2011). Modelin her uygulama sahası için net sonuçlar vermesi beklenmez ancak bilgi eksikliği durumlarında ve örneğin planlama ve erken fizibilite çalışması aşamaları gibi özellikle projelerin erken aşamalarında model belirli tahminler elde edilmesine yardımcı olur. Şekil 1'de ROADEO modelinin yol yapım emisyonlarını hesaplamada kullandığı akış şeması görülmektedir. Model ilk aşamada yol çalışması öğelerinin miktarlarını hesaplamaya yardımcı olur. İkinci aşamada ise, yol çalışmaları miktarlarına ve projenin genel özelliklerine bağlı olarak her bir GHG kaynağı için emisyon envanterini hesaplar. Model dili İngilizce olduğu için çalışmada sunulan tüm tablo ve şekillere ait ekran görüntüleri de İngilizcedir. Programa göre yol yapım işinden kaynaklı GHG emisyonlarının

üretimine ve salımına katkıda bulunan süreçler; sahanın temizlenmesi, alt zeminin hazırlanması, inşaat malzemelerinin üretimi (granüler alt temel, temel tabakası, yüzey kaplama), saha teslimatı, inşaat işleri ile denetim, bakım faaliyetleri vb. gibi devam eden çalışmalardan oluşmaktadır. Her proje veya alt projeye ilişkin toplam GHG emisyonları, kullanılan ekipmana, yerel koşullara ve standart inşaat ve bakım uygulamalarına dayalı olarak hesaplanmaktadır. Dolayısı ile elde edilen sonuçlar belirtilen sınırlar çerçevesinde bir tahmine dayanmaktadır (URL-2, 2010).



Şekil 1. ROADEO modelinin genel akış şeması.

Kullanıcılar için program bazı durumlarda çelişki yaratabilir. Örneğin; kullanıcıların GHG emisyon hesaplamalarını etkileyen parametrelerin çoğunu ayarlayabilmesi ve kendi özel proje koşullarını değerlendirmelere ve hesaplamalara entegre edebilmesi için mümkün olduğu kadar açık veriye ihtiyaç vardır. Hesaplama parametreleri için değerlerin seçiminde kullanıcıların verdiği kararlar, sonuçlar üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilmektedir. ROADEO'dan elde edilen mühendislik veya ampirik sonuçlar, kullanıcının projesinin özel durumunu temsil etmeyebilir ve varsayılan değerleri kullanmadan önce dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. Bir projenin her aşamasında kullanılacak ve karar almaya bilgi sağlayacak açık, şeffaf, esnek bir hesaplama yöntemi geliştirilmelidir.

ROADEO modeli kullanılarak bir yol projesinin ürettiği GHG emisyonları; planlama/fizibilite çalışmaları, ayrıntılı tasarım ve projenin uygulanması/tamamlanması aşamaları olmak üzere üç aşamada değerlendirilir. Programın yol yapım aşamasında oluşması muhtemel olarak belirlediği GHG emisyon kaynakları; arazi kullanımı, hafriyat işlemleri, drenaj, yol üstyapısı, yol altyapısı, trafik işaretleri gibi yol aksesuarları, peyzaj, kamu hizmetleri ve trafik yönetimi olarak belirlenmiştir. Bu nedenle tüm bu bilgiler programın gerektirdiği şekli ile hesaplama dahil edilmiştir.

Çalışma Sahası Bilgileri

Karaman-Mersin arasında yapılan toplam 10 km uzunlukta ve 3.3 km Sertavul Tünelini de içeren yol inşaatı yapım sahası ve tünel yapımına ait çalışma sahası görüntüsü Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Karaman-Mersin yol çalışması görüntüsü.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA/ RESULTS AND DISCUSSION

Karaman-Mersin arasında inşa edilen 10 km'lik, 3.3 km'si tünel olan karayoluna ait; yol uzunluğu, şerit sayısı, şerit genişliği, yol üstyapısı genişliği-türü, mevcut yolun genişliği, genel yol altyapısı kesit profili ile yol proje uzunluğunun yüzdesi olarak; dağlık arazide yol uzunluğu, kentsel alanlarda yol uzunluğu, mevcut boyuna drenajın uzunluğu, mevcut çapraz drenajın uzunluğunun gerekli olan yüzdesi, kesme ve doldurma yüzdesi arasındaki dengeyi belirten parametre ve toprak hacminin yüzdesi olarak kayalık toprağın hacmi (%) bilgileri gibi genel proje bilgileri temin edilerek modelin ilk girdi ara yüzüne (INPUT DATA) kaydedilmiştir. Bu verilerin model girdisi olarak kullanıldığı model ara yüzüne ait bir ekran görüntüsü ise Şekil 3'te gösterilmiştir.

Start	Designation	Unit	Quantity / Value	Toggle Default Values
Country		list	General	<input type="checkbox"/>
Project Name			Default	
Work Type		list	New alignment	
Road type		list	National road	
Alignment length		m	10,000	
Number of lanes		u	2	
Lane width		m	3.50	
Median width		m	3.00	
Median type		list	Unpaved	
Shoulder width		m	2.50	
Shoulder type		list	Paved	
Existing cross section width		m	4.00	
General longitudinal profile		%	80.00%	
Length of road in mountainous terrain as a percentage of road project length		%	70.00%	
Length of road in urban areas as a percentage of road project length		%	15.00%	
Length of existing longitudinal drainage as a percentage of road project length		%	80.00%	
Length of existing cross drainage as a percentage of requirement		%	30.00%	
Parameter reflecting the balance between cut and fill		%	35.00%	
Volume of rocky soil as a percentage of volume of soil (in %)		%	25.00%	
Area where subgrade has to be treated with hydraulic binders		%	0.00%	
Volume of embankment to be treated as a percentage of the volume of cut reused		%	20.00%	
Number of bridges to be widened as a percentage of number of bridges		%	0.00%	
Subgrade strength class		list	Standard Soil [5%-8%]	
Expected traffic volumes		list	Very low traffic [<0.3 Million ESA]	
Pavement structure type		list	Bituminous pavement on granular materials	
Overlay structure type		list	0.00	
Type of barrier material		list	Steel	
Type of structure (standard bridges)		list		
Type of structure (major bridges)		list		
Type of structure (wall)		list	Reinforced concrete	
Length of tunnel		m	3,300	
Temperate Mountain System (>20 years)		%	50%	
Temperate Mountain System (>20 years)		%	20%	

Şekil 3. Çalışmada kullanılan yol verilerinin model ara yüzündeki gösterimi.

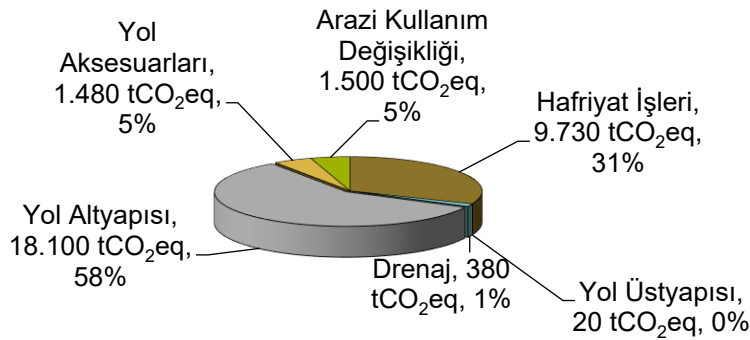
Çalışmada ilk önce Karaman-Mersin arasındaki yol inşaatına ait sahadan temin edilen verilerin ROADEO modeli işlenmesiyle (Şekil 3), programın yol inşaatına ait kendi hesapladığı veriler karşılaştırılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Gerçek Proje Verileri ile ROADEO Model Verilerinin Karşılaştırılması.

Karayolu inşaat bilgileri	Proje Verileri	ROADEO Program Verileri
Temizleme ve kazıma alanı	200,000 m ²	134,670 m ²
Alt zemin hazırlama alanı	147,000 m ²	73,700 m ²
Yeni kesit	15 m	15 m
Ortalama kesme ve doldurma yüksekliği	5 m	9 m
Kesim hacmi	800,000 m ³	114,470 m ³
Tahliye edilen toprağın hacmi	450,000 m ³	55,804 m ³
Dolgu olarak yeniden kullanılan toprağın hacmi	200,000 m ³	30,048 m ³
Tahliye edilen sert kaya hacmi	200,000 m ³	
Kaplama katmanı olarak yeniden kullanılan sert kaya hacmi	100,000 m ³	28,617 m ³
Dolgu olarak yeniden kullanılan sert kaya hacmi	200,000 m ³	
Doldurma hacmi	400,000 m ³	1,030,226 m ³
Malzeme ocağından gelen dolgu hacmi	-	1,000,177 m ³
Dolgu iyileştirme hacmi	-	6,010 m ³
Alt zemin arıtma hacmi	44,100 m ³	22,110 m ³

Tablo 1'e göre Karaman-Mersin arasında yapılan 10 km'lik yol yapım çalışmasına ait kazı alanı 200,000 m² olarak elde edilmişken ROADEO modeli bunu 134,670 m² olarak tahmin etmiştir. Genel olarak model tahminleri, bölgenin ve iklimin şartlarındaki değişkenlikler de göz önüne alındığında projeden elde edilen verilere yakın niteliktedir. Bu nedenle ROADEO modelinin mevcut saha çalışmasına uyarlanabileceği düşünülmüştür. Ayrıca projede bulunmayan ancak göz önüne alınması gereken malzeme ocağından gelen dolgu hacmi, dolgu iyileştirme hacmi vb. bilgilerin de model tarafından sağlandığı görülmektedir. Bu nedenle GHG emisyon hesaplama aşamasına geçilmiştir. Program Hafriyat işleri, Drenaj, Yol altyapısı, Yol kaplaması, Yol aksesuarları ve arazi kullanım değişikliklerinden kaynaklı olmak üzere toplamda 6 ana GHG kaynağına ait emisyonları hesaplanarak sonuçlar Şekil 4'te gösterilmiştir. Pasta grafikler Programın ürettiği şekli ile kullanılmıştır. Buna göre Karaman-Mersin arasında yapılan ve 3.3 km'si tünel olan toplam 31,210 tCO₂eq olarak tahmin edilmiştir. Programa göre bu GHG emisyonlarının en yüksek kaynağı %58 ile yol altyapısı ve ardından %31'lik pay ile hafriyat işleridir. Yol altyapısı inşasının en yüksek GHG emisyonlarına sahip olduğu görülmektedir. Bu emisyonları takiben arazi kullanım değişiklikleri ve yol aksesuarları %5'lik pay ile 3. sıradaki GHG emisyonları arasında yer almaktadır. Drenaj çalışmaları %1'lik emisyon payına sahip olurken, 20 tCO₂eq GHG emisyonu ile yol üstyapısından kaynaklanan GHG emisyonları %1'in altında kalmıştır.

St



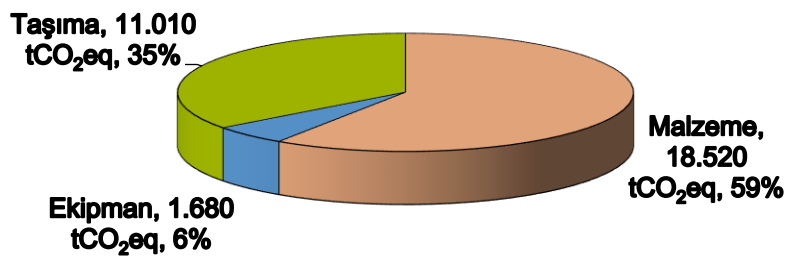
Şekil 4. Karaman-Mersin Yol Yapım İnşaat İşine Ait ROADEO modeli ile Hesaplanan Toplam GHG Emisyonlarının Kaynağı ve Dağılımı (tCO₂eq).

1 km'lik bir yol inşaat projesinden kaynaklanan toplam GHG emisyonları Çin ve Endonezya'daki saha çalışmalarından 700-1.700 tCO₂eq arasında hesaplanmıştır. ROADEO modeli kullanılarak Vietnam'daki 1 km'lik bir yol bakım/iyileştirme projesinden kaynaklanan toplam GHG emisyonları 300-500 tCO₂eq arasında hesaplanmıştır. Bu çalışmada ise 1 km yol inşaatından kaynaklanan toplam GHG emisyonları 3,121 tCO₂eq olarak hesaplanmıştır (Albuquerque vd. 2020).

Literatür çalışmalarına göre hafriyat faaliyetlerinin yol inşaatı aşamasında üretilen emisyonların %60-85'ini oluşturduğu belirlenmiştir. Hafriyat faaliyetlerini ise inşaat malzemeleriyle ilgili emisyonlar ve çevresel sistemlerdeki bozulmalar takip etmektedir. Taşıma sırasındaki emisyonların da yol inşaatı esnasında oluşan emisyonlara çok az katkısı olduğu belirlenmiştir. Literatür sonuçları bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir ve hafriyat için meydana gelen GHG emisyonları %59 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca literatür çalışmaları inşaat malzemelerinin imalatı ve çıkarılmasının GHGna katkıda bulunan ana faktörler olduğunu göstermektedir. Agreg ve temel malzemeler, çimento, bitüm ve çelik aksamın yol yapım işinde en fazla kullanılan inşaat malzemeleri olduğu tespit edilmiştir (Albuquerque vd. 2020).

ROADEO modeline göre bu toplam GHG emisyonları programın üç temel bileşenini oluşturan; inşaat işinin türü (Materials), kullanılan ekipman (Equipments) ve bu malzemelerin taşınması (Transport) aşamalarından meydana gelen gelmektedir. Bu nedenle Karaman-Mersin yol yapım inşaatından kaynaklı bu üç temel GHG emisyon oluşturuçuların dağılımı da hesaplanmıştır ve sonuçlar Şekil 5'te gösterilmiştir. Buna göre Karaman-Mersin yol inşaatının GHG emisyonlarının %59'u malzeme kullanımından kaynaklanmaktadır. Yol yapımının ikinci önemli GHG kaynağı %35'lik bir pay ile bu malzemelerin taşınmasını oluştururken, son GHG kaynağı olarak %6'lık bir pay ile yol inşaatında kullanılan araç-gereç, makine-teçhizat gibi ekipmanlar yer almaktadır.

St



Şekil 5. Karaman-Mersin Yol Yapım İnşaatının ROADEO modeli ile Hesaplanan Temel GHG Emisyon Oluşturucularının Dağılımı (tCO₂eq).

Şekil 5'e göre karayolu inşaatında en yüksek GHG emisyon oluşturuçuy kaynağ %59'luk pay ile malzeme kullanımına aittir. Literatürde yapılmış bir çalışmada dört şeritli, 1 km uzunluğundaki bir otoyol için toplam emisyonların %57'sinin inşaat malzemelerinin üretim aşamasında meydana geldiği tahmin edilmiştir (Albuquerque vd., 2020). Diğer araştırmalar, hafriyat faaliyetlerinin yol inşaatı aşamasında

üretilem emisyonların %60-%85'ini oluşturduğunu göstermektedir (EAPA 2004). Ayrıca Angelopoulou vd., (2009) yaptıkları çalışmada; yol ekipmanlarının (çelik ve beton gibi yol kenarı bariyerlerinin) GHG emisyonlarının %5'ine katkıda bulunduğunu ortaya koymuşlardır.

Singh vd. (2023) yılında yaptıkları çalışmada esnek ve sert zemin yapımında kullanılan genel malzeme yerine geri dönüştürülmüş malzeme kullanımıyla GHG emisyonunu %14,6 ve %3,6 oranında azaltılabildiğini tespit etmiştir (Singh vd., 2023). Çalışmanın bir diğer aşamasında ise ROADEO modeli ile Karaman-Mersin yol yapım inşaat işlerine ait malzeme, ekipman ve taşımadan kaynaklanan GHG emisyon oluşturucuların dağılımı hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Karaman-Mersin Yol Yapım İnşaat İşine Ait ROADEO modeli ile Hesaplanan Temel GHG Emisyon Oluşturucularının Dağılımı (tCO₂eq).

GHG, tCO ₂ eq	Malzeme, %	Ekipman, %	Taşıma, %
Hafriyat Çalışmaları	1	6	93
Yol Üstyapısı	0	0	100
Drenaj	87	3	10
Yol Altyapısı	84	6	10
Yol Aksesuarları	95	2	3

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; 1 km'lik yol inşasından sırasıyla; yol altyapısı için 1810 tCO₂eq, hafriyat işlemlerinden 973 tCO₂eq, yol aksesuarlarından 148 tCO₂eq, arazi kullanım değişikliğinden 150 tCO₂eq, drenajdan 38 tCO₂eq ve yol üstyapı işlerinden 2 tCO₂eq GHG emisyonları meydana gelmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğünün resmi verilerine göre ülkemizde 2023 yılında 387 km yol inşa edildiği (KGM, 2023) düşünüldüğünde bu emisyonların önemi ortaya çıkmaktadır. Çin'de 2008-2020 yılları arasında inşa edilen toplam yol projelerinden 300 milyon tCO₂eq fazla GHG emisyonu oluştuğu belirtilmiştir. Ülkemizde de 2003-2023 yılları arasında 23,272 km yol yapıldığı göz önüne alınırsa, ROADEO modeli kullanılarak bu çalışmadan elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında yaklaşık 70 milyon tCO₂eq GHG emisyonu oluştuğu tahmin edilebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER/CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2005 yılında yaptığı bir araştırmaya göre karayolu araçları, trenler, gemiler ve uçaklar dahil ulaştırma sektörünün GHG emisyonlarının ikinci büyük üreticisi olduğunu ortaya koymuştur. Karayolu taşımacılığı ise ulaştırma sektörü GHG emisyonlarının yaklaşık yüzde 90 ila 95'ini oluşturmaktadır (URL-1, 2011). Bu duruma yol yapım inşaatlarının yaşam döngüsü boyunca ürettiği karbon ayakizi de eklendiği zaman, karayolları oldukça büyük emisyon üreticisi durumuna gelmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki yol yapım, onarım, bakım ve yenileme süreçleri eklendiğinde antropojenik GHG emisyonlarının yüzde kırkıdan fazlasını oluşturmaktadır. Ancak yine de karayolu inşaatına ait GHG emisyonlarının tahmin edildiği çalışmalar yeterli seviyede değildir. Bu amaçla bu çalışmanın literatürdeki karayolu inşaatı ayakizine ait az sayıdaki çalışmaya bir katkı sunması amaçlanmıştır.

ROADEO modelinden çıkan sonuçlara göre; yol yapım inşaatında kullanılan malzemelerden çimento, asfalt ve çelik gibi malzemelerin CO₂ emisyonunun yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle düşük karbonlu teknolojilerin seçilmesi ve yüksek karbonlu veya karbon yoğun malzemelerin düşük karbonlu malzemelerle değiştirilmesi ile düşük GHG emisyon değerleri sağlanabilir. İnşaat ve malzeme ile ilgili emisyon azaltma teknolojilerine örnek olarak; çimento yerine uçucu kül ve cürufların kullanılması, çelik tesislerinde CO₂ içermeyen çelik üretim teknolojileri, kırma tesislerinde dizel yakıt yerine elektrik kullanılması, biyo-bazlı bitüm üretimi, kauçuk asfalt kullanımı, yerinde kireç stabilizasyonu, çimento üretiminde biyo-bazlı yakıt kullanımı verilebilir. Ayrıca geri dönüştürülmüş çelik kullanımı, geri dönüştürülmüş asfalt kullanımı ile şantiye sahasındaki iş makineleri için düşük karbonlu yakıtlar ile elektrikli uygulamalar gibi sürdürülebilir yaklaşımlar benimsenebilir (Liu vd., 2022). Karayolu ulaşımına açıldığında optimum bakım stratejisi, kaplama pürüzlülüğünün kontrol edilmesi gibi uygulamalar da albedo iyileştirmesi açısından iyi birer örnek teşkil edebilir. Ulaşım esnasında meydana gelecek GHG emisyonları azaltmak için ise; araçların akışının standart bir şekilde olması, yoldaki

ulaşımı esnasında tonajı yüksek kamyonlar yerine daha yeni araçların veya filoların kullanılması, bu araçların yakıtlarının dizel olması gibi uygulamalar gerçekleştirilebilir. GHG emisyonlarının malzemelerin taşınması aşamasındaki artışını önlemek için en önemli nokta malzemenin en yakın kaynak alanından getirilmesi olarak değerlendirilebilir.

4. TEŞEKKÜR/ACKNOWLEDGEMENT

Bu makale “Yol Yapım Şantiyesi Karbon Ayak İzinin Tahmini: Karaman – Mersin Yol Yapım Örneği” isimli yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir. Çalışma için her türlü bilgi ve veri akışını sağlayan Bergiz Holding’e teşekkür ederiz.

5. KAYNAKÇA/REFERENCES

- Albuquerque, F. D., Maraqa, M. A., Chowdhury, R., Mauga, T., & Alzard, M. (2020). Greenhouse gas emissions associated with road transport projects: current status, benchmarking, and assessment tools. *Transportation Research Procedia*, 48, 2018-2030.
- Angelopoulou, G.I., Koroneos, C.J., Loizidou, M., 2009. Environmental impacts from the construction and maintenance of a motorway in Greece, 1st International Exergy, Life Cycle Assessment, and Sustainability Workshop & Symposium.
- AR6, 2022. IPCC’s Sixth Assessment Report (AR6)- The Working Group I Report, <https://www.ipcc.ch>, Erişim Tarihi: 27.02.2024.
- Copernicus, 2024. Copernicus: Global temperature record streak continues – April 2024 was the hottest on record, <https://climate.copernicus.eu/>, 17.07.2024.
- EAPA, 2004. European Asphalt Pavement Association. Environmental Impacts and Fuel Efficiency of Road Pavements, <https://eapa.org>, Erişim Tarihi: 24.11.2024
- FAR, 1990. IPCC’s First Assessment Report (FAR)- The Working Group I Report, <https://www.ipcc.ch>, Erişim Tarihi: 07.02.2024
- GPC, 2020. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories, <https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-cities>, Erişim Tarihi: 08.12.2023.
- IPCC, 2007a. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, What is the Greenhouse Effect?
- IPCC, 2018a. The Climate System: an Overview. Weather and climate, TAR, <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/TAR-01.pdf>, Erişim Tarihi: 17.07.2024.
- IPCC, 2021. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis, <https://www.ipcc.ch/>, Erişim Tarihi: 08.12.2023.
- IPCC, 2022. Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kadioğlu, M., Çakır, S., 2015. *Meteoroloji-Atmosferimizi Anlamak*, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Liu, N., Wang, Y., Bai, Q., Liu, Y., Wang, P. S., Xue, S., ... & Li, Q. (2022). Road life-cycle carbon dioxide emissions and emission reduction technologies: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 9(4), 532-555.
- NOAA, 2024. Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide, <https://www.climate.gov/>, Erişim Tarihi: 24.11.2024.
- NASA, 2020. Evidence, <https://science.nasa.gov/climate-change/evidence/>, Erişim Tarihi: 11.09.2023
- NASA, 2022. Global temperatures, NASA Earth Observatory, <https://earthobservatory.nasa.gov/>, Erişim Tarihi: 11.09.2023.
- Pekin, M. A. (2006). Ulaştırma sektöründen kaynaklanan GHG emisyonları, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
- Singh, A., Srivastava, V., & Tiwari, A. K. (2023). Carbon Footprint Estimation of Highway Construction Materials. *J. Environ. Nanotechnol*, 12(4), 22-34.
- Türkeş, M. (2001). Küresel iklimin korunması, iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Türkiye. *Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın*, 61, 14-29.

- Türkçes, M. (2012). Türkiye’de gözlenen ve öngörölen iklim değışikliği, kuraklık ve çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 1-32.
- URL-1, 2011. Transport - Greenhouse gas emissions mitigation in road construction and rehabilitation: A toolkit for developing countries (English), <https://documents1.worldbank.org/>, 21.04.2024
- URL-2, 2010. Energy Sector Assessment Program, <https://www.esmap.org/>, Access Date: 18.04.2024.
- Yu, C., Wu, L., Liu, Y., Ye, K., & Liang, G. (2022). Estimating Greenhouse Gas Emissions from Road Construction by Considering the Regional Differences in Carbon Emission Factors of Cement: The Case of China. Buildings, 12(9), 1341.

RESILIENCE
e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

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

Geographical Analysis of the Urban Reconstruction Process After the Earthquake in Elazığ

Elazığ'da Deprem Sonrası Kentsel Formun Yeniden İnşaa Sürecinin Coğrafi Analizi

Aşır Yüksel KAYA ^{1*}

ORCID 0000-0003-0398-7069

¹ Fırat Üniversitesi, İnsan Ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Beşeri Ve İktisadi Coğrafya Bölümü, Elazığ, Türkiye

Öne Çıkanlar / Highlights

- Afetlerin Elazığ'ın kentleşmesi üzerindeki etkisinin sorgulanması.
- Elazığ'da Kentsel Dirençliliğin Değerlendirilmesi.
- 2020 ve 2023 Deprem Dizisinin Kapsamlı Sonuçları.
- Depremlerin Sosyal, Ekonomik ve Fiziksel Yapılar Üzerindeki Etkileri.
- Questioning the effect of disasters on the urbanization of Elazığ.
- Assessment of Urban Resilience in Elazığ.
- Comprehensive Outcomes of the 2020 and 2023.
- Effects of Earthquakes on Social, Economic, and Physical Structures.



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:

28/09/2024

Kabul / Accepted:

27/12/2024

Anahtar Kelimeler

Dirençlilik

Depremler

Binaların yeniden inşası

Kentsel Dönüşüm

Keywords

Resilience

Earthquakes

Building reconstruction

Urban Transformation

Özet

Şehirler, birçok insanı etkileyen ani olayların ortaya çıkabildiği, sosyo-kültürel ve ekonomik bağlamda oluşmuş yerleşim yerleridir. Kentleşme oranındaki artış, kaynakların aşırı tüketimi, yetersiz altyapı, düzensiz planlama ve verimsiz hizmetlerin neden olduğu çevresel etkiler, kentleri afetlere karşı savunmasız hale getirmektedir. Şehirleri geleceğe hazırlamak ve olası risklere karşı önlem almak için dirençlilik önemli bir kavram haline gelmiştir. Kentsel dirençlilik, kentlerin sosyal, ekonomik ve fiziksel altyapı sistemlerinin bir afet ya da felaketten en az zararla kurtulmasını sağlayan bir yaklaşımdır. Böylelikle kentsel yerleşimler sürdürülebilir ve daha güvenli yerler haline gelebilir. Bu çalışmanın amacı, Elazığ'da meydana gelen depremler sonrasında kentsel formun yeniden yapılandırılması ve kentsel dirençlilik süreçlerini incelemektir. 2020 ve 2023 yıllarında meydana gelen depremlerin ardından Elazığ, fiziksel, sosyal ve ekonomik yapısında ciddi tahribat yaşamıştır. Bu bağlamda, çalışma, Elazığ'ın kentleşme sürecinde kentsel dirençliliğin artırılması için mekânsal planlamanın ve afet risk azaltma stratejilerinin önemine vurgu yapmaktadır. İlk olarak Elazığ'ın tarihsel gelişimi ve kentsel form değişiklikleri incelenmiş, ardından bu değişimlere sebep olan doğal ve beşeri süreçler değerlendirilmiş ve şehrin dirençlilik durumu ortaya konulmuştur.

Abstract

Cities are settlements formed within socio-cultural and economic contexts, where sudden events affecting large populations can occur. The increasing rate of urbanization, excessive consumption of resources, inadequate infrastructure, unplanned development, and inefficient services make cities vulnerable to disasters. Resilience has become a crucial concept for preparing cities for the future and mitigating potential risks. Urban resilience refers to an approach that enables the social, communal, economic, and physical infrastructure systems of cities to recover from disasters or catastrophes with minimal damage. Through this, urban

settlements can become more sustainable and safer places. This study aims to examine the reconstruction of urban form and the processes of urban resilience following the earthquakes in Elazığ. The earthquakes of 2020 and 2023 caused significant damage to the physical, social, and economic structures of Elazığ. In this context, the study highlights the importance of spatial planning and disaster risk reduction strategies in enhancing urban resilience within the urbanization process of Elazığ. First, the historical development and changes in the urban form of Elazığ are analyzed. Subsequently, the natural and human-induced processes that caused these changes are evaluated to assess the city's resilience status.

1. INTRODUCTION

Cities are settlements formed within a socio-cultural and economic context, where sudden events affecting large populations can occur (Türkoğlu & Elmastaş, 2022). Environmental impacts resulting from the increase in urbanisation, excessive consumption of resources, inadequate infrastructure, irregular planning, and inefficient services make cities increasingly vulnerable to disasters (Büyüközkan et al., 2022). Historically, urbanisation progressed slowly. Before the 1600s, merely 5% of the world's population resided in urban areas. This figure rose to 7% by the 1800s and 16% by the 1900s (Ritchie et al., 2024). However, with the onset of the 20th century, urbanisation trends reached their peak. According to the UNPD (2024), 55% of the world's population currently resides in cities, while 45% lives in rural areas. This ratio is expected to shift further in favor of urban areas in the coming years. By 2050, projections suggest that 68% of the world's population will reside in urban areas (UNPD, 2024). While cities are growing rapidly on the one hand, on the other hand, especially in developing countries, they have become places that are unplanned, lack adequate transport and infrastructure, urban services are not developed in a sufficiently inclusive manner throughout the city, crowded, and vulnerable to disasters and other risks (Tuğaç, 2019).

Natural and man-made disasters affect urban settlements at different rates. Especially cities undergoing rapid urbanisation processes are caught unprepared against disasters. Rapid population growth, excessive urban growth, inadequate infrastructure and superstructure and insufficiency of urban functions reduce the resilience of cities against disasters. The preparedness of cities for disasters and their adaptation capacity show their resilience. Urban resilience is the preparedness of the city against all natural, human, sudden or slow, expected or unexpected hazards. Resilience refers to the capacity of a system, community, or society exposed to risks to endure, assimilate, adjust to, transform, and recover from the impacts of the hazard in a timely and efficient way, encompassing the safeguarding and restoration of its essential structures and the management of risks (Figueiredo et al., 2018; Wannous & Velasquez, 2017).

The concept of resilience initially arose as a way to describe how ecological systems address the risks they encounter and adapt to the consequences of changes (Holling, 1973). The concept has since been applied across various disciplines, such as engineering, natural sciences, social sciences, information technology, and disaster science (Koliou et al., 2020; Sajjad et al., 2021). The scope and applications of resilience vary according to the area where it is used. Resilience is the capacity of a system to react to unforeseen events, risks, and changes in a manner that prevents or reduces their impacts (Büyüközkan et al., 2022). Urban resilience is a system that can take measures against possible disasters that cities may encounter and make the socio-economic structure of the city resistant to disasters. This resilience is defined as preparing the city for risks before and after disasters, managing them and reorganising urban life (Berkes & Ross, 2013; Yoon et al., 2016).

Resilience has become an important concept to prepare cities and take precautions against possible future risks. Urban resilience is a practice that will enable the social, social, economic and physical infrastructure systems of cities to survive a disaster or catastrophe with minimum damage. In this way, urban settlements can become sustainable and safer places. However, by its very nature, resilience can be observed and characterized after a disaster, which makes it difficult to measure and therefore analyze before a disaster occurs. In this context, it has become important for politicians, urban and regional planners, urban regeneration experts, geographers, and other researchers to prepare cities, which are the

most significant population hubs, for disasters and to organize and implement post-disaster decisions effectively. However, the main challenge in creating the organization scheme of urban resilience is how to best predict the spatial and temporal conditions of the disaster (Sajjad et al., 2020). In this context, factors such as different population density in rural and urban areas, land use, etc. limit the administrative organisations.

The most damaging disasters that cities encounter today are natural events like earthquakes, floods, landslides, wildfires, climate change, as well as epidemics such as COVID-19. Existing large cities are less resilient to disasters as they are unable to organise well the basic form and function characteristics inherited from the plans made 70-80 years ago and the growing uncertainties and changing needs of today (Gerçek, 2021). In addition, factors such as excessive urban growth, maximization of carbon emissions and improper land use also increase this vulnerability. One of the key strategies to enhance the resilience of existing cities is to implement preventive measures before a disaster occurs. A resilient city is a structure that can change itself by resisting the stress arising from the negative effects of social, economic and environmental problems and can construct itself according to the new situation, which can generally be defined as a smart city. Therefore, a smart and resilient city is the result of contemporary and resilient planning of urban settlements to manage urban changes (Lfarakh, 2021). OECD has explained urban resilience through four important components: social, economic, managerial and environmental (Figueiredo et al., 2018) (Figure 1).



Figure 1. Measuring resilience. (Figueiredo et al., 2018)

The OECD approach evaluates the core economic, social, environmental, and institutional dimensions of urban resilience collectively and in relation to one another. The basic logic here is that isolated policies that are not associated with each other will prevent the correct determination of measures against risks and will prevent the achievement of urban resilience (Tuğaç, 2019). In other words, resilient cities are settlements that show social, spatial, institutional and economic integrity in terms of sustainability.

Türkiye's geography has a high disaster risk potential due to natural hazards such as earthquakes, floods, landslides, and demographic pressures like overpopulation. Recent earthquakes reveal the importance of spatial planning and risk mitigation action plans. A spatial planning approach that includes urban risk assessment studies for predetermining the hazards that constitute risks and determining the level of vulnerability can reduce the negative social and economic impacts of possible disasters (Türkoğlu, 2014). Therefore, it is critically important to engage in proactive planning to mitigate disaster risks in cities. Resilience of a city to disasters is related to the capacity of urban individuals, institutions, urban functions to survive, adapt and develop against all kinds of disasters regardless of their source.

In this study, which has experienced such great disasters, a history and geography based urban morphology approach has been adopted to define how the city has reacted to many of these disruptions, with a special emphasis on the experiences of Elazığ from 1923 to the present. In this study, in order to make an urban and morphological settlement history analysis, a number of interdisciplinary literature, especially history and geography studies (Tezer & Özgür, 2018), were brought together to have an overview of the facts, and a critical analysis of the processes was made, focusing on the processes of exposure to disasters over several generations. Thus, the changes caused by the disasters affecting the city since the formation of the first urbanization core of Elazığ to the urban physical space, macroform and area size, administrative structure, transportation infrastructure, population size and structure, economic, social and cultural structure have been explained. At the same time, how these changes affected urban resilience was discussed from a critical standpoint.

1.1. Study Area

In this study, we are talking about the reconstruction process of Elazığ -one of the youngest cities of Türkiye-, after natural disasters (Figure 2). Throughout history, the city and its inhabitants have been transformed by many periods of disruption, transition, and recovery. Elazığ is a city which was established on a plateau surrounded by fertile agricultural plains which are 5 km away from the city itself. The city is the surviving continuation to the historic city of Harput. Harput, one of the oldest settlements in Anatolia, has served as a home to numerous civilizations throughout history (Akdemir, 2013; Karakaş, 1999).

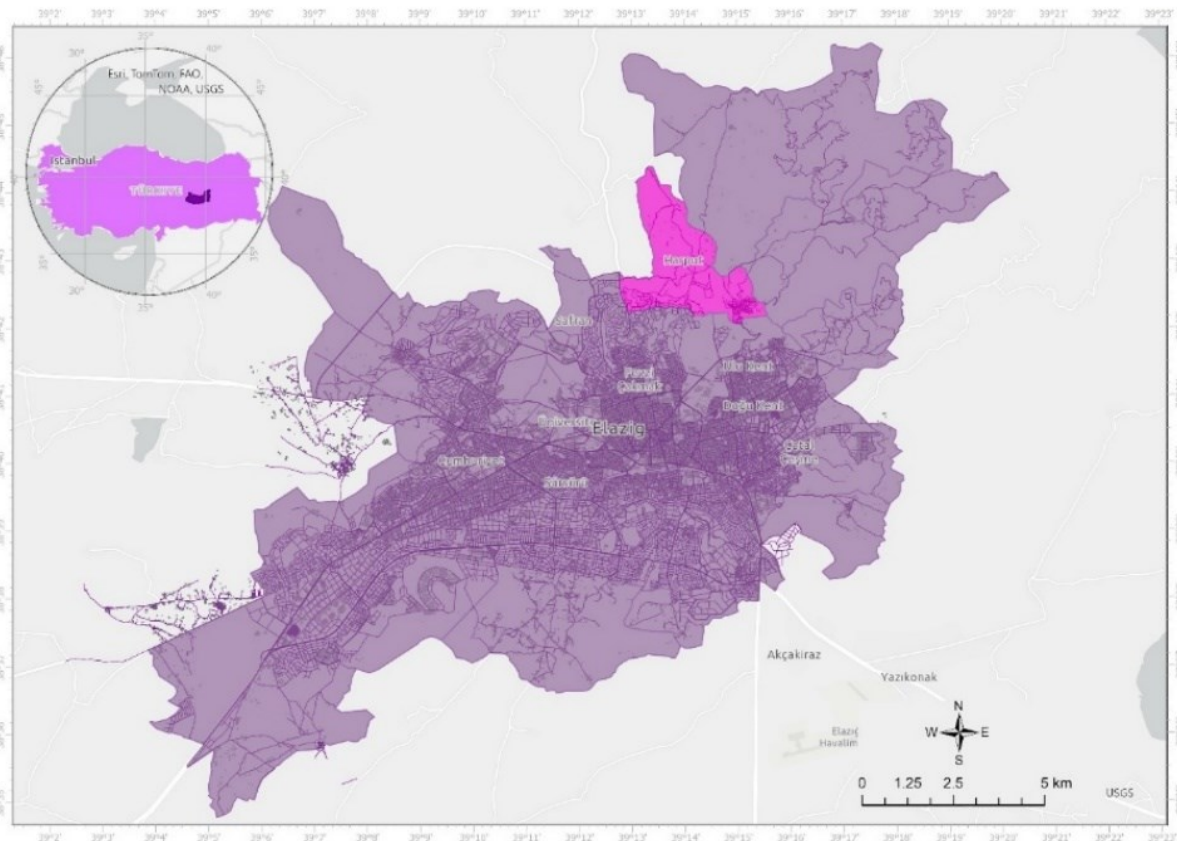


Figure 2. Study Area Location Map

Until the twentieth century, Elazığ was a rural neighborhood of Harput. Its current population is 443,448. However, exactly a century ago, the opposite was the case. In particular, the excess of topographically habitable areas, the developments in transportation and communication lines and the political, social and economic developments experienced throughout the country have accelerated the urbanization process.

2. METHOD

In studies on disaster resilience 62% of the publications are conceptual, 12% are literature reviews and 26% are analytical studies (Büyükoğuzkan et al., 2022; Ribeiro & Pena Jardim Gonçalves, 2019; Sharifi, 2020; Witt & Lill, 2018). In these studies, the methods to be used in the measurement and evaluation of resilience are divided into two categories as qualitative and quantitative (Yüksel & Karaçor, 2021) (Figure 3).

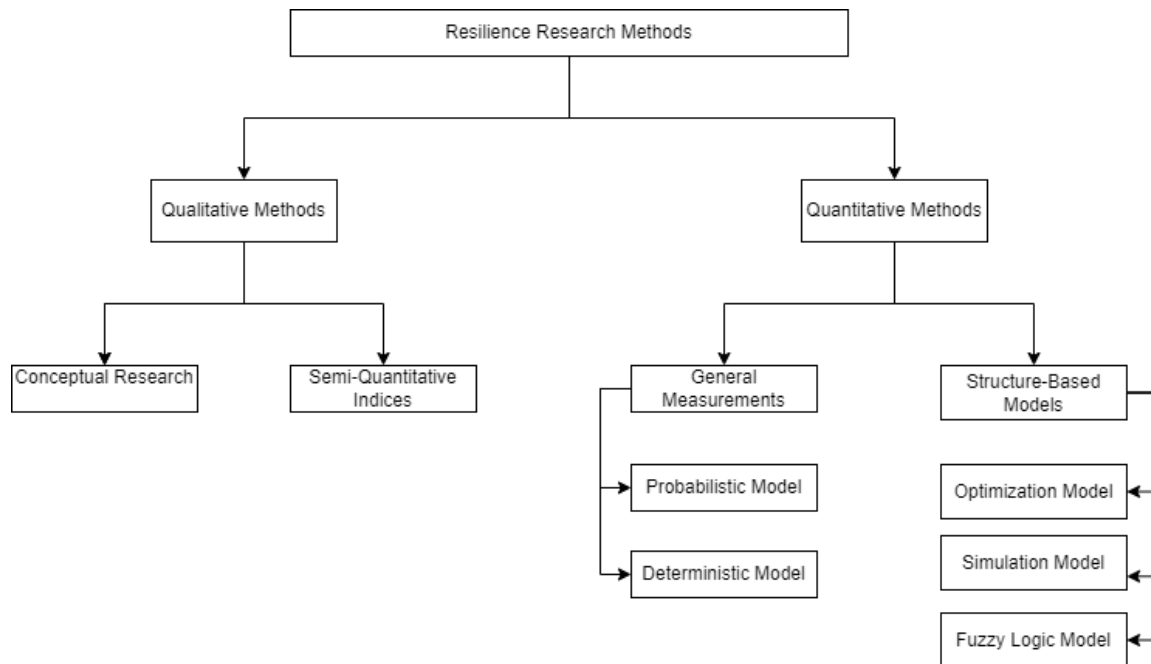


Figure 3. Urban Resilience Research Methods

Qualitative and quantitative methods differ according to the location and the subject to be focused on. However, a model is required to construct the relationship between vulnerability and resilience in urban scale studies. Cutter et al. (2008) emphasizes that it is difficult to measure resilience in absolute terms, so indicators should be used to determine a comparative approach and ranking. This helps to identify the key elements of the targeted system or unit of analysis, make a comparison, identify weak and strong points, and make it easier to know how to make plans to improve the system and where to direct funds (Cimellaro, 2016). In this context, the method to be followed in the research was "Top-down approach" and "Semi-Quantitative Indexes" were used to analyse the city, neighborhood and building scales. Within the framework of the top-down approach, the analysis of urban resilience starts with an emphasis on the evolution of the city through its historical development journey. Subsequently, the natural and human factors influencing changes in the urban form are assessed.

3. THE RESEARCH FINDINGS AND DISCUSSION

3.1. Historical evolution: History of Elazig and the Turkish context

The socio-cultural history of Elazig is important to understand its urbanization process. Because the city, which is considered as Elazig today, was established as a continuation of the old city of Harput. Harput was a city located in the east of Anatolia, at the intersection of important roads connecting many regions (Kopar, 2007). This historical city, which was approximately 1450-1500 meters above sea level, was surrounded by important water resources such as the Euphrates and Murat rivers, as well as fertile plains (Şengün, 2012). Geographically, it is integrated with some trade routes in Northern and Central Anatolia and Northern Mesopotamia, the Caucasus, Syria and Iran due to its location connecting cities

in the south, north, east and west directions. Owing to these characteristics, the city has been a significant settlement center since ancient times and has served as a host to numerous civilizations (Uzun & Çakar, 2016). Since 1085, it has been developed and organized as an administrative center (Kopar, 2007). However, factors such as the loss of the importance of Harput as a fortress city, the lack of space for spatial development, and the difficulty of transportation caused it to be moved to the area where today's city of Elazığ is located (Akdemir, 2013; Erinç, 1953; Hayli, 1998; Karakaş, 1999; Sarıbeyoğlu, 1951; Sergün, 1975).

The historical city of Harput began to lose its importance after the 1900s, while Elazığ began to grow socially, economically and physically. Up to the first quarter of the 20th century, Harput was the dominant city. However, with the proclamation of the Turkish Republic in 1923, the concept of central governance shifted, marking the official end of the Ottoman Empire and the establishment of the Republic of Türkiye. With the establishment of the Republic, Elazığ officially became the city center. However, the new Republic, founded after the collapse of the deeply rooted Ottoman Empire, faced numerous challenges, particularly in social, economic, educational, and healthcare sectors, which constrained the development of cities. Additionally, during the first half of the twentieth century, Türkiye, despite maintaining neutrality in World War II, was still impacted by globally significant events. (Ersoy, 2013). During this period, the newly established Republic adopted a policy of distributing the population more evenly throughout the country by creating new development centers in Anatolia. As a result of these policies, state supported investments have increased in Elazığ. In the early stages of Elazığ's development as a young Anatolian city, state investments accelerated its urbanization process. The increase in infrastructure, industry and state investments in the city has caused intense migration from rural areas. After 1956, the widespread use of electricity, the establishment of cement, sugar and yarn factories, the development of road infrastructure throughout the country, the Keban dam, which is Türkiye's first major investment in the field of energy, and the establishment of the hydroelectric power plant, led to the acceleration of the city's urbanization (Akdemir, 2013; Karakaş, 1999). All these investments have created new fields of work, and therefore caused the population to increase exponentially. In addition, the flooding of many rural settlements due to the construction of the Keban dam caused many settlements to become uninhabitable and the population once living in those areas were introduced into the city with state resources. During the latter half of the twentieth century, Elazığ, a medium-sized Anatolian settlement, began to form a distinct identity and a distinctive urban character.

After World War II, the state implemented policies aimed at promoting the entire national territory to achieve balanced economic growth (Brenner, 2004). However, by the late 1970s, the state's development strategy shifted focus to the urban level (Yıldırım, 2021). Türkiye has adopted a similar policy and has implemented an economic development model that embraces balanced development between regions at the spatial level (Ersoy, 2013). These policies, the increasing oil prices on a global scale in the 1970s, the decline in the profit rates of multinational companies, the economic embargoes imposed by the United States and European countries due to the 1974 Cyprus peace operation, the political debates within the country (right-left conflict) and the social, economic and cultural instability that followed, has prepared a suitable ground for the formation of marginal groups, terrorist organizations and their actions (Şahinalp & Günal, 2016). This situation has pushed the rural population in Eastern Anatolia and Southeastern Anatolia, where different ethnic groups live together, to migrate to other locations (Karakaş, 1999). During this period, Elazığ was subjected to an intense migration due to the terror incidents taking place in the surrounding provinces. In fact, despite the political and economic stagnation across the country, the growing urban population brought with it a rapid urbanization, and sadly, urban resources could not meet the demands of the new inhabitants of the city. Thus, the housing problem, which is one of the most fundamental problems in cities, has emerged. The inadequacy of the economic resources of the newly introduced population into the city and the lack of a plan and project to solve this problem by the state, created the slums within the city. Slums can be defined as houses built in a hurry on vacant lands belonging to third parties or state-owned lands, in violation of zoning regulations. This problem has become commonplace in almost every city throughout the country, especially in big cities such as Istanbul, Ankara, Adana and Izmir, but also in other cities in Anatolia. Since the 1980s, with

neoliberal policies, the state has systematically intervened in slum areas and provided incentives for the commercialization of these areas (Yıldırım, 2021). During this period, new neighborhoods were added to the urban pattern of Elazığ. After the 1980s, the urbanization process continued with the new housing projects for the increasing population, the transformation of slum areas, mass housing constructions and post-disaster construction processes. As a result, Elazığ, the new city of the new Republic, which was established with the collapse of the Ottoman Empire, has developed as a city affected by global developments with its socio-cultural and economic structure, not particularly as the continuation of Harput of the past.

3.2. Understanding Elazığ in the Earthquake Disaster Context

Disaster risk is a significant threat for dense urban areas, as recent events have shown (Hochrainer & Mechler, 2011). Despite the abundance of scientific knowledge on the causes and effects of hazards triggered by natural disasters and the significant advancements in technical methodologies to mitigate their impacts, disasters continue to have devastating consequences, particularly in developing countries. (Sengezer & Koç, 2005). Disasters occurring in medium-sized cities of developing countries such as Türkiye have caused social, economic and environmental damages. Elazığ, a medium-sized city in Anatolia, has been shaken by earthquakes with severe and ongoing effects on its social, economic, built and natural environments. There are three important fault zones in Türkiye. These fault zones are the North Anatolian Fault, the Aegean Region faults and the Eastern Anatolian fault. The Eastern Anatolian Fault is about 550 km long (Figure 4). There are a large number of settlements along this fault. Many earthquakes have occurred on the East Anatolian fault line since 1900 (Figure 5). Settlements located over the fault line have been identified as the areas with the highest earthquake hazard (AFAD, 2023).

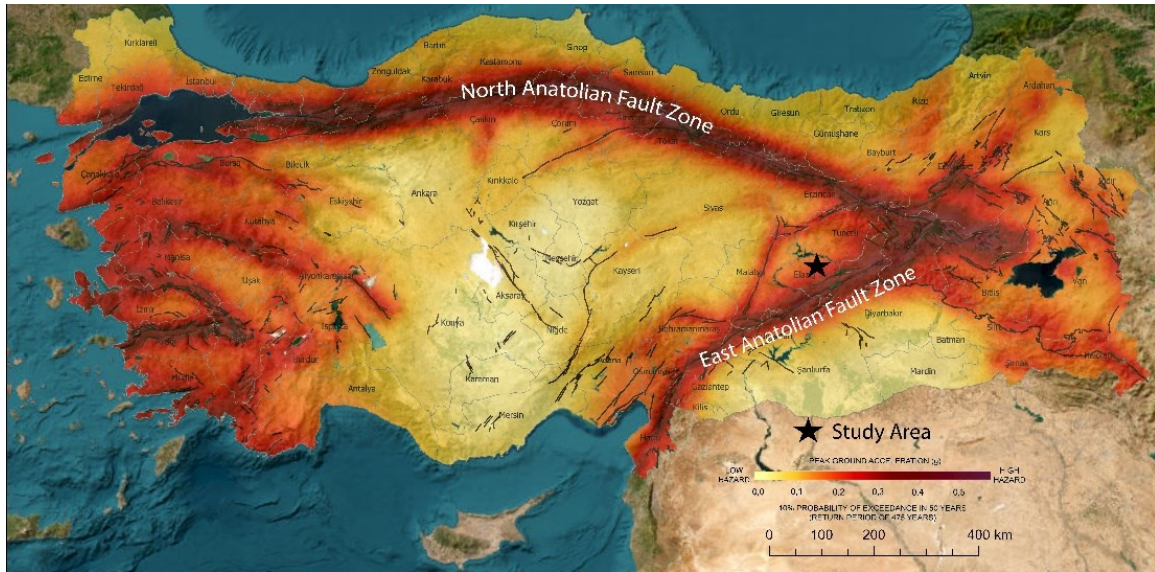


Figure 4: The location of the study area on Türkiye's earthquake hazard map (AFAD, 2023)

Elazığ, which is located on a 1st degree earthquake hazard area, was shaken by many major earthquakes in its history, and thus, the rural settlements near the city had to be relocated many times as well (Köküm & Özçelik, 2019; Sunkar, 2018). There have been many earthquakes which were felt by Elazığ residents and even caused various casualties. These earthquakes have had significant social, economic, and environmental impacts on the city and its residents, affecting them from the past to the present. Especially in the last 20 years, earthquakes in Sivrice have caused structural damage in various rural settlements and in the city center of Elazığ (Figure 5) (Sahin et al., 2020).

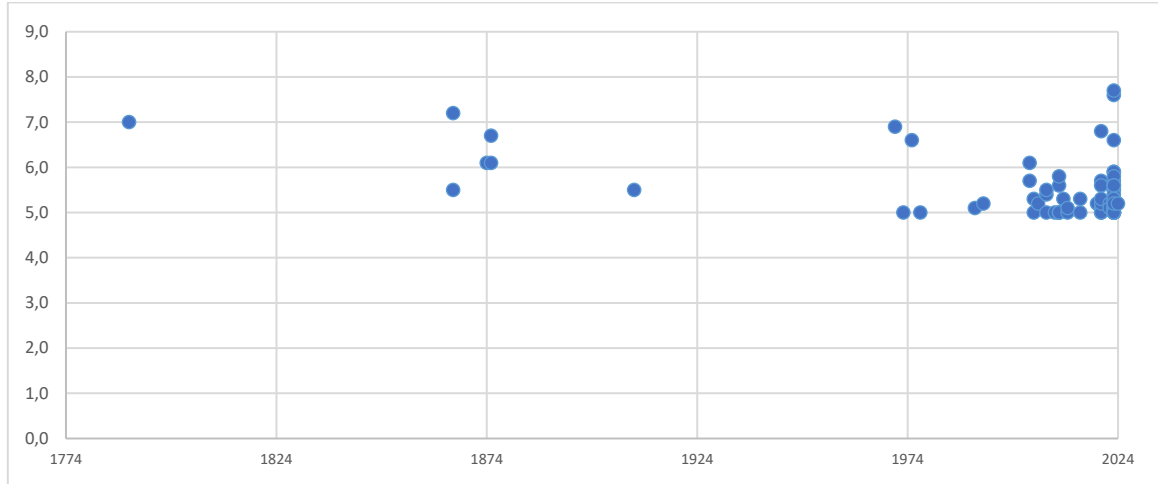


Figure 5: Distribution of Earthquakes of 5 Mw and above in Elazığ

The urban building stock, which was damaged in the 2007 Sivrice earthquake, was heavily affected on January 24, 2020. In fact, 30% of the buildings damaged in the city of Elazığ during the 2007 earthquake were multi-story and masonry structures (Sahin et al., 2020). Of these structures, the heavily damaged ones were demolished in a slightly controlled manner. However, during this process, especially in the damaged buildings, the necessary arrangements were not made, and these buildings were allowed to be used, although it was known that they would potentially collapse in future earthquakes. Such negligence reveals an inadequacy in the city's disaster management. It is known that most of the buildings that were destroyed or damaged in the earthquake on January 24 were structurally vulnerable, 2020, received prior damages in previous earthquakes and continued to be used without making the necessary arrangements. Dilek apartment building (Figure 4), which was destroyed in the January 24 earthquake, went through a similar fate and collapsed in the last earthquake, causing 14 people to lose their lives. In the research carried out after the earthquake, it was revealed that the building was heavily damaged in 2007, but it was not demolished and continued to be used with minor repairs URL 1 (Saymaz, 2020).



Figure 6: 14 people died in Dilek apartment building. Source URL 1.

The earthquake of January 24, 2020 was an important turning point for Elazığ. The earthquake caused significant damage to numerous structures in the city. After the primary damage observations after the earthquake by the Ministry of Environment and Urbanization MOE (2020), the type of damage of buildings by neighborhoods with rapid scanning Figure 7 it is given in. Following the rapid assessment, it was reported that 230 buildings in the city were destroyed, 9,070 buildings sustained slight damage, 1,278 buildings were moderately damaged, and 2,019 buildings suffered severe damage. (Şikoğlu & Güney, 2020) (Figure 7). After the 2020 earthquake, the buildings that received minor damage continue to be used with minor repairs. Heavily damaged buildings have been evacuated and made ready for demolition. After the inspections, moderately damaged buildings were allowed to be used, if reinforcement works were carried out.

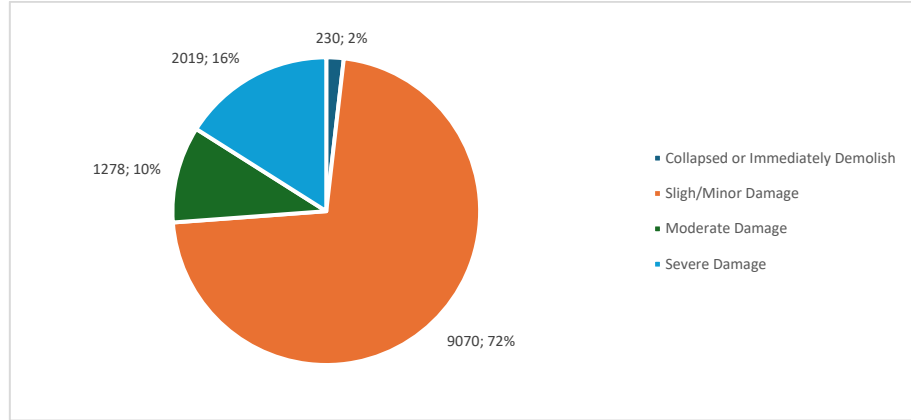


Figure 7: January 24, 2020 Earthquake damage status (Şikoğlu & Güney, 2020)

While the post-earthquake reconstruction process continued, two major earthquakes with magnitudes of Mw7.7 (depth = 8.6km) and Mw7.6 (depth = 7km) occurred on February 06, 2024, at 04:17 Türkiye time and again at 13:24 on the same day, with the epicenters being Pazarcık and Elbistan districts of Kahramanmaraş (Presidency of the Republic of Türkiye, Presidency of Strategy and Budget Directorate, 2023). Eleven provinces were directly impacted by the Kahramanmaraş-centered earthquake. In these affected provinces, damage assessment surveys were conducted for 1,712,182 buildings. As a result, it was determined that 35,355 buildings had collapsed, 17,491 required urgent demolition, 179,786 were severely damaged, 40,228 were moderately damaged, and 431,421 sustained minor damage. (Presidency of the Republic of Türkiye, Presidency of Strategy and Budget Directorate, 2023). In a statement issued by AFAD, it was reported that 50,096 people lost their lives due to the earthquake, while 107,204 individuals were injured (URL 2). In such a big earthquake, only two people lost their lives in Elazığ. However, numerous buildings within the city, especially moderately and slightly damaged structures in the previous earthquake, were severely damaged. In examinations conducted by the Elazığ Directorate of Environment and Climate (2023), it was determined that 9 buildings in Elazığ had collapsed, 19 required urgent demolition, 2,306 were severely damaged, 163 were moderately damaged, and 4,931 sustained minor damage (Figure 8).

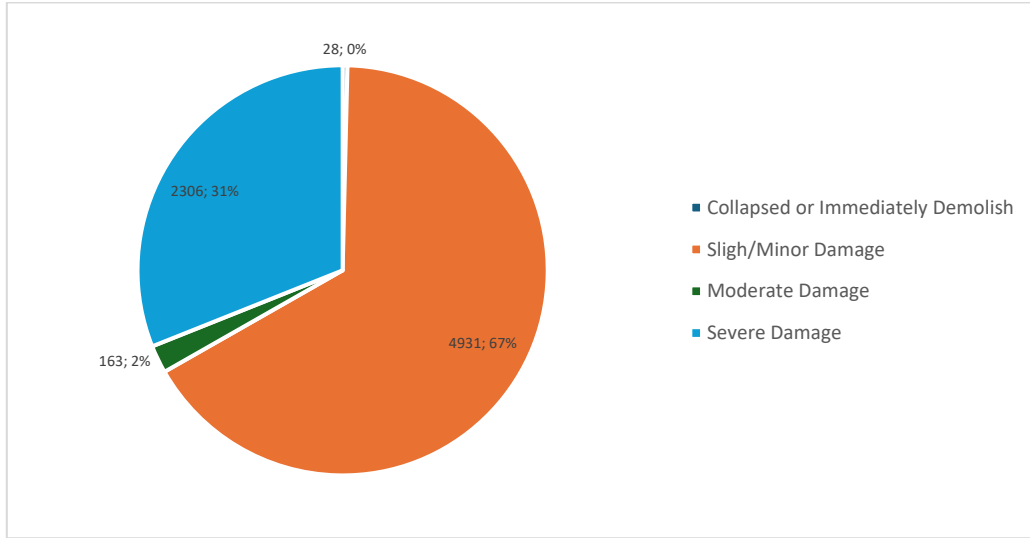


Figure 8: February 06, 2023, Earthquake damage status (Elazig Directorate of Environment and Climate 2023)

Following the earthquake on January 24, 2020, it turned out that the desired result could not be achieved with the earthquake that occurred three years later, although measures were taken such as the production of quality housing in areas with high suitability for settlement throughout the city, the evaluation and strengthening of the earthquake resistance of the existing building stock, the reorganization of the zoning plan in a nature sensitive to disasters (Caglar et al., 2023). There are numerous reasons for this, including structural deficiencies and errors such as inadequate seismic reinforcement details, non-earthquake-resistant construction techniques, the use of low-quality concrete, and substandard workmanship (Dogan et al., 2021). In fact, the use of readily-mixed concrete in building construction in Elazig started after the concrete companies established in the city in 1991 and 1993. In addition, building construction and building inspection in accordance with earthquake regulations started to be implemented after the year 2000. Considering the seismicity of the city and the fact that no lesson was learned from the earthquakes experienced in the past, it is possible that similar outcomes will occur in future earthquakes.

In the field studies conducted following the earthquakes, the reasons for the damage the building stock incurred in Elazig were determined as the problems arising from the design and the deficiencies arising from the constructions of the buildings (Sahin et al., 2020). The main shortcomings caused by the design are the lack of use of earthquake curtains (reinforced concrete curtains), highlighting architectural usability rather than durable design, discontinuous arrangement of frame axes in a way that negatively affects the transmission of earthquake load to vertical carriers, soft floor / weak floor irregularities, the condition of buildings (adjacent order, discrete order), the number of building floors, and the fact that buildings built before the year 2000 do not receive engineering services (Avcil et al., 2024; Caglar et al., 2023; Dogan et al., 2021; İnce, 2024; Zengin & Aydin, 2023). The defects caused by the construction are insufficient material strength and the arrangement of the carrier system elements without taking into account the ductile design rules (Figure) (Sahin et al., 2020; Dogan et al., 2021).



Figure 9: A view of the fully collapsed Aykent Building. URL 3: (Dogan et al., 2021)

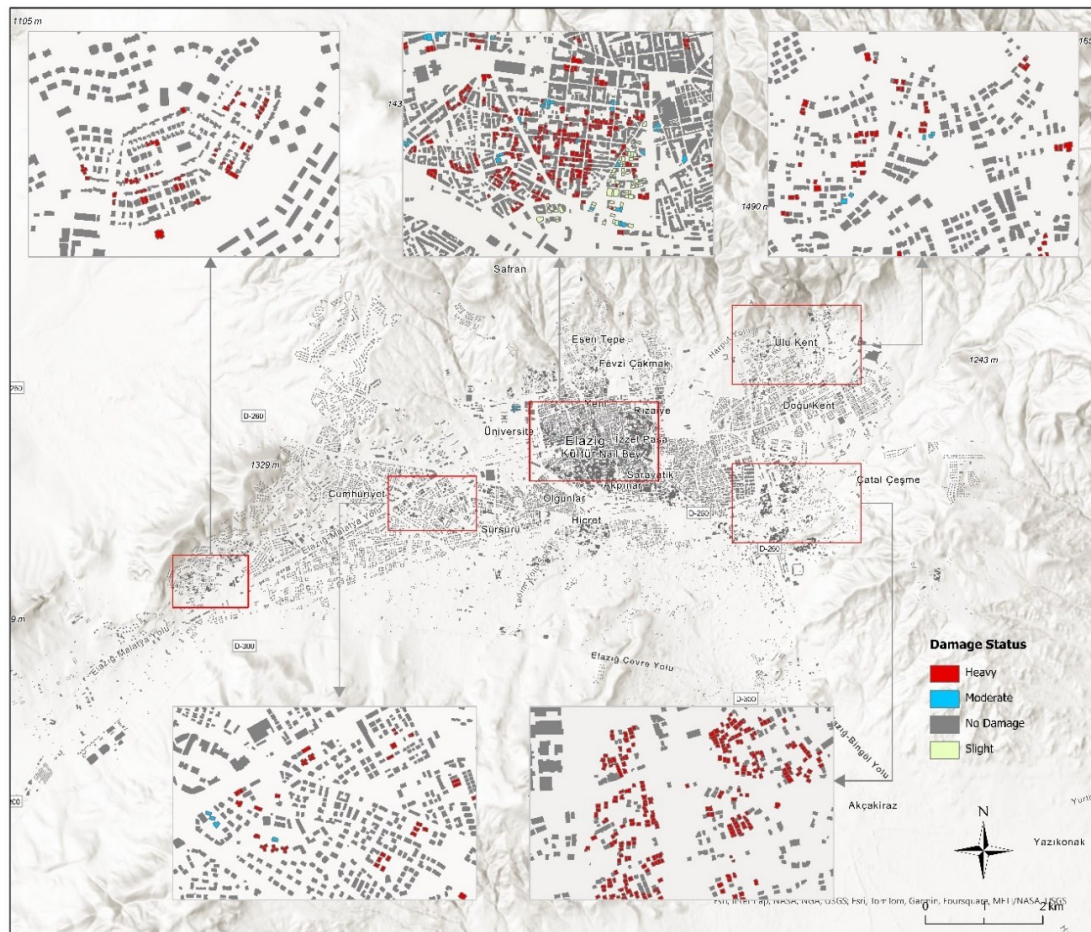


Figure 10: Distribution of structural damage in different urban patterns

3.3. Urban Growth: Between Earthquake and Calamity

The theory of rapid urbanization in urban growth (Bodo, 2019) in Elazığ it is one of the exemplary cities. Among the reasons for the rapid growth of Elazığ are rural to urban migration and the increase in birth rates after the 1950s, as in most developing countries. In addition, the economic development models implemented on a national scale, the terror events in the region, the integration of the rural population living in the flooded areas after the construction of the Keban Dam and the changing socio-economic conditions throughout the country were effective in the growth of Elazığ.

In fact, the first urban core of Elazığ emerged with the transformation of rural settlements. Until 1950, the spatial development of the city was limited. In this period, Elazığ was mostly a city in the making. Of course, it can be said that among the reasons for this is the effect of the newly established Republic and the wars taking place on a global scale (Akdemir, 2013). The shift of the political center of the country to Central Anatolia has also caused changes in terms of accessibility. Especially due to the developments in road and railway networks, Elazığ has started to cover a larger land area. The construction of Elazığ Train Station was the first state investment that has a positive effect on the spatial development of the city. During this period, the establishment of various educational institutions and the establishment of the town hall, led to the rapid transformation of the city center. During this period, two-storey, masonry buildings, each floor of which is residential, began to become widespread in the city. These buildings were structures built without engineering services. With the increasing need for housing and changing urban income rates, these structures started to leave their places to apartment blocks.

In the 1950s and 1960s, there was no effective urban planning that could cope with the size and speed of growth in the region. To address the new housing demands of the growing population, a single and simple zoning permit could be obtained with the sole decision of the local government, regardless of any potential problems such as zoning status, suitability for settlement, adequate transportation network and infrastructure. Consequently, the rural areas on the outskirts of the city have been swiftly integrated into the urban fabric. In particular, due to the small industrial zone established to accelerate industrial activities in the city, the nearby village of Kersik (Kizilay neighborhood) were rapidly incorporated into the urban area. The elements that are effective in the spatial growth of the city were not the result of a planning process but are only about to meet the need for new housing spaces of the growing population. Due to the slum tendencies that emerged in this period, the houses built by the newcomers to the city with their own means began to become widespread on lands without any zoning plans. Slums, which are a collection of village-like structures built on state owned and private lands on the periphery of the cities without permission, were innocent shelters at first, but they became widespread due to the zoning amnesties practiced and gained commercial value over time with the acquisition of zoning rights and turned into apartment blocks (Tuğaç, 2021).

In the 1970s and 1980s, the developments happened in the axis of "migration-industrialization-urbanization" had an important place in the change of the urban landscape (Akdemir, 2013, Türkoğlu & Akdemir, 2022). The city tended to develop in line with transportation routes. In this period, the establishment of the community college, the incorporation of the population living in the flooded rural areas due to the construction of the Keban Dam, and the rural-to-urban migration trends that started throughout the country, accelerated the spatial growth of Elazığ. In addition, reinforced concrete apartment buildings have become increasingly common with the Condominium Ownership Law published in 1965, which has changed (Keleş, 2015). In Elazığ, after 1975, masonry apartment buildings that did not receive engineering services and did not comply with earthquake regulations started to become widespread.

The global adoption of neoliberal policies in the 80s affected the growth of Elazığ. A rapid construction process has been started in the urban space, and the slum areas on the periphery of the city have been considered as a problem. Within this scope, the Housing Development Administration of Türkiye (TOKİ) was established in 1984 (Yılmaz, 2016). The purpose of the public housing administration has been to create new housing areas suitable for the lower and middle income level population in the areas on the periphery of the city in order to meet the housing needs of the newly added population to the city. After 1984, with the establishment of mass housing constructions, the neighborhood of Doğukent, 4 km from the city center, in the east of Elazığ, and Abdullahtaşa neighborhood, 8 km from the southwest, were made available, cheaply, for development by the municipality together with an infrastructure (Akdemir, 2013). In this period, with the effect of additional zoning plans for housing construction, Sürsürü and the Hilalkent neighborhoods were established (Karakaş, 2008), and the city grew westward on the transportation axes and this determined its current morphological boundaries.

With the continued impact of neoliberal policies and the lessons learned from the 1999 Marmara earthquake, since the 2000s, basic housing and shelter needs have transformed into secure and disaster-resistant urban growth. Particularly after the 1999 Marmara earthquake, the resilience of the existing housing stock began to be addressed. After 2005, due to changes in building regulations and individuals' desire to live in safer areas, individuals from middle and upper-income groups started to settle on the slopes located in the northern part of the city. These construction trends initially led to the rapid development of Cumhuriyet Neighborhood, followed by Çaydaçira Neighborhood.

This trend towards disaster-resistant development was further reinforced after the January 24, 2020 earthquake. Urban growth continued with the establishment of new earthquake-resistant urban structures built by the Housing Development Administration of Türkiye (TOKİ) on state-owned lands, mostly on the perimeter of the city. With the completion of the new housing projects initiated by TOKİ after the earthquake, the city has grown towards areas with lower earthquake hazard in the northern and southern directions (Figure 11).

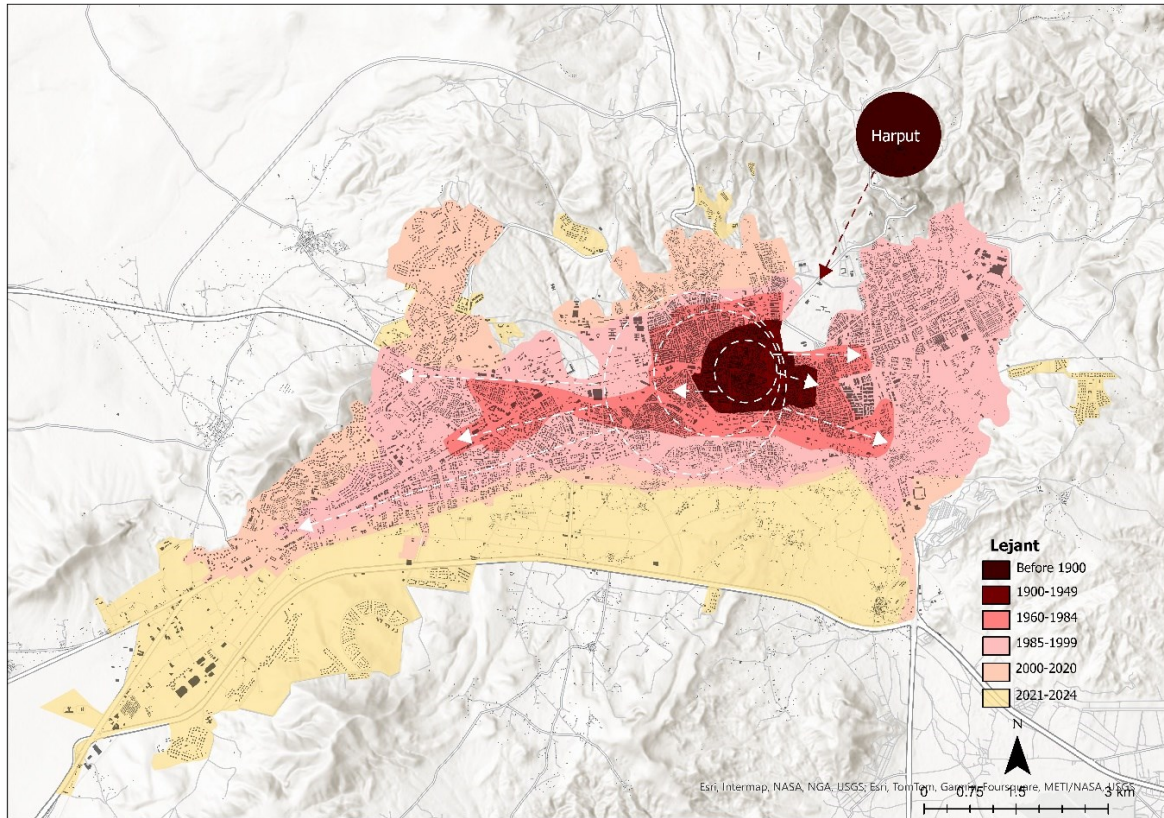


Figure 11: Development of Elazığ Urban Form. Source: *Elazığ Kentsel Strateji Belgesi*, (2017) (The graphic arrangement has been renewed by the author and the developmental periods have been updated)

3.4. Impact of Earthquake Disasters on the Structure of Development and Urban Form

Urban form is the spatial expression of a complex and dynamic interplay among diverse social, economic, geographical, cultural, physical, and technological factors that play a critical role in shaping and transforming cities, influencing the spatial and temporal dynamics of human activities and the flow of materials and information (Sharifi, 2019). On post-disaster recovery planning, the literature treats the urban form as a place that needs improvement, not as a place to support post-earthquake recovery activities (Irajifar et al., 2016). A similar situation applies to Elazığ. So how did the post-earthquake transformation of the urban form in Elazığ differ between the two earthquakes? The rest of the study explores this question.

As previously mentioned, Elazığ is a city highly susceptible to earthquake hazards. Over the past twenty years, it has experienced numerous earthquakes with magnitudes exceeding 5. The largest earthquakes affecting the urban environment were the Sivrice earthquake on January 24, 2020, and the Kahramanmaraş earthquake on February 6, 2023. In this study, rapid visual scanning (RVS) components were used to determine the risk of damage to buildings located in earthquake hazard areas. Because this type of classification of the existing building stock makes it easier to quickly determine the susceptibility of a building to earthquakes by grouping together buildings made of similar materials and with systems resistant to similar seismic forces ((FEMA, 2015; Gerçek & Güven, 2023). In the study area, while evaluating for two different periods, the existing RVS indicators were used. (Demirbaş et al., 2022) It has been revealed that there is a large agreement between the damage risk results obtained from rapid assessment methods and the damage levels that occurred after the Elazığ-Sivrice Earthquake (2020). In the physical condition assessment of the existing building stock, the current situation was evaluated by using the parameters of building age, number of floors, construction year, layout status, apparent

building quality and damage status in the evaluations, it was seen that many buildings in different areas of the city were vulnerable to earthquake hazards (Figure 12).

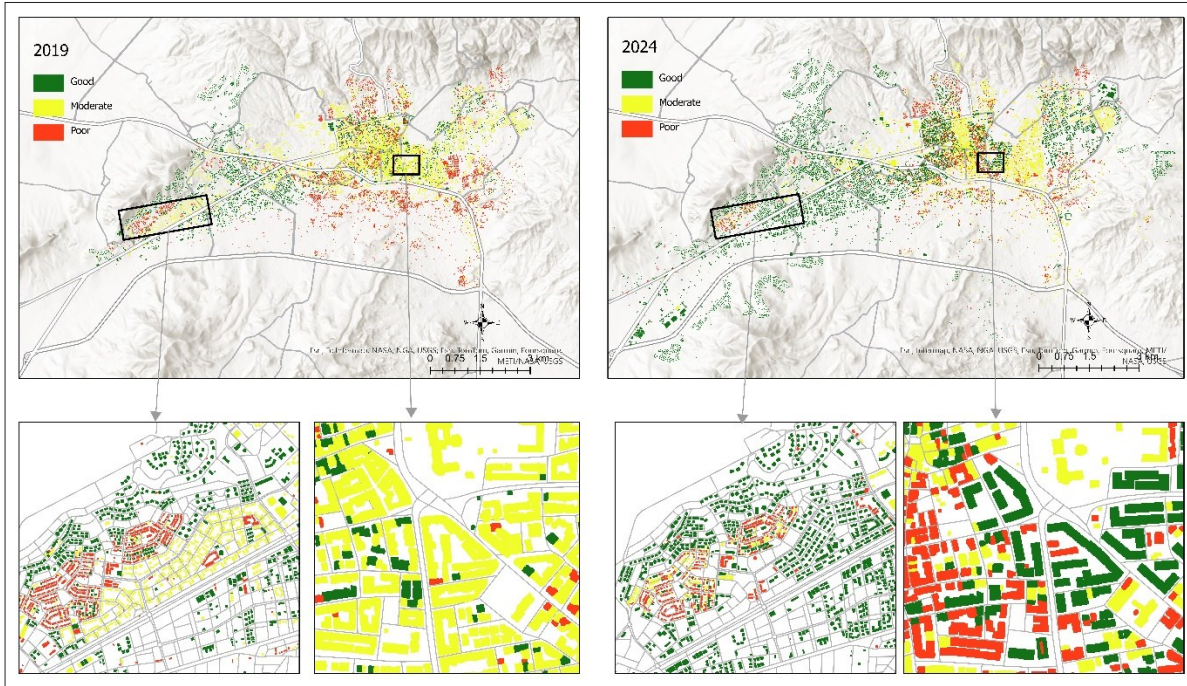


Figure 12. Physical Condition Comparison of Building Stock Before and After Earthquakes

In 2019, it is observed that the current building stock is in 43% bad, 41% medium and 16% good condition. In the 2020 earthquake, this adversely affected the earthquake resistance of the urban building stock and many buildings were damaged and destroyed. After the earthquake, the efforts to improve the existing urban fabric continued without non-stop. However, after the earthquake that occurred in 2023, the urban building stock was once again adversely affected, and many buildings were damaged (Figure 14). Although many measures have been taken to increase the resilience of the urban form in Elazığ, it is obvious that the city is still not fully resistant to future earthquakes. After the two major earthquakes, 26% of the existing urban building stock is in good condition, 47% is in moderate condition and 27% is considered bad (Figure 13).

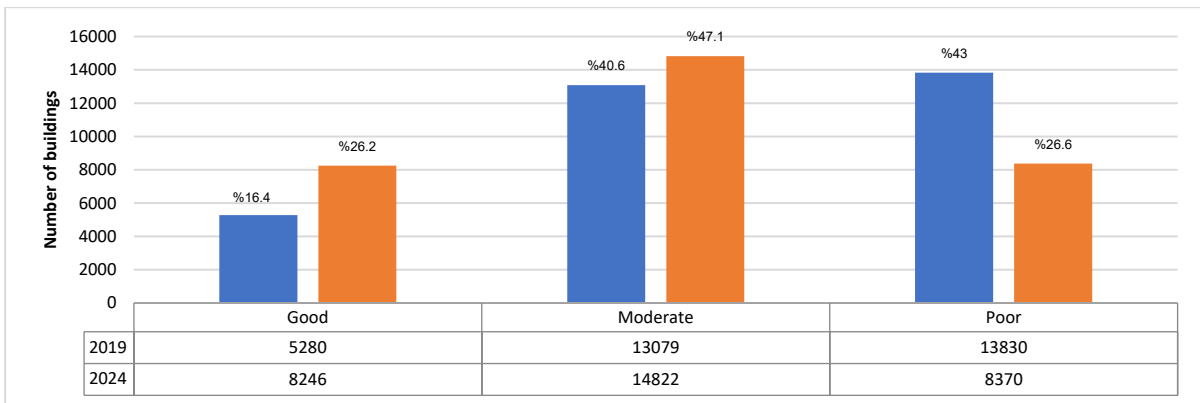


Figure 13. Physical Condition Comparison of Building Stock Before and After Earthquakes



Figure 14: Abdullahpaşa neighborhood before and after the earthquake URL 4.

In 2020, the urban area of Elazığ was classified into Urbanization Promotion Areas (UPA) and Urbanization Restricted Areas (URA) in accordance with the Turkish Zoning Planning Law (Figure 15). With the changing zoning plan, UPA covers the currently built environment and areas that will be built in the future. The UPAS have been planned taking into account the general land use. The construction in these areas should be in accordance with the rules of the zoning plan. Otherwise, construction is not allowed. Conversely, URAs are areas where urban development is limited, with a maximum of two storeys, and are more suitable for public space use. Following the earthquake on January 24, 2024, additional restrictions were implemented for structures to be constructed in these areas. The purpose of this was to prevent unplanned development and to support the earthquake-resistant recovery of the Elazığ urban area. These restrictions were put into effect immediately after the earthquake, with the decision of the local government. After the 2020 earthquake, the buildings damaged by the disaster were promptly evacuated and demolished. To meet the housing needs of the existing population, designated reserve areas on the city outskirts were allocated for settlement and development. The areas severely impacted by the earthquake were re-planned and made available for construction in compliance with earthquake regulations.

In the period from 2020 to 2024, 4040 licensed buildings were built in Elazığ (TUIK 2023). In 2020, when the first major disaster occurred, 798 buildings were built. In the 2021-2022 period, after building construction reached the highest level (2418), this figure decreased to 824 in 2023, when the Kahramanmaraş earthquakes occurred. However, although the number of building constructions seems to be decreasing, after the earthquake in 2023, it can be concluded that recovery efforts are continuing.

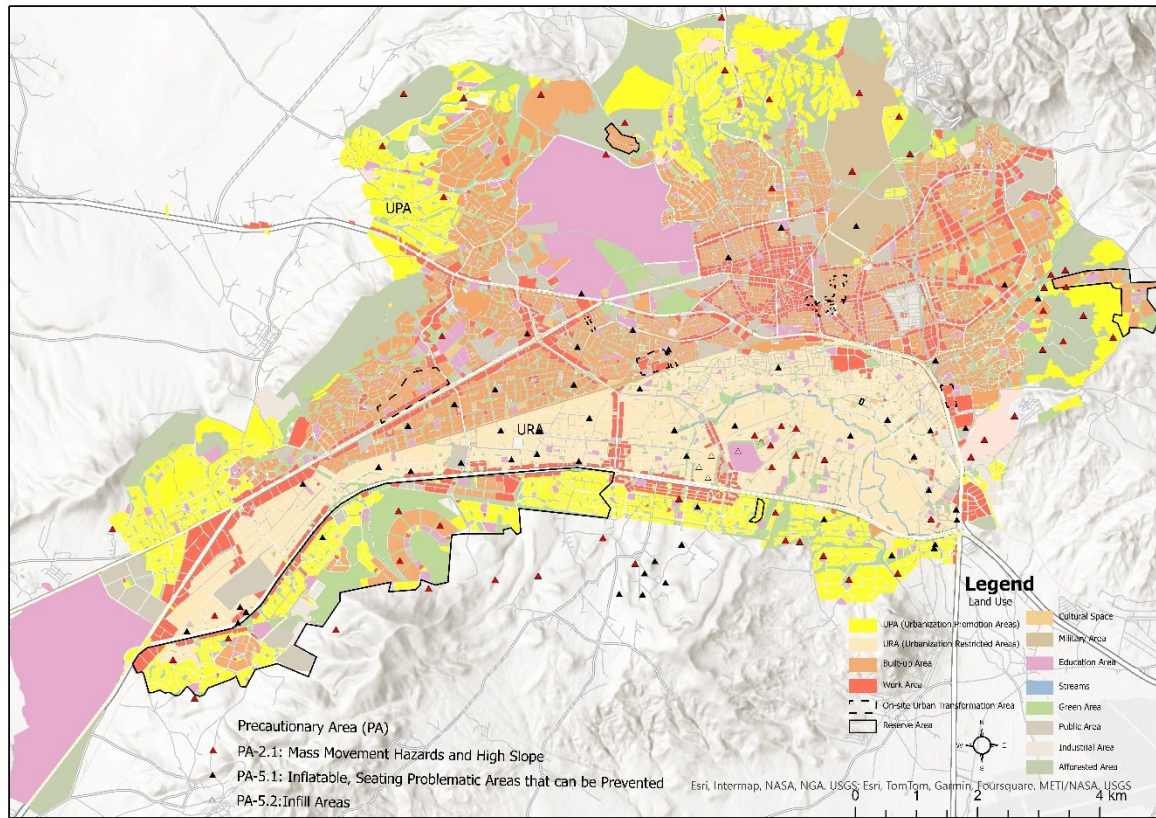


Figure 15. Land use restrictions in Elazığ.

Most of these building constructions are UPAs (about 93.7%). Since the disaster, almost all new buildings have been built in these areas. This number has not changed significantly over time. This is due to the strict restrictions imposed on building construction in URAS, and the fact that most of these areas are agricultural lands with conservation clauses. In addition, these areas are alluvial terrains that are geologically inconvenient to settle, and they have slope values around $\leq 10\%$. In the Elazığ zoning plan, these areas were defined as "not suitable for urban settlement". Therefore, the construction of maximum two-story detached houses with gardens is allowed in URAs. In these areas, houses with a maximum height of 6.5 meters can be built. In general, the lower floors of these buildings are 3.5 m, while the upper floors are 3 m high (Figure 15).

84.6% of the buildings constructed in UPAs were built on previously vacant land. In addition, 29.74% of the structures built after the earthquake were built on urban reserve lands. In the second article of the Law No. 6306 on the Transformation of Areas under Disaster Risk, the reserve area is defined as "the areas determined by the Ministry to be used as a new settlement area in the applications to be carried out in accordance with this Law, upon the request of TOKI or the Administration or ex officio, with the approval of the Ministry of Finance" (Özlier, 2012). These areas are independent of the existing urban fabric, do not have the quality of agricultural land and are owned by the state. On the other hand, 8% of the existing buildings were built on the lands where the previous structures were damaged due to previous earthquakes, with a new planning, using state resources. While 91.5% of these buildings are residential buildings, 8.5% are other types of buildings (schools, hotels, offices, etc.).

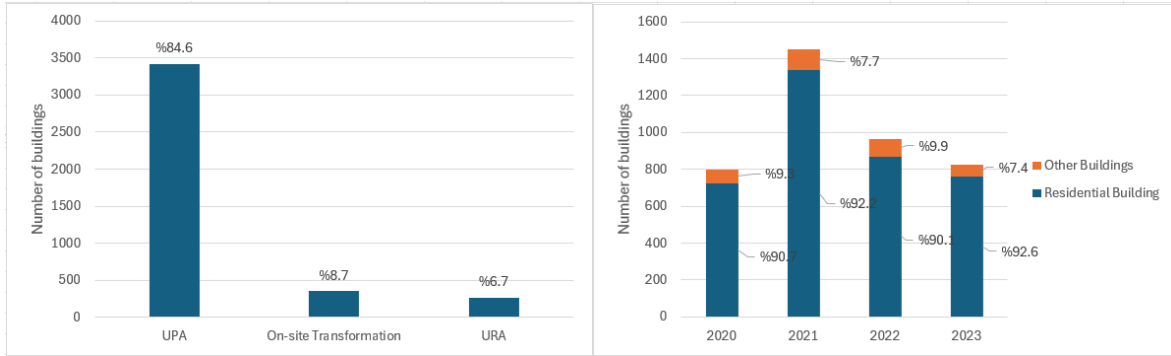


Figure 16. Building construction according to zoning plan area utilization and Building Type in Elazig

Elazig is inclined to transform its building stock, an important component of urban form, due to the earthquakes experienced in the last three years. With the transformation of the building stock, the goal is to minimize the effect of earthquakes on the urban form. However, reasons such as the fact that the houses built before 2000 are built before earthquake regulations and that many of them were built without engineering services prove that they will likely be adversely affected by future earthquakes.

3.5. Effect of Earthquake Disaster on Social, Economic and Demographic Structure

Elazig, just like other cities of Türkiye, has generally experienced an exponential population growth over time. Although it increased gradually from the proclamation of the Republic to 1950, the most important developments took place after the 1950s. Developments in population growth after 1950 have affected the sensitivity to disasters. In particular, the increasing urban population has brought with it unplanned urbanization, uncontrolled housing construction, urbanization without infrastructure and an increase of low-income population.

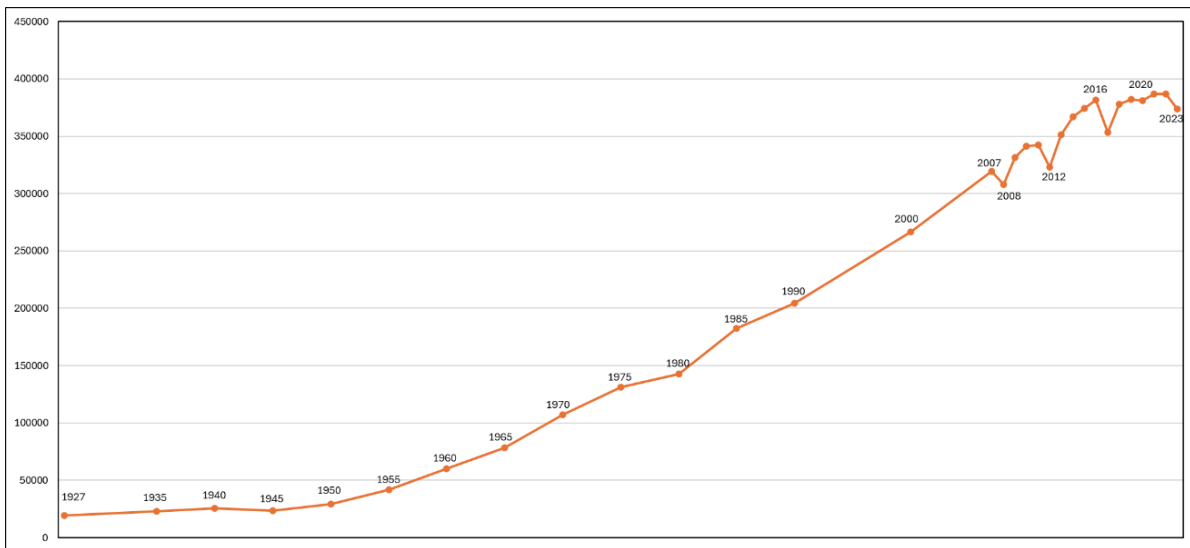


Figure 17: Development of the population of Elazig (1927-2023)

The distribution of the population within the city has also been shaped by earthquakes. In the past, transportation networks were mostly effective in the distribution of the urban population, however, after the 5.4 magnitude earthquake that occurred on February 21, 2007, the urban population tended to concentrate towards the Abdullahpaşa and Cumhuriyet neighborhoods, which are considered to be more resilient in to earthquakes. Of course, this earthquake was not the only reason for such a shift. However, it is obvious that it had a triggering effect on the mobility of the urban population. In the following periods, with the new housing needs of the middle- and upper-income groups and the construction of

houses with nice views, Cumhuriyet and Abdullaħpaşa neighborhoods have become the most densely populated neighborhoods (Akdemir et al., 2015)

In 2012, mass housing initiatives aimed at addressing the housing needs of low-income groups, combined with increasing earthquake awareness, transformed the Çaydaçıra neighborhood into the largest neighborhood in the city. Especially after the 2020 earthquake, mass housing projects have become the most population dense areas, as in Çaydaçıra and Safran Neighborhoods in the north and the newly established Güneykent neighborhood in the south. Urban resident mobility has shifted to newly established neighborhoods where earthquake hazard is low. The main reason for this is the collapse of the buildings belonging to the pre-2000 period in the city center due to the earthquakes and the replacement of the earthquake victims in houses with relaxed payment conditions constructed in the mass housing areas built by TOKI, on the slopes of Mount Meryem. Thus, earthquakes shifted the city, which was established on a valley floor, to higher slopes with lower earthquake risk.

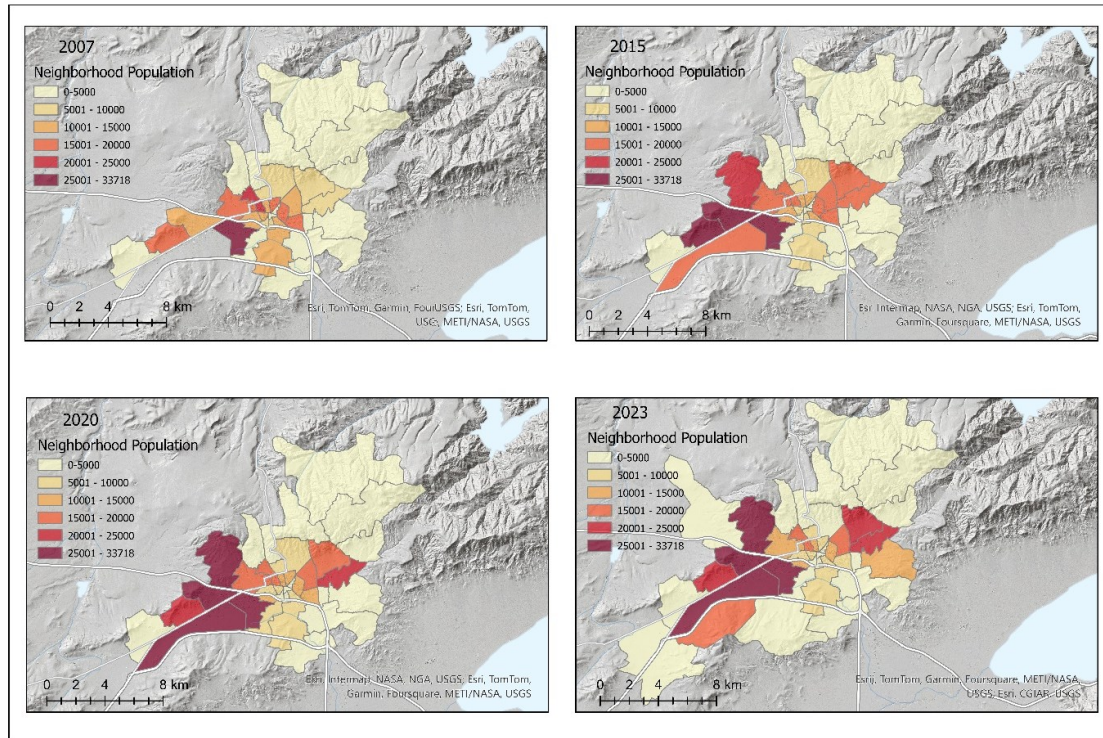


Figure 18. Spatial distribution of the Population

Economic indicators in Türkiye are usually explained through the sectoral distribution of the labor force. According to the 2022 data of the TUIK, the labor force participation rate in Elazig was 48%, the employment rate was 44.1% and the unemployment rate was 8.1%. When we look at the sectoral distribution of employees, those working in the service sector seem to be the majority. Considering the distribution of labor force on the basis of sector, the rate of employees in the service sector is 52.1%, the rate of agriculture is 28.20% and the rate of those working in the industrial sector is 28.2% (Sarışık et al., 2023).

In the research conducted on the enterprises where 20 or more people work in Elazig, it was seen that the construction sector was dominant in terms of the sectoral distribution of employees, especially after the earthquake. The number of workplaces in the construction sector, which stood at 66 during the 2020 earthquake period, gradually increased in the aftermath. Earthquakes experienced in the city can be cited as the main reason for this. Because after the earthquakes, the demolition of damaged buildings continued throughout the city, while the construction of new buildings required the construction sector to grow.

Table 2: Sectoral Distribution of Enterprises with 20 and more employees in Elazığ (TUIK 2023)

Sector	Number of Enterprises			
	2020	2021	2022	2023
Construction	66	84	119	93
Manufacturing	81	93	99	113
Wholesale and Retail	82	76	84	95
HORECA	37	28	33	37
Transportation and Storage	20	28	26	30
Administrative and Support Services	23	23	22	31
Healthcare and social services	16	14	21	20
Education	17	13	19	21
Professional, scientific and technical	8	4	13	9
Mining and quarries	19	14	12	16
Electricity, gas, steam and air conditioning manufacturing and distribution	10	8	11	11
Culture, art, entertainment, recreation and sports	4	3	4	5
Other services	3	3	2	3
Real Estate	3	3	2	3
Information and Communication	3	1	2	2
Water supply: sewage, waste management and treatment	1		1	2
Finance and insurance	1	1	1	0

Elazığ's heavy reliance on the manufacturing, trade, and construction sectors has made the city particularly susceptible to the boom-and-bust cycles inherent in these industries. In recent years, the impacts of national and global economic shocks have become evident, with rising unemployment levels and a surge in construction activities following earthquakes. Although developments in the construction sector might come in hand for the reconstruction process of the city, they may also cause worrying consequences for the future. For this reason, it is necessary to diversify the city's economy towards other sectors such as education and healthcare.

4. RESULTS

This study traces the change and resilience of the urban profile of Elazığ, in the wake of one of the deadliest disasters in recent years. The city of Elazığ, an urban center in eastern Türkiye, has been grappling with economic and social structural distortions throughout its ongoing urbanization process, compounded by the persistent earthquake crisis. As in other Turkish cities, after the 1950s, people looking for new job opportunities migrated from rural areas to cities. However, the lack of preparedness of both these individuals and existing cities has led to the creation of neighborhoods that lack urban services, employment options, and basic needs such as transportation and education. In the process of urban integration of these neighborhoods, transformation practices lacking proper planning and disaster resilience have resulted in significant loss of life and property. Therefore, the damage caused by earthquakes is a big problem for the cities. However, post-earthquake recovery efforts and disaster adaptation strategies offer an opportunity to create a more resilient city and sustainable urbanization.

After large-scale disasters, governments often plan and implement projects themselves (Ubaura et al., 2016). In Elazığ, which is the subject of this study, housing projects supported by the central government were quickly built in earthquake-resistant areas, especially on public lands. However, due to the rapid urbanization and the rapid construction requirement that comes with it, the earthquake resistance of the urban pattern before the year 2000, which lacks engineering services, is quite low. These areas also correspond to the central business and commercial areas of the city. It shows that an earthquake of similar magnitude in the future will affect the city socially, economically and environmentally. On the other hand, construction tendencies are increasing in areas where the middle and upper income groups

prefer more and where the government builds earthquake-resistant social housing. These areas are evaluated as areas with high earthquake resistance. This is more than a perception, as a matter of fact, after the earthquakes, almost no structural and environmental damage has occurred in these areas. Buildings in these areas, which used to be indicators of the status of wealthy individuals, are now seen as the key to safe, livable and earthquake-resistant urbanization. In the past, while the city was on the valley floor and in a course of development suitable for transportation networks, after the earthquakes, a rapid construction process was initiated in areas that are more geologically suitable for settlement and have higher earthquake resistance, especially on slopes and plateaus. In this sense, it can be said that the recovery process after the earthquake is more resilient and sustainable. However, after the earthquake, in heavily damaged areas in individual parcels, reconstruction proceedings are very slowly and this reduces the rate of urban parcel utilization. The use of these spaces as green spaces, emergency gathering areas or public spaces in the congested urban fabric will strengthen the discourse of a more resilient city. As a result, given the current urban pattern of Elazığ, disasters such as earthquakes, floods, climate change and epidemics continue to threaten the city's urban resilience. Therefore, the city's resilience must be bolstered through disaster preparedness and mitigation strategies, alongside inclusive and risk-reducing policies. It is essential for Elazığ to align its urban resilience strategy with an earthquake-focused agenda and enhance the capacity of vulnerable areas and populations to adapt to adverse scenarios.

4. ACKNOWLEDGEMENT

This study is funded by the TUBITAK (Scientific and Technological Research Council of Türkiye) as part of the research 2219 overseas research scholarship program.

REFERENCES

- AFAD. (2023). Earthquake Catalog. <https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog>
- Akdemir, İ. O. (2013). Elazığ'ın Kentleşme Sürecinin Coğrafi Analizi. FÜ Harput Uygulama ve Araştırma Merkezi, Geçmişten Geleceğe Harput Sempozyumu, C, 2, 1033-1054.
- Akdemir, İ. O., Çağlıyan, A., & Dağlı, D. (2015). Kentsel planlamada coğrafi bilgi: Elazığ uygulaması. Fırat Üniversitesi Harput Araştırmaları Dergisi, 2(1), 53-76.
- Akdemir, İ. O., & Türkoğlu, E. (2022). Göçlerin Mekânın Dönüşümüne Etkisi: Güney Marmara Bölümü Örneği. Göç Araştırmaları Dergisi, 8(2), 191-225.
- Avcil, F., Işık, E., İzol, R., Büyüksaraç, A., Arkan, E., Arslan, M. H., Aksoylu, C., Eyisüren, O., & Harirchian, E. (2024). Effects of the February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake on structures in Kahramanmaraş city. *Natural Hazards*, 120(3), 2953-2991. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06314-1>
- Berkes, F., & Ross, H. (2013). Community Resilience: Toward an Integrated Approach. *Society & Natural Resources*, 26(1), 5-20. <https://doi.org/10.1080/08941920.2012.736605>
- Bodo, T. (2019). Rapid urbanisation: theories, causes, consequences and coping strategies. *Annals of Geographical Studies*, 2(3), 32-45.
- Brenner, N. (2004). *New state spaces: Urban governance and the rescaling of statehood*. OUP Oxford.
- Büyüközkan, G., Ilıcak, Ö., & Feyzioğlu, O. (2022). A review of urban resilience literature. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103579. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103579>
- Cağlar, N., Vural, I., Kirtel, O., Sarıbiyik, A., & Sumer, Y. (2023). Structural damages observed in buildings after the January 24, 2020 Elazığ-Sivrice earthquake in Türkiye. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e01886. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e01886>
- Cimellaro, G. P. (2016). Urban Resilience for Emergency Response and Recovery. *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30656-8>
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598-606. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>
- Demirbaş, N., Şahin, H., & Durucan, C. (2022). Hızlı değerlendirme yöntemlerinin performanslarının depremde hasar görmüş binalar kullanılarak değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(3), 389-400. <https://doi.org/10.5505/pajes.2021.84115>

- Dogan, G., Ecemis, A. S., Korkmaz, S. Z., Arslan, M. H., & Korkmaz, H. H. (2021). Buildings Damages after Elazığ, Türkiye Earthquake on January 24, 2020. *Natural Hazards*, 109(1), 161-200. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04831-5>
- Elazığ Kentsel Strateji Belgesi. (2017) Elazığ Kentsel Dönüşüm Strateji Belgesi, Elazığ Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü
- Erinç, S. (1953). Doğu Anadolu Coğrafyası. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümü Yayınları.
- Ersoy, M. (2013). Yeni Liberal Politikaların Türkiye Kentleri Üzerindeki Etkileri KBAM, 4. Sempozyumu,
- FEMA, P. (2015). 154: Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook (Federal Emergency Management Agency Report, FEMA. P, Issue.
- Figueiredo, L., Honiden, T., & Schumann, A. (2018). Indicators for resilient cities.
- Gerçek, D. (2021). 21. Yüzyıl ve Dirençli Kentler. *Mimarlık*(417).
<http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=432&RecID=5228>
- Gerçek, D., & Güven, İ. T. (2023). Urban Earthquake Vulnerability Assessment and Mapping at the Microscale Based on the Catastrophe Progression Method. *International Journal of Disaster Risk Science*, 14(5), 768-781. <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00512-y>
- Hayli, S. (1998). Tarihi coğrafya açısından Harput şehrinin fonksiyonları ve etki sahası Dünü ve Bugünü ile Harput Sempozyumu, Elazığ.
- Hochrainer, S., & Mechler, R. (2011). Natural disaster risk in Asian megacities. *Cities*, 28(1), 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2010.09.001>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- İnce, O. (2024). Structural damage assessment of reinforced concrete buildings in Adıyaman after Kahramanmaraş (Türkiye) Earthquakes on 6 February 2023. *Engineering Failure Analysis*, 156, 107799. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107799>
- Irajifar, L., Sipe, N., & Alizadeh, T. (2016). The impact of urban form on disaster resiliency. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 7(3), 259-275. <https://doi.org/10.1108/ijdrbe-10-2014-0074>
- Karakaş, E. (1999). Elazığ şehrinin gelişmesi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 129-154.
- Karakaş, E. (2008). Kentsel Gelişmede Konut Kooperatiflerinin Rolü Elazığ Örneği. *V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu*(16-17 Ekim), 281-290.
- Keleş, R. (2015). Kentleşme politikası (14. baskı). Ankara, Türkiye: İmge Kitabevi, 422-485.
- Koliou, M., Van De Lindt, J. W., McAllister, T. P., Ellingwood, B. R., Dillard, M., & Cutler, H. (2020). State of the research in community resilience: progress and challenges. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 5(3), 131-151. <https://doi.org/10.1080/23789689.2017.1418547>
- Kopar, M. (2007). Cumhuriyetin İlanından Sonra Elazığ'da Yapılan Yatırım ve Harcamalar (1927-1950). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(1), 301-314.
- Köküm, M., & Özçelik, F. (2019). TARİHSEL DEPREMLERİN YENİDEN DEĞERLENDİRİLMESİNE ÖRNEK BİR ÇALIŞMA: 1789 PALU (ELAZIĞ) DEPREMİ, DOĞU ANADOLU, TÜRKİYE. *Bulletin Of The Mineral Research and Exploration*, 1-10. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.603929>
- Lfarakh, R. (2021). Dirençli bir şehre doğru (dirençlilik ve kentsel sistemler arasındaki bağın araştırılması İstanbul Kültür Üniversitesi/Lisansüstü Eğitim Enstitüsü/Mimarlık Ana Bilim ...]. İstanbul.
- Özlüer, F. (2012). Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkında kanun ve uygulama sorunları. *Mimarlık Journal*(366).
- Ribeiro, P. J. G., & Pena Jardim Gonçalves, L. A. (2019). Urban resilience: A conceptual framework. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101625. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101625>
- Ritchie, H., Samborska, V., & Roser, M. (2024). Urbanization. *Our world in data*. https://ourworldindata.org/urbanization?source=content_type:react|first_level_url:article|section:main_content|button:body_link

- Sahin, H., Alyamaç, K. E., Durucan, A. R., Demirel, B., Ulaş Açıkgenç, M., Durucan, C., Demir, T., Ulucan, M. and Demirbaş, N. (2020). 24 Ocak 2020 Mw 6.8 Sivrice Depremi Elazığ Bölgesi Yapısal Hasarlar İnceleme Ve Değerlendirme Raporu. Elazığ.
- Sajjad, M., Chan, J. C. L., & Chopra, S. S. (2021). Rethinking disaster resilience in high-density cities: Towards an urban resilience knowledge system. *Sustainable Cities and Society*, 69, 102850. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102850>
- Sajjad, M., Chan, J. C. L., & Kanwal, S. (2020). Integrating spatial statistics tools for coastal risk management: A case-study of typhoon risk in mainland China. *Ocean & Coastal Management*, 184, 105018. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105018>
- Sarıbeyoğlu, M. (1951). Aşağı Murat bölgesinin beşeri coğrafyası. Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Doğu Anadolu Araştırmaları İstasyonu.
- Sarışık, N., İlikkan, S. S., Alkan, S. and Avcı, G. (2023). 81 İle İlişkin Genel Göstergeler. Ankara.
- Sengezer, B., & Koç, E. (2005). A Critical Analysis of Earthquakes and Urban Planning in Türkiye. *Disasters*, 29(2), 171-194. <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2005.00279.x>
- Sergün, Ü. (1975). Beşerî coğrafya açısından bir araştırma Uluova (Vol. 82). İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi.
- Sharifi, A. (2019). Urban form resilience: A meso-scale analysis. *Cities*, 93, 238-252. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.05.010>
- Sharifi, A. (2020). Urban Resilience Assessment: Mapping Knowledge Structure and Trends. *Sustainability*, 12(15), 5918. <https://doi.org/10.3390/su12155918>
- Sunkar, M. (2018). Palu'da (Elazığ) Tarihsel ve aletsel dönemdeki büyük depremler ve yerleşmeler üzerindeki etkileri. Fırat Üniversitesi Harput Uygulama ve Araştırma Merkezi 297 Uluslararası Palu Sempozyumu.
- Şahinalp, M. S., & Günal, V. (2016). Türkiye'de Şehirleşme Hareketleri Üzerine Terer Olaylarının Etkisi Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi., 37(4), 30-42.
- Şengün, M. T. (2012). Harput Platosunda Doğal Ortam İnsan İlişkileri ve Doğal Çevre Planlaması. Elazığ Valiliği Yayınları.
- Şikoğlu, E., & Güney, Y. (2020). A Geographical Assessment on the Reflection in the City Center of 24 January 2020 Sivrice (Elazığ) Earthquake. *Resilience*, 4(2), 275-292. <https://doi.org/10.32569/resilience.779242>
- Tezer, S. T., & Özgür, E. F. (2018). Yerleşme Tarihi Analizinde Tarihsel Coğrafya ve Kentsel Morfolojinin Bir Araya Geliş Olanakları Üzerine Yeniden Düşünmek: Antakya Örneği. *Türkiye Kentsel Morfoloji Ağı*, 297-308.
- Tuğaç, Ç. (2019). Kentsel Dirençlilik Perspektifinden Yerel Yönetimlerin Görevleri ve Sorumlulukları. *İDEALKENT*, 10(28), 984-1019. <https://doi.org/10.31198/idealkent.634144>
- Tuğaç, Ç. (2021). Tarihsel Gelişim Süreci İçinde Anadolu'daki Yerleşimler ve Konut Tipolojileri Üzerine Bir Değerlendirme. *Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Yaşam Dergisi*. <https://doi.org/10.26835/my.892537>
- TUIK, (2023). Building Permit Statistics. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=insaat-ve-konut-116&dil=1>
- TUIK, (2023). Labour Force Statistics. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Employment,-Unemployment-and-Wages-108>
- TUIK, (2023). Address Based Population Registration System Results. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=en>
- Türkoğlu, E., & Elmastaş, N. (2022). Suriyeli Sığınmacıların Mekâni Dönüştürücü Etkisi: Gaziantep Kenti Örneği. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 33(1), 65-81. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.1197297>
- Türkoğlu, H. (2014). Afete Dirençli Şehir Planlama ve Yapılaşma, İSMEP Rehber Kitaplar Beyaz Gemi Sosyal Proje Ajansı. Erişim adresi: <http://www.guvenliyasam.org>.
- Ubaura, M., Miyakawa, M., & Nieda, J. (2016). Land Use Change after Large Scale Disasters a Case Study of Urban Area of Ishinomaki City after the Great East Japan Earthquake. *Procedia Engineering*, 161, 2209-2216. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.817>
- UNPD. (2024). World population prospects: The 2022 revision. U. Nations. <https://population.un.org/wpp/>

- Uzun, C., & Çakar, E. (2016). 17. YÜZYILDA HARPOT KALESİ. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 26(2), 337-350.
- Wannous, C., & Velasquez, G. (2017). United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR)—UNISDR’s Contribution to Science and Technology for Disaster Risk Reduction and the Role of the International Consortium on Landslides (ICL). In (pp. 109-115). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59469-9_6
- Witt, E., & Lill, I. (2018). Methodologies of contemporary disaster resilience research. *Procedia Engineering*, 212, 970-977. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.125>
- Yıldırım, H. (2021). Neoliberal Bir Politika Olgusu olarak Türkiye'de Gecekondu Mekanı Kamu Yönetimi ve Politikaları Dergisi, 2(2), 257-275.
- Yılmaz, E. (2016). Konut sorunu ve toplu konut üretiminde TOKİ'nin ve belediyelerin rolü. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(7), 31-50.
- Yoon, D. K., Kang, J. E., & Brody, S. D. (2016). A measurement of community disaster resilience in Korea. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(3), 436-460. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1016142>
- Yüksel, K. U., & Karaçor, E. (2021). Afet Riskleri ile İlgili Kentsel Dayanıklılık Çalışmalarının Yöntemsel Olarak İncelenmesi. *İDEALKENT*, 12(34), 1531-1558. <https://doi.org/10.31198/idealkent.846722>
- Zengin, B., & Aydın, F. (2023). The Effect of Material Quality on Buildings Moderately and Heavily Damaged by the Kahramanmaraş Earthquakes. *Applied Sciences*, 13(19), 10668. <https://doi.org/10.3390/app131910668>
- URL 1: <https://yurtsever.org.tr/2020/elazig-depreminde-14-yurttasin-can-verdigi-dilek-apartmani-13-yil-once-agir-hasar-almis-sadece-guclendirme-yapilmis-397397/>
- URL 2: Kahramanmaraş merkezli depremlerde hayatını kaybedenlerin sayısı 50 bin 96 oldu, 20.03.2023. <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/kahramanmaras-merkezli-depremlerde-hayatini-kaybedenlerin-sayisi-50-bin-96-oldu/2850716>. Accessed 02.04.2024.
- URL 3: <https://www.yenisafak.com/ekonomi/elazigda-yikilan-aykent-apartmani-ile-ilgili-sok-iddia-kolonlari-kesildi-3523321>
- URL: <https://www.elazig.bel.tr/foto-galeri/sehirden-gorunumler>

RESILIENCE
e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Resilience

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

İklim Değişikliğine Dayanıklı Bir Mega Kent Olma Yolunda, İstanbul On the Way to Becoming a Megacity Resistant to Climate Change, Istanbul

Şafak BAŞA¹ , Ece SAĞIR KURT^{1*} , Ezgi ATLI¹ , Tunay ÇARPAR¹ 

ORCID 0009-0005-6081-0413

ORCID 0000-0001-5440-7584

ORCID 0000-0003-3672-3473

ORCID 0000-0002-2227-4905

¹*Istanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, 34060, İstanbul, Türkiye*

Öne Çıkanlar / Highlights

- İstanbul'un iklimsel kırılganlığının izlenmesi
- İklim değişikliğine dayanıklılığın artırılmasına yönelik anlaşmalar ve çözümlerin derlenmesi
- The monitoring of the climatic fragility of Istanbul
- The compilation of agreements and solutions aimed at increasing climate change resilience



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:

11/06/2024

Kabul / Accepted:

26/12/2024

Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği

Mega Şehir

Adaptasyon

Su Yönetimi

Keywords

Climate Change

Mega City

Adaptation

Water Management

Özet

Kentleşme oranının her geçen gün artması ile yoğunlaşan kentleşme faaliyetleri, mega kentlerin iklim değişikliğine uyum sürecinde karşılarına çıkan en büyük sorun olan sera gazı emisyonunun ve iklim değişikliği etkilerinin artmasına sebep olmaktadır. Kuraklık, kent 1ee n1 ve taşkınlar, sıcak hava dalgaları, deniz seviyesi yükselmesi konuları, İstanbul gibi mega kentleri etkileyen iklim değişikliği etkileri arasında yer almaktadır. İklim değişikliği etkilerine uyum planlamaları ve çalışmaları gerçekleştirilirken söz konusu etkilerin nedenleri, tarihsel olarak görülme sıklıkları, tekrarlanma olasılıkları, etkilenen sektörler, gelecek yıllar için çeşitli iklim senaryolarında yer alan tahmin ve öngörüler dikkate alınmalıdır. Gelecek yıllarda iklim değişikliğine dayanıklı bir şehir olmayı taahhüt eden İstanbul'un mücadele ve uyum sürecinde su alanında yapılan ve planlanan çalışmalara bu yazıda yer verilmiştir. Bu çalışmalar; kuraklık koşullarında suyun korunmasına ilişkin abonelerin bilgilendirilmesi, su kayıp-kaçaklarına yönelik su denetimlerinin sıklaştırılması, su tasarrufu sağlayan teknolojileri kullanan abonelere teşvik programları uygulanması, kent 1ee n1 ve taşkınlar için tahmin ve erken uyarı sistemlerinin kurulması, dere ıslah ve yeşil altyapı çalışmaları yapılması, deniz seviyesinin takip edilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması şeklinde sıralanabilir.

Abstract

Urbanization activities, intensifying with the increasing rate of urbanization, cause an increase in greenhouse gas emissions and climate change effects, which are the biggest problems faced by megacities in the adaptation process to climate change. Drought, urban floods and overflows, heat waves, and sea level rise are among the climate change effects that affect megacities such as Istanbul. While carrying out adaptation plans and studies to the effects of climate change the causes of the said effects, their frequency, probability of recurrence, affected sectors, forecasts and predictions in various climate scenarios for the coming years should be taken into account. The works carried out and planned in the field of water in the combating and adaptation process of Istanbul, which is committed to being a city resistant to climate change in the coming years, are included in this article. These studies include

informing subscribers about protecting water in times of drought, tightening water audits for controlling water losses, implementing programs towards encouraging customers that use water-saving technologies, rehabilitating the network and water treatment system, and exploring alternative water resources, rehabilitation works in network and treatment systems, exploration of alternative water sources, establishment of forecasting and early warning systems for urban floods and floods, stream improvement, green infrastructure works, following the sea level and taking the necessary precautions.

1. GİRİŞ / INTRODUCTION

Nüfusu 10 milyondan fazla olan büyükşehirler “mega kentler” olarak adlandırılmaktadır. (United Nations, 2006; Folberth, vd., 2015). Mega kentler, yüksek nüfus yoğunluğu ve çok sayıda işletme ve üretim tesislerini bulundurması sebebiyle, ekonomik faaliyetlerin sıcak noktalarına ve çevrelerini etkileyen büyük kirletici kaynaklarına dönüşmektedir. 2050 yılına kadar kentleşme oranının dünyada %75 mertebelerine ulaşacağı tahmin edilmektedir (EUROSTAT, 2022a). Kentleşme oranının giderek artması, iklim değişikliğine neden olan etmenleri de arttırmaktadır. İklim değişikliğine neden olan etmenlerin başında gelen sera gazı emisyonlarının artması %75 gibi yüksek oranlarda olan kent nüfusunun üretim faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Tuğaç, 2022).

Türkiye'nin ve Avrupa'nın en kalabalık kenti olan mega kent İstanbul 15,5 milyondan fazla nüfusa sahiptir. Türkiye'nin finans başkenti olması ve ülke ekonomisi üzerinde önemli bir etkiye sahip olması sebebiyle de İstanbul, iklim değişikliği etkilerine uyum faaliyetlerinin merkezinde yer almak durumundadır. Gelecek yıllarda karbon emisyonlarını azaltmayı ve iklime dayanıklı bir şehir olmayı taahhüt eden ve çalışmalarına süratle devam eden İstanbul, kuraklık ve sel gibi iklim değişikliği etkilerine karşı oldukça hassas bir konumdadır (İBB, 2021). Kentlerin tüm bu etkilere uyum kapasitelerinin geliştirilmesi sürecinde ilgili tüm paydaşların işbirliği önemlidir. Ülkemiz, küresel ısınma ile mücadele ve iklim değişikliğine uyum kapsamında sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik adımlar atmakta, araştırma ve teknoloji alanında işbirliği yaparak çeşitli sözleşmelere, protokollere ve anlaşmalara taraf olmaktadır. Bunlar; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (2004), Kyoto Protokolü (2009), Paris Anlaşması (2016) ve Avrupa Yeşil Mutabakatı (2021) olarak sıralanabilir. (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2022). Türkiye’de iklim değişikliği politikaları doğrudan ilk defa 8. Kalkınma Planında yer almış, 9. Kalkınma Planında ise iklim değişikliği stratejisinin ve sera gazı azaltım eylem planının hazırlanması hedeflenmiştir. 10. Kalkınma Planında küresel iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik ülkemizin özellikle emisyon azaltımı ve uyum kapsamında ortak fakat, farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler ilkelerine göre katkı vermesi hedeflenmiştir. İklim değişikliği bağlantılı tedbirlerin ulusal politikalara, strateji ve planlara entegrasyonu gibi konularda 2000-2016 yılları arasında ilerleme kaydedilmiştir. Mevzuatın hayata geçirilmesi, stratejilerin sektörlere ve yerel düzeye indirgenmesi, iklim risklerinin sistematik olarak değerlendirilmesi, uyum konusundaki gelişmenin izlenmesi gibi alanlarda ise ilerleme sınırlı kalmıştır (İSKİ, 2022). İklim değişikliği etkilerinin küresel ölçekte giderek artması ve alınan önlemlerin bu artış hızını dengeleyememesi sebebiyle ülkeler bazında yapılan anlaşmaların yanında, şehir bazlı anlaşmalar ile de iklim değişikliği adaptasyonu her ölçekte çalışılmaktadır. Şehir bazlı anlaşmaların ilklerinden biri İstanbul’un 2006’dan beri üye olduğu C40 Büyük Kentler İklim Liderlik Grubu (C40 Cities)’dur. Tüm dünyadan yaklaşık 100 kentin üye olduğu C40, iklim değişikliğine karşın sera gazı emisyonlarının azaltılması için Ekim 2005’te Londra’da, dünya kentlerinin bir araya gelerek oluşturdukları bir ağıdır (C40, 2022). Dünyanın dört bir yanından, özellikle C40 İklim Liderleri Grubu’na üye şehirler iklim değişikliği konusunda kentlere liderlik etmektedirler. İstanbul, Türkiye’den C40’a üye olan tek şehrimizdir. C40 İklim Liderleri Grubu’na üyeler, Deadline 2020 ile şehirlerini 2050 yılına kadar karbon nötr hedefine “adil bir paylaşım” yoluyla ulaştırmayı taahhüt etmişlerdir.

Bu esaslar doğrultusunda bu çalışmanın amacı, bir mega kent olan İstanbul’u etkileyen iklim değişikliği etkilerine karşı en ilgili konularda yapılan çalışmaları ve planları ortaya koymaktır. Çalışma bu kapsamda 2 bölüm olmak üzere; (1) İstanbul’u etkileyen iklim değişikliği etkilerinden kuraklık, kentleşme ve taşkınlar, sıcak hava dalgaları, deniz seviyesi yükselmesi konularını ve (2) iklim değişikliğine dayanıklı bir kent olma yolunda İstanbul için su konularındaki çalışmaları içermektedir.

2. İSTANBUL’U ETKİLEYEN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ETKİLERİ / THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE AFFECTING ISTANBUL

2.1. Kuraklık

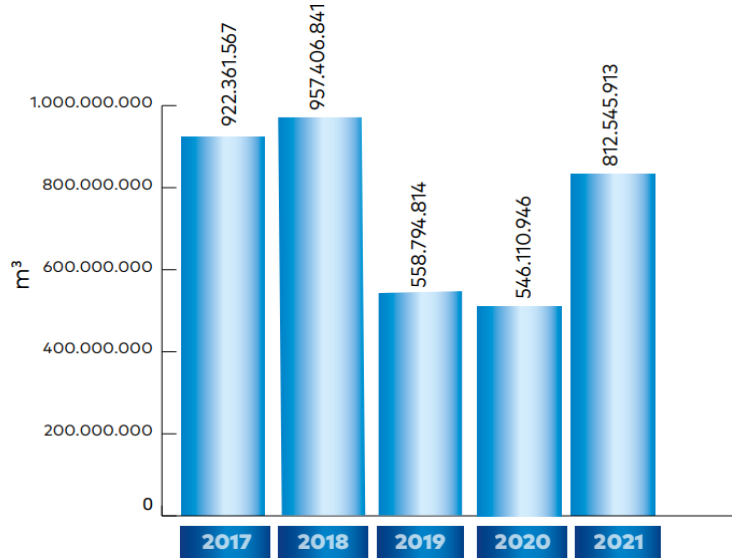
Kuraklık, hidrolojik döngünün ardışık bileşenlerini etkileyerek doğal su kaynaklarının uzun süreli ve bölgesel olarak azalmasına neden olan bir durumdur. Bu durum, yağış eksikliği başta olmak üzere yüksek sıcaklık, kuvvetli rüzgâr ve düşük bağıl nem gibi iklim faktörlerinden kaynaklanır. (Wilhite, 2000; Szalińska, vd., 2018). Kuraklık, iklimin normal bir unsuru olmakla birlikte görülme sıklığı ve tekrarlanma olasılığı en yüksek etkilerden biridir. Ayrıca birçok açıdan diğer iklim değişikliği etkilerinden ayrılmaktadır. Kuraklığın etkileri genellikle uzun bir süre boyunca yavaş yavaş biriktiğinden ve olayın sona ermesinden sonra yıllarca sürebildiğinden, kuraklığın başlangıcını ve sonunu belirlemek zordur. Hidrolojik aşırılıklardan biri sayılan kuraklık, kırsal kesimi ve tarımı etkilediği kadar kentsel alanları da etkilemektedir.

Dünya Sağlık Örgütü’nün verilerine göre dünyada her yıl 55 milyona yakın bir insan topluluğu kuraklıktan doğrudan ve dolaylı olarak etkilenmektedir. Kuraklık sebebiyle insanların geçim kaynakları tehlikeye düşmekte, hastalık ve ölüm riski ile toplu göç olayları artmaktadır. Günümüzde su kıtlığı dünya nüfusunun yaklaşık %40’ını etkilemektedir. 700 milyon kadar insanın ise 2030 yılına kadar kuraklık nedeniyle bulunduğu bölgelerden göç edeceği tahmin edilmektedir (WHO, 2022).

Avrupa büyük ölçüde yeterli su kaynaklarına sahip olarak en edilmesine en , kuraklığa bağlı su kıtlığı 2007 yılında Avrupa’nın %11’ini etkilemiş ve giderek daha sık görülmeye başlamıştır. Bunun yanı sıra Akdeniz bölgesindeki 5 kişiden birinin sürekli su sıkıntısı çektiği bilinmektedir. Ayrıca, 1980’den 2010 yılına dek Avrupa’daki kuraklık sıklığı ve şiddeti artmış 30 yıllık süreçte tahmini 100 milyar Avroluk zarara sebep olmuştur. Avrupa topraklarında meydana gelen en şiddetli kuraklıklardan biri, AB topraklarının üçte birinin ve 100 milyondan fazla insanın etkilendiği 2003 yılında meydana gelmiştir. 1976 ile 2006 arasında, kuraklıktan etkilenen insan ve alanların sayısı neredeyse %20 artmış ve yıllık ortalama maliyet dört katına çıkmıştır (European Commission, 2022).

Türkiye bir Akdeniz ülkesi olması sebebiyle su kıtlığı ve kuraklıktan Avrupa’nın birçok bölgesinden daha fazla etkilenmektedir. Ayrıca iklim değişikliğinin etkisi ve nüfus artışına bağlı olarak Türkiye’de su kaynaklarının tüketimi geçmiş yıllara oranla çok daha fazladır. 2010 yılı öncesi %20 civarında olduğu bilinen Türkiye’nin su kullanım indeksi (WEI+), 2010 yılı için %21,3, 2012 yılı için %23,9, 2014 yılı için %21,6, 2016 yılı için %25,8 ve 2018 yılı için %26,3’tür. %20’nin üzerinde bir su kullanım indeksi su kıtlığını, %40’ın üzerinde bir değer ise şiddetli su kıtlığını ifade eder (EUROSTAT, 2022b; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022). Öte yandan kuraklık etkilerine karşı harekete geçen Avrupa’da su kullanım indeksi %9 civarında iken, bazı Akdeniz ülkelerinde bu oran %40’a yakındır. Bu durum Türkiye’nin de içinde bulunduğu Akdeniz bölgesini iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri yapmaktadır. İklim etkilerinin ağırlaşması ile önümüzdeki yıllarda Türkiye’yi, benzer zorluklarla karşılaşacak olan AB üye ülkeleri Yunanistan, Malta, Portekiz, İtalya ve İspanya gibi, su kullanım indeksinin %30’un üzerinde olan ülkeler grubuna dahil etme ihtimali vardır.

Türkiye’nin yıllık yağış değişimine bakıldığında en uzun en şiddetli kuraklık dönemleri 1971-1974, 1983-1984, 1989-1990, 1996-2001, 2007-2008, 2013-2014 yılları olarak bilinmektedir (Kurnaz, 2014). Son 44 yılın en yüksek seviyesi olarak T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından kayıtlara geçen kuraklık ise 2017 yılında yaşanmıştır. Gerek yüksek nüfus oranı gerek yüzeysel su kaynaklarını kullanması sebebiyle yaşanan kuraklıklardan etkilenme oranı en yüksek şehirlerden biri olan İstanbul’da baraj doluluk oranları Aralık 2020 yılında %20 civarlarına gerileyerek son 27 yılın en düşük seviyesine gelmiştir (İSKİ, 2020). 2021 yılında artan yağışlar ile birlikte barajların doluluk oranları artmaya başlamıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Barajlara Yağışlardan Gelen Su Miktarları (İSKİ, 2021)

IPCC raporlarında yer alan, RCP (Representative Concentration Pathways-Temsili Konsantrasyon Rotaları) adı verilen iklim senaryolarından RCP 8.5 senaryosuna göre iklim değişikliği etkisi altında İstanbul özelinde 25 yılda bir görülebilecek bir kuraklığın süresi 4,1 yıldan 4,8 yıla yükselmiş (%18,3 artmış), 100 yılda bir görülebilecek katastrofik bir kuraklığın süresi ise 5 yıldan 6,1 yıla yükselmiştir (%21 artmıştır). Senaryoya göre İstanbul özelinde daha uzun süreli ancak daha az şiddetli kuraklıkların yaşanabileceği öngörülmektedir.

2.2. Kent Selleri ve Taşkınlar

Seller en sık gerçekleşen doğal afetlerden biri olmakla birlikte aşırı akışın kuru toprağa nüfus edemediği durumlarda meydana gelir. Seller genellikle aşırı yağış, kar kütlelerinin hızla erimesi, kıyı bölgelerinde tropikal bir siklon veya tsunamiden kaynaklanan bir fırtına dalgası sebebiyle oluşur. Drenaj havzasının tepki süresinin kısa olduğu küçük havzalarda ani taşkınlar meydana gelir (Doswell, 2015). Kent selleri ise yoğun yapılaşma sebebiyle doğal bitki örtüsünün olmadığı, suyun toprağa sızmasının mümkün olmadığı alanlarda görülür. Kentleşme yüzeysel akışı doğal yüzeylere göre iki ile altı kat daha arttırmaktadır. Kent altyapısı ani gelişen selleri yönetmekte çoğu zaman yetersiz kalmakta, kısa sürede caddeler ve sokaklar derelere, binaların bodrum katları da birer ölüm tuzağı kapalı yüzme havuzlarına dönüşebilmektedir. Bu sebeple sel hasarlarının %75'i kentlerde görülmektedir (Kadioğlu, 2019).

Sel, Türkiye'deki en yıkıcı doğal afet türlerinden biridir. Yoğun ve uzun süreli sağanak yağışlarla ilişkili ani seller, özellikle Türkiye'nin kıyı kesimlerinde yaygın bir olgudur. Türkiye'nin kıyı kesiminde yer alan, 15,5 milyon nüfuslu ve nüfus yoğunluğu çok yüksek (2987 kişi/km²) bir mega kent olan İstanbul, tarihsel olarak doğal afetlere, özellikle de ani sel baskınlarına karşı savunmasız kalmıştır. İstanbul'daki sel etkileri şiddetli yağışların birleşik etkileri, taşkın ovalarının konut ve ticari binalar tarafından işgal edilmesi, geçirimsiz yüzeylerin yüksek oranda kaplanması ve yetersiz drenajın bir sonucudur (Flash floods and Urban flooding Turkey, 2022).

İklim değişikliğine bağlı aşırı hava olaylarının artması İstanbul gibi dünya nüfusunun büyük çoğunluğunun yaşadığı şehirler başta olmak üzere, dünyanın birçok bölgesinde doğa kaynaklı tehlike profilini değiştirmektedir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarına göre iki derece sıcaklık değişiminin uç değerlerde 10-15 kat artışa sebep olacağı beklenmektedir. Kentsel İklim Değişikliği Araştırma Ağının (UCCRN) "İkinci Şehirler ve İklim Değişikliği Değerlendirme Raporu (ARC3.2)" kapsamında incelenen 100 şehir için iklim değişikliği gözlem ve projeksiyonlarına göre yıllık ortalama yağış miktarında aşırı dalgalanmalar gerçekleşeceği öngörülmekte olup; bu kapsamda yağış miktarının 2020'li yıllarda, 2050'li yıllarda ve 2080'li yıllarda sırası ile (-%7, +%10), (-%9, +%15), (-%11, +%21) arasında değişeceği tahminleri yapılmaktadır (Peker & Aydın, 2019). Bu durum tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde ve İstanbul'da da aşırı hava olaylarının neden olduğu gök gürültülü

fırtınalar sonrası ani sellerin oluşum sıklığında ve şiddetinde de artış anlamına gelmektedir. Yağış rejimlerine bakıldığında Akdeniz iklimine özgü yağışlı ve kurak dönemler arasında farkın yüksek olduğu ülkemizde, artan sıcaklık farkından dolayı oluşan konvektif yağışlar sık sık sellerin meydana gelmesine katkıda bulunmaktadır (Kadıoğlu, 2019). Öyle ki son yıllarda görülen ani kent selleri Akdeniz iklimi için kurak dönem olarak kabul edilen yaz aylarında ani ve kontrol edilemez şekilde oluşmuştur. Metrekareye 91 kg yağışın düştüğü 18 Temmuz 2017’de meydana gelen ve günlük hayatı durma noktasına getiren aşırı yağış sonrası oluşan sel olayının ardından 27 Temmuz 2017 tarihinde yağın aşırı yağışa (metrekareye 40 kg) dolu da eklenmiştir. Yaşanan afetin faturasının yaklaşık 1 milyar Türk lirası olarak tahmin edilmektedir (Baltacı, 2018; CNN Türk, 2017).

İklim değişikliğinin önemli konularından biri de yağışlarda görülen aşırılıklar sebebiyle su kaynakları üzerindeki etkileridir. Taşkın şeklinde kendini gösteren aşırı yağışlar, tolere edilmesi zor mali yüklere ve hatta can kayıplarına yol açmaktadır (IV. Uluslararası Su Kongresi, 2017). Kuraklık afeti de domino etkisiyle taşkın afetine dönüşebilir. Uzun süreli kuraklık afeti ve beraberinde kendisini gösteren sıcak hava dalgaları atmosferdeki ve yeryüzündeki nemin kaybolmasına, bitki örtüsünün kuruyarak orman yangınları için uygun koşulların hazırlanmasına neden olur. Orman yangınları bitki örtüsünü tamamen yok ederek havzanın akış özelliklerini değiştirir. Değişen bitki örtüsü, havzaya düşen yağışın yüzeysel akışa geçişindeki gecikme ve tutulmayı azaltarak toprak nemini yeterince doyurmadan hızla yüzeysel akışa geçmesine sebep olur. Bunun yanı sıra, daha sıcak hava daha fazla su buharı tutar ve buna bağlı olarak daha şiddetli yağışlar oluşur. Artan yağış şiddeti ve düşen yağışın hızla yüzeysel akışa geçmesi taşkın riskini artırır. Yanan ormanlık alanlar külle kaplanır. Kül hidrofobik özellikte olup zamanla ormanlık alanın yüzeyindeki kül ile toprağın karışmasıyla eskiye nazaran daha az geçirgen bir üst katman oluşur. Bu yeni üst katmanda azalan bitki örtüsü yağışın yüzeysel akışa geçme oranını artırabilir. Özellikle topografik eğimi yüksek ormanlık alanların yanmasıyla yağışın yukarı havzada daha hızlı akışa geçmesi ve düşük kotlara daha hızlı hareket etmesi taşkın için uygun koşulları hazırlar (İSKİ, 2022).

2.3. Sıcak Hava Dalgaları

İklim değişikliğinin sonuçlarından biri de sıcak hava dalgaları gibi aşırı hava olaylarının artmasıdır. Genel olarak, sıcak hava dalgaları, yüksek nemin eşlik edebileceği aşırı sıcak hava dönemidir. Sıcak hava dalgaları bölgeye göre değiştiğinden, evrensel bir tanımı yoktur, sadece bölgedeki olağan hava durumuna ve mevsim için normal sıcaklıklara göre tanımlanırlar. Dünya Meteoroloji Örgütü, sıcak hava dalgasını, günlük maksimum sıcaklığın ortalama maksimum sıcaklıktan 5 °C veya daha fazla olduğu, birbirini takip eden 5 veya daha fazla gün süren uzun süreli sıcaklık olarak tanımlamaktadır (Marx, vd., 2021). ARC3.2 gözlem ve projeksiyonlarına göre yıllık ortalama sıcaklık artış trendleri incelendiğinde, 1961 ila 2010 yılları arasında her 10 yıllık dönem için 39 şehrin yıllık ortalama sıcaklıkların 0,12 ile 0,45 °C arasında arttığı gözlenmiştir. Yine aynı raporda incelenen 100 şehir için 2050’li ve 2080’li yıllarda yıllık ortalama sıcaklıkların sırasıyla 1,4 ile 3 °C ve 1,7 ile 4,9 °C arasında artacağı öngörülmektedir (Peker & Aydın, 2019). Ayrıca daha yoğun ve sık olarak meydana gelen sıcak hava dalgaları insan kaynaklı iklim değişikliği etkisi olmadan sadece doğal iklim değişikliği ile açıklanamamaktır (IPCC, 2014; Marx, vd., 2021).

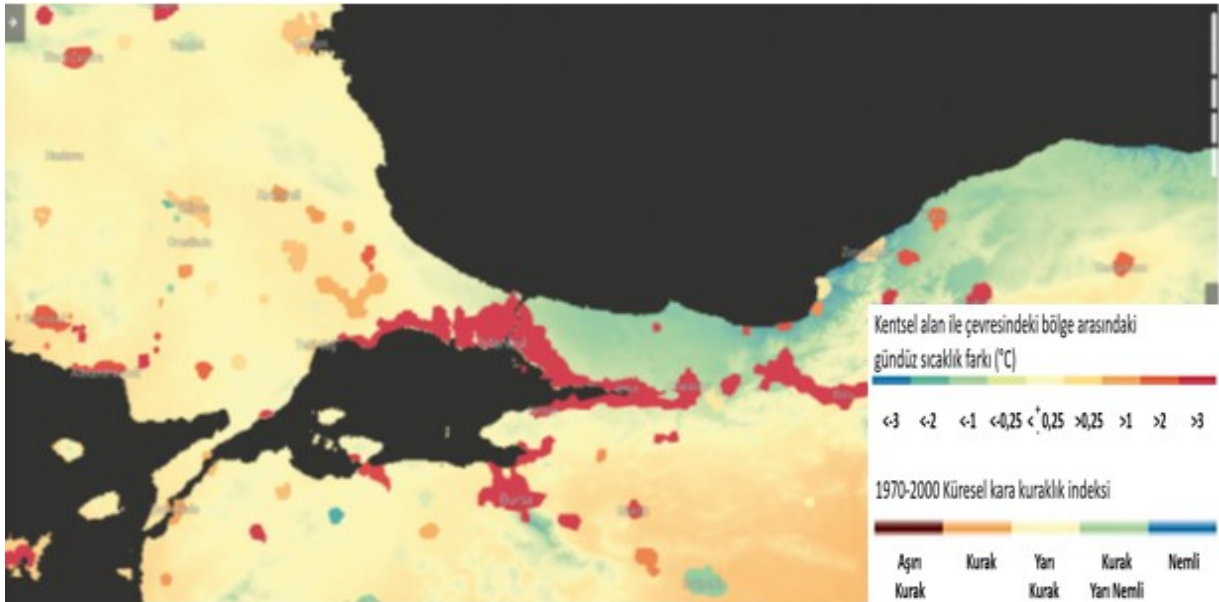
İnsan sağlığına, yaşam konforuna olumsuz etkileri olan sıcak hava dalgaları; ani ölümlere, orman yangınlarına, kötü hava kalitesine, aşırı elektrik ve su tüketimine de sebep olur. Ayrıca ekosistemin bozulmasına, kuraklaşmaya, su kıtlığına yol açar. Tarım ve turizm başta olmak üzere etkilediği sektörlerde ekonomik kayıplar görülür (Ciais, vd., 2005; Demirtaş, 2016). Sıcak hava dalgalarına özellikle büyük kentlerde yüksek nem eşlik etmektedir. Bu durum yaşamsal faaliyetleri güçlendirmekte, kısa sürede çok sayıda ölümle sonuçlanabilmektedir. Tarihsel süreçte ölümle sonuçlanan sıcak hava dalgalarına 1200 kişinin ölümüyle sonuçlanan Yunanistan (1987-1988) ve 522 kişinin ölümüyle sonuçlanan ABD (1995) olayları örnek gösterilebilir. Son 50 yılın en şiddetli sıcak dalgası ise 1998 yılının Mayıs ve Haziran aylarında Hindistan’da yaşanmış, zaman zaman 49 °C’ye çıkan sıcaklıklar sebebiyle 3028 kişi hayatını kaybetmiştir (Erlat, 1999; Kuba, vd., 2016).

Yakın tarihimize bakıldığında sıcak hava dalgalarının sıklaştığı ve ölümlü vakaların arttığı görülmektedir. 2015 yılının yaz aylarında Hindistan’da 2248 kişinin, Pakistan’da 1229 kişinin ve

Fransa'da 3275 kişinin ölümü, sıcak hava dalgaları sebebiyledir. 2018-2019 yıllarında Avustralya'da en sıcak yaz ortalamaları görülmüştür. 2019 yılının Haziran ve Temmuz aylarında Avrupa'da uzun süreli sıcak hava dalgaları görülmüş, Güney Fransa'da 46 °C'lik sıcaklık ile herhangi bir ayda görülen en yüksek sıcaklık kaydedilmiştir. Isı dalgasının kuzeye doğru yayılması, Grönland'da da buz erime oranını hızlandırmıştır (Aydın & Aydın, 2020). Türkiye'de sıcak hava dalgalarının halk sağlığı üzerindeki etkilerine ilişkin yapılan epidemiyolojik çalışmaya göre, İstanbul'da 2013 ve 2017 yılları arasındaki aşırı sıcak hava dalgası sebebiyle görülen ölüm vakaları incelenmiştir. 2015, 2016 ve 2017'deki aşırı sıcak hava dalgalarının 419 ölüme neden olduğu ve sıcak hava dalgalarının yerel ve ulusal makamlar için giderek önemi artan bir sorun haline geldiği ortaya konmuştur (Can, vd., 2019).

Sıcak hava dalgaları sebebiyle meydana gelen ölümlerin birçoğu kardiyovasküler ve yüksek tansiyon problemlerine bağlı, termal stres kaynaklı rahatsızlıklardır. Termal stres sebebi ile insanın sıcaklığa karşı duyarlılığı ve çevreye uyum gösterme yeteneği yüksek sıcaklık ve buna bağlı havadaki nem miktarının artması nedeniyle gelen soğumayı sınırlandırdığı için, insan fiziksel ve zihinsel işlevlerini yerine getirememektedir. Özellikle mega kentlerde oluşan ve sıcaklığın daha da yükselmesine neden olan ısı dalgaları, iklimik konfor seviyesini bozarak termal stresin daha şiddetli ve daha uzun süreli hissedilmesinde etkindir (Kuba, vd., 2016). Kentsel alanları hızla artan Türkiye bulunduğu enlem ve coğrafi konumu sebebiyle yaz aylarında sıcak hava dalgalarının sık yaşandığı insan sağlığı ve çevre açısından kırılgan ülkeler arasına girmeye başlamıştır. İstanbul ise Türkiye'nin daha sıcak diğer bölgeleri kadar olmasa bile yoğun kent yerleşimlerinden birine sahip olması sebebiyle sıcak hava dalgalarına karşı hassas bir yapıdadır.

İstanbul İklim Eylem Planı'na göre, İstanbul için yapılan senaryolarda (RCP 8.5) yılda 1 ile 4,5 °C arasında daha yüksek ortalama sıcaklıkların yaşanması ön görülmekte ve bu sıcaklık artışının en az 1 ve hatta 2 derecesinin, doğrudan kentsel ısı adası etkisine bağlı olabileceği tahmin edilmektedir. Bu sıcaklık artışlarının, artan bina ve nüfus yoğunluğunun daha fazla ısıtma kaynağına ihtiyaç duyması ve azalan hava kalitesiyle birleşerek ısıyı hapsedeceği kentsel ısı adası etkisiyle birlikte daha da kötüleşeceği ifade edilmiştir. Şekil 2'de verilen kentsel ısı adası haritalandırmasına bakıldığında, İstanbul'un, özellikle çevre bölgelere kıyasla risk altında olduğu söylenebilir (İBB, 2021).



Şekil 2. Gelecekteki kuraklık seviyesi ve kentsel ısı adası etkisinin bindirmesi (İBB, 2021)

2.4. Deniz Seviyesi Yükselmesi

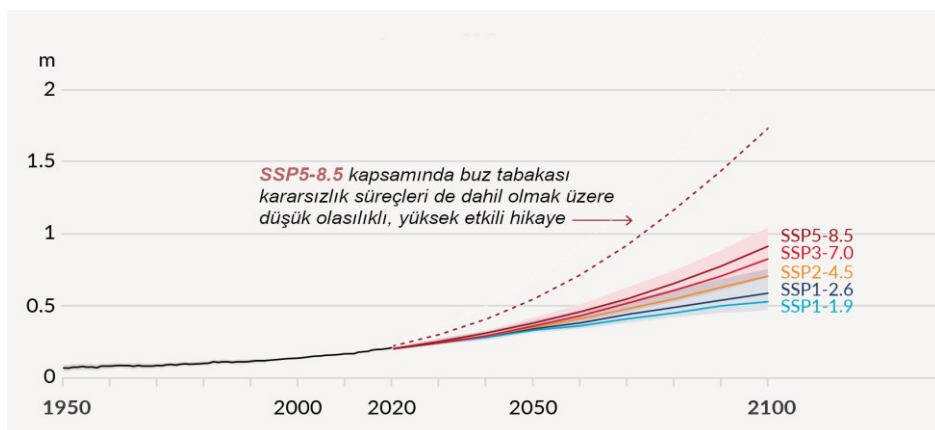
İklim değişikliği, küresel ölçekte ortalama deniz seviyelerinin temelde iki şekilde yükselmesine sebep olmaktadır. Bunlardan ilki, dünya çapında buzullar ve büyük kütleli buz tabakalarının eriyerek okyanusa eklenmesidir. İkincisi ise deniz suyunun ısınması ile hacminin genişlemesidir. Deniz seviyesindeki değişimlerde mevsimsel değişimler, gel-git etkisi, barometrik kabarma, fırtına kabarması ve atmosferik

etkiler gibi çeşitli sebepler kısa süreli etkili olsa da, ortalama deniz seviyesindeki uzun dönemli değişimler iklim değişikliğinin etkisiyle oluşmaktadır (Climate Change: Global Sea Level, 2022).

IPCC'nin 2021 yılında yayınladığı 6. Değerlendirme ve 1. Çalışma Grubu Raporunda küresel ölçekte deniz seviyelerinin 1901'den 2018'e dek 0,20 m yükseldiği belirtilmiştir. Ancak burada dikkat çeken kısım deniz seviyesi yükselme hızıdır. Aynı rapora göre elde edilen veriler 1901 ile 1971 arasında 1,3 mm/yıl olan deniz seviyesi yükselme hızının 1971 ile 2006 arasında 1,9 mm/yıl, 2006 ile 2018 arasında ise 3,7 mm/yıl olduğunu göstermektedir. Özellikle, 1971 yılından bu yana meydana gelen artış hızının ana itici gücünün insan etkisi olduğu düşünülmektedir. Deniz seviyesi yükselmesine sebep olan termal genişleme; 1971-2018 döneminde deniz seviyesindeki artışın %50'sine, buzullardan kaynaklanan buz kaybının %22'sine, buz tabakalarının %20'sine ve kara-su depolamasındaki değişikliklerin %8'ine etki etmiştir. Buz tabakası kaybı oranı 1992 ile 1999 ve 2010 ile 2019 arasında dört kat artmıştır. 2006 ile 2018 arasında ise buzul kaybı küresel ortalama deniz seviyesinin yükselmesine en çok katkıda bulunan etmendir (IPCC, 2021).

Deniz seviyesinin yükselmesi, dünyadaki kıyı yaşamı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bunlar arasında şiddetli yağmur, kuvvetli rüzgarlar gibi büyük atmosferik olaylar ve fırtına dalgalarının şiddetinin artması, sulak alanların taşması, akiferlerin kirlenmesi, kıyı bölgelerini işgal eden suyun erozyona sebep olması, tarım, konut ve rekreasyon bölgeleri ile hassas yaşam habitatlarının hasar alması sayılabilir. Kıyı bölgelerinde yaşayan insanların iç bölgelere göç etmek zorunda kalması, toprağın ve yeraltı suyunun tuzlanması gibi durumlar iç bölgelerdeki yaşamı ve demografik yapının değişmesine de sebep olmaktadır (Sea Level Rise, 2022; Sea-Level Rise & Global Climate Change, 2022).

IPCC, 2021 tarihli 6. Değerlendirme ve 1. Çalışma Grubu Raporunda 2100 yılına kadar oluşabilecek küresel deniz seviyesi artışı tahminleri Ortak Sosyo-ekonomik Rota (SSP) senaryoları üzerinden Şekil 3'de verilmektedir. Buna göre en iyimser SSP1-1.9 senaryosuna göre 2100 yılına kadar küresel deniz seviyesi artışının 0,28 ile 0,55 m arasında, en kötümser SSP5-8.5 senaryosuna göre ise 0,63 ile 1,01 m mertebesinde olması beklenmektedir (IPCC, 2021). Okyanusa kıyısı olması sebebiyle deniz seviyesi yükselmesi etkilerini yaşayacak ülkelerden biri olan ABD için yapılan araştırmada, her iki senaryo ile 2100 yılına dek gerçekleşmesi muhtemel olan 0,5 m'lik deniz seviyesi yükselmesinin kıyı mülkleri üzerindeki kümülatif etkilerinin maliyet tahminleri, 20 milyar dolar ile 150 milyar dolar arasında değişmektedir (Sea-Level Rise & Global Climate Change, 2022). Yine ARC3.2 kapsamında incelenen 52 sahil kentinde deniz seviyesindeki yükselmenin 2050'li yıllarda ve 2080'li yıllarda sırası ile 15 ile 60 cm, 22 ile 124 cm arasında olacağı tahmin edilmektedir (Peker & Aydın, 2019).



Şekil 3. 2100 yılına kadar beklenen küresel deniz seviyesi değişimleri (IPCC, 2021)

İstanbul özelinde deniz seviyesinde, iklim değişikliği etkisi altında beklenen değişimler Tablo 1'de verilmiştir. Deniz seviyesi değişimleri, güncel durum ve gelecekteki projeksiyonlara göre farklı senaryolarla belirlenmiştir; bu senaryolarda fırtına koşulları önemli rol oynamaktadır. Karadeniz ve Marmara Denizi'nde deniz seviyesinin 2053 yılında RCP 8.5 senaryosuna göre 23 cm yükselmesi beklenmektedir. Bu yükselmeye fırtınasız koşullar altında gel-git etkisi ve mevsimsel değişimler de eklendiğinde 2053 yılında günümüzdeki deniz seviyesinin hem Karadeniz hem de Marmara Denizi'nde

43 cm yükseleceği, bu yükselmeye de ayrıca atmosferik basınç, rüzgâr kabarması ve dalga kabarması etkileri de eklendiğinde Karadeniz'deki yükselmenin 93 cm mertebesine ulaşması, Marmara Denizi'ndeki yükselmenin ise 68 cm'ye ulaşması öngörülmektedir. Gelecekteki deniz seviyesi yükselmesine yönelik analizler coğrafi bilgi sistemi ortamında da değerlendirilmiş, mevcut deniz seviyesinin yükselmesi durumunda tehlikeye girebilecek alanların büyüklüğü ortaya konmuştur. Bu bağlamda, mevcut deniz seviyesinin, Karadeniz ve Marmara Denizi'nde 2053 yılına kadar gerçekleşebilecek en ekstrem koşullarda sırasıyla 0,93 m ve 0,68 m yükselmesi halinde hangi bölgelerin sular altında kalacağı belirlenmiş, ayrıca uzun dönemde ve fırtınasız koşullarda deniz seviyesinin 0,43 m yükselmesi durumunda yeraltı suyu tuzlanmasının yaşanması muhtemel alanlar tespit edilmiştir (İSKİ, 2022).

Tablo 1. İstanbul özelinde deniz seviyesinde beklenen değişimler (İSKİ, 2022)

Parametre Kısa Adı	Parametre Uzun Adı	Karadeniz (m)	Marmara Denizi (m)
A	Mevsimsel Değişim (m)	0,10	0,10
B	Gel-git Etkisi (m)	0,10	0,10
C	Atmosferik Basınç ve Coriolis Etkisi (m)	0,05	0,02
D	Rüzgâr Kabarması (m)	0,20	0,10
E	Dalga Kabarması (m)	0,25	0,13
F2053	Küresel Seviye Değişimi (m) - 2053	0,23	0,23
F2100	Küresel Seviye Değişimi (m) - 2100	0,68	0,68
Uzun Dönem (Fırtınasız Koşullar)		Karadeniz (m)	Marmara Denizi (m)
(-A-B)	DSS – Düşük Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	-0,20	-0,20
	SSS – Sakin Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,00	0,00
(A+B)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,20	0,20
(-A-B+F2053)	DSS – Düşük Su Seviyesi - 2053 yılı	0,03	0,03
(F2053)	SSS – Sakin Su Seviyesi - 2053 yılı	0,23	0,23
(A+B+F2053)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - 2053 yılı	0,43	0,43
(-A-B+F2100)	DSS – Düşük Su Seviyesi - 2100 yılı	0,48	0,48
(F2100)	SSS – Sakin Su Seviyesi - 2100 yılı	0,68	0,68
(A+B+F2100)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - 2100 yılı	0,88	0,88
Ekstrem Değer (Fırtınalı Koşullar)		Karadeniz (m)	Marmara Denizi (m)
(-A-B+C+D+E)	DSS – Düşük Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,30	0,05
(C+D+E)	OSS – Ortalama Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,50	0,25
(A+B+C+D+E)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,70	0,45
(-A-B+C+D+E+F2053)	DSS – Düşük Su Seviyesi - 2053 yılı	0,53	0,28
(C+D+E+F2053)	OSS – Ortalama Su Seviyesi - 2053 yılı	0,73	0,48
(A+B+C+D+E+F2053)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - 2053 yılı	0,93	0,68
(-A-B+C+D+E+F2100)	DSS – Düşük Su Seviyesi - 2100 yılı	0,98	0,73
(C+D+E+F2100)	OSS – Ortalama Su Seviyesi - 2100 yılı	1,18	0,93
(A+B+C+D+E+F2100)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - 2100 yılı	1,38	1,13

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ETKİLERİNE YÖNELİK EYLEMLER / ACTIONS AGAINST CLIMATE CHANGE IMPACTS

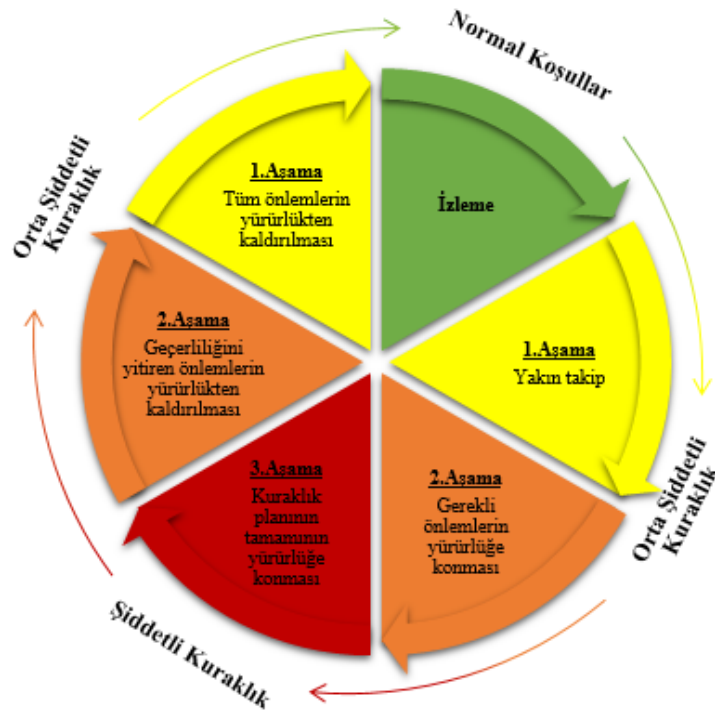
3.1. Kuraklığa Yönelik Eylemler

Kuraklık yönetimindeki iki ana yaklaşımdan biri kriz (reaktif) yönetimi yaklaşımı olarak tabir edilen ve kuraklık ortaya çıktıktan sonra gerçekleştirilen faaliyetleri/çalışmaları kapsayan yaklaşımdır. Diğeri ise risk (proaktif) yönetimi olarak tabir edilen ve kuraklık ortaya çıkmadan, yavaş gelişen bir süreç içinde uygulanan faaliyetleri/çalışmaları kapsayan yaklaşımdır (Anaç, 2008).

İSKİ Master Planı kapsamında İstanbul’da yaşanması muhtemel kuraklık afetine yönelik hazırlanan “Kuraklık Yönetim Modeli” İstanbul ilinin kuraklık hassasiyetini belirlemek, su bütçesi ve su kaynaklarındaki olası değişiklikleri ortaya koymak amacıyla oluşturulmuştur. Model, mevcut şartlar ve farklı derecelerdeki kuraklık koşullarında sektörel su kullanımının kapsamlı bir değerlendirmesini yapmaktadır. Ayrıca, kuraklık ve su kıtlığının etkilerini azaltmak için su kaynaklarının optimum kullanımını ve tasarrufunu sağlayacak, çevresel hedefleri de dikkate alan önlemlerle oluşturulmuş bir eylem planına dayanmaktadır (İSKİ, 2022).

Kuraklık yönetim modeli ve kuraklık yönetim döngüsü, yaşanması muhtemel bir kuraklık afetinin döngüsel olarak normal durumdan hafif, orta ve çok şiddetli kuraklık durumuna geçme ve tersine sırayı takip ederek normal duruma dönme süreçlerinde (yani kuraklık afeti esnasında) yapılması gereken müdahale süreçlerini ifade eder (İSKİ, 2022).

Kuraklık yönetimi döngüsü, Şekil 4’te grafiksel olarak sunulmuş ve bileşenlerinin ulusal planlardaki ve uluslararası literatürdeki karşılıkları ise Tablo 2’de detaylandırılmıştır.



Şekil 4. Kuraklık yönetimi döngüsü (Colorado Department of Natural Resources, 2018; SYGM, 2018)

Kuraklık yönetimi döngüsü dört bileşenden oluşmaktadır: İzleme, Karar Alma, Tedbir Alma ve Mücadele. Ulusal planlarda ve uluslararası literatürde de kuraklık yönetimi için benzer dört aşamalı yönetim mekanizması benimsenmektedir (İSKİ, 2022).

Tablo 2. Kuraklık yönetimi döngüsü bileşenlerinin ulusal planlarda ve uluslararası literatürdeki karşılıkları

Kuraklık Şiddeti	Konya KYP (SYGM, 2015)	Antalya KYP (SYGM, 2018)	TAKMÜSEP (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022)	TAMP (AFAD, 2013)	Literatür (Colorado Department of Natural Resources, 2018)
Normal	İzleme	Normal	Kuraklığa Hazırlanma	Risk ve Planlama Süreci	İzleme
Hafif	Karar Alma	Ön Alarm	Kuraklık Alarmı	Hazırlık Süreci	Karar Alma/ Değerlendirme

Orta	Tedbir Alma	Alarm	Acil Eylem	Müdahale	Azaltma / Önleme
Şiddetli	Kısıtlama	Acil Durum	Kısıtlama	İyileştirme	Tepki Verme / Kısıtlama

Kuraklık koşullarının ve kurak dönem etkilerinin izlenmesi sürekli takip edilmesi gereken uzun soluklu faaliyetler Havza Yönetim Heyeti (HYH) koordinasyonunda gerçekleştirilir. Kuraklık kararının alınması aşamasında HYH, sorumlu kurum ve kuruluşların (SYGM, MGM, DSİ, AFAD, vd.) merkez ve taşra teşkilatlarındaki birimlere, uzmanlara, akademisyenlere görüş sorabilir ve teknik destek isteyebilir (İSKİ, 2022).

Kuraklık ve tetiklediği afetlerin etkilerinden sakınmak için, bu afetlerin toplulukları ilgilendiren planlama ve kalkınma süreçlerinde göz önünde bulundurulması gerekir. Bahsedilen etkileri azaltmak zor olsa da yaygın olarak kullanılan planlama araçları ve stratejileri, kuraklığı ve tetiklediği afetlerin etkilerini azaltmak için fırsatlar sunmaktadır. ABD Federal Acil Durum Yönetimi Kurumu (FEMA)'nın 2013 yılında yayınladığı Afet Etkilerini Azaltıcı Tedbir Önerileri, kuraklık etkilerinin azaltmasına yönelik hazırlanacak planlamada dikkate alınması gereken iyi bir kaynak olup Tablo 3 üzerinde bu tedbir önerilerine yer verilmiştir. FEMA ayrıca tedbirleri değerlendirirken fayda-maliyet analizi yapılmasının önemini de vurgulamaktadır.

Tablo 3. Kuraklığın afet etkilerini azaltmaya yönelik tedbir önerileri (APA, 2019)

Tedbir Grupları	Tedbir Önerileri
Yerel planlar ve uygulamalar	<ul style="list-style-type: none">Sulamaya bağımlılığı azaltmak için kuraklığa toleranslı veya kurakçıl peyzaj uygulamaları yapılması,Kuraklık planlamasının diğer planlamalarla entegrasyonunun sağlanması,Acil kuraklık durum planının hazırlanması
Yapısal tedbirler ve altyapı projeleri	<ul style="list-style-type: none">Yeraltı suyu akiferini beslemeye yönelik tedbirler: Reenjeksiyon, depolama ve ıslahSu kaynaklarını çeşitlendirmek / arttırmak ve şebeke kayıplarını azaltmak amacıyla altyapı yatırımları yapılması
Doğal sistemin korunumu	<ul style="list-style-type: none">Kuraklığın besi hayvanları ve yaban hayatı üzerindeki etkilerini azaltmak için meralardaki su depolarını ve rüzgâr enerjisiyle çalışan yeraltı suyu pompalarının artırılması,İçme suyu su kaynaklarını korumak için orman yangınlarıyla mücadele de dâhil olmak üzere havza koruma faaliyetleri yürütülmesi
Eğitim ve farkındalık programları	<ul style="list-style-type: none">Kuraklık etkilenebilirlik analizi için veri ve bilgi kaynaklarının artırılması,Etkilenen sosyal ve ekonomik sektörlerle ilişkin verilerin toplanması, cari durumun değerlendirilmesi, yürütülen programların durumunu tartışmak amacıyla kuraklık ihtisas heyeti oluşturulması,Kuraklığın etkilerini azaltmak amacıyla tarımsal üretimde ürün rotasyonu, kuraklığa dayanıklı ürünlerin yetiştirilmesi, toprak işlemez tarım gibi tarımsal değişikliklerin teşvik edilmesiKuraklığa özgü halk sağlığı sorunları için gözetim ve izleme faaliyetlerini artırılması veya sürdürülmesi (içme suyu kuyularında su kalitesinin test edilmesi)

Su temin kabiliyetinin azaldığı “hidrolojik kuraklık” durumunda, su kalitesinin bozulması ve su kullanımının artması nedeniyle içme suyu altyapısının zarar görmesi ihtimal dâhilindedir. Bununla beraber iklim değişikliğine bağlı olarak yağış ve akış rejimlerindeki değişkenlikler su idarelerinin içme suyu depolama ve abonelerine güvenli içme suyu dağıtma kabiliyetini olumsuz etkilemesi beklenmektedir. Abonelerin kuraklık afetlerine karşı dirençliliğini (reziliyans) arttırmak ve kuraklık afetlerinden etkilenebilirliklerini hafifletmek amacıyla bir dizi faaliyetlerden oluşan kuraklık yönetimi uygulamaları yürütülerek kayda değer su tasarrufu sağlanabilir. Bu faaliyetlerden bazıları: kuraklık koşullarında suyun korunmasına ilişkin abonelerin bilgilendirilmesi, su kayıp-kaçaklarına yönelik su denetimlerini sıkılaştırmak, su tasarrufu sağlayan teknolojileri kullanan abonelere teşvik programları uygulamak, şebeke ve su arıtma sisteminde rehabilitasyon yapmak ve alternatif su kaynaklarını araştırmaktır (İSKİ, 2022).

İstanbul'un büyükşehir konumunda olması sebebiyle İBB ile birlikte İSKİ'nin kurumlar arası koordinasyon konusunda önemli bir payı vardır. Diğer kurumlar ile birlikte İSKİ'nin de kuraklık ve iklim değişikliği etkilerini izleme sürecini doğru bir şekilde yürüterek olası bir kuraklık afetinin zamanında tespitini sağlayarak diğer kurumları uyarması çok büyük önem taşımaktadır (İSKİ, 2022). Kuraklık riskini azaltıcı ve su temin sisteminde arz güvenliğini artırıcı nitelikteki su iletim hatları inşaat çalışmaları devam etmektedir. İstanbul'a kesintisiz su temininin devamını sağlamak için 2021 yılında 128 km içme suyu şebekesi ve 53 km isale hattı yapılmıştır (İSKİ, 2021). Yaşanan kuraklıklarda barajlar arası su transferi sağlamak amacıyla enterkonnekte sistemler kurulmuştur. SCADA destekli basınç denetimi gerçekleştirilebilmekte, hidrolik modelleme ile entegre "izole alt şebekeler" üzerinden mikro ölçekli su kaybı analizi uygulamaları yapılabilmektedir. Su yönetimi ile kayıp kaçakların azaltılması hedefiyle gerçekleştirilen akıllı şebeke uygulamalarından olan izole alt bölgelerde (DMA) akıllı sayaç uygulamaları sürdürülmektedir. İSKİ tesislerinde yenilenebilir enerji kullanımı arttırmak üzerine çalışmalar (Biyogazdan enerji eldesinin artırılması, güneş ve rüzgar enerji sistemleri uygulamaları) devam etmektedir. Su verimliliği ve tasarrufu konusunda bilinçlendirici çalışmalar kapsamında ise aylık 30 m³ ve üzeri su kullanan abonelerden başlamak üzere, yaklaşık %66 oranında su tasarrufu sağlayan, perlatörlerin ücretsiz dağıtımı yer alabilir.

3.2. Kent Selleri ve Taşkınlara Yönelik Eylemler

Türkiye'de afet riskini azaltmak amacıyla, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2013 yılında hazırlanmaya başlanan Taşkın Yönetim Planlarının ve Kuraklık Yönetim Planlarının 2023 yılına kadar 25 havzanın tümünde tamamlanması hedeflenmiştir. 2023 yılı itibarıyla Marmara Havzası Taşkın Yönetim Planı tamamlanmış, Meriç-Ergene Havzası Taşkın Yönetim Planı için çalışmalar ise 2024 yılında devam etmektedir. Kuraklık Yönetim Planları ise 20 havza için tamamlanmış, diğer havza planlarına yönelik çalışmalar devam etmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024a; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024b). Taşkın yönetim planları kapsamında taşkın riski ön değerlendirmesi, tekerrür debisine bağlı olarak taşkın yayılacağı alanların belirlenmesi, elde edilen haritalar yardımıyla taşkın riskinin sınıflandırılması ve bu riskin önlenmesi için alınması gereken tedbirler ve eylem planını içeren taşkın yönetim planının oluşturulması çalışmaları yer almaktadır. Ayrıca İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (2013-2016) ile iklim değişikliği senaryolarının Türkiye'nin tüm havzalarındaki su kaynaklarına etkisi tespit edilmiştir (İSKİ, 2022). 2021 yılında su ile ilgili çeşitli çalışma grupları ile yapılan ve 7 ay süren "I. Su Şurası" sonuç bildirgesine göre; taşkın ve kuraklık yönetiminde kriz yönetiminden risk yönetimine geçiş sağlanarak ülkemizdeki tüm havzalarda taşkın ve kuraklık yönetim planları 2023 yılına kadar tamamlanacak ve bu planlarda belirlenen tedbirlerin uygulanması sürekli takip edilecek, taşkın ve kuraklık afetleri ile ilgili tahmin ve erken uyarı sistemleri kurulacak ve bu afetler öncesinde gerekli uyarılar yapılarak önlemler alınacaktır. Ayrıca 2018 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi Başkanlığınca "İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı" hazırlanmıştır. Bu kapsamda İSKİ'nin görev ve sorumlulukları altında kalan eylemlerden taşkınlara yönelik önlemlerin alınması eyleminin alt eylemi olarak derelere kurulan akım gözlem istasyonlarının sayısının 2020'ye kadar 25 noktaya genişletilmesiyle taşkın erken uyarı sisteminin güçlendirilmesi ve taşkın uyarılarının halka hızla taşkın öncesi ulaştırılması için iletişim altyapısının kurulması (belirli bölgelerde otomatik uyarı sms'i gönderilmesi vb. eylemi vardır (İSKİ, 2022). Ayrıca İSKİ'nin taşkın ve sel baskınlarının önüne geçmek için yaptığı dere ıslah çalışmaları devam etmektedir. 2021 yılında 11,5 km dere ıslahı yapılmıştır. Islah edilen derelerde kokunun önlenmesi ve biriken teressubatin temizliği için de çalışmalar yapılmaktadır (İSKİ, 2021). 2019-2024 yılları arasında toplam da 78,2 km dere ıslahı ve bu alanlarda 824.420 m² peyzaj çalışması tamamlanmıştır (İSKİ, 2024). Şekil 5.'te yapılan peyzajlı dere ıslah çalışmalarından bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 5. *Beylikdüzü Kavaklıdere Peyzajlı Dere Islahı*

3.3. Sıcak Hava Dalgalarına Yönelik Eylemler

Yaklaşık 16 milyonluk nüfusu ile Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'da kentsel alandaki büyüme ve yoğun gelişme nedeniyle kentsel ısı adası etkisi ile kentsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farklarının artması beklenen bir durumdur (Zaemdar & Baycan, 2017). Bu konu ulusal düzeyde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023) ile ele alınmış, aşırı hava olaylarının mevcut ve gelecekteki halk sağlığı üzerindeki etkilerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi konusunda bazı eylemler belirlenmiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2012). Yerel düzeyde ise İstanbul İklim Eylem Planı ile sıcak hava dalgalarını başta halk sağlığı olmak üzere birçok sektör için en büyük risklerden biri olarak tanımlanmıştır (İBB, 2021).

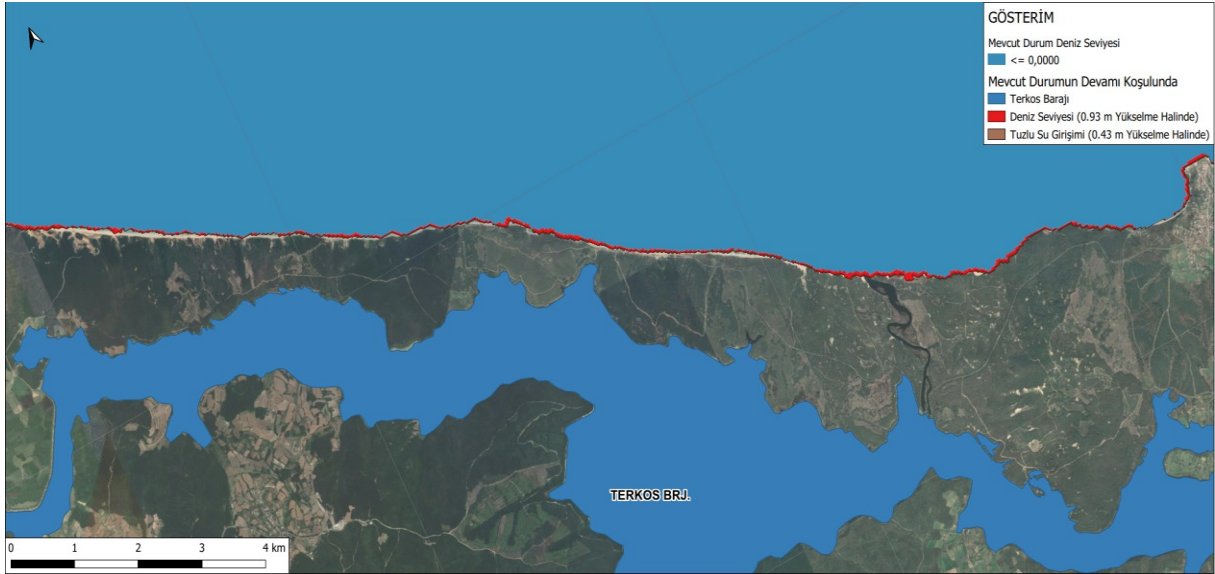
Sıcak hava dalgaları sebebiyle kentsel ısı adaları yerelde ve ulusal düzeyde önemli olduğu ifade edilse de ayrıntılı bir ısı sağlığı eylem planı henüz belirtilmemiştir. Yeşil Avrupa Vakfı'nın *Umut Mekanları Olarak Kentler* Projesi'nde 2030 yılı için Atina'nın Dayanıklılık Stratejileri ve İstanbul Kent Konseyi'nin sıcak hava dalgalarına ilişkin görüş ve önerileri kullanılarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi için sıcak hava dalgalarına karşı potansiyel eylem alanları ve eylem örnekleri Tablo 4'te yer almaktadır (Aydın & Aydın, 2020; Resilient Athens, 2022; İstanbul Kent Konseyi, 2022).

Tablo 4. İstanbul Büyükşehir Belediyesi için sıcak hava dalgalarına karşı potansiyel eylem alanları ve eylem örnekleri (Aydın & Aydın, 2020)

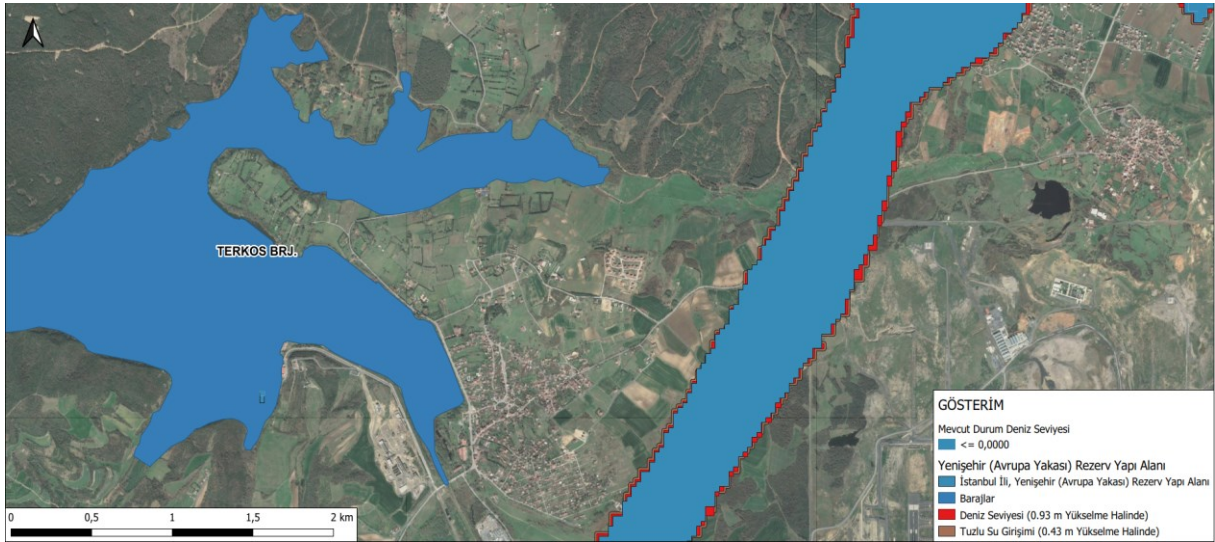
	Eylem	Paydaşlar
Yeşil Altyapı	<p>Yeşil altyapıya yatırım yapılması (mevcudun korunarak, yenilerinin oluşturulması) ile şehrin mikro iklimi iyileştirilmeli ve kentsel ısı adası etkileri sınırlandırılmalıdır. Diğer eylemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parklar ve diğer yeşil alanlar, sıcak hava dalgalarında batırmaya imkân verecek şekilde düzenlenmeli ve gölgelerin azaltılması önlemek için yanlış budamalardan kaçınılmalıdır. • Park peyzajlarında ve diğer yeşil alanlarda daha az su gerektiren bitkiler kullanılmalı, daha az nem oluşturan zamanlarda sulama yapılmalıdır. • Pazar yerleri, çarşılar gibi açık alanlar ve sokaklardaki diğer alanlar, gölge ve serin geçiş alanları oluşturabilmek için daha az su gerektiren (sarmaşık ve çalı gibi) yerli bitkiler kullanılarak kapatılmalıdır. • Dikey bahçe uygulamaları, yeşil alan oluşturmamın mümkün olmadığı, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerleşim alanlarında serinletici etki yapabilmektedir. • Su tasarrufunun yanı sıra aşırı sıcaklıklarda su kıtlığını önlemek için yağmur hasadı gibi uygulamalar geliştirilebilir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, • Üniversiteler • STK'lar • Özel sektör • C40 ve diğer uluslararası şehir ağları
Çevresel	<p>Yoğun yapılaşma sebebiyle binalar için ısıtma ve soğutma ihtiyacı yüksek olan İstanbul'da, ısı adalarını azaltmak ve rüzgâr koridorları oluşturmaya yönelik imar planları hazırlanmalıdır. Diğer eylemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ana meydanlardaki metrobüs durakları ve diğer büyük duraklar, sıcak havalarda yayaların termal konforunu sağlayacak şekilde yeniden tasarlanmalıdır. • Klimalı serin barınma merkezleri ve diğer tesisler (su, tuvalet...) kurulmalıdır. • Kamu binalarının dış cephelelerinde yansıtıcı renkler ve yüzey kaplama malzemeleri kullanılmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, • Sağlık Bakanlığı, • Üniversiteler • STK'lar • Özel sektör
Halk Sağlığı	<p>Belediyeler, sıcak hava dalgaları sırasında bilgilendirme ve koordinasyon konusunda önemli bir role sahiptir. Toplumun farklı kesimlerine yönelik etkili koruma ve önleme faaliyetleri yürütmelidir. Diğer eylemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vatandaşların yüksek sıcaklıklarda kendilerini sıcakta koruyabilmeleri için serin barınma merkezleri kurulmalıdır. • Evsizler için klimalı geçici barınma alanları sağlanmalı, ana meydanlarda soğuk su ve güneş şemsiyeli çadırlar kurulmalıdır. • Komşuların, akrabaların ve belediyenin sosyal hizmetlerinin, yalnız yaşayan yaşlıların ve diğer savunmasız kişileri düzenli olarak kontrol etmesini sağlamak için hatırlatmalar yayınlanmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sağlık Bakanlığı • Özel hastaneler • Üniversiteler • STK'lar • Özel sektör
Kamu	<p>Vatandaşların ve diğer profesyonellerin belirtilen eylemlerde bilgilendirilmesi, bu eylemlere katılımın ve dolayısıyla eylem planlarının başarısı için çok önemlidir. Her şeyden önce, sıcak hava dalgası eylem planı ve serin barınma merkezlerinin konumu kamuya açık olmalıdır. Diğer eylemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile işbirliği içinde sıcak hava dalgası erken uyarı sistemleri kurulmalıdır. • Ana akım ve alternatif medya ve iletişim kanalları aracılığıyla vatandaşlar, beklenen sıcak hava dalgalarına karşı uyarılmalıdır. • Toplu taşıma araçlarındaki reklam panoları ve bilgi ekranları, sıcak hava dalgaları hakkında farkındalık artırıcı mesajlar vermelidir. • Hassas topluluklar ve risk grupları tarafından alınması gereken önlemler, kendilerine kısa mesaj yoluyla doğrudan iletilmelidir. 	<ul style="list-style-type: none"> • STK'lar • Televizyonlar ve gazeteler • Üniversiteler • Özel sektör

3.4. Deniz Seviyesi Yükselmesine Yönelik Eylemler

İSKİ Master Planı İklim Değişikliği ve Kuraklık Etkileri Raporunda gelecekteki deniz seviyesi yükselmesine yönelik analizler coğrafi bilgi sistemi ortamında değerlendirmeye alınmış, mevcut deniz seviyesinin yükselmesi halinde ne kadarlık bir alanın tehlikede olabileceği ortaya konmuştur. Çalışmada İstanbul'un SRTM 30 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modelinden faydalanılmış, mevcut deniz seviyesinin Karadeniz'de ve Marmara Denizi'ndeki 2053 yılına kadarki en ekstrem koşul olan 0,93 m ve 0,68 m yükselmesi halinde hangi bölgelerin sular altında kalacağı tespit edilmiştir. Burada yapılan bir diğer çalışma ise uzun dönemde ve fırtınasız koşullarda (deniz seviyesinin 0,43 m yükselmesi halinde) yeraltı suyu tuzlanması yaşanması muhtemel alanların belirlenmesidir. Bu analiz uzun yıllardır DSİ tarafından kullanıldığı şekliyle Ghyben-Herzberg formülü kullanılarak 1 m deniz seviyesi yükselmesinin 40 m yeraltı suyu tablasında değişim oluşturacağı yöntemi ile belirlenmiştir. Ayrıca 0,43 m yükselmeye karşılık gelen yeraltı suyu tablası değişimi ve buna bağlı olarak tuzlanma riski olan bölgedeki yükselme yatayda 17,2 m olarak tespit edilmiştir. Buna göre 17,2 m yeraltı suyu yükselmesi halindeki tuzluluğa maruz kalabilecek alanlar da coğrafi bilgi sistemi ortamında belirlenmiş ve harita olarak sunulmuştur (Sargın, 2010; İSKİ, 2022). Çalışma kapsamında ayrıca İstanbul İli, Yenişehir (Avrupa Yakası) Rezerv Yapı Alanı projesinin gerçekleştirildiği durumda deniz seviyesi değişiminin ne boyutlarda olabileceği konusu da değerlendirmeye alınmıştır. İstanbul İli, Yenişehir (Avrupa Yakası) Rezerv Yapı Alanı güzergâhı ve şevleri sayısal yükseklik modeline işlendikten sonra mevcut durumda olduğu gibi aynı yöntem ile hem deniz seviyesi yükselmesi hem de yeraltı suyunun tuzlanma durumu 2053 yılı için kontrol edilmiştir. Çalışma özellikle Terkos ve Büyükçekmece Barajlarının yer aldığı bölgede detaylandırılmıştır. Oluşturulan haritalar Terkos Barajı, İstanbul İli, Yenişehir (Avrupa Yakası) Rezerv Yapı Alanı projesinin gerçekleşmesi durumunda Terkos Barajı ve Büyükçekmece Barajı olacak şekilde sırasıyla Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8 ile sunulmaktadır (İSKİ, 2022).



Şekil 6. Deniz seviyesinin 2053 yılında yükselmesi halinde Terkos Barajı'nın kuzeyinde sular altında kalması muhtemel bölgeler ve tuzlu su girişimi yaşanma ihtimali olan bölgeler (İSKİ, 2022)



Şekil 7. İstanbul İli, Yenişehir (Avrupa Yakası) Rezerv Yapı Alanı projesinin gerçekleşmesi halinde Terkos'un doğusundaki bölgede 2053 yılındaki muhtemel deniz seviyesi yükselmesi ve tuzlu su girişimi durumları (İSKİ, 2022)



Şekil 8. Marmara Denizi seviyesinin 2053 yılında yükselmesi halinde Büyükçekmece Barajı'nın güneyinde sular altında kalması muhtemel bölgeler ve tuzlu su girişimi yaşanma ihtimali olan bölgeler (İSKİ, 2022)

İSKİ Master Planı İklim Değişikliği ve Kuraklık Etkileri Raporunda yapılan değerlendirmelere göre gerçekleşmesi muhtemel deniz seviyesi yükselmesi, su kaynakları ve yağmur suyu toplama sistemi açısından herhangi bir sorun oluşturmamaktadır. Ancak atıksu toplama sisteminde mevcut durumda kullanılan savak yapılarının gelecekte de işletilmeye devam etmesi halinde bu savak yapılarına deniz suyu girişiminin önlenmesi için tedbirler alınmalıdır. Deniz seviyesindeki değişim takip edilmeli, Boğaziçi ve Haliç boyunca bulunan ve +0,60 m kotundaki savak yapılarındaki deniz seviyesindeki artışlara göre bu savak yapılarının denize deşarj seviyeleri yükseltilmeli ya da savak yapıları iptal edilmelidir. Deniz seviyesi yükselmesi ile ilgili olarak Terkos Gölü'nü tehdit eden esas konu Terkos Gölü açıklarında Karadeniz'den alınan deniz kumunun kıyıda yarattığı olumsuz etkidir. Bu nedenle, Terkos Gölü açıklarında deniz kumu alınmasına kesinlikle müsaade edilmemesi gerekmekte olup bu nedenle oluşabilecek kıyı oyulmaları düzenli olarak kontrol edilmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır (İSKİ, 2022).

4. SONUÇLAR / RESULTS

Nüfus yoğunlukları ve ekonomik faaliyetleriyle sera gazı emisyonuna yoğun katkıda bulunan kentler, aynı zamanda değişen iklimin oluşturduğu etkilerle karşı karşıyadır. Bu karşılıklı etkileşim iklim değişikliğine uyum ve mücadele politikaları açısından mega kentleri öncelikli kılmaktadır.

İstanbul'un iklime dayanıklı bir şehir olma yolundaki çalışmaları, sürdürülebilir su yönetimi ve altyapı planlaması açısından önemli bir yol haritası sunmaktadır. Şehir, yoğun nüfus ve sınırlı kaynaklarla birleşen iklim değişikliği risklerine karşı kırılğan bir yapı sergilemekte; bu durum da uzun vadeli stratejiler ve bütünlük bir yaklaşım gerektirmektedir. İstanbul il sınırları içerisinde mevcut durumda sağlanan su, atık su ve yağmur suyu hizmetlerinin çevresel açıdan sürdürülebilir hale getirilmesi; bu hizmetlerin uzun vadede topluma faydalı olabilmesi için kurumsal bir vizyon geliştirilmesi ve finansal açıdan bu gelişime katkı sağlanması amacıyla İçme suyu ve Kanalizasyon Master Planı hazırlamıştır. Master Plan kapsamında yapılan çalışmalar doğrultusunda hazırlanan İklim Değişikliği ve Kuraklık Etkileri Raporunda İstanbul'un mevcut ve potansiyel su kaynaklarına yönelik yapılan kuraklık şiddet ve risk analizleri, trend analizleri, ısı adası etkisi, deniz seviyesi yükselmesi değerlendirmeleri ve iklim değişikliğinin su potansiyeline olan etkisi şehrin su yönetim stratejilerinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu analizler, İstanbul'un gelecekteki su talebini karşılamak için potansiyel risklerin önceden tespit edilmesine ve şehrin su kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

İklim değişikliği ve kuraklık koşulları dikkate alındığında su tasarrufu sağlamak için bilinçlendirme çalışmalarının yaygınlaştırılması önem kazanmaktadır. Ayrıca, su kayıp-kaçaklarının önlenmesi amacıyla kontrol sistemlerinin yaygınlaştırılması ve altyapı yenileme çalışmaları, suyun daha verimli kullanılmasına katkıda bulunabilir. Kuraklıkla mücadelede, su tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanımını teşvik etmek için, bu teknolojileri benimseyen abonelere yönelik teşvik programları uygulanabilir. Aynı zamanda, kent selleri ve taşkınlar gibi doğal afetlere karşı erken uyarı sistemlerinin kurulması, şehirdeki suyun güvenli bir şekilde yönetilmesini ve taşkın risklerinin minimize edilmesini sağlar. Dere ıslahı ve yeşil altyapı projeleri sadece yağmur suyu yönetimini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda şehirdeki yeşil alanların artırılmasına ve ekosistem hizmetlerinin güçlendirilmesine de katkıda bulunur. İstanbul'un sahil alanlarında meydana gelebilecek risklerin erken tespiti ve önlenmesi için izleme sistemlerinin kurulması da deniz seviyesi yükselmesi konusunda kritik öneme sahiptir. Tüm bu önlemler, kuraklık ve su kıtlığına karşı proaktif bir yaklaşımla, İstanbul'un su kaynaklarının daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlar. Şehirdeki su yönetim politikalarının iklim değişikliğine uyum sağlaması hem su, atık su ve yağmur suyu hizmetlerinin kalitesinin devamlılığını sağlayacak, hem de şehrin gelecekteki su güvenliğini teminat altına alacaktır. Bu kapsamlı yaklaşım, İstanbul'u iklim değişikliğine daha dirençli ve mega kent haline getirmek için atılan önemli adımlar arasında yer almaktadır.

5. TEŞEKKÜR / ACKNOWLEDGEMENT

Bu çalışmadaki desteklerinden dolayı İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne ve Prof. Dr. Tuğba ÖLMEZ HANCI 'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- AFAD. (2013). *Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)*. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Ankara.
- Anaç, S. (2008). *Küresel iklim değişimi ve kuraklık yönetiminde inovatif yaklaşımlar*. Türkiye'nin İstikrar ve Büyüme Hamlesi, Yarının Kurulması Hedef 2023. İstanbul.
- APA (2019). *Falling Dominoes: A Planner's Guide to Drought and Cascading Impacts*. American Planning Association.
- Aydın, B., & Aydın, C.İ. (2020). *Governance Strategies For Cooling Cities: Cases of Athens and Istanbul*. GEF Cities as Place of Hope Project Working Paper. Green European Foundation & Green Thought Association.
- Baltacı, H. (2018). 18 Temmuz 2017 Tarihinde İstanbul'da Meydana Gelen Sel Olayının Meteorolojik Analizi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 55-60. <https://doi.org/10.7240/marufbd.397544>.
- C40. (2022). *C40 Cities*. Erişim Tarihi: 19 Eylül 2022, <https://www.c40.org/> adresinden alındı.
- Can, G., Şahin, Ü., Sayılı, U., Dube, M., Kara, B., Acar, H.C., İnan, B., Aksu Sayman, Ö., Lebel, G., Bustinza, R., Küçükali, H., Güven, U., & Gosselin, P. (2019). Excess Mortality in Istanbul during Extreme Heat Waves between 2013 and 2017. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4348. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224348>.
- Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogee, J., Allard, V., Aubinet, M., Bunchman, N., Bernhofer, C., Carrara, A., Chevallier, F., De Noble, N., Friend A. D., Friedlingstein, P., Grünwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, J. M., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, J. F., Sanz, M. J., & Schulz, E. D. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437(7058), 529-533. <https://doi.org/10.1038/nature03972>.
- Climate Change: Global Sea Level. (2022). *Global Climate Dashboard*, Erişim Tarihi: 29 Nisan 2022, <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level> adresinden alındı.
- CNN Türk. (2017). *İstanbul'da dolunun faturası 1 milyar TL'yi buldu*, Erişim tarihi: 06 Ağustos 2017, <https://web.archive.org/web/20170807044233/https://www.cnntrk.com/otomobil/istanbuld-a-dolunun-faturası-1-milyar-tlyi-buldu> adresinden alındı.
- Colorado Department of Natural Resources. (2018). *Colorado Drought Mitigation and Response Plan*. Colorado Water Conservation Board Department of Natural Resources, Colorado.
- Demirtaş, M. (2016). Şiddetli sıcak hava dalgaları: dinamik-fiziksel etkenler ve bu sıcak hava dalgalarının özellikleri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 201-20. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.297005>.
- Doswell, C. (2015). Hydrology, Floods, and Droughts: Flooding. *Earth Systems and Environmental Sciences*, 201-208. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00151-1>
- Erlat, E. (1999). İzmir'de Maksimum Sıcaklıklar ve Sıcak Dalgaları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 10(1), 125-148.
- European Commission. (2022). *Water scarcity and droughts*. Erişim tarihi: 05 Mayıs 2022, https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-scarcity-and-droughts_en adresinden alındı.
- EUROSTAT. (2022a). *Water exploitation index, plus (WEI+)*. Erişim tarihi: 05 Mayıs 2022, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_06_60/default/table?lang=en adresinden alındı.
- EUROSTAT. (2022b). *The EU in the world - population*. Erişim tarihi: 14 Eylül 2022, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=The_EU_in_the_world_population#Urban_populations adresinden alındı.
- Flash floods and Urban flooding Turkey (2022). *Climate Change Post*. Erişim tarihi: 04 Nisan 2022, <https://www.climatechange.org/turkey/flash-floods-and-urban-flooding/#:~:text=Flood%20impacts%20in%20Turkey%20are,impervious%20surfaces%2C%20and%20inadequate%20drainage> adresinden alındı.

- Folberth, G. A., Butler, T. M., Collins, W. J., & Rumbold, S. T. (2015). Megacities and climate change -A brief overview. *Environmental Pollution*, 235-242. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.09.004>
- IPCC. (2014). *IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.
- IPCC. (2021). *IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.
- İBB. (2021). *İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı. İstanbul
- İSKİ. (2020). *İSKİ 2020 Faaliyet Raporu*. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi. İstanbul
- İSKİ. (2021). *İSKİ 2021 Faaliyet Raporu*. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi. İstanbul
- İSKİ. (2022). *İSKİ Master Planı İklim Değişikliği ve Kuraklık Etkileri Raporu*. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi. İstanbul.
- İSKİ. (2024). *İSKİ Atık Su İnşaat Dairesi Başkanlığı 2024 Faaliyet Raporu*. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi. İstanbul.
- İstanbul Kent Konseyi. (2022). *Sıcak Dalgaları Konusunda Görüş ve Öneriler – Bilgi Notu*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2022, <https://istanbulkentkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/2020/06/iKK-iKcG-Sicak-Dalgaları-Konusunda-Gorus-ve-oneriler-BiLGi-NOTU-30.06.2020-v2.pdf> adresinden alındı.
- IV. Uluslararası Su Kongresi: Akıllı Şehirlerde Suyun Yönetimi. (2-4 Kasım 2017). *Kongre Sonuç Bildirgesi*, 1-2. İzmir. https://www.hidropolitikakademi.org/uploads/wp/2019/09/KONGRE_SONUC_BILDIRGESI.pdf
- Kadioğlu, M. (2019). *Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi*. Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları. İstanbul.
- Kuba, E. B., Deniz, Z. A., & Öztürk, B. (13-14 Ekim 2016). Türkiye’de 1960-2010 Döneminde Oluşan Sıcak Hava Dalgalarının Klimatolojik ve Meteorolojik Analizi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu Uluslararası Coğrafya Sempozyumu. Ankara. http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2016/12/Int_semp_FC3.pdf
- Kurnaz, L. (2014). *Drought in Turkey*. IPC–Mercator Policy Brief. Istanbul Policy Center. İstanbul. <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200323-16034498.pdf>
- Marx, W., Haunschild, R., & Bornmann, L. (2021). Heat waves: a hot topic in climate change research. *Theoretical and Applied Climatology*, 146, 781-800. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03758-y>
- Peker, E., & Aydın, C. İ. (2019) Değişen İklimde Kentler: Yerel Yönetimler İçin Azaltım ve Uyum Politikaları. İPM–Mercator Politika Notu. İstanbul Politikalar Merkezi. İstanbul. <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>.
- Resilient Athens. (2022). *Athens Resilience Strategy for 2030*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2022, https://resilientathens.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/07/athens_resilience_strategy_-_reduced_pdf-compressed.pdf adresinden alındı.
- SARGIN, A. H., 2010. Yeraltı Suları. Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı. 200s. Ankara
- SARGIN, A. H., 2010. Yeraltı Suları. Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı. 200s. Ankara
- Sargın, A. H. (2010). *Yeraltı Suları*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Sea Level Rise: Causes and Consequences. (2022). *Sustainability For All*. Erişim tarihi: 13 Eylül 2022, <https://www.activesustainability.com/climate-change/sea-level-rise-causes-and-consequences> adresinden alındı.

- Sea-Level Rise & Global Climate Change: A Review of Impacts to U.S. Coasts. (2022). *Center For Climate and Energy Solutions*, Erişim tarihi: 13 Eylül 2022, <https://www.c2es.org/document/sea-level-rise-global-climate-change-a-review-of-impacts-to-u-s-coasts/> adresinden alındı.
- SYGM. (2015). *Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planı*. Türkiye Cumhuriyeti, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- SYGM. (2018). *Antalya Havzası Kuraklık Yönetim Planı*. Türkiye Cumhuriyeti, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Szalińska, W., Otop, I., & Tokarczyk, T. (2018). *Urban drought*. VI International Conference of Science and Technology INFRAEKO 2018 Modern Cities. Infrastructure and Environment. Krakow. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500095>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). *Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı (2023-2027)*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü. Ankara.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024a). *Taşkın Yönetim Planları*. Erişim tarihi: 04.12.2024, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=53> adresinden alındı.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024b). *Kuraklık Yönetim Planları*. Erişim tarihi: 04.12.2024, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=61> adresinden alındı.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2012). *Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011 – 2023*. TC Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Başkanlığı. Ankara.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *Çevresel Göstergeler*. TC Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü. Ankara.
- T.C. Dışişleri Bakanlığı (2022). *İklim Değişikliği ile Mücadele*. Erişim tarihi: 16 Eylül 2022, <https://www.mfa.gov.tr/sub.tr.mfa?6f41190c-6742-405a-9e5a-784385301607> adresinden alındı.
- Tuğaç, Ç. (2022). Erişim tarihi: 16 Eylül 2022 <https://temizenerji.org/2022/03/10/kentler-iklim-degisikligiyle-mucadele-ve-uyum/> adresinden alındı.
- United Nations. (2006). *World Urbanization Prospects The 2005 Revision*. United Nations Publication. New York.
- WHO. (2022). *Drought*. Erişim tarihi: 05 Mayıs 2022, https://www.who.int/health-topics/drought#tab=tab_1 adresinden alındı.
- Wilhite, D. A. (2000). *Chapter 1 Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions*. Drought Mitigation Center Faculty Publications. Nebraska.
- Zaeemdar, S., & Baycan, T. (2017). Analysis of the Relationship between Urban Heat Island and Land Cover in Istanbul through Landsat 8 OLI. *Journal of Earth Science & Climatic Change*. <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000423>

RESILIENCE
e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

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

81 İl İçin ISO Akıllılık, Sürdürülebilirlik ve Dayanıklılık Kent Endekslerinin Belirlenmesi ve Radar Grafik Haritalarının Görselleştirilmesi

Determination of ISO Smartness, Sustainability, and Resilience City Indices for 81 Turkish Provinces, and Visualization of Their Radar Chart Maps

Mustafa ÇORUH ^{1*}

ORCID 0000-0002-7114-0372

¹ Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences Department of Management Information Systems, İstanbul, Türkiye

Öne Çıkanlar / Highlights

- Kentlerin ISO göstergeleri yardımıyla akıllılık, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık endekslerinin oluşturulması
- Kentlerin akıllılık, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık performanslarını belirlemek için kent radar grafik haritalarını görselleştirme
- Endeks sıralama ve kent radar haritaları yardımıyla kent yönetici ve paydaşlarının doğru strateji ve politikaları belirleyebilmesini sağlama
- Creating smartness, sustainability and resilience indexes of cities with the help of ISO indicators
- Visualizing city radar graphic maps to determine smartness, sustainability and resilience performances of cities
- Ensuring that city managers and stakeholders can determine the right strategies and policies with the help of index ranking and city radar maps



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:

28/09/2024

Kabul / Accepted:

27/12/2024

Anahtar Kelimeler

Akıllı Kent,
Sürdürülebilir Kent,
Dayanıklı Kent, Kritik
Başarı Faktörü, Kent
Radar Grafik Haritası

Keywords

Smart City, Sustainable
City, Resilient City,
Critical Success Factor,
City Radar Chart Map

Özet

Yeni mobil ve dijital teknolojiler dijital nesnelere bütünleşerek kentlerin dijital dönüşümünü veya akıllı kent haline gelmesini sağlamaya başlamışlardır. Bu akıllanma seviyesinin hangi aşamada olduğunun ölçülmesi kent strateji ve politikalarının belirlenmesi için gereklidir. Ancak günümüzde dijitalleşen kentlerin akıllanması yanında sürdürülebilirlik ve dayanıklılığının da ölçülmesini gerektirmektedir. Bu yüzden "ISO Kritik Başarı Faktörleri (KBF) ve ilgili gösterge verileri vasıtasıyla kentlerin akıllılık, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık endekslerinin hesaplanması" bu araştırmanın amacı olarak belirlenmiştir.

Dünyada ve Türkiye’de kentlerin akıllanmasıyla ilgili çok farklı araştırmalar olmasına rağmen bu araştırmada ISO KBF ve göstergeleri kentlerin küresel olarak karşılaştırılabilmesini sağlamak için kullanılmıştır. Araştırmada ISO’nun endeks çalışmalarında kullandığı 20 KBF’si ve herbir endeks için kullandığı göstergeler kullanılmıştır. ISO tarafından farklı alanlarda belirlenen farklı sayıda gösterge değerleri öncelikle belediyeler, TÜİK, BTK, SGK, MEB, TİM, TOBB, SB, ÇŞB vs. gibi resmî kurumlardan toplanmıştır. Toplanan verilerden öncelikle KBF bazında ISO akıllılık, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık kent radar grafik haritaları çıkarılmış ve bu haritalar yardımı ile farklı ISO kent endeksleri hesaplanmıştır. Bu endeks değerleri ve kent radar grafik haritaları yardımıyla ilgili kent yönetici ve paydaşları kentle ilgili daha doğru stratejiler ve politikalar belirleyebilir ve kent paydaşlarının kent yönetici performansları ve diğer kentlere göre durumları hakkında bilgi sahibi olmasını sağlayabilir.

Bu araştırma ISO göstergeleriyle Türkiye’de yapılan ilk akıllılık, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık kent araştırmasıdır.

Abstract

New mobile and digital technologies have begun to integrate with digital objects and enable cities to digitally transform or become smart cities. Measuring the stage of this level of smartness is necessary to determine city strategies and policies. However, today, digital cities require measuring their sustainability and resilience as well as smartness. Therefore, the purpose of this research was determined as “calculating the smartness, sustainability, and resilience indexes of cities through ISO Critical Success Factors (CSF) and related indicator data”.

Although there are many different studies on the smartness of cities in the world and Turkey, ISO CSF and indicators were used in this research to ensure that cities can be compared globally. In the research, 20 CSFs used by ISO in index studies, and the indicators used for each index were used. Different numbers of indicator values determined by ISO in different areas were collected primarily from official institutions such as municipalities, TÜİK, BTK, SGK, MEB, TİM, TOBB, SB, ÇŞB, etc. From the collected data, ISO smartness, sustainability, and resilience urban radar chart maps were first extracted based on CSFs, and different ISO urban indexes were determined with the help of these maps. With the help of these index values and urban radar chart maps, relevant city managers and stakeholders can determine more accurate strategies and policies regarding the city and provide information to city stakeholders about the performance of city managers and their city status compared to other cities. This research is the first smartness, sustainability, and resilience city research conducted in Turkey with ISO indicators.

1. INTRODUCTION

Ensuring the digital transformation of cities by integrating developing mobile and digital technologies with digital sensors in cities becomes important in fulfilling municipal and other city services effectively, sustainably, and efficiently. Smart city applications that started to emerge with the digital transformation of cities have begun to offer important opportunities in ensuring urban security, finding addresses, collecting garbage, monitoring municipal vehicles, and activating and ensuring the sustainability and resilience of other municipal services (TürkTelekom, 2018).

Here, a Smart City (SC) is defined as a city where data and information flow in a digital environment and physical entities in the city communicate in this digital environment. The digital transformation of a city means becoming a "Smart City" (Satyam, 2017). Smart cities owe their birth to "Wireless Internet Networks" (Çoruh, 2022). Today, it has become impossible to collect and analyze city data that has not been digitalized (Kayan, 2019). Therefore, cities need to be equipped with smart sensors and services and their digital twins need to be created. However, today, in addition to being smart, cities are also required to be "Sustainable and Resilience".

A sustainable city is defined as a development that prevents the irreversible destruction of natural values as a result of use above the natural carrying capacity and meets the needs of future generations as well as current generations (Bayram, 2001, s. 255).

Although there are many sources in the literature on the smartness and sustainability of cities, the concept of urban resilience is a relatively new concept and one of the new research areas (Ernstson, et al., 2010). It has been defined as "the degree to which cities can withstand the stresses that occur during the change process before they are reorganized with a new structure" (Alberti, et al., 2003, p. 1170). However, the subject of this research is not about the smartness, sustainability, and resilience features of cities, but about calculating the degree to which they have these features with the help of indicators and ranking them accordingly.

Many organizations and research groups around the world make classifications such as the most livable city, the best global city, the smartest city, the most digital city, and the city with the best job opportunities. In this context, various indices regarding the digitalization, sustainability, resilience, and smartness levels of cities in the world and Turkey are developed by different national and international institutions. Because numerical indicators related to the digitalization of cities are becoming extremely important for the design of international and national policies (TÜBİSAD, 2020, s. 19). These city index

rankings are generally used by cities to increase their promotion and improve their position in the competition among cities in the world (SCRanking, 2007).

Many Critical Success Factors (CSF) that affect the smartening or digitalization of cities have been revealed in SC indexing studies around the world. In line with these CSF indicators that determine the smartening of cities in the world and Turkey have been made and published, showing the level of smartness of cities. However, due to recent climate, economy, demography, and political developments, it has been seen that cities need to be smarter as well as ensure their sustainability and resilience. Therefore, the smartness, sustainability, and resilience levels of cities need to be measured and reported to relevant city stakeholders. In this way, relevant city institutions and stakeholders can make strategic and political decisions in line with these measurements and ensure the development of life and services in the city. It should not be forgotten that the smartening of cities should be read as the digitalization of cities (Satyam, 2017). Today, it has become impossible to collect and analyze urban data that is not digitalized (Kayan, 2019). Therefore, cities need to be equipped with smart sensors and services and their digital twins must be created.

In smart city indexing studies around the world, many CSFs affecting the smartness or digitalization of cities have been revealed. In line with these CSFs, indicator data determining the smartness of cities in the world and Turkey have been collected, and many different national and global “Smart City Index (SCI)” calculations or different “Assessment Models” showing the level of smartness of cities have been made and published. All these smart city index studies have been influenced by the “SC Wheel” which is defined in (Cohen, 2012). In this field, many institutions such as Cisco, IBM, the European Union, and ISO in the World, IBB, Vodafone-Deloitte, the Turkish Informatics Foundation, and the Ministry of Environment and Urbanization in Turkey have published smart city indices. A list of these index studies can be accessed from (Çoruh, 2022a). PAS 181, ISO 37120, and ISO 37122 in the world determine the international standards in the field of Smart Cities.

As emphasized before, due to climate, economic, demographic, and political developments, it has been seen that cities need to become smarter as well as their sustainability and resilience. Therefore, in addition to measuring the smartness levels of cities, it is also necessary to measure their sustainability and resilience levels and report them to relevant city stakeholders. In this way, relevant city institutions and stakeholders can determine the right policies and make the right strategic decisions in line with these measurements, thus ensuring the development of life and services in the city. A literature review on smart cities and sustainability can be found in (Shmelev & Shmeleva, 2025). Some of the index studies on urban resilience are listed in Table 1.

Table 1. Resilient City Index Research

Name	Developer and Supporter	Dimensions	CS F #	Ind #	Website	Year
City Resilience Index	Developed by the ARUP group and supported by the Rockefeller Foundation	Infrastructure resilience, social inclusion, environmental sustainability, and leadership in resilience planning	12	52	https://mercociudas.org/wp-content/uploads/2020/10/CRI-total-Booklet.pdf	2016
Resilient Cities Index	Developed by Economist Impact and supported by Tokio Marine Group	Climate change, social inequality, disaster preparedness, and long-term sustainability	8	24	https://www.preventionweb.net/publication/resilient-cities-index-2023	2013
Global Resilience Index	Aon	Climate risk exposure, infrastructure vulnerability,	3	40	https://global.infrasructureresilience.org/guide	2016

		economic stability, and social resilience				
UN Habitat's City Prosperity Index (CPI)	UN-Habitat	Social inclusion, economic opportunity, infrastructure, and environmental sustainability	10	50	https://unhabitat.org/city-prosperity-index	2012
Resilience Capacity Index (RCI)	The Rockefeller Foundation	Economic resilience, governance, infrastructure, and social resilience	3	8	https://www.rockefellerfoundation.org/	2015
The Urban Resilience Index	University of Melbourne and Australian National University	Governance, urban infrastructure, and environmental resilience	4		https://www.unimelb.edu.au/	2017
Global Cities Resilience Index	The Economist Intelligence Unit (EIU)	Social stability, economic resilience, infrastructure, and governance	6	40	https://www.eiu.com/	2015
ICLEI's Resilient Cities Assessment	ICLEI (Local Governments for Sustainability)	Environmental sustainability, disaster risk management, and adaptive capacity	6	40	https://www.iclei.org/	2006
European Resilience Index	European Commission	Economic resilience, climate adaptation, social integration, and governance	4	30	https://commission.europa.eu/index_en	2018
ISO 37122:2019 Sustainable cities and communities-indicators for resilient cities	International Standard Organization (ISO)	No dimension	20	78	https://www.iso.org/standard/69050.html	2019

As stated on the website of the “Resilient City Index 2023” in the table, it was developed by Economist Impact to support policymakers and stakeholders of 25 global cities in the world to understand the risks related to their cities and design effective policies and is renewed every year. Four dimensions are used to measure the resilience of cities in the index: critical infrastructure, environment, socio-institutional, and economy. “Economist Impact” defines urban resilience as the ability of a city to avoid, withstand, and recover from shocks and long-term stresses. In the words of Economist Impact, a resilient city should be able to organize itself after a shock event, adapt to emerging risks, and plan ahead rather than react (EconomistImpact, 2023). In this index of 25 global cities, where the most resilient city is New York with 84.9 out of 100 points and the least resilient city is Lagos with 39.6, Istanbul appears in 16th place with 65.9 points.

The “City Resilience Index” in the table was developed by the Arup group in 2014 with the support of the Rockefeller Foundation. This city resilience index provides a comprehensive, technically sound, and globally applicable basis for measuring city resilience. The research, consisting of 52 indicators evaluated according to the answers given to 156 questions through a combination of qualitative and quantitative data, is reported in line with 12 objectives (or CSF). The index was first piloted in the following 5 cities: Shimla, India, Concepcion, Chile, Arusha, Tanzania, Hong Kong, China and Liverpool, England (Arup, 2019). The Australian firm Arup, the designer of the index, has been bringing together design and engineering studies with social purpose since 1946. Arup encourages city

policymakers and other city stakeholders around the world to start this vital analysis by using the interactive online assessment tool at www.cityresilienceindex.org. The document at <https://mercociudades.org/wp-content/uploads/2020/10/CRI-total-Booklet.pdf> shows that the same research has been carried out in 23 other cities. No other city in Turkey has implemented this index. The updated 2024 framework version of the index is available at https://resilientcitiesnetwork.org/downloadable_resources/Publications/City%20Resilience%20Framework%2024%20FINAL_.pdf.

The "Global Resilience Index" has been developed by Aon, a global risk management firm, which focuses on cities' resilience to climate risks, environmental hazards, and socioeconomic factors. The details of the remaining indexes info can be reached from their websites in Table 1.

On the other hand, it is seen in the literature that the dimensions, CSFs, and indicators used in the studies measuring the level of smartness, sustainability, and resilience of cities are generally technology and special subject-oriented (Vodafone, 2016). Therefore, when measuring the smartness, sustainability, and resilience of cities, more holistic research is needed that measures values in many areas such as economy, education, transportation, governance, energy, demographic structure, health, environment, smart city applications, and technical infrastructure. For this purpose, CSFs and indicators used in different areas by the International Organization for Standardization (ISO) can be used as global standards.

So, the purpose of this research "*is to calculate the smartness, sustainability, and resilience levels of digitalized cities within the framework of a specific model with ISO CSFs and indicators*". In the research, 129 ISO 37120 sustainability city indicators, 81 ISO 37122 smart city indicators, and 78 ISO 37123 resilience city indicators were used. The ISO reports used in the research are:

1. ISO 37120:2018 Sustainable cities and communities-indicators for city services and quality of life.
2. ISO 37122:2019 Sustainable cities and communities-indicators for smart cities.
3. ISO 37123:2019 Sustainable cities and communities-indicators for resilient cities.

The 20 CSFs and the number of indicators used in these index reports published by ISO are listed in Table 2. No research has been found on the internet using these three ISO index indicators together.

Table 2. ISO Critical Success Factors and Indicator Numbers

#	Critical Success Factors (CSF)	ISO 37120 Indicators #	ISO 37122 Indicators #	ISO 37123 Indicators #
1	Economy	11	4	7
2	Education	6	3	4
3	Energy	9	10	3
4	Environment and climate change	9	3	9
5	Finance	6	2	7
6	Governance	4	4	6
7	Health	6	3	4
8	Housing	10	2	6
9	Population and social conditions	9	4	5
10	Recreation	2	1	2
11	Safety	10	1	4
12	Solid waste	10	6	1
13	Sports and Culture	3	4	3
14	Telecommunication	2	3	1
15	Transportation	9	14	1

16	Urban/local agriculture and food security	4	3	2
17	Urban planning	7	4	6
18	Wastewater	4	5	4
19	Water	7	4	2
20	Reporting and record maintenance	1	1	1

In this research, ISO index values showing the smartness, sustainability, and resilience levels of 81 provinces in Turkey were calculated with the help of ISO CSFs and indicators listed in Table 1 (indicators can be viewed from relevant ISO reports above). These are briefly named Smart City Index (SCI), Sustainable City Index (SUCI), and Resilient City Index (RCI).

In the "Smart Cities White Paper" prepared by the Geographic Information Systems (GIS) Directorate in Turkey in 2019, it was stated that individuals and institutions seeking solutions to the needs of cities need some evaluation tools that will show how "Smart" the city is, to produce smart city solutions. In the same bulletin, it was stated that quantitative and qualitative analysis tools were needed to make these evaluations. The indexing model and radar chart maps used in this research can meet the needs of these evaluation and analysis tools (Çoruh, 2021). Briefly, with the help of the "Index Calculation Model" used in the research, it was tried to explain how to rank the cities according to these different ISO index values and how to visualize the smartness, sustainability, and resilience of the cities through city radar chart maps.

This study is the first research measuring the "Smart, Sustainable and Resilient City" level of 81 provinces in Turkey in line with ISO standards. In this research, under the coordination of the Turkish statistical institution (TUİK), institutions such as YÖK, CSB, SB, TOBB, SGK, MEB, ATGM, TIM, TBB, EPDK, STB, HGM, TPK, İşkur, MGM, AFAD, BTGM, BTK, Türk Telekom, Gazbir and SBB's published official statistical data on a provincial basis and data collected from 81 provincial municipalities were used.

2. METHOD

In the research, the city index calculation method, which shows how to measure the smartness, sustainability, and resilience levels of cities and how to rank cities, was used, as explained in detail in (Çoruh M., 2021). Specially prepared Access database and Excel spreadsheet programs were used to record, process, visualize, and analyze the data used in the research. The calculation details of these tables are explained in the "The Research Findings and Discussion" section. The process model consisting of the "Discovery, Data Collection, Index Calculation, and Evaluation" stages seen in Figure 1 was used in the research.

As can be seen from the model in the figure, the indicators, CSFs, and dimensions required for measuring the smartness, sustainability, and resilience levels of cities were taken from ISO standards in the "Discovery" phase. Then, the indicator data were collected from primary and secondary sources in the "Data Collection" phase and CSF ratios and maximum R values were calculated with the help of the formulas determined in this research. The average indicator values of Turkey used in these calculations were obtained from the official websites (secondary source) of institutions such as TUİK, BTK, TOBB, MEB, TUSİAD, TİM, SGK, YÖK, TUBİSAT. It was observed that these secondary source data, which are published on an annual and monthly basis, are generally published on a Turkey and province basis (Çoruh & Cebeci, 2020). The primary source municipal data required for the research were collected from the "Information Technology (IT)" departments of the provincial center municipalities with the help of "Survey Forms".

Firstly, by visualizing the smartness, sustainability, and resilience ratio values calculated based on CSF with the help of indicator values, smartness, sustainability, and resilience radar chart maps were created

that city managers can use in making decisions about the city. After the areas on the radar chart maps were calculated with the "Polygonal Area Calculation", the smartness, sustainability, and resilience index values of the cities were calculated using the "Satyam Technique". In the "Evaluation" stage, different ISO rankings of the cities were determined according to the relevant index values.

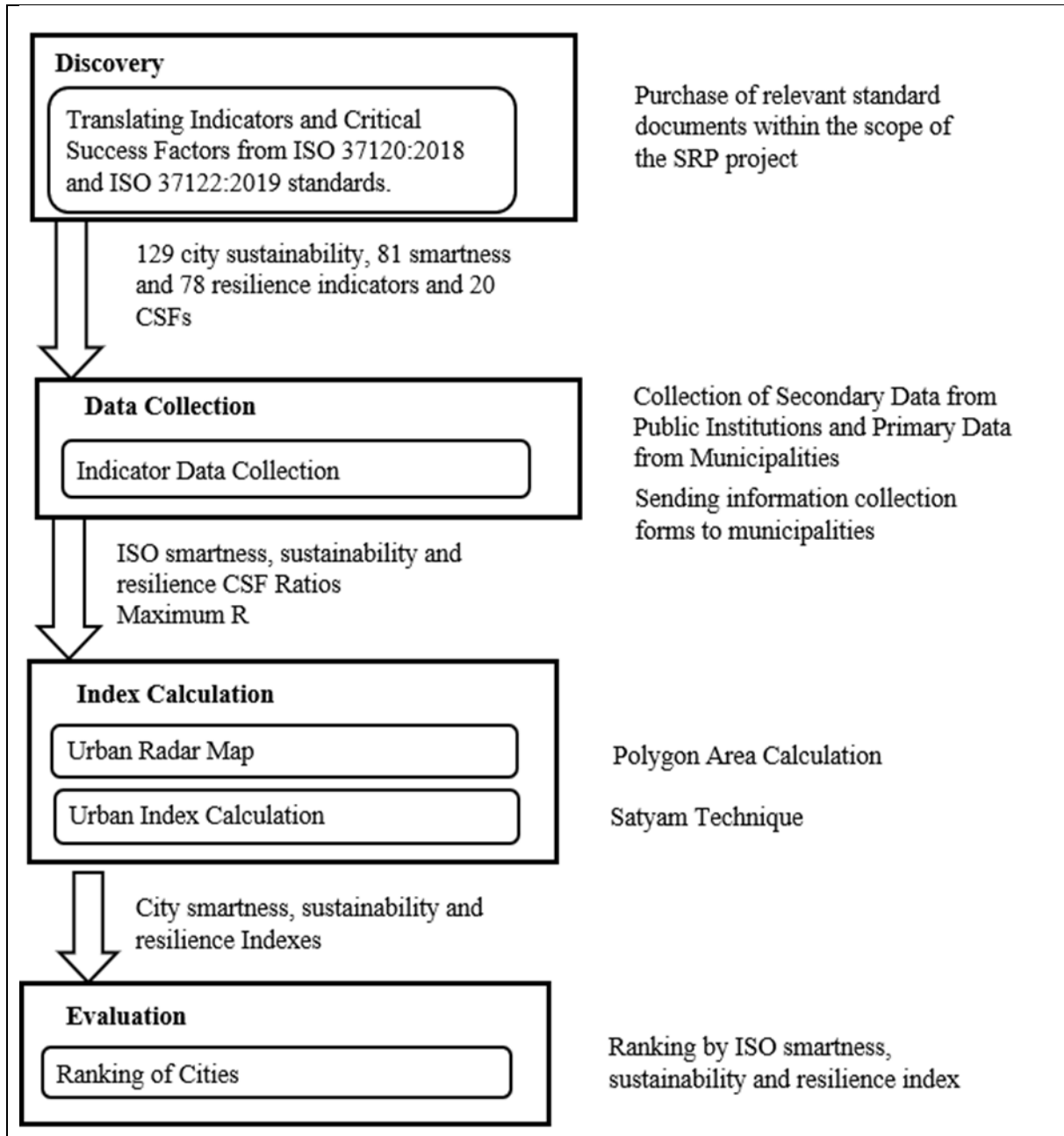


Figure 1. Application Model of Research

Source: Çoruh, M. (2021). Çok kriterli karar verme tekniklerine dayalı yeni bir kent dijitalleşme endeks hesaplama modeli önerisi: Türkiye uygulaması. Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü YBS Bölümü, Sakarya. The model was rearranged for this research.

In summary, for the calculation of the ISO smartness index of the cities, the collected indicator values were divided by the Turkish averages or standard values and first the "Indicator Ratio" was found. The total ratio of each smartness CSF was found by adding these indicator ratios and this ratio was divided by the CSF indicator number and the "CSF Ratio" used in creating the radar chart maps was calculated. "Smart City Radar Chart Maps (SCRCM)" were created with these CSF ratio values and after calculating the areas (x) of these SCRCMs, the "Smart City Indexes" of the cities were calculated by dividing the radar chart areas suggested in (Satyam, 2017) by the circle area (y) containing this area.

This (x/y) calculation formula is called the “Satyam Calculation Technique”. In this formula, the x triangular areas on the radar chart maps were calculated with the formula ($x = (A * B * \sin 18) / 2$) and their totals were taken. For the calculation of a single common circle area (y) for each city, the largest CSF value from 81 provinces was selected and the maximum (R) value was determined. The radar chart map areas of the cities were divided by the circle area calculated with this R ($y = \pi R^2$) and the calculated index values were also used in the ranking of the cities (Çoruh M., 2021). These processes were repeated for the calculation of “ISO Sustainable City Indices” and “ISO Resilient City Indices”.

Different city ranking indices and city radar chart maps have been published in Turkish and English on http://www.mustafacoruh.com/WebSC/SC_Default site regularly every year since (2020) for the use of city municipalities, public institutions, citizens, and researchers.

This calculation method used in the research is explained in the findings section through the example of Ankara.

In this research, first, the collection of 2022 data published by different institutions on a provincial and Turkish basis in line with the relevant official statistics publication calendar coordinated by TUIK (TURKSTAT) was ensured and the newly published 2020 and 2021 data was added, or updated. Because many annual statistical publications can be one or two years behind. For this reason, the rankings published on the relevant site change as the data for that year comes in. On the other hand, a Scientific Research Project (SRP) was created in the newly opened “EYON341 Smart Cities” course in the 2023-24 fall semester at Nişantaşı University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Management Information Systems to collect provincial municipality data not published by official statistical institutions. Within the scope of this SRP project, the data of provincial municipalities were collected with the help of students. The situation was explained to the 34 students who were initially enrolled in the course and as a result, 23 students decided to continue the course to help with the project.

In the first 4 weeks, data was collected from municipality websites, municipal activity, and performance reports by sharing the 81 provinces among 23 students. The data collected by the students were entered into the SQL Server + MS Access database in the 5th week. The students used the "Survey Form" which was created to collect data from the municipalities. These data survey forms, which report the data collected in each provincial municipality, were sent to the relevant municipality by e-mail and were asked to correct the incorrect information or complete the missing information and send it back. An attempt was made to collect data by contacting the provincial municipalities by phone and email of the students who collected the relevant provincial municipality data.

However, despite the efforts of the students to communicate by phone and email, the majority of the provincial municipalities did not prepare and send back the survey forms. Many municipalities reported that they were very busy due to the election year and could not answer the survey. Thereupon, a second round of data collection sessions was held with the students. This second round of data collection started on December 10, 2023, and ended on December 31, 2023. At this stage, in addition to municipal activity reports and websites, the reports titled “_____ Province 2020/2021/2022 Environmental Status Report” published by the "Provincial Directorates of Environment, Urbanization, and Climate Change" operating within the governorships for the relevant province were also used. This new data collected was entered into the relevant database in the first week of 2024.

On the other hand, the data published by TURKSTAT on a Turkey basis but not on a provincial basis (Table 3) were requested in (2024) three times from the TURKSTAT website <https://ty.tuik.gov.tr> with the letter of the rectorate numbered E-53822972-042-24884 on 10.01.2024. Some of the data listed in the table also consist of data that has not yet been published for 2022.

Table 3. Data Requested from TURKSTAT (2020, 2021, 2022, if applicable, 2023)

1	Number or rate (%) of computer and internet usage of the public on a provincial basis
2	Number or rate (%) of computer usage by businesses on a provincial basis
3	Number or rate (%) of websites owned by businesses by province
4	Number or rate (%) of social media usage by people and businesses by province
5	Number or rate (%) of e-Government users and usage by province
6	Number or rate (%) of employees working in enterprises in the ICT sector on a provincial basis
7	Number or rate (%) of employees working in enterprises in the education sector on a provincial basis
8	Number or rate (%) of foreign capital enterprises and employees on a provincial basis
9	R&D expenditure amounts (₺) and number or rates (%) of employees in R&D on a provincial basis
10	E-Commerce amount (₺), number of businesses, number of transactions or rates (%) by province
11	Number of online education institutions by province
12	Electricity consumption per capita by province, Kwh (2022)
13	Amount of solid waste burned/used for BES energy production in municipalities (Ton or Kg)
14	Number of social support recipients (total, widow/orphan, disabled/disabled, retired/elderly) by province
15	2- and 5-year survival numbers or rates of neonatal interventions on a provincial basis
16	Number or rate (%) of SME enterprises and employees by province
17	Number of citizens born abroad by province
18	Number of immigrants coming to Turkey in the last 5 years by province
19	Greenhouse gas emission amounts by province
20	Number of electric and hybrid cars by province
21	Total amount of plant food production by province (ton)
22	Total animal food production amount by province (ton)
23	Total plant food consumption amount by province (ton)
24	Total amount of animal food consumption by province (ton)
25	Number of 100% electric cars registered by province
26	Number of registered hybrid cars by province
27	Number of registered LPG cars by province
28	Total number of people receiving disabled/invalidity pension by province
29	Total number of people receiving pension/elderly pension by province
30	Total number of people receiving widow/orphan pension by province
31	Number of people receiving benefits and salaries within the scope of social protection on a provincial basis
32	Police numbers by province
33	Number of fire-related deaths by province
34	CPI rates by province or statistical region1 or region2 (2022)
35	E-Commerce amounts by province

Again, on 28.1.2024, details of the Waste data published annually on a provincial basis were requested from the "Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change" through CİMER, but the data could not be received.

On the other hand, it has been observed that many of the ISO resilience indicator data in Turkey have not been collected and published. This situation is seen in the urban resilience radar chart maps.

As a result of the data collected for the research being entered into the system, the ISO smartness, sustainability, and resilience city indexes of 81 provinces for 2022 were extracted and reported at the end of April 2024. With these indices, an attempt was made to create an international index comparison infrastructure for 81 provinces.

3. THE RESEARCH FINDINGS AND DISCUSSION

As explained briefly in the method section, in the process of calculating the ISO SCI, SUCI, and RCI indices on a provincial basis, the data of each province were first collected, and Turkey's standard data were calculated from the average of these collected data or taken from official statistical data. Each provincial indicator data value collected was divided by the relevant Turkish standard indicator value and an indicator ratio was found. If these ratio values are above 2.0, they are limited to 2.0 to normalize the effect of the indicator on the index. In this way, the effects of the outlier indicator values on the indices are limited by ensuring that all indicator values are calculated to be between 0 and 2. Each CSF ratio value was found by adding up the calculated indicator values of each CSF listed in Table 1 and dividing by the number of indicators of that CSF. For example, after calculating the total of Ankara's ISO 37122 Smart City "Economy CSF" indicator values as 3.69853, this total was divided by 4, which is the indicator number of the "Economy CSF", and Ankara's "Economy CSF" value was found as $3.69853/4 = 0.9246325$. If this value is less than 1, it indicates that the Economy CSF value of Ankara province is lower than the Turkey average, and in the case that Ankara's performance is not good in this CSF. Values greater than one indicate that the performance is higher than the Turkey average. After 20 CSF values for ISO 37122 Smart City were calculated one by one in this way, they were converted into Smart City Radar Chart Map (SCRCM) as seen in Figure 2 for Ankara. The same calculations were made for Sustainable City Radar Chart Map (SUCRCM) and Resilient City Radar Chart Map (RCRCM) values, and they are visualized in Figure 3 and Figure 4 for Ankara. The red-lined area in the figures shows the average area of Turkey and is the same for each province. The performance of the province on a Turkey basis can be determined by looking at the red and blue lines.

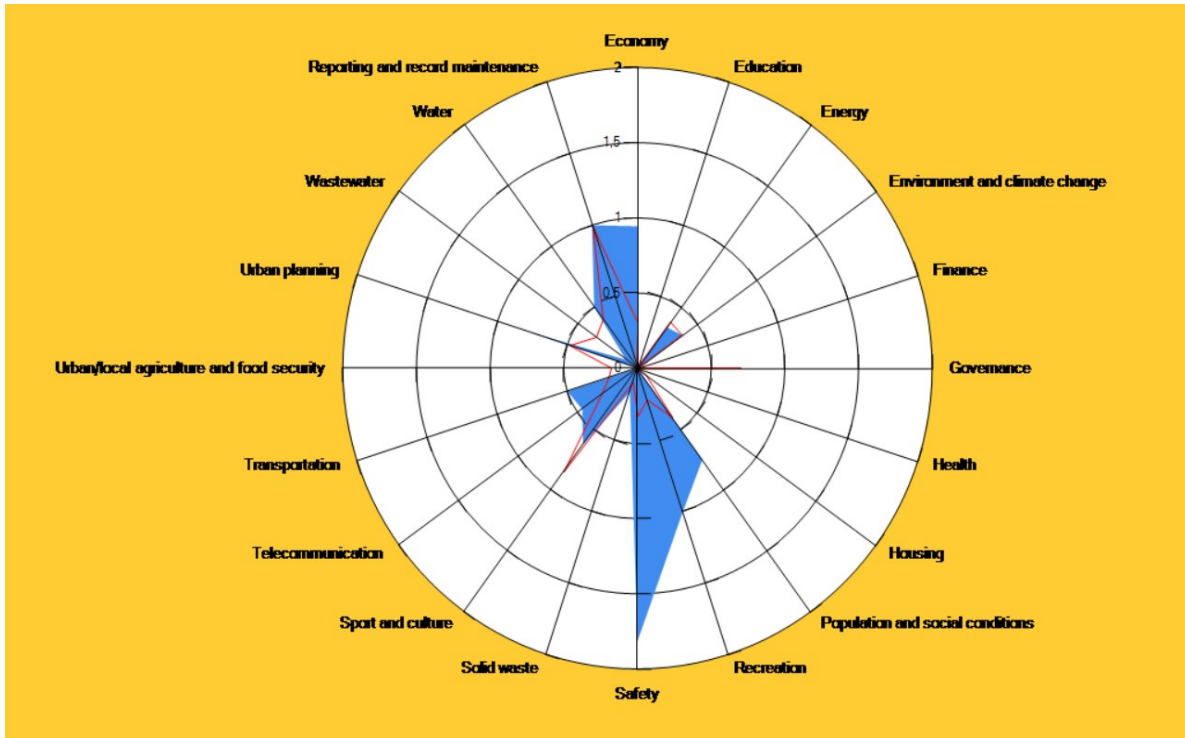


Figure 2. Smart City Radar Chart Map of Ankara Province (SCRCM)

Source: SCPortal. (2020). Smart city portal. Retrieved from http://www.mustafacoruh.com/WebSC/EN_Default

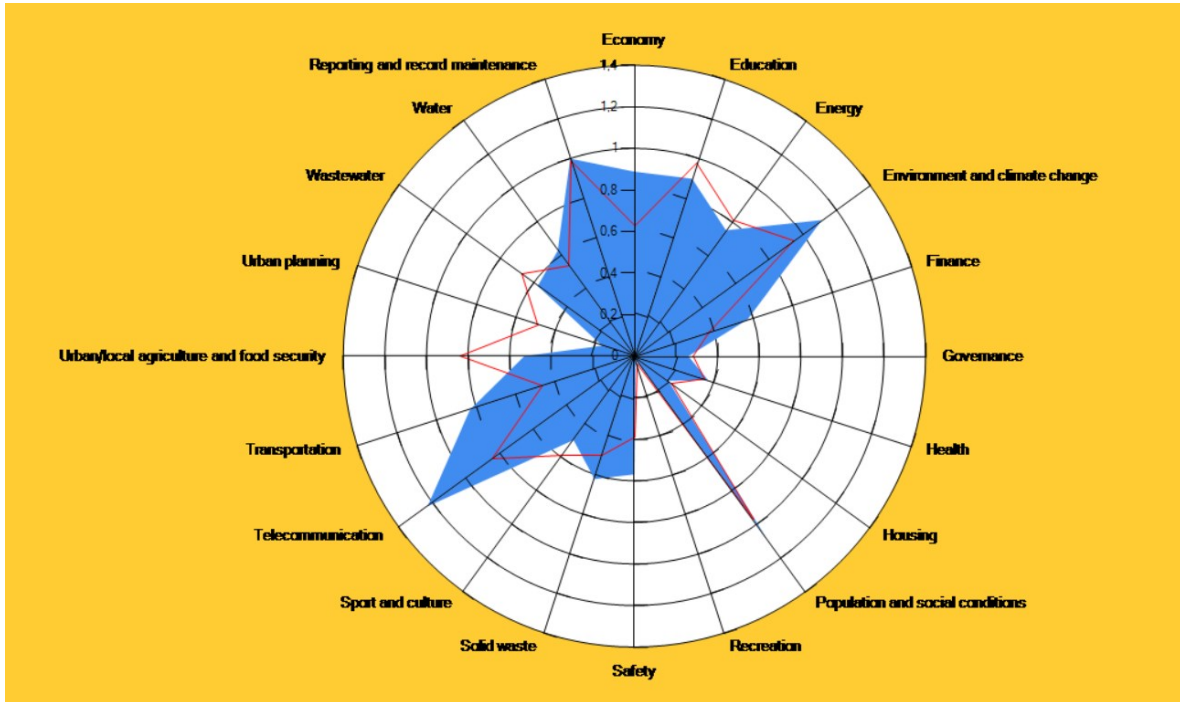


Figure 3. Sustainable City Radar Chart Map of Ankara Province (SUCRCM)
 Source: SCPortal. (2020). Smart city portal. Retrieved from http://www.mustafacoruh.com/WebSC/EN_Default

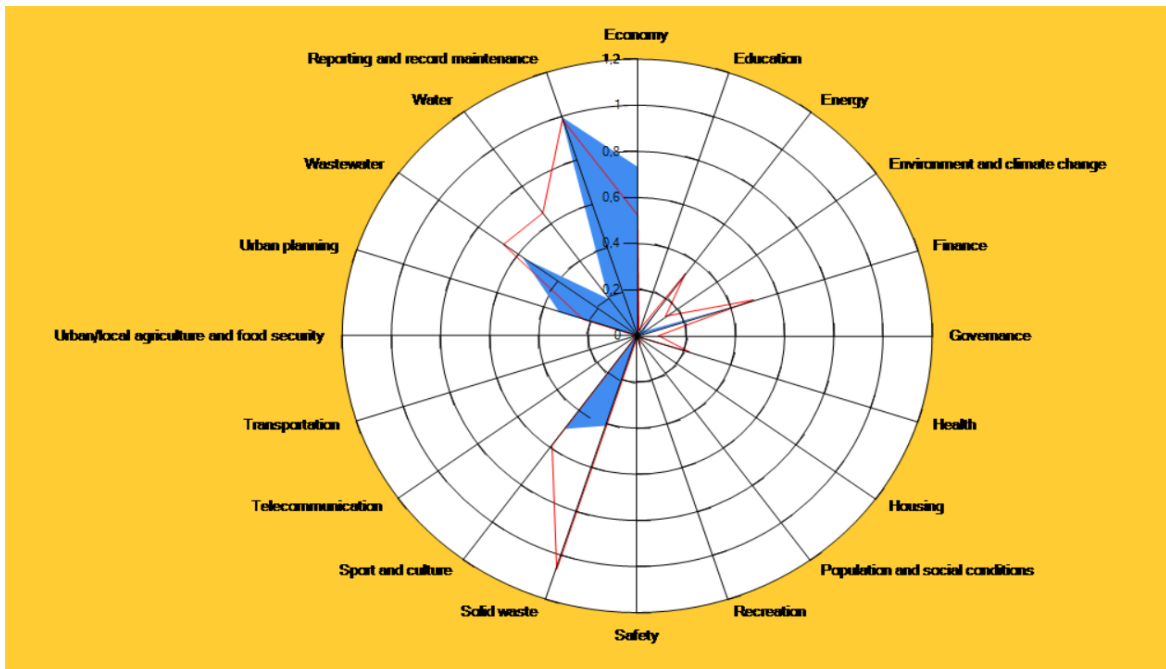


Figure 4. Resilient City Radar Chart Map of Ankara Province (RCRCM)
 Source: SCPortal. (2020). Smart cities portal. Retrieved from http://www.mustafacoruh.com/WebSC/EN_Default

To calculate the Ankara SCI values, firstly the values of the blue areas in the figures were calculated in line with the formulas explained in the method section. By dividing these area values by the circle area surrounding this area, the SCI, SUCI, and RCI values of that province were found. However, the R-value of the Circle used in calculating these index values was calculated according to the maximum R-value, which is the highest among 81 provinces. In other words, indices were calculated by dividing the total triangular area of the cities calculated to rank all the provinces by the circle area produced from this maximum R. For example, when calculating the SCI of Ankara (and all other provinces), the rate of 1.414 from Karabük province was used instead of Ankara's maximum R-value of 1.317. The radar

chart map areas seen in Figure-2, Figure-3, and Figure-4 were substituted into the “Satyam Index Calculation” formulas and calculated as SCI=0.15514, SUCI=0.31623 and RCI=0.04371 for Ankara province. These calculated index values were also used in Ankara’s Turkey province ranking.

This calculation process explained for Ankara, 2022 SCI, SUCI, and RCI values were calculated separately for 81 provinces with the help of an Excel table as of 30.4.2024 and are listed in Table 4. However, the ranking in the table is made according to the "ISO 123 RCI (Resilience) Ranking" column. The different rankings can be done on the column name in the Excel table or by clicking on different columns on the website where it is published. In the third column of the table, information is given on whether there is an SC project in the relevant provincial municipality. As can be seen from the bottom line of the table, municipalities reported that 59 province municipalities have SC projects out of 81.

Table 4. 2022 Ranking of Provinces According to ISO 120, 122, and 123 Indexes

Province Code	Province Name	Is There SC Project?	ISO 120 SCI Ranking	ISO 120 SCI	ISO 122 SUCI Ranking	ISO 122 SUCI	ISO 123 RCI Ranking	ISO 123 RCI
50	Nevşehir	1	9	0,34346	56	0,03951	1	0,1848
40	Kırşehir	1	14	0,32346	53	0,04248	2	0,1688
34	İstanbul	1	1	0,47968	1	0,22341	3	0,16127
58	Sivas	1	27	0,30429	6	0,10407	4	0,15057
17	Çanakkale	1	2	0,42328	17	0,07239	5	0,14678
53	Rize	1	43	0,26144	46	0,0455	6	0,13677
77	Yalova	0	40	0,26906	33	0,05612	7	0,13432
37	Kastamonu	1	35	0,27769	75	0,02539	8	0,11903
81	Düzce	0	37	0,2715	27	0,06504	9	0,1161
74	Bartın	0	45	0,25637	45	0,04624	10	0,114
19	Çorum	1	22	0,30702	38	0,05083	11	0,11237
64	Uşak	1	6	0,35123	9	0,08794	12	0,11196
39	Kırklareli	1	23	0,30662	43	0,04732	13	0,11149
23	Elazığ	1	41	0,26506	32	0,0573	14	0,10985
11	Bilecik	0	31	0,28968	7	0,09481	15	0,10629
14	Bolu	1	18	0,31457	31	0,05831	16	0,10386
22	Edirne	1	33	0,28547	34	0,05461	17	0,10078
28	Giresun	1	61	0,22468	5	0,10552	18	0,09982
15	Burdur	0	21	0,30772	37	0,05154	19	0,09911
5	Amasya	1	19	0,31195	57	0,0387	20	0,0968
16	Bursa	1	10	0,34299	29	0,05902	21	0,09672
57	Sinop	0	42	0,26181	48	0,04315	22	0,09578
71	Kırıkkale	1	50	0,24933	36	0,05171	23	0,09576
41	Kocaeli	1	11	0,33919	18	0,07034	24	0,09467
59	Tekirdağ	1	29	0,29588	13	0,08128	25	0,09374
10	Balıkesir	1	4	0,35792	14	0,07487	26	0,09356
24	Erzincan	0	15	0,32338	59	0,03775	27	0,09348
12	Bingöl	1	57	0,23303	47	0,04509	28	0,09254
35	İzmir	1	8	0,34387	25	0,06557	29	0,08773
79	Kilis	0	39	0,26981	64	0,03488	30	0,08645
8	Artvin	1	60	0,22598	35	0,05228	31	0,08519

62	Tunceli	0	68	0,20389	73	0,0291	32	0,08504
7	Antalya	1	7	0,34729	30	0,05848	33	0,08485
61	Trabzon	1	56	0,23546	44	0,04625	34	0,08395
69	Bayburt	0	48	0,25396	49	0,04308	35	0,08085
45	Manisa	1	26	0,30475	10	0,08732	36	0,07854
67	Zonguldak	0	36	0,27514	23	0,06703	37	0,07816
3	Afyonkarahisar	1	30	0,28999	62	0,03639	38	0,07725
48	Muğla	1	20	0,30919	15	0,07351	39	0,07719
30	Hakkari	0	80	0,15168	80	0,01826	40	0,07559
54	Sakarya	1	32	0,28854	2	0,1632	41	0,07539
29	Gümüşhane	0	53	0,24251	42	0,04799	42	0,0749
60	Tokat	0	49	0,25307	40	0,05001	43	0,07461
32	Isparta	1	16	0,32091	24	0,06618	44	0,07336
18	Çankırı	1	44	0,25916	54	0,04068	45	0,07224
20	Denizli	1	13	0,32519	19	0,06979	46	0,07171
44	Malatya	1	73	0,18502	58	0,03825	47	0,07108
2	Adıyaman	1	70	0,1976	76	0,02505	48	0,07073
78	Karabük	0	51	0,24854	41	0,04844	49	0,06692
33	Mersin	1	47	0,25524	65	0,03443	50	0,06553
76	Iğdır	0	63	0,2219	68	0,03147	51	0,06396
13	Bitlis	0	74	0,18095	79	0,01942	52	0,06235
51	Niğde	1	52	0,24726	26	0,06508	53	0,05917
52	Ordu	1	58	0,23267	4	0,11362	54	0,0577
42	Konya	1	5	0,35303	16	0,07269	55	0,05611
56	Siirt	0	66	0,20742	72	0,02939	56	0,05598
65	Van	0	69	0,19951	61	0,03692	57	0,05505
72	Batman	1	78	0,16365	63	0,03502	58	0,05437
68	Aksaray	1	65	0,21181	60	0,03694	59	0,05376
80	Osmaniye	1	62	0,2223	69	0,03145	60	0,05318
26	Eskişehir	1	3	0,39029	11	0,0872	61	0,05314
36	Kars	1	67	0,20627	71	0,03049	62	0,05247
9	Aydın	1	38	0,27139	22	0,06737	63	0,05201
46	Kahramanmaraş	1	64	0,22007	74	0,0278	64	0,05167
66	Yozgat	1	55	0,23616	66	0,03426	65	0,05093
70	Karaman	1	12	0,33462	21	0,06781	66	0,05081
73	Şırnak	0	81	0,13828	77	0,02485	67	0,05009
43	Kütahya	1	24	0,30617	20	0,0683	68	0,04795
55	Samsun	1	46	0,25586	39	0,05037	69	0,04517
6	Ankara	1	17	0,31623	3	0,15514	70	0,04371
31	Hatay	1	59	0,23181	51	0,04268	71	0,04243
25	Erzurum	1	28	0,30307	12	0,08686	72	0,04122
1	Adana	1	25	0,30576	8	0,09479	73	0,03782
27	Gaziantep	1	54	0,24187	50	0,04276	74	0,03753
4	Ağrı	1	72	0,18809	70	0,03072	75	0,03708
47	Mardin	1	76	0,17239	78	0,0208	76	0,03639
49	Muş	0	75	0,1738	52	0,04251	77	0,03057
38	Kayseri	1	34	0,28526	28	0,0625	78	0,02726

75	Ardahan	0	79	0,15626	81	0,01445	79	0,02559
21	Diyarbakır	1	77	0,17013	67	0,03411	80	0,02529
63	Şanlıurfa	1	71	0,19276	55	0,03981	81	0,02027
	Total	59						

The table shows that the index values calculated according to the smartness, sustainability, and resilience indicators of the provinces are different. This situation shows that each province needs to develop different strategies for different areas. For example, although Ankara province showed a better performance than Turkey's average by being 3rd in the SCI value, it remained very low at 70th in the RCI value. In this case, it can be said that Ankara Metropolitan Municipality and its stakeholders need to develop different policies and strategies to increase city resilience. The fact that two neighboring provinces in Central Anatolia, Nevşehir and Kırşehir, are in the top two places in the resilience ranking may also be an issue that needs to be investigated.

When the rankings made according to different index values seen in the table are examined, it can be said that these rankings have a value or statistical significance for city municipality managers and stakeholders.

4. RESULTS

The index results and maps of the research can help municipal administrators, other city stakeholders, and local public institutions in cities to make better city-related decisions. Since the smartness, sustainability, and resilience indices of cities are calculated with the help of data provided by city institutions, municipal activity reports, and national statistical institutions, they can provide better visual and quantitative information to the relevant city institution managers. In line with this information, relevant city managers and stakeholders can be enabled to determine more accurate strategies, policies, and service decisions regarding the city. The strategic plans prepared by municipalities for 5 years can be revised. On the other hand, publishing comparable smartness, sustainability, and resilience indices of cities can provide the city stakeholders with information about the performance of city managers and their situation compared to other cities.

In addition, the relevant ranking results measured by ISO indicators should not be perceived as just a general ranking list. With the help of these ranking results, cities can be compared in detail with the help of indicators used on an international scale, and their strengths and weaknesses in the fields of smartness, sustainability, and resilience can be revealed on a global basis. Smarting of cities can help increase the competitiveness of cities in the world, ensure their sustainability and resilience, maintain their economic development, use city resources effectively and efficiently, and protect their ecological balance (Çoruh, 2021, s. 185).

In addition, as the smartness, sustainability, and resilience of cities are visualized with city radar chart maps, city managers can compare the relevant performances of their cities with other cities. For example, the average values of Turkey given as red lines in SCRCMs can be used by city managers to determine the smart performance of the city. If the city's SCRCM area value is larger than Turkey's area value, it can be said that the city has a good performance in terms of smartness level, and if it is smaller, it can be said to have a poor performance. The same comparison can also be made with each CSF. According to this performance, municipalities and city managers can develop different policies and strategies and make decisions in the field of digital transformation (Çoruh, 2021, s. 185) or being a smart city.

It is obvious that in today's world, due to population and data growth, governors have to deal with many technological, social, political, and ecological problems in cities. To solve these problems, there should be more cooperation and data sharing among city stakeholders. For this purpose, by sharing the results of this research, appropriate projects can be quickly implemented to improve low-performing areas.

Data Science (DS) demonstrates the potential to tackle new challenges and uncover alternatives that enable the opportunities presented by the expanding mass of digital data. Data mining and artificial intelligence techniques allow machines to learn what to do and analytics to predict and prevent problems before they occur. The results of such analyses can be used, for example, in estimating traffic density in cities and in forecasting infrastructure maintenance in cities (Holanda, Adorni, & Obata, 2019). Therefore, the data collected in the research can be examined with the help of data science techniques or algorithms and the correlations between them can be revealed.

Solutions can be produced to eliminate differences by examining the relationships between the areas of smartness, sustainability, and resilience of cities. For example, it can be said that Ankara's ranking 3rd in smartness, 70th in resilience, and 17th in sustainability is an issue that needs to be investigated. However, it should not be ignored that there are inadequacies in data collection in the formation of such different rankings.

The most important limitation of this research was the dependence on municipalities to collect the necessary data and the reluctance of municipalities to send the data due to the election year. On the other hand, two earthquakes of magnitude 7.7 and 7.6, centered in Kahramanmaraş and affecting 15 provinces on February 6, 2023, prevented data collection from municipalities in these regions. No data could be obtained from any of these 15 municipalities. In particular, most of the 89 ISO 37223 urban resilience indicator data are not produced by municipalities and are not collected by statistical institutions. Therefore, it can be suggested that it would be more beneficial to carry out this project through an official institution in the coming years. For example, it may be suggested that this project be turned into a TÜBİTAK or Ministry of Urbanization project.

When Table 3 is examined, it can be said that the most important result in the field of resilience is that non-metropolitan provinces such as Nevşehir, Kırşehir, Sivas, Çanakkale, Rize, Yalova, Kastamonu, and Düzce are at the top levels. This may be an important issue that needs to be investigated in determining the smartening, sustainability, and resilience policies and strategies of cities. It may be considered normal that metropolitan cities such as Istanbul, Ankara, Izmir, Bursa, and Konya are at the top, but explaining the reasons why small provinces are at the top in terms of population can provide important data to city municipal managers. In addition, the fact that Çanakkale province is at the top of the three index rankings (17th in SCI, 2nd in SUCI, and 5th in RSI) can be noted as an important result. The fact that all metropolitan cities except Istanbul are at the bottom of the RCI rankings may be an important warning for city and country governors. The fact that the eastern and southeastern provinces are at the bottom of all three rankings may be important in terms of considering the imbalance between regions.

The results of this research could not be compared with the results of another research because no other data-based research was found in Turkey regarding SCI, SUCI, and RCI, which were calculated with the ISO indicators of the cities in 81 provincial centers. When the SCI ranking of this research is visually compared with the results of the "Smart Cities Maturity Assessment Model (<https://sehirendeksi.gov.tr/endeckpublic/>)" prepared within the scope of the "2020-2023 National Smart Cities Strategy and Action Plan" carried out by the Ministry of Urbanization in Istanbul, Ankara and Sakarya can be said that they have approximate ranking values (Sehirendeksi.gov.tr, 2024). However, the fact that many provinces such as Konya, Kayseri, Izmir, and Kütahya, which are at the top of the Maturity Index rankings, are ranked lower in the ISO SCI rankings may reveal the difference in the indicators that make up these two index rankings or the difference in data collection. Therefore, making ISO indexes through the Ministry of Urbanization can help determine more consistent international city index values of cities.

As a result, it should not be forgotten that the SCI, SUCI, and RCI values measured by ISO standards are not just a technical issue, but technological, social, economic, and administrative transformation developed to enable institutions, cities, and countries to provide comparable services to their citizens on a global basis.

4. ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by Istanbul Nişantaşı University within the scope of the Scientific Research Project number 2023/07.

REFERENCES

- Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Gordon, B., Ryan, C., & Zumbunnen, C. (2003). Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *Bioscience*, 53(12), 1169-79.
- Arup. (2019). *City Resilience Index*. Retrieved December 11, 2024, from <https://www.arup.com/insights/city-resilience-index/>
- Bayram, F. (2001). Sürdürülebilir kentsel gelişme: Araçlar, yaklaşımlar ve Türkiye. In A. Mengi (Ed.), *Cevat Geray'a Armağan* (pp. 251-265). Ankara: Mülkiyeliler Birliği Yayınları.
- Cohen, B. (2012). What exactly is a Smart City. Retrieved May 16, 2018, from <https://www.fastcodesign.com/1680538/what-exactly-is-a-smart-city>
- Çoruh, M. (2021). Çok kriterli karar verme tekniklerine dayalı yeni bir kent dijitalleşme endeks hesaplama modeli önerisi: Türkiye uygulaması (Doktora Tezi). Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü YBS Bölümü, Sakarya.
- Çoruh, M. (2022). *Akıllı kentler çağı (2. Baskı)*. İstanbul: Nobel Bilimsel Eserler.
- Çoruh, M. (2022a). Ranking of 81 provincial centers in Turkey according to digitalization indexes. *Verimlilik Dergisi*(4), 755-770. Retrieved December 7, 2024, from <https://dergipark.org.tr/en/pub/verimlilik/issue/73178/1083057>
- Çoruh, M., & Cebeci, H. .. (2020). Zonguldak ili kentlerinin Kent Dijitalleşme Endekslerine göre sıralanması ve dijitalleşme seviyelerinin Kent Dijitalleşme Haritaları ile görselleştirilmesi. *11*(30), 621-647. Retrieved October 12, 2020, from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/idealkent/issue/54964/654872>
- EconomistImpact. (2023). *Resilient Cities Index*. Retrieved December 11, 2024, from <https://impact.economist.com/projects/resilient-cities/en/data-story/resilient-cities-index/>
- Ernstson, H., van der Leeuw, S. E., Redman, C. L., Meffert, D. J., Davis, G., Alfsen, C., & Elmqvist, T. (2010). Urban transitions: on urban resilience and human-dominated ecosystems. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 39(8), 531-45.
- Holanda, G. M., Adorni, C. Y., & Obata and Souza, J. M. (2019). Data Science Supporting Smart City Management: A Predictive Analysis Perspective. *Proceedings of the 4th Brazilian Technology Symposium (BTSym'18)* (p. 140). Switzerland AG: Smart Innovation, Systems and Technologies. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-030-16053-1_41
- Kayan, A. (2019). Dijital çağda kent yönetimi için ortaya çıkan fırsatlar. *Sayıştay Dergisi, Temmuz - Eylül 2019*(114), 53-73. Retrieved November 5, 2021, from <https://dergi.sayistay.gov.tr/Upload/95906369/files/dergi/pdf/114m3.pdf>
- Satyam, A. (2017). *The Smart City transformations (e-Book)*. New Delhi: Bloomsbury Publishing India Pvt. Ltd., January 2017.
- SCRanking. (2007). *Smart Cities – Ranking of European medium-sized cities*. Retrieved August 20, 2019, from http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf
- SCPportal. (2020). *Smart cities portal*. Retrieved from http://www.mustafacoruh.com/WebSC/EN_Default
- Sehirendeksi.gov.tr. (2024). *2020-2023 Akıllı Şehir Skorları*. Retrieved from <https://sehirendeksi.gov.tr/endekspublic/>
- Shmelev, S. E., & Shmeleva, I. A. (2025). Smart and sustainable benchmarking of cities and regions in Europe: The application of multicriteria assessment. *Cities*, 156. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105533>
- TUIKBilgi. (2024). *TUİK Bilgi Talebi*. Retrieved from <https://ty.tuik.gov.tr/Home/Index>

- TÜBİSAD. (2020). *Türkiye’de e-Ticaret 2019 pazar büyüklüğü*. İstanbul: Türkiye Bilişim Sanayicileri Derneği, April 2020. Retrieved 12 12, 2020, from http://www.tubisad.org.tr/http://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad_e-ticaret_2019_pazar_buyuklugu_raporu.pdf
- Türk Telekom. (2018). *Türk Telekom ile güçlü belediyeler, mutlu vatandaşlar. Türk Telekom Akıllı Şehirler kataloğu*. İstanbul.
- Vodafone. (2016). *Akıllı şehir yol haritası*. Retrieved December 24, 2019, from <https://www.vodafone.com.tr/VodafoneBusiness/iot/pdf/akilli-sehir-yol-haritasi.pdf>

RESILIENCE
e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Resilience

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

Afet Yönetimi Konulu Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Analizi Bibliometric Analysis of Graduate Thesis on Disaster Management

Alper YILMAZ¹ , Sena GÖKALP¹ , Emel GÜVEN¹ , Tamer EREN^{1*} 

ORCID 0009-0003-6750-8028

ORCID 0009-0005-0357-7782

ORCID 0000-0001-6106-9720

ORCID 0000-0001-5282-3138

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 71450, Kırıkkale, Türkiye

Öne Çıkanlar / Highlights

- Bibliyometrik analiz
- Afet yönetimi konulu lisansüstü tezler
- Lisansüstü tezlerin değerlendirilmesi
- Bibliometric analysis
- Postgraduate theses on disaster management
- Evaluation of postgraduate theses



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:
20/02/2024Kabul / Accepted:
28/10/2024

Anahtar Kelimeler

Afet Yönetimi
Bibliyometrik Analiz
Lisansüstü Tezler

Keywords

Disaster Management
Bibliometric Analysis
Graduate Theses

Özet

Afet yönetimi, doğal afetler, insan kaynaklı olaylar veya teknolojik kazalar gibi beklenmedik durumlarla başa çıkma sürecini planlamayı, koordine etmeyi ve uygulamayı içeren bir disiplindir. Son yıllarda küresel çapta meydana gelen doğal afetler, afet yönetimi konusunu dünya genelinde bir öncelik haline getirmiştir. Bu bağlamda, Türkiye'de afet yönetimi üzerine düzenlenen yönetmeliklerin incelenmesi ve analiz edilmesi önem kazanmıştır. Bu çalışmada, Yükseköğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yer alan afet yönetimi konulu 2000-2023 yılları arasında yapılan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, 2018-2023 döneminde yapılan çalışmalarda görece artış olduğu ve tezlerin çoğunlukla yüksek lisans düzeyinde yoğunlaştığını göstermektedir. Ayrıca, tezlerin devlet üniversitelerinde, sosyal bilimler enstitüsünde, işletme anabilim dalında ve kamu yönetimi konusunda daha etkin oldukları gözlemlenmiştir. Bu çalışma, Türkiye'deki afet yönetimi konusundaki akademik çalışmaların genel eğilimlerini ve odak noktalarını anlamamıza katkı sağlamaktadır.

Abstract

Disaster management is a discipline that involves planning, coordinating, and implementing processes to cope with unexpected situations such as natural disasters, human-made incidents, or technological accidents. In recent years, global occurrences of natural disasters have elevated disaster management to a worldwide priority. In this context, the examination and analysis of regulations related to disaster management in Turkey have gained importance. In this study, bibliometric analysis of postgraduate theses on disaster management between the

years 2000-2023 in the National Thesis Center database of the Council of Higher Education was carried out. The analysis shows that there was a relative increase in the studies conducted in the 2018-2023 period and that the theses were mostly concentrated at the master's level. Additionally, it is observed that these theses are more prevalent in state universities, particularly within the social sciences institute, the business administration department, and with a focus on public administration. This study contributes to understanding the general trends and focal points of academic research on disaster management in Turkey.

1. GİRİŞ / INTRODUCTION

Afetler fiziksel, sosyal ve ekonomik sorunlar ortaya çıkaran beklenmeyen ve kaçınılmaz doğa olaylarıdır (Güven vd., 2023). Afet yönetimi, afetlerin etkilerini azaltmayı amaçlayan çok disiplinli ve dinamik bir süreçtir. Bu süreç, afet öncesinde zarar azaltma ve hazırlık, afet anında müdahale, afet sonrasında iyileştirme ve geri kazanım için gerekli kaynakların ve faaliyetlerin organizasyonunu ve yönetimini kapsar. Başarılı bir afet yönetimi için bahsi geçen bütün aşamaların aşamanın bütünleşik olarak yürütülmesi gerekmektedir (Güven ve Eren, 2023). Afet yönetiminde iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar yalnızca afete müdahale eylemlerini kapsayan "geleneksel afet yönetimi" ile afet öncesi, afet sırası ve sonrasındaki tüm süreçleri içine alan "modern afet yönetimi" yaklaşımlarıdır. Modern afet yönetimi temel alınarak üç ana afet yönetimi modeli geliştirilmiştir (Fuat, 2022).

Afet öncesinde, toplumun potansiyel olaylardan en az zararla ve minimum fiziksel kayıpla kurtulabilmesi için teknik, idari ve yasal önlemler alınmalıdır. Mümkünse olayların önlenmesi, aksi durumda ise kurtarma, ilk yardım ve iyileştirme çalışmalarının hızlı, etkili ve zamanında gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, afet zararlarını azaltma çalışmalarını kalkınmanın her aşamasına entegre etmek, mevcut riskin artmasını önlemek ve sürdürülebilir bir kalkınma sağlamak hedeflenir. Afet öncesinde, toplumu afetlere karşı bilgilendirmek ve zarar azaltma kültürünü geliştirmek amacıyla eğitim programları uygulanır (Erkal ve Değerliyurt, 2009). Afet sırasında ise haber alma ve ulaşım olanaklarını yeniden sağlamak, arama-kurtarma ve ilk yardım çalışmalarını başlatmak, boşaltma ve tahliye işlemlerini yönetmek, geçici iskân alanları oluşturarak temel ihtiyaçların karşılanmasını sağlamak, güvenlik önlemlerini almak, çevre sağlığına dikkat etmek, hasar tespiti çalışmalarını başlatmak ve ikincil afetleri önlemek, temel afet yönetimi adımlarını oluşturur (Erkal ve Değerliyurt, 2009).

Afet yönetimi evreleri, önceden planlama ve hazırlık adımlarıyla başlayarak, afet anındaki zararları azaltmayı hedefleyen bir dizi önleme, müdahale ve iyileştirme aşamalarını içerir. İlk evre olan "Zarar Azaltma" kapsamında, afet anında uygulanacak yasal düzenlemelerin gözden geçirilmesi, yapı ve deprem yönetmeliklerinin revize edilmesi, afet tehlikesi ve riskinin belirlenip haritaların oluşturulması gibi faaliyetlerle afetin olası etkileri en aza indirgenmeye çalışılır. Ayrıca, zarar azaltma ilkesi kalkınmanın her aşamasına entegre edilir. "Önceden Hazırlık" evresinde, afet yönetimi planlarının oluşturulması ve geliştirilmesi, il düzeyinde kurtarma ve acil yardım planlarının hazırlanması, personelin eğitimi ve tatbikatlarla bilgi düzeyinin artırılması, malzeme merkezlerinin kurulması ve kritik malzemelerin depolanması gibi ana faaliyetler gerçekleştirilir. Bu evre, afetlere karşı toplumun ve kurumların etkin bir şekilde hazırlanmasını sağlar. "Kurtarma ve İlk Yardım" aşamasında, afet sırasında etkili bir müdahale için haber alma, ulaşım, arama-kurtarma faaliyetleri, ilkyardım, tedavi, tahliye, geçici iskân, temel ihtiyaçların temini gibi önemli çalışmalar gerçekleştirilir. Bu evre aynı zamanda ikincil afetlerin önlenmesine odaklanır. "İyileştirme" evresi, afete maruz kalan toplulukların temel ihtiyaçlarını karşılamak için haberleşme, iskân, ulaşım, altyapı, eğitim, ekonomik ve sosyal faaliyetlerin iyileştirilmesine odaklanır. Son olarak, "Yeniden İnşaat" evresi, afetten etkilenen veya zarar gören tüm alanlarda faaliyet gösteren kuruluşların, afet öncesindeki düzeyden daha ileri bir düzeyde hizmet sunabilmesi için gerekli inşaat ve iyileştirme faaliyetlerini içerir. Bu evrede AFAD bünyesindeki kuruluş ve hizmet birimleri, planlama ve uygulama süreçlerini yöneterek toplumun afet sonrası normale dönüş sürecini destekler (Kemaloğlu, 2015).

2.BİBLİYOMETRİK ANALİZ/ BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Bibliyometrik analiz, herhangi bir araştırma alanındaki çalışmalar, yazarlar, anahtar kelimeler, dergiler, kurumlar ve ülkeler gibi çeşitli bilimsel unsurların ölçülebilir çıktılarının incelenmesini sağlayan önemli bir araçtır. Bu analiz, bilimsel bilginin entelektüel, sosyal ve kavramsal yapısının zaman içindeki gelişimini anlamak amacıyla kullanılmaktadır. Aria ve Cuccurullo'nun belirttiği gibi, bibliyometrik analiz, araştırmacılara ve bilimsel politika yapıcılara bir alanın gelişimi ve yapısı hakkında etkili bir anlama ve karar verme çerçevesi sunmaktadır (Öztürk ve Gürler, 2021).

Bibliyometrik analizin temel hedefi, belirli bir bilimsel alandaki literatürü tanımlamak, değerlendirmek ve anlamaktır. Bu yöntem, sayısal analizler ve istatistikler kullanılarak belirli bir alan veya akademik dergideki yayınların çeşitli bibliyometrik göstergeler üzerinden incelenmesini içerir. Bibliyometrik analiz, makale sayısı, çalışma konuları, üniversitelerin katılımı, dergilerin etkisi, en çok çalışmaya sahip yazarlar, atıf sayıları ve kullanılan anahtar kelimeler gibi faktörleri kullanarak sayısal analizler yapmayı ve bu verileri değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Öztürk ve Gürler 2021).

Bibliyometrik analiz, herhangi bir araştırma alanının veya disiplinin entelektüel yapısını, gelişimini ve içsel ilişkilerini haritalamak için kullanılan bir yöntemdir. Bu analiz sayesinde, araştırma alanındaki temel yapıları anlamak, öne çıkan araştırma kümelerini belirlemek ve anahtar kavramlar arasındaki ilişkileri gözlemlenmek mümkündür. Bu nedenle, bibliyometrik analiz, büyük bir resme ulaşmak, alanın dinamiklerini anlamak ve gelecekteki araştırmalara yön vermek için önemli bir araştırma yöntemidir (Öztürk ve Gürler 2021). Analizin sonuçlarına göre, belirli bir zaman aralığında afet yönetimi konusunda yapılan yayınların artış veya azalış eğilimleri belirlenebilir. Ayrıca, hangi disiplinlerin, kurumların veya ülkelerin bu alanda daha etkin olduğu anlaşılabilir. Atıf analizleri, en etkili ve öne çıkan çalışmaları tanımlayarak, araştırmacılara gelecekteki çalışmalarında rehberlik edebilir.

Ertugut ve Yılmaz (2020), Web of Science (WOS) ve Scopus veri tabanından alınan afet ve insani yardım lojistiği alanında 2004-2019 yılları arasında yapılmış 854 makaleyi ele alan bir bibliyometrik analiz gerçekleştirmişlerdir. Çalışma yıl sınırlaması olması ve incelenen veri tabanı kapsamında mevcut çalışmadan farklılık göstermektedir. Ayrıca çalışma bölüm ve atıflar noktasına yoğunlaşmıştır. Bulgular noktasında da mevcut çalışmadan farklılık göstermektedir.

Bal ve Yılmaz (2024), 2012-2023 yılları arasında “Web of Science ve Google Akademik” veri tabanlarında taranmış doğal afet krizlerinde sosyal medyanın rolü üzerine yapılmış makaleler üzerine bibliyometrik analiz gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada yıllara göre dağılım, anahtar kelimeler, yöntem türleri, dergiler ve yazarlar değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmada makalelerin değerlendirilmesi bu bibliyometrik analiz ile bulgular noktasında farklılıkları ortaya çıkarmıştır.

Öztürk (2024), WOS veri tabanında yer alan 2004-2023 yılları arasında afet dirençliliği konusunda yapılan makaleler için bibliyometrik analiz gerçekleştirmiştir. Öztürk ve Demir (2023), WOS veri tabanı kapsamında afet yönetiminde medyanın rolüne yönelik bibliyometrik bir analiz yapmışlardır. Her iki bibliyometrik analiz çalışmasında da VOSviewer programının kullanılması ve bulgular konusunda mevcut çalışmadan farklılık göstermektedir.

Sarıhan (2024), bibliyometrik analiz yöntemiyle Türkiye'de afet iletişimiyle ilgili yapılan ve ULAKBİM ile YÖKTEZ veri tabanlarında yer alan çalışmaları değerlendirmiştir. İki veri tabanı olmasına rağmen afet iletişimi konusunun ele alınması sınırlı bir çerçeve olup 20 çalışmayı incelemiştir. Bulgular konusunda da mevcut çalışma ile farklılık bulunmaktadır.

Yerli (2023), YÖKTEZ'de yer alan afet konulu lisansüstü tezleri inceleyen bir bibliyometrik analiz gerçekleştirmiştir. Çalışmada ele alınan bulgular da mevcut çalışmaya benzerlik göstermektedir. Anahtar kelime olarak yakınlık gösteriyor olsa da bu çalışmadan farkı sosyal bilimler alanı ile kısıtlanmış olmasıdır. Bu bibliyometrik analizde herhangi bir alan kısıtlaması yapılmadan afet yönetimi konulu lisansüstü tezler değerlendirilmiştir.

Yanılmaz ve Tavşan (2023), afet atık yönetimine ilişkin uluslararası yazını inceleyen bir bibliyometrik analiz gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada Web of Science veri tabanında yer alan yayınlar incelenmiştir. Ayrıca bibliyometrik analizde VOSviewer programından yararlanılmıştır. Bu durumda mevcut çalışmadan veri tabanı ve bulgular noktasında ayrılmaktadır.

Topçu ve Ataoğlu (2023), tarafından gerçekleştirilen bibliyometrik analiz YÖKTEZ’de yer alan afet yönetimi konulu lisansüstü tezleri kapsamaktadır. Ancak bu çalışmadan farkı değerlendirilen bulgu kategorileridir. Topçu ve Ataoğlu (2023), gerçekleştirdikleri çalışmada yıl, tez türü, danışman unvanı, bilim dalı, üniversite ve anahtar kelimeler başlıkları altında değerlendirme yapmışlardır.

Sanlı vd. (2024), günümüzde rekabetin arttığı işletmelerde, dijital dönüşüm altyapı çalışmaları önem kazanmış ve verilerin korunmasında önemli bir rolü olan siber güvenlik konusunda bibliyometrik analiz gerçekleştirmişlerdir. Güven ve Eren (2024), endüstriyel kazalar konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizini gerçekleştirmiştir. Aksungur vd. (2024), insansız hava araçları konusunda bibliyometrik analiz gerçekleştirmişlerdir. Bu bibliyometrik analizler YÖKTEZ veri tabanında yer alan lisansüstü tezleri incelemesi ve ele alınan bulgular kapsamında mevcut çalışmaya benzerlik göstermektedir.

Farklı birçok alanda bibliyometrik analizler gerçekleştirilmiştir. Ancak incelenen çalışmalar kapsamında afet yönetimi konusunda konu, sektör, afet vb. herhangi bir kısıtlama yapılmadan gerçekleştirilmiş bir bibliyometrik analize rastlanmamıştır. Çalışmanın bu yönüyle özgün olup literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Afet yönetimi konusunda yapılacak her çalışmanın risk azaltmaya yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda afet yönetimi konusundaki akademik literatürdeki boşlukları ve gelecekteki araştırmalar için potansiyel alanları belirleyerek, bu alanda bilimsel katkıları teşvik etmeye yönelik stratejiler geliştirmek hedeflenmektedir.

3. DENEYSEL METOT / EXPERIMENTAL METHOD

Bu çalışmada, farklı birçok konunun değerlendirilmesinde kullanılan bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. Lisansüstü tezler lisansüstü eğitiminde öğrenim gören öğrenciler tarafından ortaya çıkarılan ürünlerdir. Birçok alanda farklı araştırmalar içeren tezler mevcuttur. konunun derinliği ve yaygınlığı hakkında bilgi edinmek, incelenen alanda genel bir görünüm ortaya çıkarmak için lisansüstü tezler analiz edilmektedir (Karadağ, 2009).

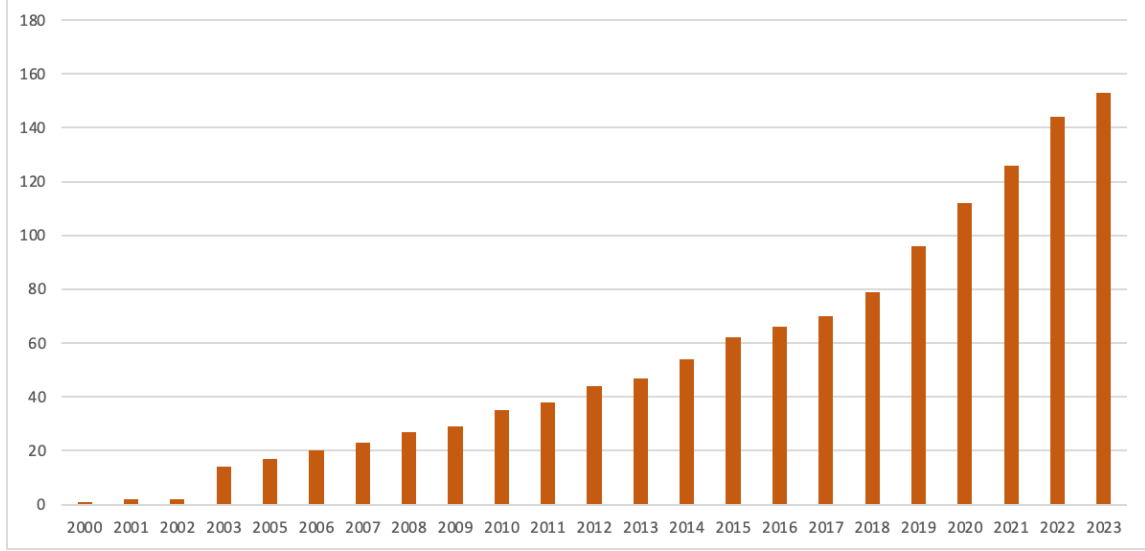
Gerçekleştirilen bibliyometrik analiz kapsamında YÖKTEZ veri tabanında yer alan afet yönetimi konulu lisansüstü tezler ele alınmıştır. 1 Ocak 2024 tarihinde gerçekleştirilen tarama sırasında anahtar terim olarak “afet yönetimi” ve arama alanı olarak da “tez adı” alınmıştır. Sonuçta 153 adet teze ulaşılmıştır. Tezler yıl, tür, üniversite türü, enstitü, konu, anabilim dalı ve araştırma yöntemi kapsamında değerlendirilmiştir. Çalışmada aşağıda yer alan sorulara cevap aranmıştır.

- Afet yönetimi konulu lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı nasıldır?
- Bibliyometrik analiz kapsamında değerlendirilen lisansüstü tezlerin türlerine göre dağılımı nasıldır?
- Afet yönetimi yazınına en fazla katkı sağlayan üniversiteler hangileridir?
- Afet yönetimi yazınına katkı sağlayan üniversitelerin tür dağılımı nasıldır?
- Değerlendirilen afet yönetimi konulu lisansüstü tezlerin enstitülere göre dağılımı nasıl gerçekleşmiştir?
- Afet yönetimi konulu lisansüstü tezler hangi ana bilim dalları ve konularda yazılmıştır?
- Afet yönetimi alanında ulusal yazında yapılan tezlerin çalışma yöntemleri nitel ve nicel kapsamda değerlendirildiğinde nasıl dağılmaktadır?
- Afet yönetimi konulu lisansüstü tezlerde hangi anahtar kelimeler tercih edilmiştir?

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA / THE RESEARCH FINDINGS AND DISCUSSION

4.1 Yıllara Göre Dağılım/Distribution According to Years

Analiz edilen tezlerin yıllara göre dağılımı Şekil 1’de verilmiştir.

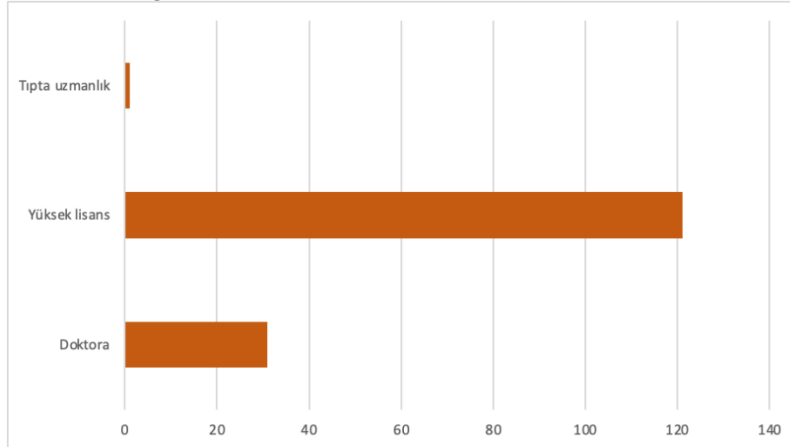


Şekil 1. Yıllara Göre Afet Yönetimi Hakkında Yazılan Lisansüstü Tezler
Figure 1. Postgraduate Theses Written on Disaster Management by Years

Şekil 1, afet yönetimi hakkında yazılan tezlerin yıllara göre sayısal dağılımını içeren bir sütun grafiğini göstermektedir. Grafiği incelediğimizde, yıllara göre dalgalanmalar olduğu, ancak 2017 yılından itibaren büyük bir artış yaşandığı ve bu artışın 2018-2023 yılları arasında devam ettiği görülmektedir. Tabloya baktığımızda, 2002 yılında bu konuda hiç tez yazılmadığı, ancak 2003 yılında bu sayıda büyük bir artış olduğu gözlemlenmektedir. En fazla tez sayısının %11 ile 2019 ve 2023 yıllarında olduğu görülmektedir.

4.2 Tez Türlerine Göre Dağılım/Distribution According to Thesis Types

Analiz edilen tez türlerinin dağılımı Şekil 2’de sunulmuştur.

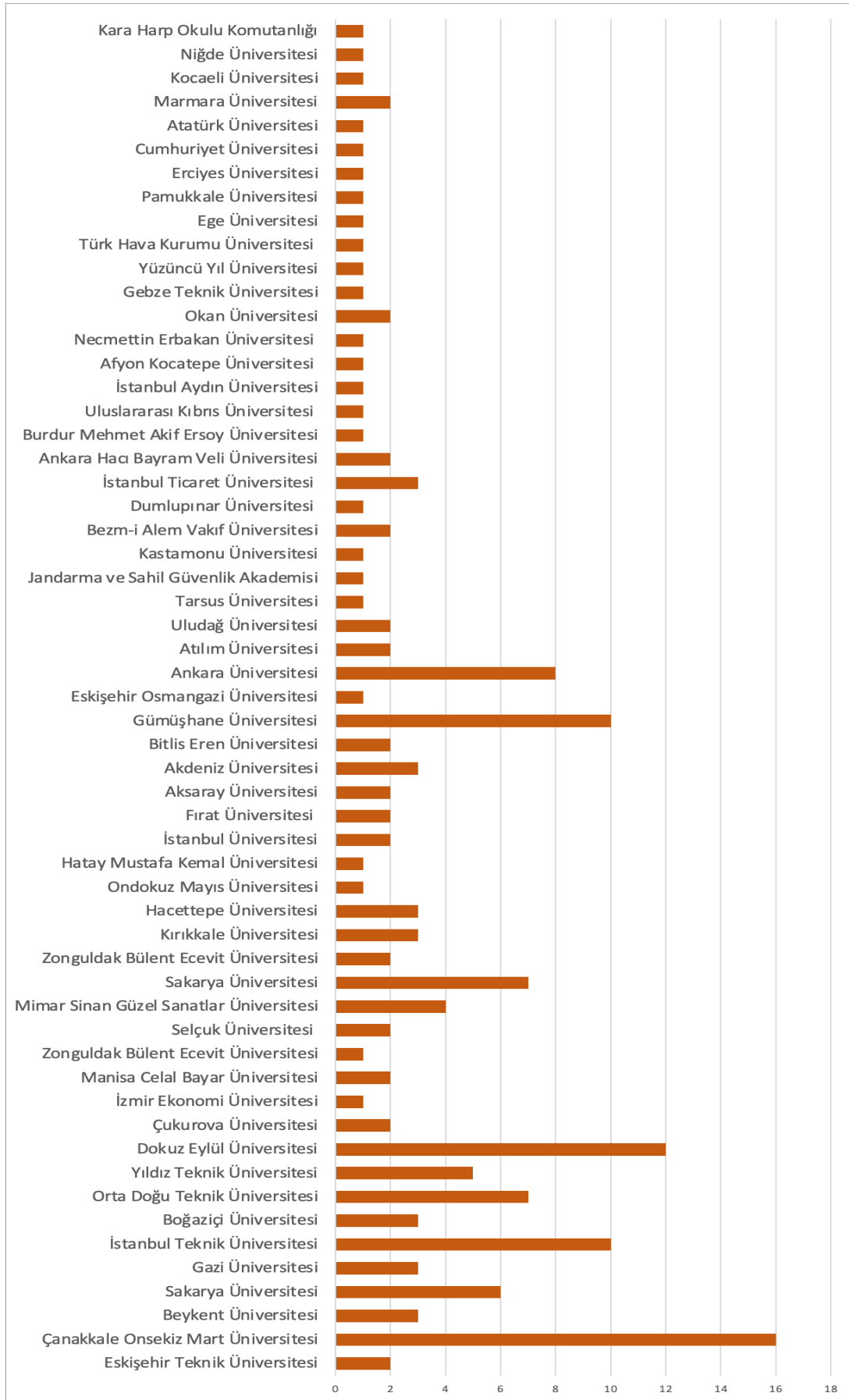


Şekil 2. Tez Türlerine Göre Dağılım
Figure 2. Distribution According to Thesis Types

Şekil 2’de tez türlerinin hangi alanlarda olduğunun dağılımı verilmiştir. Tabloya bakıldığında, toplam tezlerin %79’unun yüksek lisans düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. %20’si doktora düzeyinde, yaklaşık %1’i ise tıpta uzmanlık düzeyindedir.

4.3 Üniversitelere Göre Dağılım/ Distribution According to Universities

Analiz edilen tezlerin üniversitelere göre dağılımı Şekil 3’te verilmiştir.

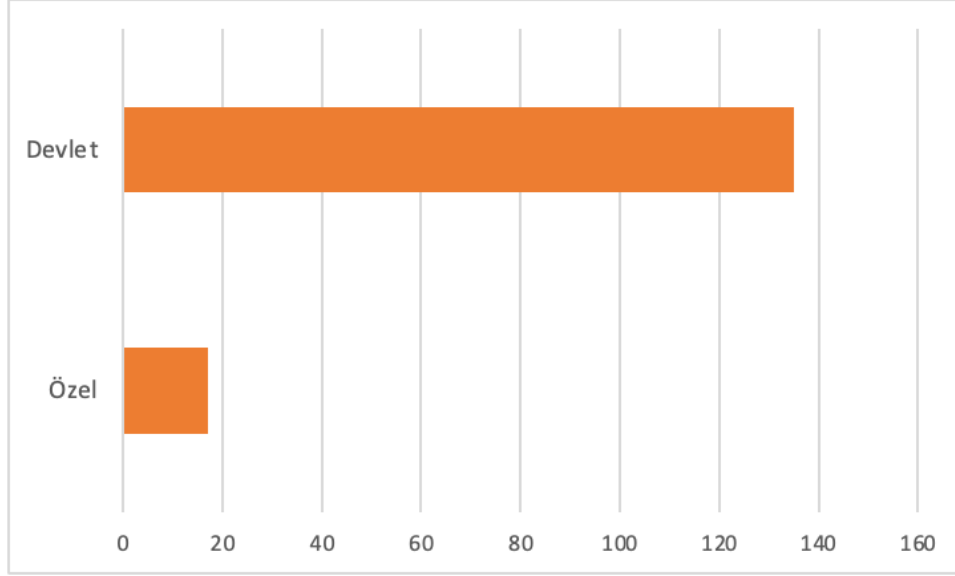


Şekil 3. Üniversitelere Göre Dağılım
Figure 3. Distribution According to Universities

Tezlerin %10'unun Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'ne, %8'inin İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi'ne ve %7'sinin İstanbul Teknik Üniversitesi'ne ait olduğu görülmektedir.

4.4. Üniversite Türlerine Göre Dağılım/Distribution According to University Types

Analiz edilen tezlerin üniversite türlerinin dağılımı Şekil 4'te verilmiştir.

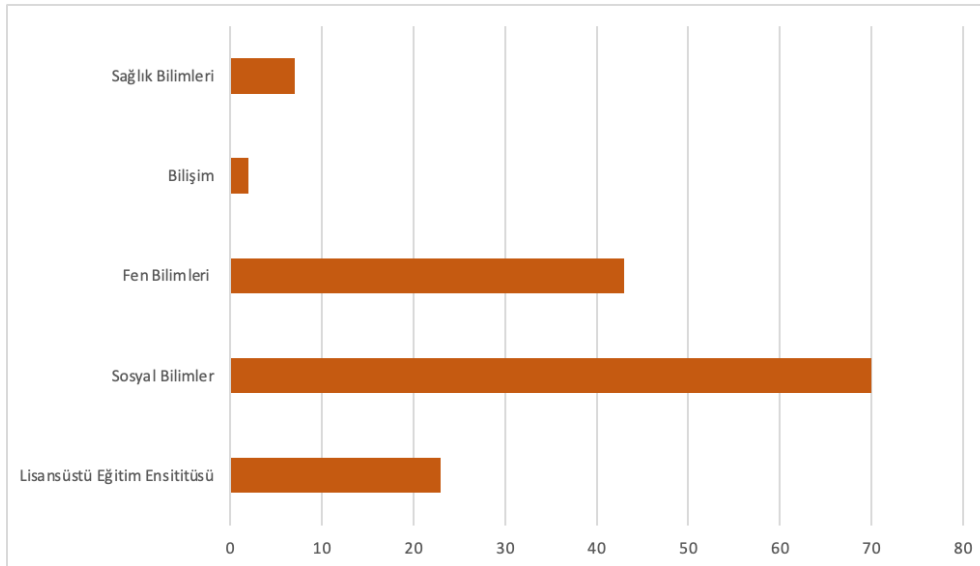


Şekil 4. Üniversite Türlerine Göre Dağılım
Figure 4. Distribution According to University Type

Şekil 4'te Afet yönetimi konusunda yazılan tezlerin hangi tür üniversitelere ait olduğunun sayısal dağılımı verilmiştir. Tezlerin %90'ının devlet üniversitelerine, %10'unun ise özel üniversitelere ait olduğu tespit edilmiştir.

4.5 Enstitülere Göre Dağılım/Distribution by Institutes

Analiz edilen lisansüstü tezlerin enstitülere göre dağılımı Şekil 5'te verilmiştir.



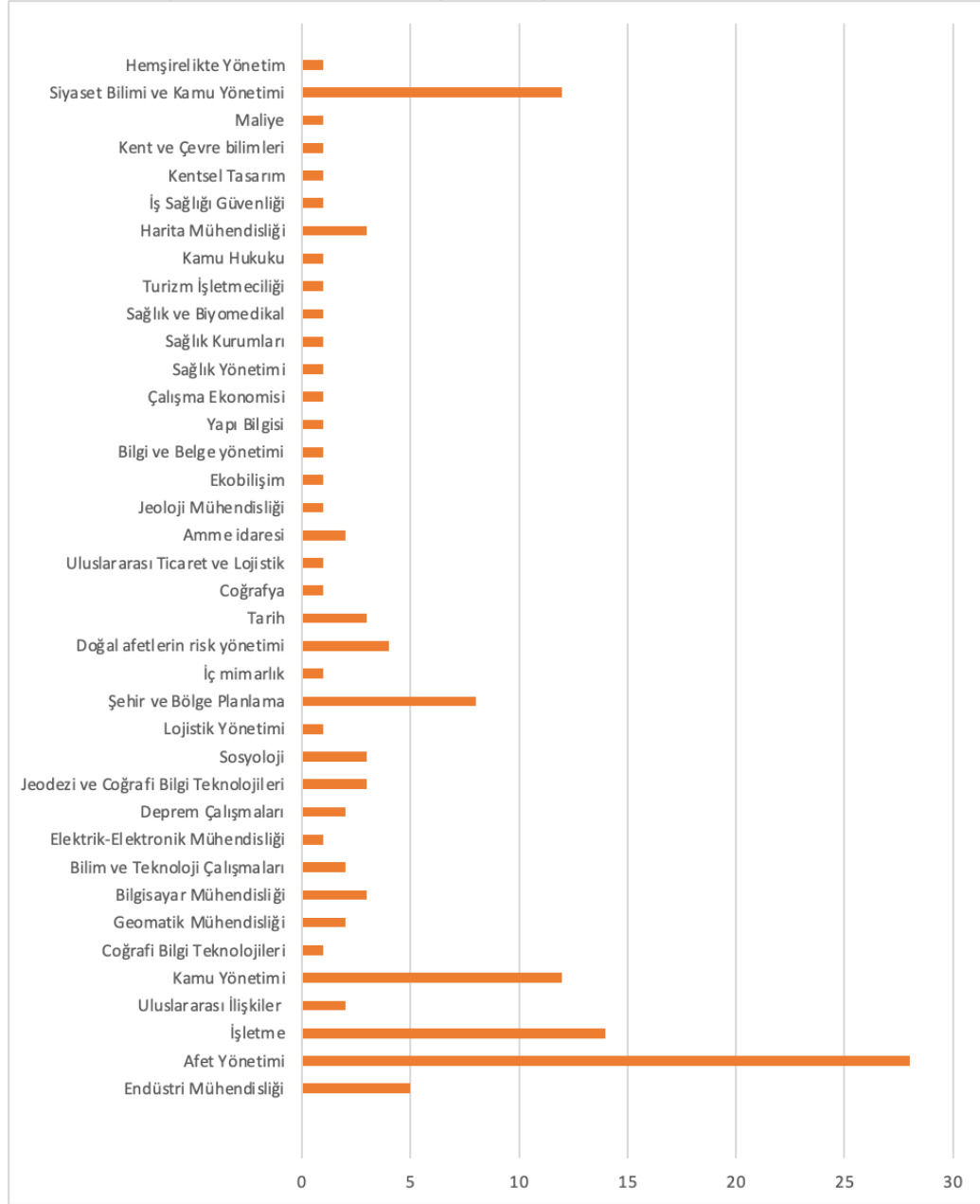
Şekil 5. Enstitülere Göre Dağılım
Figure 5. Distribution According to Institutes

Şekil 5'te afet yönetimi hakkında yazılan tezlerin hangi enstitüler tarafından yazıldığı sayısal dağılımı verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde, afet yönetimi konusundaki tezlerin en fazla sosyal bilimler enstitüsüne, en az ise bilişim enstitüsüne ait olduğu görülmektedir. Tezlerin %48'inin sosyal bilimler

enstitüsüne ait olduğunu, %30'unun fen bilimlerine, %16'sının lisansüstü eğitime, %5'inin sağlık bilimlerine %1'in ise bilişim enstitüsüne ait olduğunu tespit edilmiştir.

4.6. Anabilim Dallarına Göre Dağılım/ Distribution According to Departments

Analiz edilen tezlerin hangi üniversitelere ait olduğunu dağılımı Şekil 6'da verilmiştir.

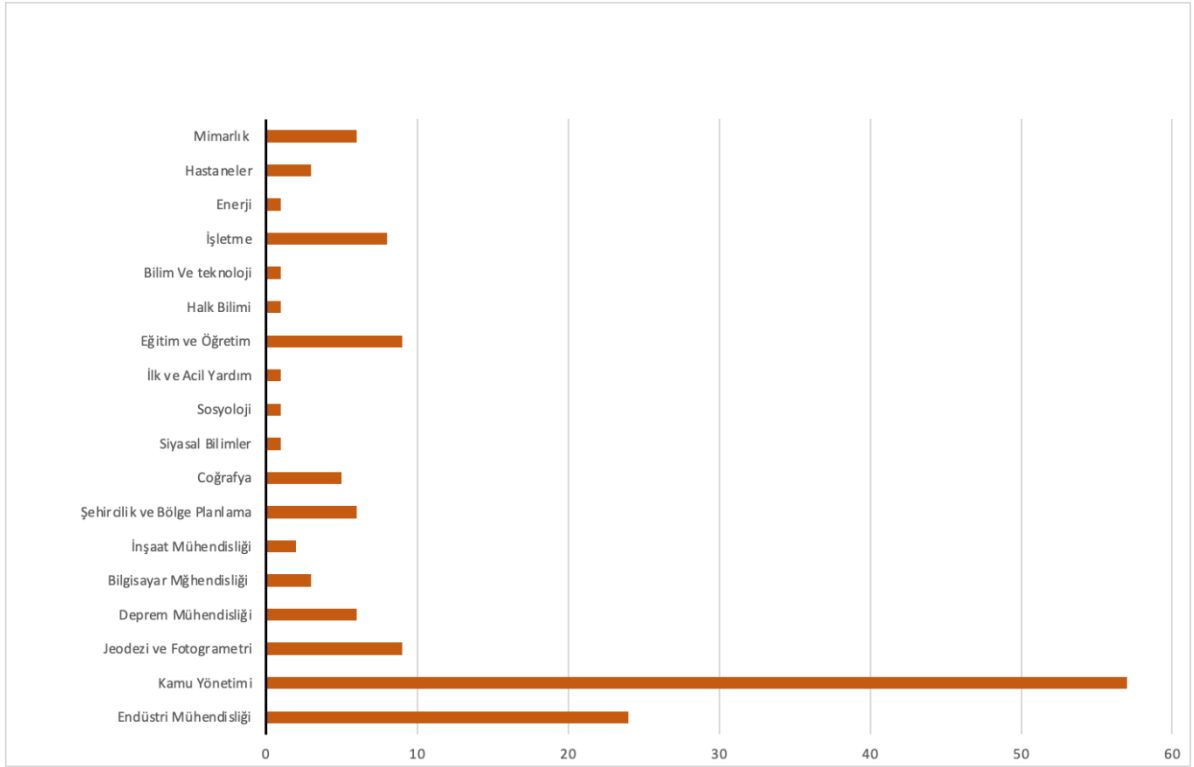


Şekil 6. Anabilim Dallarına Göre Dağılım
Figure 6. Distribution According to Departments

Şekil 6'da afet yönetimi hakkında yazılan tezlerin hangi anabilim dallarına ait olduğunu sayısal dağılımı verilmiştir. Bu grafiği incelediğimizde, en çok yazılan tezin afet yönetimi anabilim dalına ait olduğunu görüyoruz. Bunu sırasıyla işletme, kamu yönetimi, siyaset bilimi ve kamu yönetimi, ardından ise şehir ve bölge planlama anabilim dalları takip etmektedir. Tezlerin %18'inin afet yönetimi anabilim dalına, %9'unun işletme, %8'inin kamu yönetimi ve %8'inin de siyaset ve kamu yönetimi anabilim dalına ait olduğu gözlemlenmiştir.

4.7. Konuya göre Dağılım/Distribution According to Subject

Analiz edilen tezlerin hangi konulara ait olduğunu dağılımı Şekil 7'de verilmiştir.

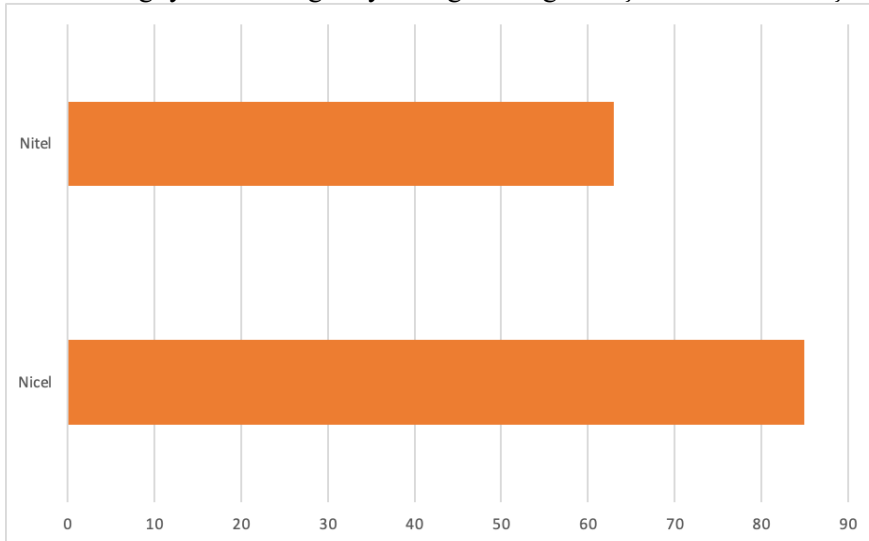


Şekil 7. Konuya Göre Dağılım
Figure 7. Distribution According to Subject

Şekil 7’de afet yönetimi hakkında yazılan tezlerin hangi konuya ait olduklarının sayısal dağılım grafiği verilmiştir. Tabloyu incelediğimizde, tezlerin %37’sinin kamu yönetimi, %16’sının endüstri mühendisliği, %6’sının jeodezi ve fotogrametri, %5’inin ise işletme konularına ait olduğu gözlemlenmiştir. En çok tez kamu yönetimi ve endüstri mühendisliği tarafından yazılmışken en az tez ise sosyal bilimler, ilk ve acil yardım, sosyoloji, halk bilimi ve bilim ve teknoloji konusunda yazılmıştır.

4.8.Yönteme Göre Dağılım/Distribution According to Method

Analiz edilen tezlerin hangi yöntemlere göre yazıldığının dağılımı Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Yöntemlere Göre Dağılım
Figure 8. Distribution According to Methods

Şekil 8’de afet yönetimi hakkında yazılan tezlerin yöntemlerinin dağılım grafiği verilmiştir. Grafiğe bakıldığında, tezlerin %57’sinin nicel yöntemle, %43’ünün ise nitel yöntemle başvurduğu görülmektedir.

de değerlendirmeye tabi tutulmuştur. İncelenen çalışmalar kapsamında benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Elde edilen verilere göre, yazılan tezlerin çoğunluğu yüksek lisans düzeyindedir. Bu durum yüksek lisans eğitim süresinin doktora eğitim süresine göre daha kısa olmasıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca doktora sürecinin yüksek lisans eğitiminin tamamlanmasıyla başlıyor olması da önemli bir etkidir. Lisansüstü tezlerin yaklaşık %90'ı devlet üniversitelerinde yazılmıştır. Devlet üniversitelerinin sayısı ve bu üniversitelerde öğrenim gören öğrenci sayılarının fazlalığı bu durumu açıklayabilir. Ayrıca son dönemde yaşanan doğal afetler sebebi ile devlet tarafından alınan önlemlerin akademisyenleri bu konuda çalışmaya motive ettiği düşünülmektedir.

Bibliyometrik analiz kapsamında afet yönetimi konusunda gerçekleştirilen lisansüstü tezlerin 2018 yılından itibaren fark edilir bir artış yaşandığı gözlemlenmektedir. Bu durum Türkiye’de gerçekleşen ve önemli hasarlara neden olan doğal afet sayılarının artması ile ilişkilendirilebilir. Afet yönetimi yazınına en fazla katkı sağlayan üniversiteler Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi ve İstanbul Teknik Üniversitesi olmuştur. Üniversiteler incelendiğinde geçmişte afet yaşamış ve yaşama ihtimali yüksek olan şehirlerde yer alan üniversitelerde afet yönetimi konusunda aktif olarak çalışmaların yapıldığı tespit edilmiştir.

Afet yönetimi yazını konusunda en fazla çalışma gerçekleştiren anabilim dalı “afet yönetimi” olurken en fazla çalışma ortaya çıkarılan konu “kamu yönetimi” olmuştur. Dolayısıyla %48’lik bir oran ile sosyal bilimler enstitüsü afet yönetimi konusunda en fazla lisansüstü tezin yazıldığı enstitü olmuştur. Ancak genel tabloya bakıldığında afet yönetimi konusunun artık multidisipliner bir konu olduğu söylenebilir. Bu doğrultuda farklı her bilim dalında çalışılması afetin her yönüyle ele alınabilmesi anlamına gelecektir.

Analiz edilen çalışmalar kapsamında lisansüstü tezlerde yöntem olarak nicel ve nitel yöntemler birbirine yakın oranlarda tercih edilmiştir. Bu durum konunun multidisipliner olması ve her alana hitap etmesi ile yorumlanabilir. Nitel olarak afet yönetimi hakkında genel bilgiler veren literatür bilgisi veren çalışmalar bulunmaktadır. Nicel anlamda ise veri analizlerinin yapıldığı istatistiksel yöntemlerin ve mühendislik yöntemlerinin kullanıldığı çalışmaların olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular, Afet Yönetimi konusunun akademik düzeyde önemli bir ilgi gördüğünü ve bu alandaki bilimsel çalışmaların çeşitlenerek arttığını göstermektedir. Bu artış, iklim değişikliği, doğal afetlerin sıklığındaki artış ve şehirleşme gibi faktörlerin etkisiyle açıklanabilir. Ayrıca, 2020 yılında yaşanan COVID-19 pandemisi, sağlık krizleri ve doğal afetler bu konuya olan ilginin artmasına yol açmıştır. Bu veriler, gelecekteki afet yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde ve toplumsal hazırlık süreçlerinin iyileştirilmesinde rehberlik edeceği düşünülmektedir. Ayrıca gelecekte yazılacak olan lisansüstü tezlere konu seçiminde yol gösterici olabilmek için mevcut durum ortaya konulmuştur.

Gelecek çalışmalarda lisansüstü tezlere ek olarak ulusal ve uluslararası makaleler kapsamında çalışmalar yapılabilir. Farklı veri tabanlarında yer alan akademik çalışmalar dahil edilerek çalışma genişletilebilir. Arama terimleri farklılaştırılarak benzer çalışmalar gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Aksungur, B. N., Sever, H., Güven, E., Eren, T. (2024). İnsansız Hava Araçları Konulu Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Analizi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 6(1), 21-29. <https://doi.org/10.51534/tiha.1478605>
- Bal, F., Yılmaz, E. S. (2024). Doğal afet krizlerinde sosyal medyanın rolü üzerine yapılmış çalışmaların bibliyometrik analizi. Afet ve Risk Dergisi, 7(1), 128-138.
- Erkal, T., Değerliyurt, M., 2009. Türkiye’de afet yönetimi. Doğu Coğrafya Dergisi, 14(22), 147-164.
- Erturgut, R., Yılmaz, B. (2020). Afet ve insani yardım lojistiği alanında yapılan çalışmaların bibliyometrik analizi. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (40), 105-123.

- Güven, E., Eren, T., 2023. İl Afet Risk Azaltma Planı Çerçevesinde Analitik Ağ Prosesi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklandırma: Kırıkkale İli İçin Bir Örnek. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(2), 401-414.
- Güven, E., Eren, T. (2024). Endüstriyel Kaza Araştırmalarına Yönelik Bibliyometrik inceleme: Tezler üzerine bir çalışma”, *kisgd*, vol. 8, no. 2, pp. 85–93, 2024, doi: 10.33720/kisgd.1426403
- Güven, E., Pınarbaşı, M., Alakaş, H. M., Eren, T., 2023. Doğal afetlerin tetiklediği teknolojik kazaların risk azaltma kriterlerinin ANP yöntemiyle ağırlıklandırılması. *Disaster Science and Engineering*, 9(1), 34-42.
- Kaçmaz, G., Ozeren Alkan, M., Çobankaya, H., Şen, D. (2023). Assessment of ecosystem services provided by street trees: Burdur (Türkiye) city center. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 60(2), 221-234. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1226241>
- Karadağ, E., 2009. “Eğitim bilimleri alanında yapılmış doktora tezlerinin tematik açıdan incelemesi”, *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(3), 75-87.
- Kemaloğlu, M., 2015. Türkiye’de afet yönetiminin tarihi ve yasal gelişimi. *Akademik Bakış Dergisi*, 52, 126-147.
- Oktay F., 2022. Afet yönetimi. *Sosyal Bilimler Ansiklopedisi*, 16
- Öztürk, G. (2024). Afet dirençliliği konusunda yapılan çalışmaların bibliyometrik analizi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 22(52), 742-757
- Öztürk, M., Demir, Y. (2023). Bilgilendirme ve kaos arasında: Afet yönetiminde medyanın rolüne yönelik bibliyometrik bir analiz. *Trt Akademi*, 8(18), 506-527
- Öztürk, O., Gürler, G., 2021. Bir literatür incelemesi aracı olarak bibliyometrik analiz. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Sanlı, Y. B., Baltacı, F., Güven, E., Eren, T. (2024). Siber Güvenlik Çalışmaları Üzerine Bibliyometrik Analiz. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 17(3), 223-229. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.1473206>
- Sarıhan, Z. (2024). Türkiye’de “afet iletişimi” temalı çalışmaların bibliyometrik analizi. *Urban 21 Journal*, 2(1), 10-23
- Topçu, T., Ataoğlu, A. (2023). Türkiye’de afet yönetimi ile ilgili yapılmış olan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(4), 1388-1400.
- Yanılmaz, Z., Tavşan, F. (2023). Afet atık yönetimine ilişkin uluslararası yazının bibliyometrik analizi. *Journal of Architectural Sciences & Applications (JASA)*, 8(Special Issue), 585-603
- Yerli, G. D. (2023). Sosyal bilimler alanında afet konulu lisansüstü çalışmaların bibliyometrik ve tematik analizi. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(3), 961-976.

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 | ▪ Sea level rise and excessive precipitation hazards due to climate change |
| ▪ Küçük Menderes havzasındaki alt havzalar | ▪ Sub-catchments in the Küçük Menderes River Basin |
| ▪ Mekansal kırılabilirlik analizi | ▪ 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 Inamdar, 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 (TCCOB, 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 Inamdar, 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

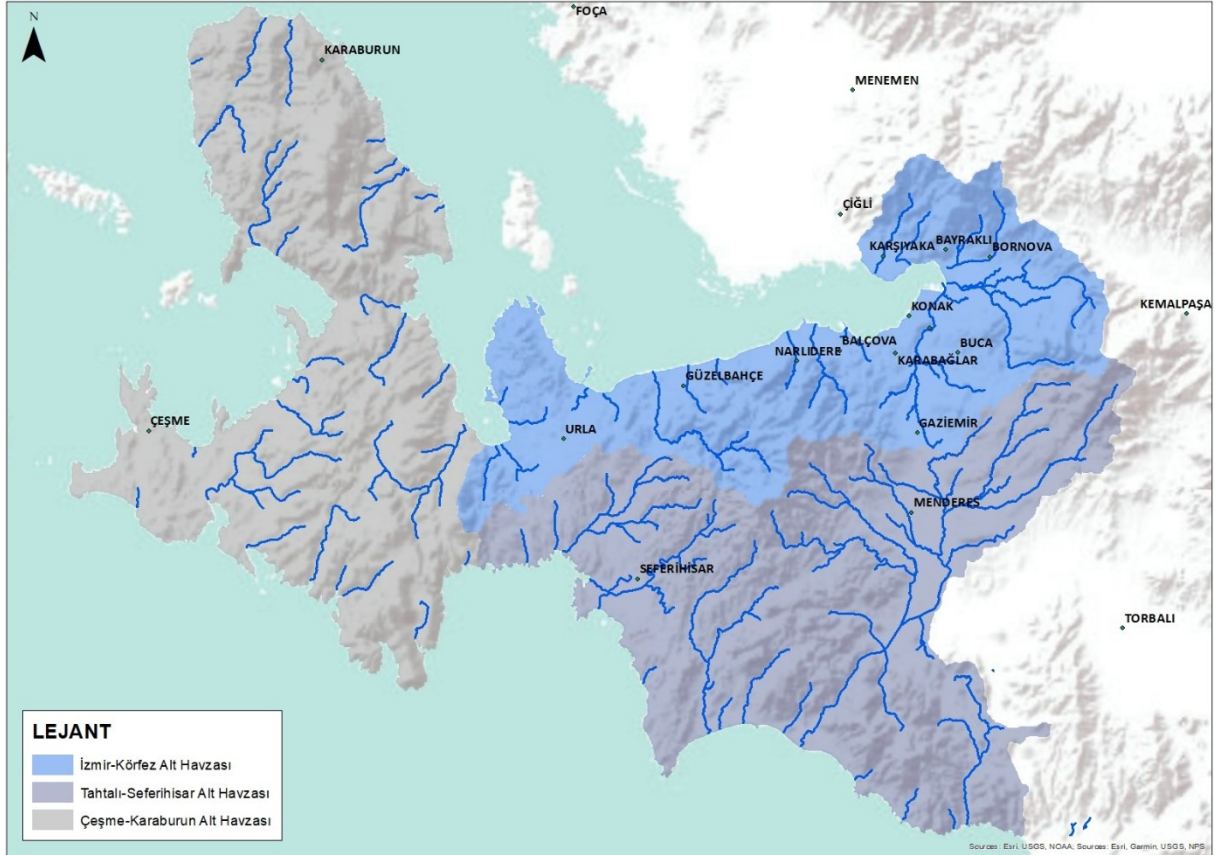
2.1. Çalışma Alanı

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.



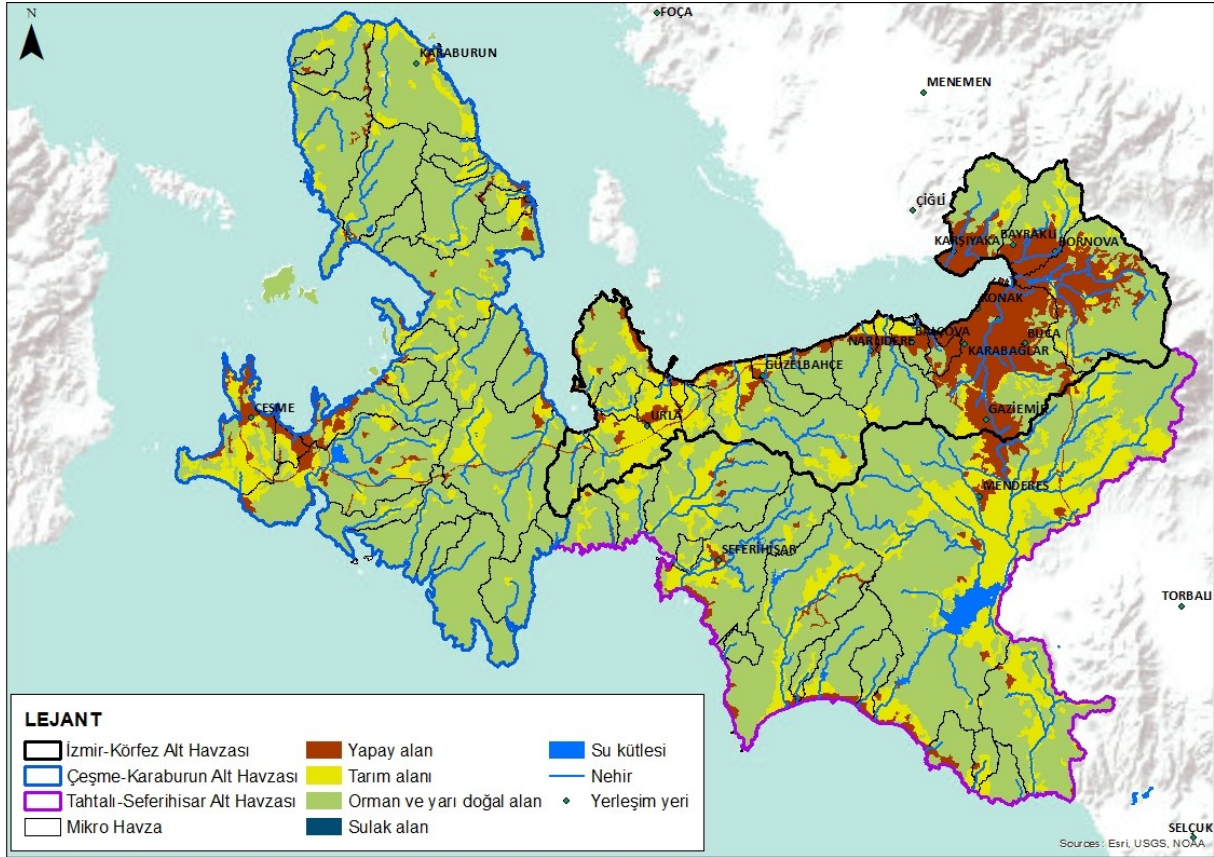
Şekil 1. Küçük Menderes Havzası ve alt havzaları (Kaynak: Copernicus Land Monitoring Service EU-Hydro River Network Database ve ArcGIS programından yararlanarak yazarlar tarafından üretilmiştir)



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.

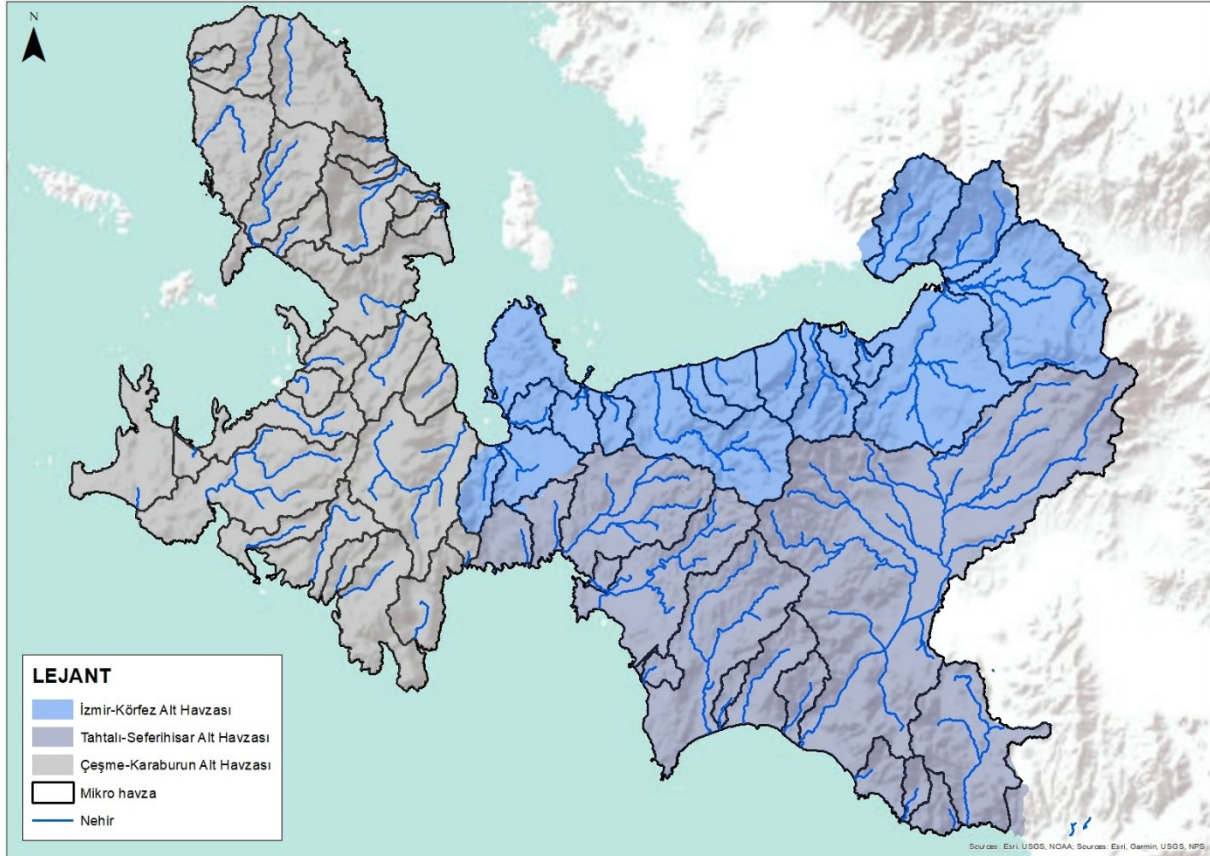


Şekil 3. Çalışma alanı genel arazi kullanımı (Kaynak: Copernicus Land Monitoring Service EU-Hydro River Network Database ve Corine 2018 arazi kullanım sınıflandırması verisi ve ArcGIS programından yararlanılarak yazarlar tarafından üretilmiştir)

Tablo 1. Çalışma alanındaki alt havzaların yağış, sıcaklık değerleri ve yerüstü suyu miktarları (TCTOB, 2019’dan yararlanılarak tablolastırılmıştır.) 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 kullandığı 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, kırılgenlik 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, kırılgenlik 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, kırılgenlik 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, kırılgenlik 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, kırılgenlik 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, kırılgenlik 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 (Aprada 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:

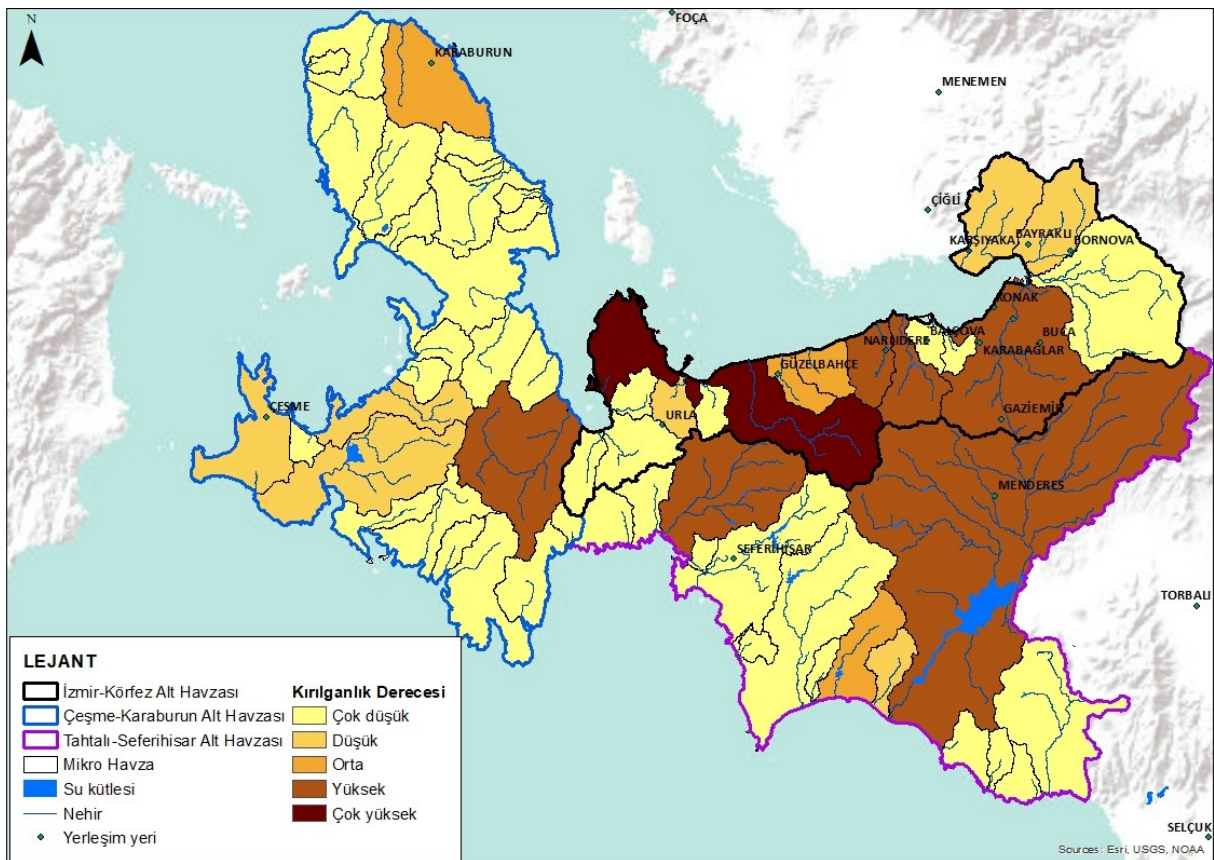
$$Kırılabilirlik = \frac{M_Y \times M_T \times M_{KU} \times M_{KYU} \times H_{NU} \times S_N}{M_{OD} \times M_{KY}}$$

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

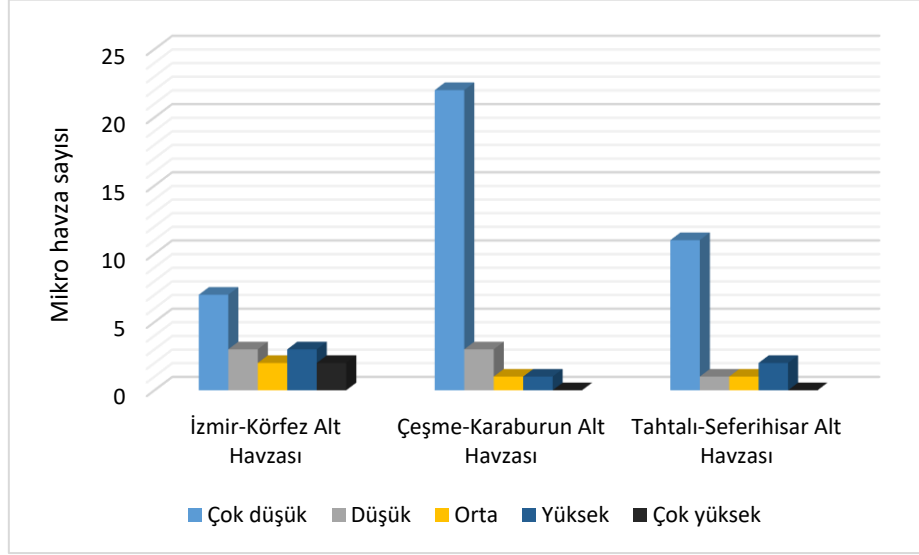
Deniz seviyesi yükselmesi ve aşırı yağış tehlikelerine karşı İzmir-Körfez, Çeşme-Karaburun ve Tahtalı-Seferihisar alt havzalarındaki mekânsal kırılganlığın tespiti için yapılan kırılganlık analizi sonucunda, çalışma alanında 59 mikro havzadan 2’sinin çok yüksek, 6’sının yüksek, 4’ünün orta, 7’sinin düşük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



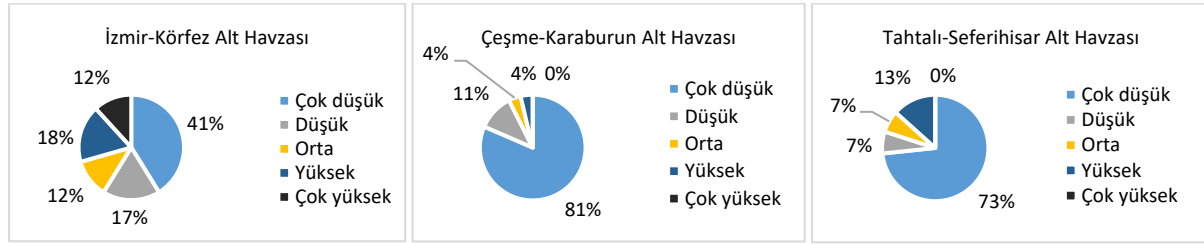
Şekil 5. İzmir-Körfez, Çeşme-Karaburun ve Tahtalı-Seferihisar alt havzalarının kırılganlık düzeyleri (ArcGIS programından yararlanılarak yazarlar tarafından üretilmiştir.)

Mikro havzaların kırılganlık düzeyleri alt havza bazında değerlendirildiğinde, çok yüksek kırılganlığa sahip mikro havzaların İzmir-Körfez alt havzasında; çok düşük kırılganlığa sahip olanların ise Çeşme-Karaburun alt havzasında yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Grafik 1). İzmir-Körfez alt havzasında yüksek ve çok yüksek kırılganlığa 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 kırılganlık 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 kırılganlığa sahiptir. İçerdiği mikro havzaların %92’si çok düşük ve düşük kırılganlığa sahip olup, %4’ü orta ve %4’ü yüksek kırılganlığa sahiptir. Çok yüksek kırılganlığa 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, Gazimemir) 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., Mánuez 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

RESILIENCE
e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Resilience

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

Urban Vulnerability Assessments to Climate Change for Members of the European Healthy Cities Network in Turkey: A Case Study

Türkiye'deki Avrupa Sağlıklı Şehirler Ağı Üyeleri için İklim Değişikliğine Karşı Kentsel Kırılabilirlik Değerlendirmeleri: Bir Vaka Çalışması

Cengiz TÜRE^{1,*}, Murat AR²
ORCID 0000-0001-6137-1866
ORCID 0009-0002-5239-4147

¹Türkiye Eskişehir Technical University Faculty of Science Department of Biology-Section of Ecology, Eskişehir – TURKEY

²Director of Turkish Healthy Cities Association, City Planner, Bursa -TURKEY

Öne Çıkanlar / Highlights

- Kentsel dayanıklılığın iklim değişikliği etkilerine karşı güçlendirilmesi
- Kentsel kırılabilirliklerin iklim değişikliği etkilerine karşı değerlendirilmesi
- Avrupa Sağlıklı Şehirler Ağı üyesi olan Türkiye şehirlerinin iklimsel kırılabilirliklerinin araştırılması
- Strengthening urban resilience to climate change impacts
- Assessing urban vulnerabilities to climate change impacts
- Research on the climatic vulnerabilities of Turkish cities that are members of the European Healthy Cities Network



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:

31/10/2024

Kabul / Accepted:

27/12/2024

Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği,
İklim Duyarlılığı,
Yerel Yönetim,
Sürdürülebilirlik,
Kentsel Çevre

Keywords

Climate Change,
Climate Vulnerability,
Local Government,
Sustainability,
Urban Environment

Özet

İklim değişikliğinin kentsel sürdürülebilirlik üzerinde önemli olumsuz etkileri olduğu bilimsel bir gerçektir. Özellikle insan ve kent sağlığı üzerindeki artan etkileri yerleşim yerlerini daha savunmasız hale getirmektedir. Bu nedenle merkezi hükümetler düzeyindeki eylemler önemlidir, ancak yerel yönetimlerin iklim değişikliğinin azaltılması ve uyumunda daha önemli rolleri vardır. Ancak iklim değişikliği ile mücadele konusunda bilgi ve teknik kapasite eksikliği yerel yönetimler için en büyük sorundur. Bu bilgi eksikliğini gidermek için ölçüm ve izlemeye dayalı eylem ve kapsayıcı yönetim sistemleri gerekmektedir. Kentler için nitel ve nicel kırılabilirlik değerlendirmesi için birçok araç ve yöntem bulunmaktadır. Kentsel iklim etkilerine karşı kırılabilirliği değerlendirmek için ilgili literatürlerde Gösterge Tabanlı Kırılabilirlik Değerlendirmeleri (IBVAs) önerilmektedir. Bu çalışma, Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği üyesi 40 yerleşim yeri/kentte IBVAs yöntemi kullanılarak kentlerin iklim değişikliğine karşı kırılabilirlik düzeyini belirlemeyi amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular, incelenen kentlerin kırılabilirlik kategorilerine göre dağılımının sırasıyla Yüksek Kırılabilirlik 0, Orta Kırılabilirlik 5, Düşük Kırılabilirlik 32 ve Dayanıklılık 3 şeklinde olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre incelenen kentlerin büyük çoğunluğunun iklim değişikliğine karşı düşük kırılabilirlik düzeyinde olduğu görülmektedir. Ayrıca, kentlerde alt parametrelere ilişkin en büyük eksikliklerin Kentlerin Kurumsal ve Organizasyonel Kapasiteleri alanında olduğu, bunu sırasıyla Kentlerin Genel Özellikleri ve Yapılı Çevre alanlarının izlediği belirlenmiştir. Bu durum, yerel yönetimlerin iklim değişikliği ile mücadele yeteneklerinin geliştirilmesi için Kurumsal ve Organizasyonel Kapasiteleri ile Yapılı Çevre uygulamalarının güçlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Abstract

It is a scientific fact that climate change has significant negative impacts on urban sustainability. The increasing effects, especially on human and urban health, make settlements more vulnerable. Therefore, actions at the central government level are important, but local governments have even more critical roles in climate change mitigation and adaptation. However, the lack of knowledge and technical capacity regarding combating climate change is the biggest problem for local governments. Measurement- and monitoring-based action and inclusive governance systems are required to address this knowledge gap. There are many tools and methods for qualitative and quantitative vulnerability assessment for cities. Indicator-Based Vulnerability Assessments are recommended in the relevant literature for assessing vulnerability to urban climate impacts. This study aims to determine the vulnerability level of cities to climate change by using the IBVAs method in 40 settlements/cities that are members of the Healthy Cities Association of Turkey. The findings show that the distribution of the examined cities according to vulnerability categories is as follows: High Vulnerability 0, Medium Vulnerability 5, Low Vulnerability 32, and Resilience 3. According to this result, the vast majority of the examined cities are observed to be at a low vulnerability level to climate change. Furthermore, it has been determined that the biggest shortcomings regarding sub-parameters in cities are in the area of Institutional and Organizational Capacities of Cities, followed by the General Characteristics and Built Environment areas, respectively. This situation reveals the importance of strengthening both Institutional and Organizational Capacities and Built Environment practices for developing the capacities of local governments in combating climate change.

1. INTRODUCTION

Climate change, one of the most significant environmental problems on a global scale, disproportionately affects urban areas. Factors such as increasing economic activities, unplanned urbanization, and population growth create a complex interaction between the causes and consequences of climate change (Das et al., 2024). This interaction has adverse effects on urban infrastructure, social systems, and natural ecosystems, seriously threatening urban sustainability. This situation emphasizes the need for cities to increase their resilience and adaptation to the effects of climate change (Çobanyılmaz and Yüksel, 2013; Lobo et al., 2023).

The concept of urban vulnerability expresses how susceptible cities are to the adverse effects of climate change (Dale et al., 2020). The assessment of urban vulnerability is considered a fundamental step in understanding the potential impacts of climate change on cities and developing appropriate adaptation strategies (Lanlan et al., 2024). Many international organizations, such as the World Bank, consider conducting studies to determine the level of climate-related urban vulnerability an urgent issue. Therefore, they recommend the use and dissemination of scientifically accepted methods to be used in climate-related urban vulnerability assessments (World Bank, 2009; Prasad et al., 2009; Leichenko, 2011).

According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), climate-related vulnerability assessments in cities are an important starting point for risk assessment, and it is stated that urban vulnerability assessments will help disaster risk management and building resilience against a changing climate (Tapia et al., 2017; Connelly et al., 2018). Other international organizations that have conducted significant studies and issued warnings on this issue include Local Governments for Sustainability (ICLEI), the Covenant of Mayors, the International City/County Management Association (ICMA), United Cities and Local Governments (UCLG), UCLG World Organization (UCLG - MEWA), the Local Government Association (LGA), the International Union of Local Authorities (IULA), the United Towns Organisation (UTO), and the World Health Organization European Healthy Cities Network (WHO-EHCN).

When local governments are evaluated in this context, they play a significant role in mitigating and adapting to the effects of climate change (Stolte et al., 2024; Lanlan et al., 2024). This increases the responsibilities of municipalities in combating climate change (Rosenzweig et al., 2015; Türe & Ar, 2018). However, it is observed that many local governments do not have sufficient information, human

and financial resources, and the necessary technical and organizational capacity to effectively combat climate change (Simonet and Leseur, 2019). These deficiencies constitute significant obstacles to the implementation of effective climate actions (Kay et al., 2018; Mehryar et al., 2022).

On the other hand, municipalities that want to take an active role in this process by conducting vulnerability assessments and measurements face significant difficulties in understanding the dynamics and complexity of urban areas (Gauthier, 2023). However, municipalities committed to implementing urban climate action plans and policies need methods that produce systematic data to conduct vulnerability assessments. In this context, although there are many methods defined in the literature, there are still debates regarding the applicability and effectiveness of these methods (Broto & Bulkeley, 2013; Hunt & Watkiss, 2011; Stolte et al., 2024). However, Indicator-Based Vulnerability Assessments (IBVA) are recommended for assessing vulnerability to climate impacts in cities (Tapia et al., 2017; Füssel, 2010; Hinkel, 2011; Lim, 2001).

This study aims to determine the vulnerability levels of cities in Turkey that are members of the World Health Organization European Healthy Cities Network to climate change and to offer solutions by addressing information and capacity gaps in this regard. Towards this aim, vulnerability analyses against climate change were conducted using the Indicator-Based Vulnerability Assessment (IBVA) method. By emphasizing the importance of urban vulnerability assessments and offering recommendations to strengthen the roles of local governments in combating climate change, this study aims to contribute to the literature and practice.

2. MATERIAL AND METHOD

This research has been prepared with the participation of 40 members from 70 cities which are members of the Turkish Healthy Cities Association (WHO-EHCN). These cities represent about 50% of Turkey's population (Figure 2.1).

In this study, we used a survey by Çobanyılmaz & Yüksel (2013), considering the literature of the World Bank (2009) to determine the vulnerability status of urban components against the effects of climate in the IBVAs framework. The scope of the survey is organized according to main and subheadings that can measure urban vulnerabilities and adaptive capacity according to their scope. At the urban level, IBVAs typically focus on (i) specific cities or sub-cities characteristic areas according to a predefined set of climate hazards (ii) potential receptors of climate impacts, including specific communities and social groups or subsystems of the built environment as follows; infrastructures or other components (Tapia et al., 2017; Çobanyılmaz & Yüksel, 2013; Connelly et al., 2018; Lim, 2001; World Bank, 2010; 2011).

The questions in this questionnaire were answered by the relevant units of the municipality and the authorized staff based on official documents (EURASAT, 2017; TUİK, 2017). The input of the survey data was uploaded to the official website of the Turkey Healthy Cities Association by the authorized institution coordinator of the relevant municipality. The study is based on information obtained from these data.

The scope and key criteria of this research are as follows (Dodman et al., 2015);

- *General Characteristics of Cities*; location of city, settled population, gross national product per capita, etc.
- *Socio-economic Structure*; unemployment rate, rate of child / disabled person / poor and old, etc.
- *Built-Environment*; squatting rate, green space rate, flood risk, etc.
- *Physical infrastructure*; drinking water, solid waste, energy, health, etc.
- *Environment*; air quality, water quality, climate, biological diversity, etc.

- *Organizational Structure of Institutions*; management and strategies of climate change, risk management, disaster management, etc.

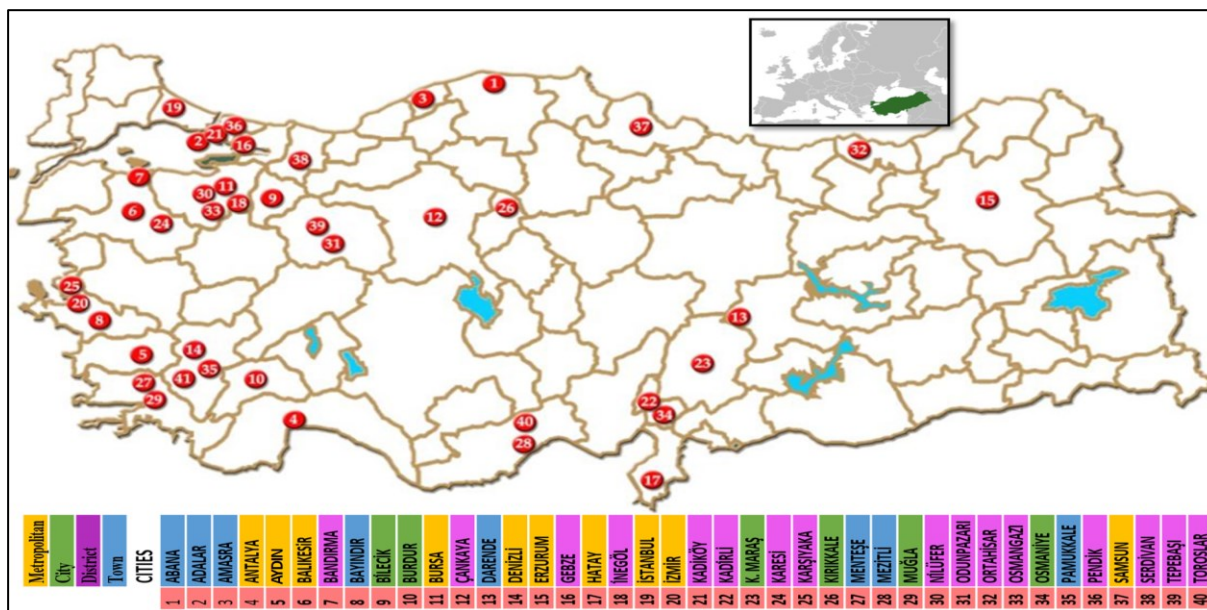


Figure. 2.1. The locations of the Turkish Healthy Cities Association member cities participating in the research

This survey has the structure to evaluate the qualitative/quantitative characteristics of urban ecosystem components such as physical geography, social, economic, environmental, institutional, and spatial factors. This method is based on the scoring system for the indicators and sub-indicators of cities and provides an approach to the vulnerability level of cities due to climate change. Qualitative indicators were prepared according to the answer Yes/No. Quantitative indicators based on numerical data with different metric units should be converted to non-unit values. Thus, numerical data obtained from different metric units and official records; It can only be evaluated by converting into non-unit measurable indicators based on specific value ranges determined by mean, limit, standard, and percentages (Çobanyılmaz & Yüksel, 2013; World Bank, 2009)

The scores obtained from each sub-category were converted to percentages and a 4-level vulnerability classification scale was established between 0-100%. These; Resilient 0-25% (R), Low Vulnerability 26-50% (LV), Medium Vulnerability 51-75% (MV), and High Vulnerability 76-100% (HV), (Tapia et al., 2017; World Bank, 2009); Campbell-Lendrum & Corvalán, 2007, Lim, 2001; Shepherd, 2013; USAID, 2017; Mehrotra et al., 2009).

3. THE RESEARCH FINDINGS AND DISCUSSION

Vulnerability, in general, is defined to the extent that a city is prone to adverse effects of climate change, including climate variability and excesses. Vulnerability is a function of some city features, including or physical geography that makes the city susceptible to climate changes a city's location, especially proximity to the sea, topography, or other physical features of the landscape. Demographic factors that also determine the degree of vulnerability of a city include population size and composition, population density, size of the city, socio-economy, quality of infrastructure, type and quality of its built environment, land use, regulations, governance structure, and the like (Mohiddin et al., 2017).

Assessing the current state of urban components mentioned above will contribute to understanding the strengths/weaknesses of cities against climate change and to implement appropriate policies to become a climate-friendly city (Füssel & Klein, 2006; Tonmoy et al., 2014). Therefore, it is imperative to

evaluate the sensitivity of cities to form new policies for climate disasters (Downing et al. 2001). Some work is being done on climate change in Turkey, but this process is still at the beginning of the road.

Report on Global Climate Risk Index (CRI) According to the 2019 report, Turkey is ranked 72 among 193 countries (Eckstein, 2017). The number of extreme climatic events in 2023 was 1475. Number of extreme weather events in Turkey by year are given in Figure 3, (State Meteorological Service, 2023).

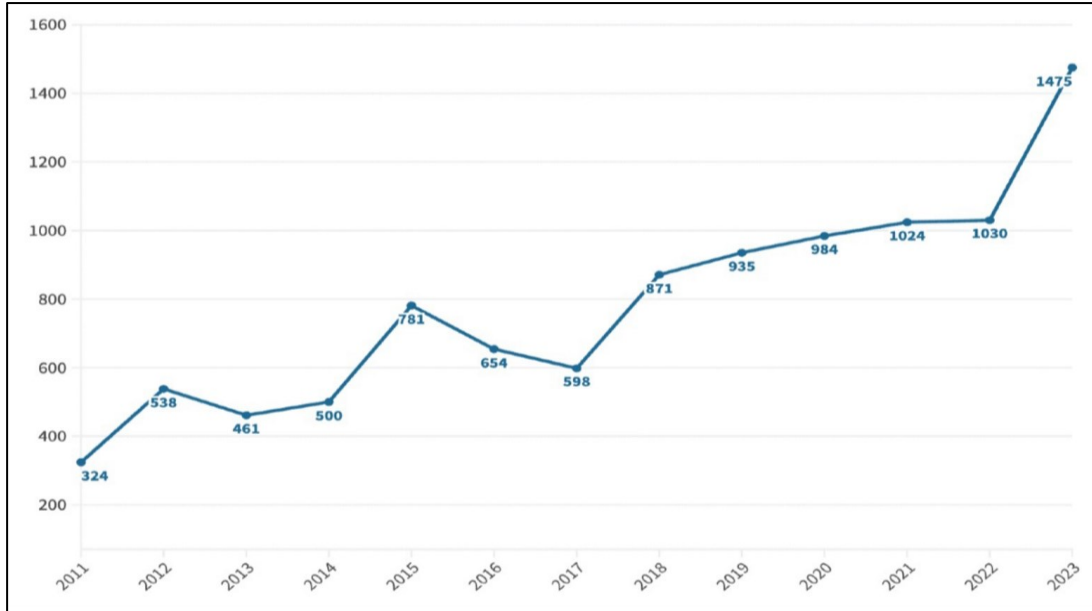


Figure 3. Number of extreme weather events in Turkey by year

In this context, the results of this study are presented under the relevant headings according to different city categories (Çobanyılmaz & Yüksel, 2013; Tapia et al., 2017). The increase of numerical value in the graphs indicates that the city has a high vulnerability in terms of being damaged from climate change; the decrease in the numerical value indicates a decrease in vulnerability.

3.1. General Characteristics of Cities

The vulnerability is a function of many city features, including physical geography, which makes the city sensitive to climate; In particular, proximity to the sea, topography, landscape, and demographic characteristics change the status of a city. Due to its geographical location and physical geographical conditions, Turkey is in a climate-sensitive state. The degree of this sensitivity varies according to the locations and demographics of the cities. Moreover, it is now impossible to change the location preference made in the past. Therefore, it should be considered in assessing the vulnerability of cities to climate change (OECD, 2014). The amount of a community's social capital should be positively correlated to community resilience by providing a safety net that can help individuals cope with the disaster and recover from it more quickly. The scores of the cities included in this study in terms of their general characteristics of cities are shown in Figure 3.1.1.

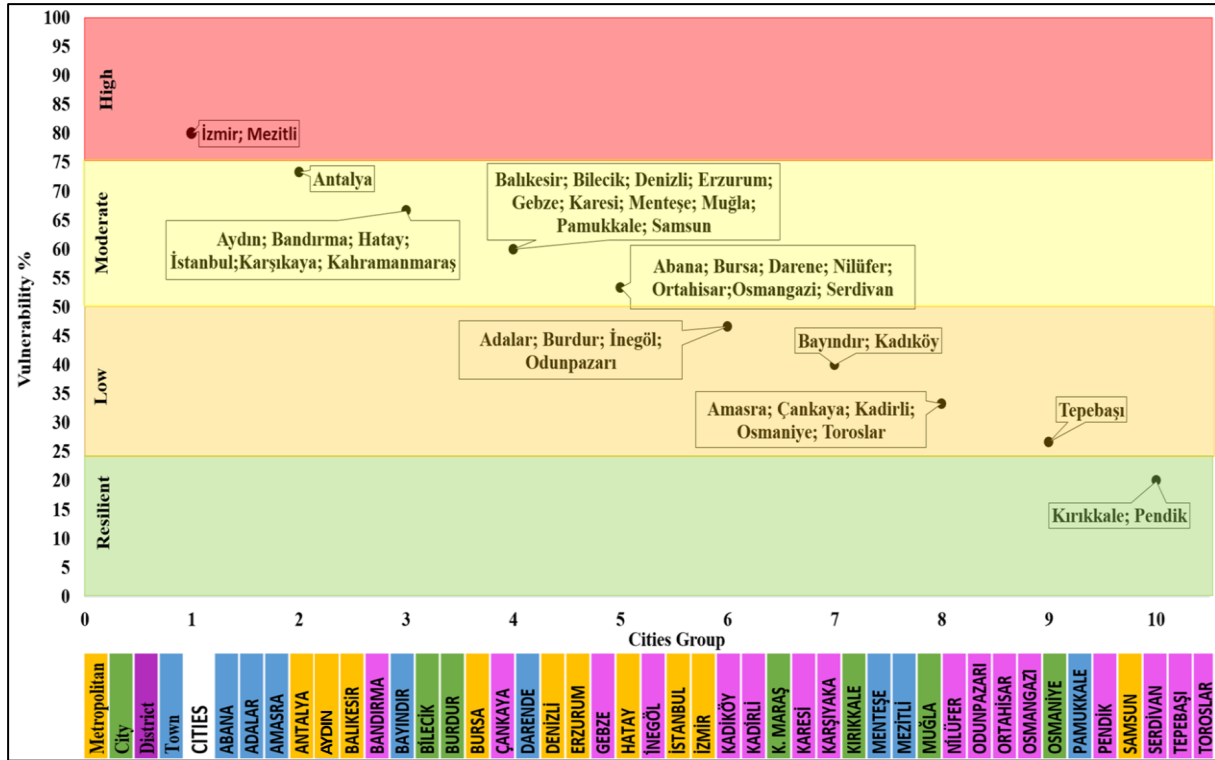


Figure 3.1.1. Vulnerability scores according to the general characteristics of cities

3.2. Socio-economic Structure

The socio-economic vulnerability component in this survey contributes equally to climate change risks along with climate hazards (Tapia et al., 2017; Lim, 2001; Mehrotra et al., 2009). Different communities and individuals are exposed to different hazard risks, even in the same area or region. There are some problems and difficulties in defining the socially vulnerable population in the context of climate change. The parameters used to determine the social security deficit should at least give an idea (Vincent, 2004; Katic, 2017). Therefore, household surveys are an important tool for collecting various social security vulnerability data (Ge & Zhang, 2017). The status of the cities participating in this survey in terms of their socio-economic structure is shown in Figure 3.2.1.

3.3. Built Environment

The physical components and human activities of the areas built in urban centers also interact with other climatic factors. Therefore, the vulnerabilities of cities exposed to the same climatic factors vary depending on the characteristics of the built environment (Wilby, 2007). For example, the built environment of a city may become more vulnerable if it is not built to tolerate excessive rainfall and is exposed to intense illegal construction. While the presence of large green areas with balanced distribution in the city mitigates these effects, especially the slums, low-code settlements, and industrial areas, transportation networks, freshwater reserves, and electricity distribution centers are primarily built-in environmental elements. Related infrastructure features are evaluated under a separate heading (Wilbanks & Fernandez, 2014). The distribution of cities by built-in environmental vulnerability levels and groups are shown in Figure 3.3.1.

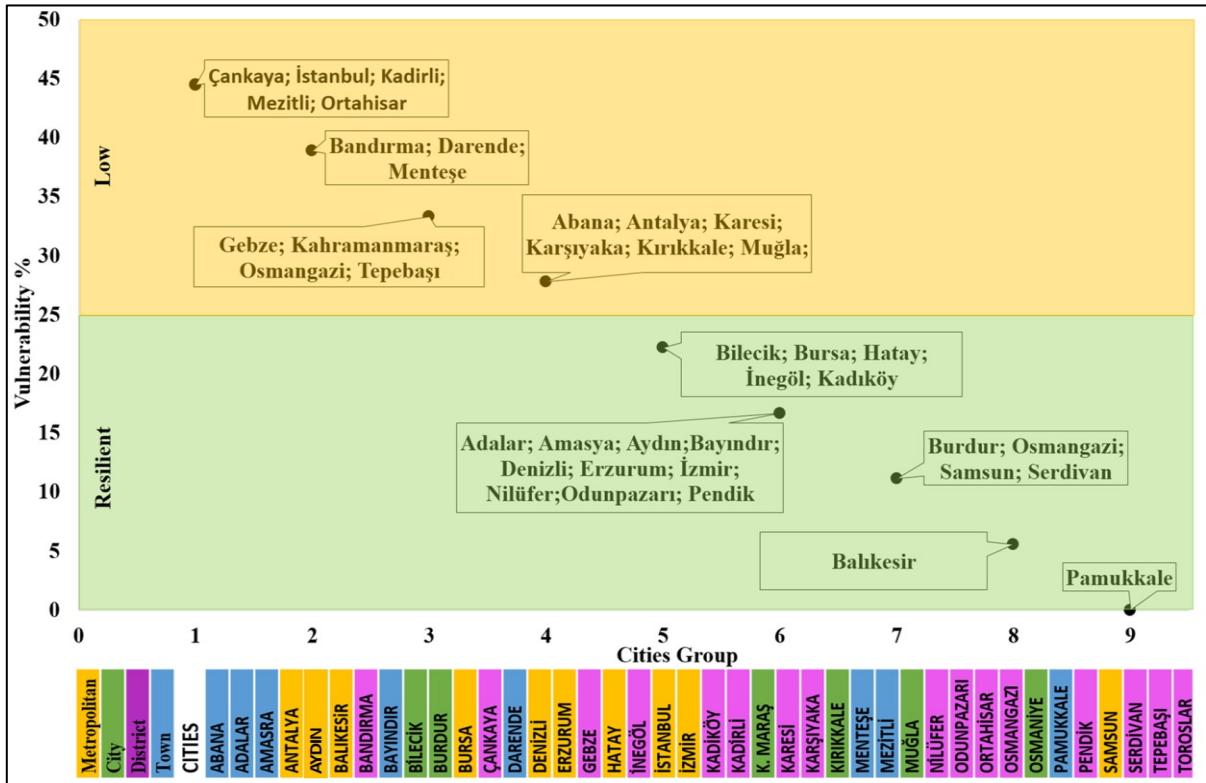


Figure 3.2.1. Vulnerability according to the socio-economic condition of cities

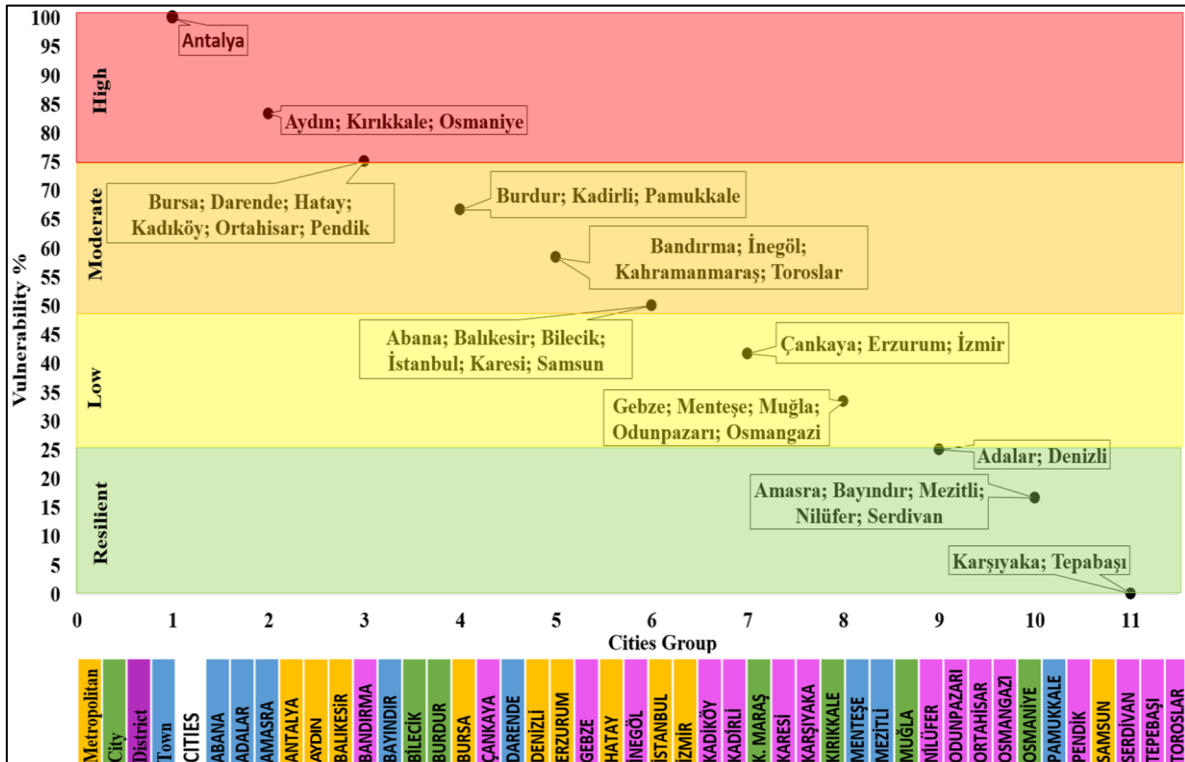


Figure 3.3.1 Vulnerability scores according to built-environment of cities

3.4. Physical infrastructure

Urban infrastructure systems are highly interactive and interdependent, although they often appear individually. Urban infrastructures include buildings and green spaces, energy systems, transportation systems, water systems, wastewater and drainage systems, communication systems, health systems, industrial structures, and other human design and construction products aimed at providing human

support services (Wilby, 2007).

These systems can reduce the risks of climate change, increase resilience to potential impacts, and reduce the magnitude and intensity of impacts with a range of adaptable behaviors (Wilbanks, & Fernandez, 2014). The vulnerability levels and group distribution of cities depending on the infrastructure systems consisting of these very important components for the possible effects of climate change are given in Figure 3.4.1.

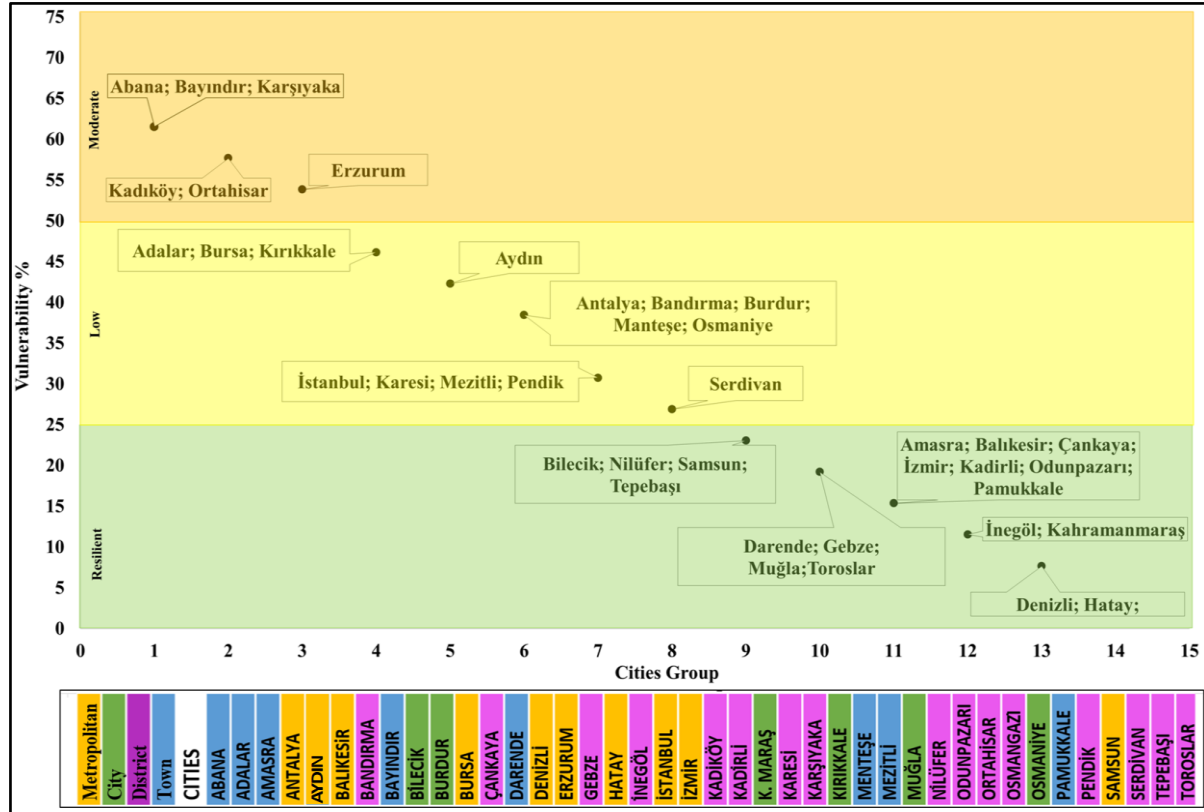


Figure 3.4.1. Vulnerability and risk scores according to the physical infrastructure condition of cities

3.5. Environment

Since environmental issues such as energy, green areas, treatment, and infrastructure are examined under previous headings, air/water quality, heat islands, and biodiversity in cities are evaluated in this heading. These indicators are factors that have important effects on quality of life and health conditions. If the environmental parameters of the cities do not meet the required standards, climate vulnerability will increase. For this reason, determining the environmental characteristics of the cities is very important both for their negative contribution to climate change and for the reduction of climate effects (Tayanc et al., 2009; Lee & Van de Meene, 2013). Besides, urban environment indicators should be taken into account in monitoring their future trends (Button, 2002). The distribution of cities by environmental vulnerability levels and groups are shown in Figure 3.5.1.

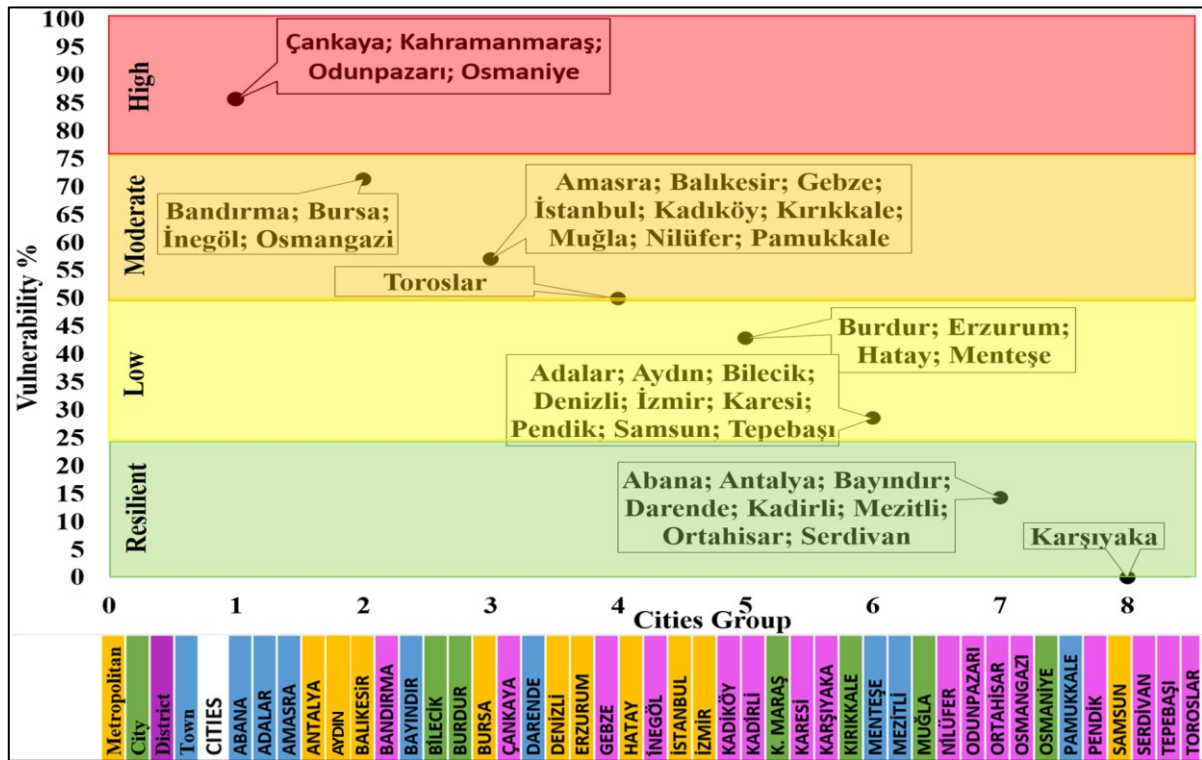


Figure 3.5.1. Vulnerability and risk scores according to the environmental condition of cities

3.6. Organizational Structure of Institutions

The institutionalization of urban adaptation practices to climate change is gradually becoming widespread. Thus, despite prolonged failures in generating international responses to climate change, the urban scale has started to become apparent that relatively concrete actions are possible. However, current studies on this issue are largely based on case studies and policy analysis of local adaptive responses in single cities (Button, 2002; Mukheibir & Ziervogel, 2007; Kay et al. 2018). More holistic assessments show that the cross-systemic effects of both climates change itself and adaptation strategies require that we coordinate policy responses across multiple cities (Bastin et al., 2019; Aylett, 2015). In this respect, determining the level of institutional organization in the face of climate events of many settlements is important in terms of understanding the level of organization of the cities in the same country (Figure 8). The figure was created depending on whether municipalities have administrative preparations for climate change, such as planning and management systems, adaptation strategy reports, public awareness programs, collaborations with NGOs, funds, disaster warning systems. When cities are analyzed under the Organizational Structure of Institutions heading, they are divided into 9 groups in 4 different categories (Figure 3.6.1.).

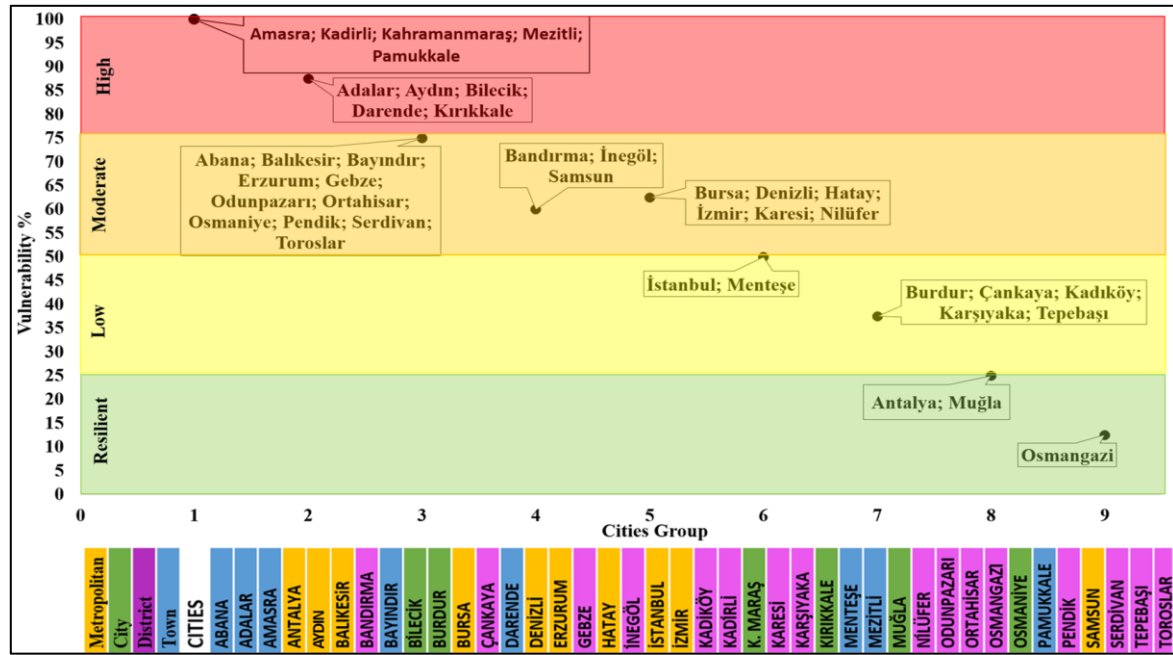


Figure 3.6.1. Vulnerability and risk scores according to the Organizational Structure of Institutions cities

3.7. Vulnerability and risk groups based on the total scores of cities from different sub-categories

Since the cities evaluated in this study have different characteristics, the scores they receive from each subcomponent also change their distribution according to the vulnerability categories (Zhang, et al., 2019). To evaluate the results of the cities with a holistic approach, it is necessary to analyze them according to the sum of the scores they get from each subcomponent (Figure 3.7.1.).

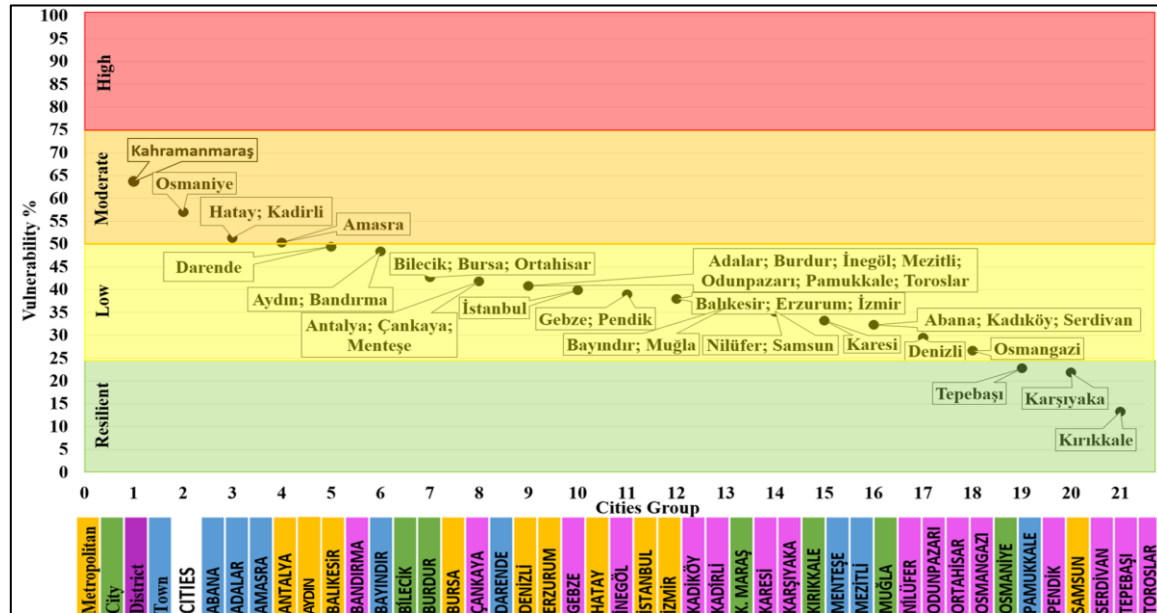


Figure 3.7.1. Vulnerability and risk groups based on the total scores of cities from different categories spending

3.8. Evaluation of cities according to average total score connected to each sub-categories

Under this subtitle, mean values were taken for each sub-parameter of all cities and these parameters were evaluated in terms of vulnerability (Figure 3.8.1.). According to the results obtained, The Organizational Structures of Urban Institutions is determined to be the biggest factor that increases

vulnerability to climate effects in terms of the majority of cities. This means that municipalities and other stakeholders in these cities are not aware of the seriousness of the situation and have no action plans.

However, in this context, the adequacy of the organizational structures of urban institutions constitutes a basis for the success of all sub-parameter. Another problematic issue is the Built-Environment. For this reason, especially municipalities have to take this into consideration in their new investments in order to tolerate the negative effects of climate on cities.

It is an important parameter in terms of vulnerability to climate effects in the General Features of the cities. It is almost impossible to change the geographical and ecological conditions of the city, which was chosen as a settlement in the past. In addition, demographic and sectoral characteristics should be taken into account in managing the process. In Figure 10, it is seen that the vulnerability rate that may arise from the General Characteristics of the Cities is quite high in terms of the relevant cities. At the very least, the situation should be taken into consideration when new city development plans are being made.

After the above parameters, Environmental and Physical Infrastructure are followed respectively. Physical Infrastructure is concerned with the competence of urban systems such as transportation, communication, sewage, water, electricity, and natural gas. The environment is an expression of urban characteristics such as wastes, biodiversity, clean water/air/soil, and climate. It is observed that the Socio-Economic Status has the least vulnerability to climatic events among all urban sub-parameters.

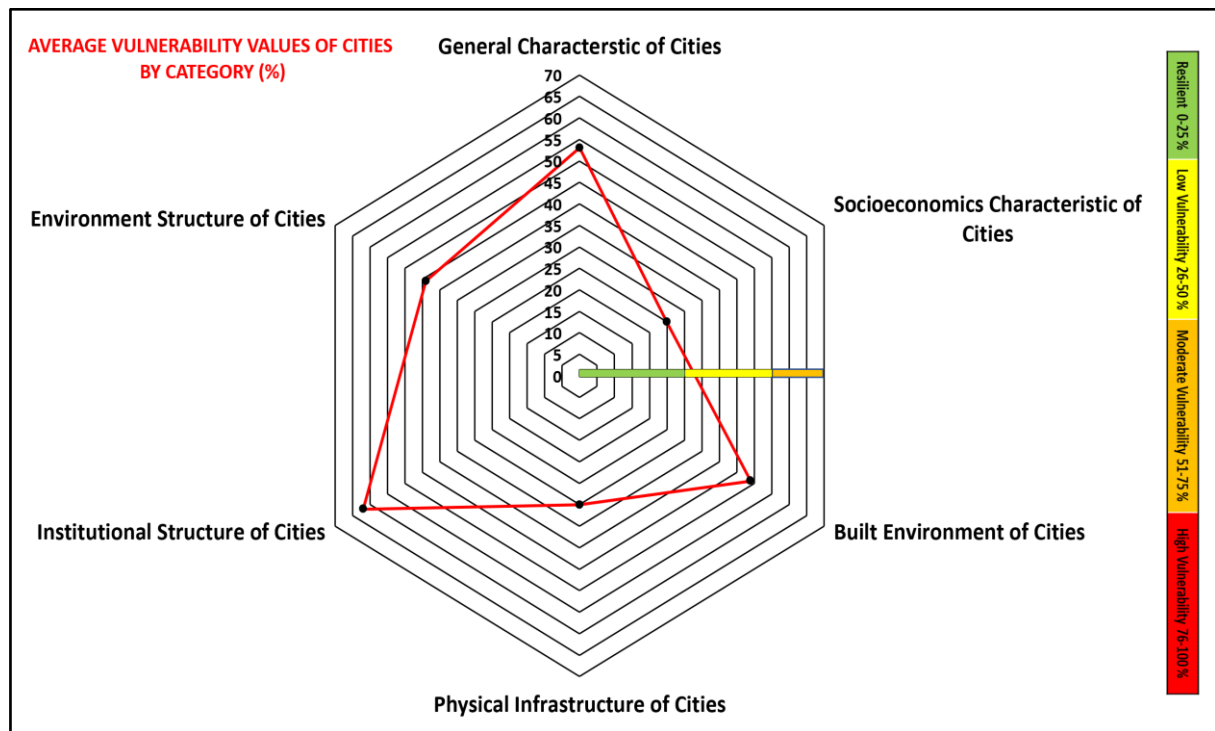


Figure 3.8.1. Evaluation of cities according to total score connected to each urban categories

4. CONCLUSION

To reduce urban vulnerability to climatic impacts, a new perspective is needed that can evaluate all health, social, economic, physical, environmental, and political factors together (De Sherbinin et al., 2007). In this context, actions at the level of governments are important, but municipalities have more important roles in climate change mitigation and adaptation (Cash & Moser, 2000). Therefore, it is imperative to implement action plans and policies based on urban vulnerability analysis for all global environmental problems that cause negative effects such as improving urban conditions and health and

reducing social inequality for urban authorities aiming to be a sustainable and healthy city. The correct and effective implementation of these policies depends on benefiting from the results of the studies put forward by scientific methods on the current status of the different components that make up the cities. However, there are not enough studies about how this affects the climate of cities in Turkey (Balaban, 2012; Tayanç, M., & Toros, 1997). In our study, it shows that the cities are quite weak in terms of institutional and organizational structures.

In Turkey, it is negatively affected by climate change as many other countries, It also wants to contribute to climate change efforts as a member of WHO-EHCN. When these 40 settlements are analyzed by vulnerability categories, it is seen that they show distribution as HV: 0, MV: 5, LV: 32, and R: 3, respectively. It can be considered optimistic that there are no settlements in HV and the number in MV. However, the fact that the number of settlements in the LV category is very high, seems to be relatively positive compared to others but indicates that urban dynamics will need to be further strengthened. The desired situation in this process is the increase in the number of cities in the R category. When a general evaluation of cities in terms of sub-parameters is made, it is seen that the biggest deficiency is in the Organizational Structures of Urban Institutions (the basis for the success of all sub-parameter), followed by General Characteristics of the Cities and Built-Environment, respectively. These results provide general information about cities, but they are not sufficient to understand the strengths and weaknesses of each city. Considering vulnerability assessments for each sub-parameter will contribute more to the development of appropriate policies.

5. ACKNOWLEDGEMENT

We thank the Turkish Healthy Cities Association member municipalities for their contributions.

6. REFERENCES

- Aylett, A. 2015. Institutionalizing the urban governance of climate change adaptation: Results of an international survey. *Urban Climate*. 14, 4-16. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.06.005>
- Balaban, O. 2012. Climate change and cities: a review on the impacts and policy responses. *METU Journal of the Faculty of Architecture*. 29(1), 21-44.
DOI: E1T0.U43J0F5A/M2E0T1U2/.J1FA.2012.12.21
https://www.researchgate.net/profile/Osman_Balaban/publication/260417969_Climate_change_and_cities_A_review_on_the_impacts_and_policy_responses/links/55088c8a0cf2d7a2812a5cc3.pdf
- Bastin, J-F., Clark, E., Elliott T., Hart, S., van den Hoogen, J., Hordijk, I., Hordijk, I., Ma, H., Majumder, S., Manoli, G., Maschler, J., Mo, L., Routh, D., Yu, K., M. Zohner, C., W. Crowther T. 2019. Understanding climate change from a global analysis of city analogues. *PLoS ONE* 14(7): e0217592. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224120>
- Brooks, N. and Adger, W. N. 2003. Country level risk measures of climate-related natural disasters and implications for adaptation to climate change, *Tyndall Centre Working Paper*. 26: http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp26.pdf
- Broto, V. C., & Bulkeley, H. 2013. A survey of urban climate change experiments in 100 cities. *Global Environmental Change*. 23(1), 92-102. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2012.07.005 <https://www.semanticscholar.org/paper/A-survey-of-urban-climate-change-experiments-in-100-Broto-Bulkeley/8ce9b7c55249a3d9b246e069d88bfbe1da5e0da4>
- Bulkeley, H., & Kern, K. 2006. Local government and the governing of climate change in Germany and the UK. *Urban Studies*. 43(12), 2237-2259. <https://doi.org/10.1080/00420980600936491>
- Button, K. (2002) City management and urban environmental indicators. *Ecological Economics*. 40(2), 217-233. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00255-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00255-5)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800901002555>
- C. Rosenzweig, W. D. Solecki, S. A. Hammer, S. Mehrotra, Eds., *Cambridge University Press*, Cambridge, UK. 179–213. <http://uccrn.org/files/2014/02/ARC3-Chapter-7.pdf>
- Campbell-Lendrum, D. & Corvalán, C. 2007. Climate change and developing-country cities: implications for environmental health and equity. *Journal Of Urban Health*. 84(1), 109-117. doi: 10.1007/s11524-007-9170-x <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1891643/>

- Çobanyılmaz, P. & Yüksel, Ü. D. 2013. Determination of Vulnerability of Cities to Climate Change: The Case of Ankara. *Journal of Natural & Applied Sciences.*; 17(3).
<http://dergipark.org.tr/en/download/article-file/193795>
- Connelly, A., Carter, J., Handley, J., Hincks, S. 2018. Enhancing the practical utility of risk assessments in climate change adaptation. *Sustainability*, MDPI, Open Access Journal 10(5), pages 1-12, May. Handle: RePEc:gam:jsusta:v:10:y:2018:i:5:p:1399-d:144171
<https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v10y2018i5p1399-d144171.html>
- Cutter, S.L., Boruff, B.J. and Shirley, W.L. 2003. *Social Vulnerability To Environmental Hazards*. 84: 242-261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1540-6237.8402002>
- Dale, A., Robinson, J., King, L., Burch, S., Newell, R., Shaw, A., & Jost, F. (2020). Meeting the climate change challenge: local government climate action in British Columbia, Canada. *Climate Policy*, 20(7), 866-880. <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1651244>
- Das, S., Choudhury, M. R., Chatterjee, B., Das, P., Bagri, S., Paul, D., ... & Dutta, S. (2024). Unraveling the urban climate crisis: Exploring the nexus of urbanization, climate change, and their impacts on the environment and human well-being—A global perspective. *AIMS Public Health*, 11(3), 963. <https://doi:10.3934/publichealth.2024050>
- De Sherbinin, A., Schiller, A., Pulsipher, A. 2007. The vulnerability of global cities to climate hazards. *Environment and Urbanization*. 19(1), 39-64.
<https://doi.org/10.1177/0956247807076725>
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0956247807076725>
- Dodman, D., Soltsova, K., Satterthwaite, D., Tacoli, C., Jack, C. 2015. Understanding the assessment and reduction of vulnerability to climate change in African cities: A focus on low-income and informal settlements. With assistance of Chris Jack. *Agence Francaise de Développement (série grise)*. 2015; 2(25). <https://www.afd.fr/en/ressources/understanding-assessment-and-reduction-vulnerability-climate-change-african-cities-focus-low-income-and-informal-settlements>
- Downing, T. E., Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., Moss, R., Rahman, A., Sokona Y., Stephen, L. 2001. Vulnerability Indices: Climate Change Impacts and Adaptation. *Unep Policy Series*, UNEP, Nairobi, Kenya.
[https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=582932](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=582932)
- Eckstein, D., Hutfils, M. L., Wings, M. 2017. Global Climate Risk Index 2019: Who suffers most from extreme weather events? Weather-related Loss Events in 2017 and 1998 to 2017. *Germanwatch Nord-Süd Initiative eV*. 2019. ISBN 978-3-943704-70-9.
https://germanwatch.org/files/Global%20Climate%20Risk%20Index%202019_2.pdf
- Eriksen, S. H., Kelly, P. M. 2007. Developing credible vulnerability indicators for climate adaptation policy assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 12(4), 495-524.
<https://doi.org/10.1007/s11027-006-3460-6> <https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-006-3460-6#citeas>
- EURASAT. 2017. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics>
- Field, C. B., Barros, V., Stocker, T., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K., ... Tignor, M.. 2012. IPCC, 2012: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, and New York, NY, USA. 2012; 30(11), 7575-7613. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf
- Füssel, H. M. 2010. Review and quantitative analysis of indices of climate change exposure, adaptive capacity, sensitivity, and impacts (English).
<http://documents.worldbank.org/curated/en/885101468164982209/pdf/520590WP0Adapt1round0note101PUBLIC1.pdf>
- Füssel, H. M., & Klein, R. J. 2006. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*. 75(3), 301-329. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3> <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-006-0329-3>
- Ge, Y., Dou & W., Zhang, H. 2017. A new framework for understanding urban social vulnerability from a network perspective. *Sustainability*. 9(10), 1723. <https://doi.org/10.3390/su9101723>
<https://www.mdpi.com/2071-1050/9/10/1723>

- GLA (Greater London Authority). Adapting to climate change: a checklist for development Guidance on designing developments in a changing climate London: *London Climate Change Partnership*. 2005. https://web.law.columbia.edu/sites/default/files/microsites/climate-change/uk_gla_2005.pdf
- Hallegatte, S., Corfee-Morlot, J. 2011. Understanding climate change impacts, vulnerability and adaptation at city scale: an introduction. *Climatic Change*. 104(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9981-8> <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-010-9981-8#citeas>
- Hinkel, J. 2011. Indicators of vulnerability and adaptive capacity: towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*. 21(1), 198-208. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378010000750>
- Hunt, A. & Watkiss, P. 2011. Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature. *Climatic Change*. 104(1), 13-49. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9975-6> <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-010-9975-6#citeas>
- Katic, K. 2017. Social vulnerability assessment tools for climate change and DRR programming [A guide to practitioners]. *United Nations Development Programme*. 2017. https://www.adaptation-undp.org/sites/default/files/resources/social_vulnerability05102017_0.pdf
- Kay, R., Scheuer, K., Dix, B., Bruguera, M., Wong, A., & Kim, J. (2018). Overcoming organizational barriers to implementing local government adaptation strategies. *California's Fourth Climate Change Assessment, California Natural Resources Agency. ICF and Local Government Commission. Publication number: CCCA4-CNRA2018-005. Disponivel em* http://climateassessment.ca.gov/techreports/docs/20180827-Governance_CCCA4-CNRA-2018-005.pdf, 6(05), 2023.
- Lanlan, J., Sarker, M. N. I., Ali, I., Firdaus, R. R., & Hossin, M. A. (2024). Vulnerability and resilience in the context of natural hazards: a critical conceptual analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 26(8), 19069-19092. [10.1007/s10668-023-03440-5](https://doi.org/10.1007/s10668-023-03440-5)
- Lee, T. & Van de Meene, S. 2013. Comparative studies of urban climate co-benefits in Asian cities: an analysis of relationships between CO2 emissions and environmental indicators. *Journal of Cleaner Production*. 58, 15-24. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.04.047 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613003211?via%3Dihub>
- Leichenko, R. 2011. Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 3(3), 164-168. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.12.014> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343510001533>
- Lim, B. 2001. UNDP-GEF Workshop for Developing an Adaptation Policy Framework for Climate Change. *Preliminary Report. St. Adele, Canada*. http://www.start.org/Projects/AIACC_Project/resources/ele_lib_docs/UNDP_Frame_English.pdf
- Lobo, J., Aggarwal, R. M., Alberti, M., Allen-Dumas, M., Bettencourt, L. M., Boone, C., ... & Gauthier, N. (2023). Integration of urban science and urban climate adaptation research: opportunities to advance climate action. *Urban Sustainability*, 3(1), 32. <https://doi.org/10.1038/s42949-023-00113-0>
- Mehrotra, S., Natenzon, C. E., Omojola, A., Folorunsho, R., Gilbride, J., Rosenzweig, C. 2009. Framework for city climate risk assessment. In *Fifth Urban Research Symposium*, Marseille, France. 28-30. <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1256566800920/6505269-1268260567624/Rosenzweig.pdf>
- Mehryar, S., Sasson, I., & Surminski, S. (2022). Supporting urban adaptation to climate change: What role can resilience measurement tools play?. *Urban Climate*, 41, 101047. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.101047>
- Mohiddin, L., Smith, G., Phelps, L. 2017. Metod Urban multi-sector vulnerability assessment tool for displacement contexts (UMVAT) *Guidance Note for Humanitarian Practitioners Stronger Cities Consortium*. ISBN:978-1-78431-479-8 <https://pubs.iied.org/pdfs/10823IIED.pdf>
- Mukheibir, P. & Ziervogel, G. 2007. Developing a Municipal Adaptation Plan (MAP) for climate change: The city of Cape Town. *Environment and Urbanization*. 19(1), 143-158. <https://doi.org/10.1177/0956247807076912> <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0956247807076912>

- O'Brien, G., O'keefe, P., Rose, J., Wisner, B. 2006. Climate change and disaster management. *Disasters*. 30(1), 64-80. 10.1111/j.1467-9523.2006.00307.x
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16512862>
- OECD. 2014. Special Envoy for Cities and Climate Change OECD Cities and Climate Change National Governments Enabling Local Action. <https://www.oecd.org/env/cc/Cities-and-climate-change-2014-Policy-Perspectives-Final-web.pdf>
- Prasad, N., Raghieri, F., Shah, F., Trohanis, Z., Kessler, E., Sinha, R. 2009. Climate Resilient Cities : A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters. Washington, DC: World Bank. © World Bank. License: CC BY 3.0 IGO. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/11986>
- Reckien, D., Flacke, J., Dawson, R. J., Heidrich, O., Olazabal, M., Foley, A., ... Geneletti, D. 2014. Climate change response in Europe: what's the reality? Analysis of adaptation and mitigation plans from 200 urban areas in 11 countries. *Climatic Change*. 122(1-2), 331-340. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0989-8> <https://research.utwente.nl/en/publications/climate-change-response-in-europe-whats-the-reality-analysis-of-a>
- Reckien, D., Salvia, M., Heidrich, O., Church, J. M., Pietrapertosa, F., De Gregorio-Hurtado, S., ..., Orru, H. 2018. How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of Cleaner Production*. 191, 207-219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.220>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618308977>
- Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., Bowman, T., Ibrahim, S. A. 2015. ARC3. 2 Summary for city leaders urban climate change research network. *New York: Columbia University*. Retrieved on December, 16., <http://uccrn.org/files/2015/12/ARC3-2-web.pdf>
- Satterthwaite, D. 2009. The implications of population growth and urbanization for climate change. *Environment and Urbanization*. 21(2), 545-567. <https://doi.org/10.1177/0956247809344361>
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0956247809344361>
- Shepherd, J. M. 2013. Impacts of urbanization on precipitation and storms: Physical insights and vulnerabilities. *Climate Vulnerability*. 5, 109-125. 10.1016/B978-0-12-384703-4.00503-7
https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/2013/ja_2013_shepherd_003.pdf
- Simonet, G. & Leseur, A. 2019. Barriers and drivers to adaptation to climate change—a field study of ten French local authorities. *Climatic Change*. 155(4), 621-637. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02484-9> <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-019-02484-9?shared-article-renderer#citeas>
- State Meteorological Service, (2023). [https://mgm.gov.tr/eng/Yearly-Climate/State of the Climate in Turkey in 2018.pdf](https://mgm.gov.tr/eng/Yearly-Climate/State%20of%20the%20Climate%20in%20Turkey%20in%202018.pdf)
- Stolte, T. R., Koks, E. E., de Moel, H., Reimann, L., van Vliet, J., de Ruiter, M. C., & Ward, P. J. (2024). VulneraCity-drivers and dynamics of urban vulnerability based on a global systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 104535. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104535>
- Tapia, C., Abajo, B., Feliu, E., Mendizabal, M., Martinez, J. A., Fernández, J. G., ... Lejarazu, A. 2017. Profiling urban vulnerabilities to climate change: An indicator-based vulnerability assessment for European cities. *Ecological Indicators*.; 78, 142-155. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.040>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X17301036>
- Tayanc, M., & Toros, H.. 1997. Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey. *Climatic Change*. 35(4), 501-524. <https://doi.org/10.1023/A:1005357915441>
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005357915441#citeas>
- Tonmoy, F. N., El-Zein, A., Hinkel, J. 2014. Assessment of vulnerability to climate change using indicators: a meta-analysis of the literature. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. 5(6), 775-792. <https://doi.org/10.1002/wcc.314>
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wcc.314>
- TUİK. (2017). http://www.tuik.gov.tr/VeriTabanlari.do?vt_id=28&ust_id=null
- Türe, C. and Ar, M. 2018. Sağlıklı Şehirler Birliği Üye Kentlerinin İklim Değişikliğine Uyum

- Kapasitesinin Belirlenmesi (Determination of Adaptation to Climate Change Capacity of The Union City Healthy Cities), *SKB, Bursa-Turkey*. 2019. ISBN:978-605-80795-3-3.
<http://www.skb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/04/Uye-Kentlerin-Iklim-Degisikligi.pdf>
- USAID. 2017. Climate Risk Screening and Management Tool For use in activity design.
<https://www.climatelinks.org/sites/default/files/2017-05-24%20USAID%20CRM%20Activity%20tool%20%2B%20Annex.pdf>
- Vincent, K. 2004. Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa. *Tyndall Center for Climate Change Research*. Working Paper, 56(41), 1-50.
https://www.researchgate.net/publication/228809913_Creating_an_Index_of_Social_Vulnerability_to_Climate_Change_in_Africa/link/546478a50cf2c0c6aec52194/download
- Wilbanks, T. J. & Fernandez, S. 2014. Climate change and infrastructure, urban systems, and vulnerabilities: Technical report for the US Department of Energy in support of the national climate assessment. *Island Press*. 2014. ISBN 978-1-61091-556-4
<https://www.springer.com/gp/book/9781610915564>
- Wilby, R. L. 2007. A review of climate change impacts on the built environment. *Built Environment*. 33(1), 31-45. <https://www.jstor.org/stable/23289471>
- World Bank. 2009. Climate Resilient Cities A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters, *World Bank, Washington D.C.*
<http://documents.worldbank.org/curated/en/164671468026943315/pdf/466800PUB0Clim101OFFICIAL0USE0ONLY1.pdf>
- World Bank. 2010. Cities and climate change: an urgent agenda. *World Bank*. 2010.
<https://siteresources.worldbank.org/INTUWM/Resources/340232-1205330656272/CitiesandClimateChange.pdf>
- World Bank. 2011. Guide to climate change adaptation in cities. *World Bank*.
<http://hdl.handle.net/10986/27396>
- Zhang, M., Liu, Z., van Dijk, M. P. 2019. Measuring urban vulnerability to climate change using an integrated approach, assessing climate risks in Beijing. *PeerJ*. 7, e7018. 10.7717/peerj.7018
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31179195>

RESILIENCE
e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

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

Key Location Attributes of Disaster Medical Services Headquarters: Developing an Urban Health Care Disaster Preparedness Model

Afetlerde Sağlık Hizmetleri Merkezinin Konumu ve Kilit Özellikleri: Kent Modelinin Geliştirilmesi

Verda TUNALIGIL ^{1*} 
ORCID 0000-0002-4965-9231

¹ Disaster Health and Emergency Medical Services, TR MoH Health Directorate of İstanbul, İstanbul, Türkiye

Öne Çıkanlar / Highlights

- Effective emergency management hinges on the strategic positioning of health service headquarters during disasters.
- Across the scenarios analyzed, common themes of infrastructure damage, communication breakdowns, and access limitations surfaced as major challenges.
- A tailored qualitative framework was employed to evaluate six high-risk disaster scenarios, concentrating on vulnerabilities and communication failures.
- To address these issues, the proposed model emphasizes the importance of risk assessment, infrastructure improvement, and active community engagement to enhance resilience in disaster response efforts.
- The key findings revealed that suboptimal locations for headquarters significantly increase risks during earthquakes, leading to traffic congestion, structural damage, and shortages of essential resources.
- The findings highlight the necessity for context-specific preparedness strategies and call for further research into health service management across various disaster scenarios.



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:

04/11/2024

Kabul / Accepted:

23/12/2024

Anahtar Kelimeler

halk sağlığı acilleri, kitlesel ölümler, deprem, sel, sağlık hizmetleri, altyapı, iletişim, stratejik karar analizi, kaynak yönetimi, risk değerlendirme

Keywords

public health emergencies, mass

Özet

Afetlerde sağlık hizmetlerinin yönetildiği merkezlerin stratejik konumu, etkili acil durum yönetimi açısından kritik öneme sahiptir. Bu araştırma, afet senaryolarında sağlık hizmetlerini yönetmek için gerekli olan temel nitelikleri inceleyerek altyapı, iletişim ve kaynak yönetimine vurgu yapmaktadır. Çalışmada, kamu sağlığının korunmasına yönelik afet yönetimi hazırlıklarında model geliştirme amacıyla uyarlanmış bir nitel analiz çerçevesi kullanılmıştır. Altı yüksek-riskli afet senaryosunun tematik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu senaryolar, afet yanıtı sırasında karşılaşılan bir dizi zorluğu kapsamaktadır ve bu amaçla özgün olarak tasarlanmıştır. Kırılganlıklar ile iletişimde oluşabilecek aksaklıklar üzerinde durulmuştur. Nitel analiz yaklaşımıyla, ortak temalar belirlenmiş, hedeflenen sonuçlarla uyumlu hale getirilmiş, afetlerde sağlık hizmetinin optimum koşullarda yönetilmesi amacıyla, etkili unsurlar kapsamlı şekilde incelenmiş, nihai olarak model geliştirilmiştir. Özellikle depremlerde, erişim sınırlamaları ve ruh sağlığı etkileri gibi ortak temaları ortaya çıkarmıştır. Önerilen model, risk değerlendirmesi, altyapı iyileştirmeleri ve toplum katılımını vurgulamaktadır. Dayanıklılığın ve yanıt etkinliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Araştırmada, afet risklerini azaltmak için stratejik olarak yerleştirilmiş sağlık hizmetleri merkezlerine olan ihtiyacı vurgulanmaktadır. Model, etkin afet yönetimi konusunda önemli öngörüler sunmaktadır. Bulguların

casualty incident, earthquake, flood, health services, infrastructure, communication, strategic decision analysis, resource management, risk assessment

evrensel ölçekte uygulanabilir olması ve hazırlık stratejilerinin yaygınlaştırılabilir olması için, araştırmaların sürdürülmesi önerilmektedir. Modelin bileşenlerini temsil eden bir şema, paydaşların anlayışını artırmak ve uygulamayı kolaylaştırmak amacıyla sağlanmıştır. Yapılan literatür taramasında, afetlerde sağlık hizmetleri merkezlerinin konumunu ve kilit özelliklerini tanımlayan bir kent modelinin ve buna ait bileşenlerin temsil edildiği bir şemanın ilk kez sunulduğu sonucuna varılmıştır. Bu bakış açısıyla araştırma, önemli bir eksikliğe dikkat çekmektedir.

Abstract

INTRODUCTION: The strategic location of headquarters for health services management during disasters is critical for effective emergency response. This research examines essential qualities necessary for managing health services in disaster scenarios, emphasizing infrastructure, communication, and resource management. **METHODS:** This study utilized an adaptive qualitative analysis framework to develop a model for public health preparedness and disaster management, employing thematic analysis of six high-risk disaster scenarios. These scenarios were deliberately selected to encapsulate a range of challenges encountered during disaster response, with a particular emphasis on vulnerabilities and communication breakdowns. The analytical approach was tailored to align with the specific themes and intended outcomes of the study, facilitating a comprehensive exploration of the factors influencing effective health service management in disaster contexts. **RESULTS:** The findings illustrate significant risks associated with suboptimal headquarters location, particularly during earthquakes. Scenarios highlighted issues such as traffic congestion, structural vulnerabilities, and flooding that impede emergency response. These challenges lead to resource shortages and complicate public health interventions, while proximity to high-risk facilities poses additional threats. **DISCUSSION:** Analysis of the six scenarios revealed common themes: infrastructure damage, strain on emergency services, communication failures, access limitations, and mental health repercussions. The proposed model emphasizes risk assessment, infrastructure improvements, and community engagement to enhance resilience and response efficacy. **CONCLUSIONS:** This research emphasizes the need for a strategically located headquarters for the management of health services, to mitigate disaster risks. While the model offers insights into effective disaster management, its findings are not universally applicable, necessitating further research to refine preparedness strategies in varied contexts. A diagram representing the model's components is provided to enhance stakeholder understanding and facilitate implementation. This original research study, in conclusion, identifies the primary role of location and essential characteristics of main office operation centers in health services management during disasters. In this regard, the article highlights a significant gap, presenting for the first time a city model that describes these aspects along with a diagram representing its components.

1. INTRODUCTION

The main headquarters (HQ) for managing health services in emergencies should possess several key attributes. A strategic location is crucial for ensuring easy accessibility by emergency response teams. The HQ should be situated near affected areas to facilitate rapid assessments and deployment. A sturdy and resilient infrastructure and trans-disciplinary research to enhance health systems' disaster readiness is advocated in earlier research. The urgent need for effective prevention and preparedness in the face of increasing natural hazards and their significant economic and life impacts (Shover, 2007). The HQ must ensure well-established foundation, reliable and effective communication systems, addressing the urgent need for improved health system readiness and disaster response, especially in the face of increasing natural hazards. The central HQ responsible for overseeing health services during emergencies should have several essential characteristics.

Comprehensive communication systems are crucial, as advanced communication tools enable effective coordination with various agencies, health personnel, and the public during emergencies. Effective communication is vital in disaster management. Studies highlight the importance of a clear command structure to optimize resource use, identify persistent communication failures that hinder casualty management and responder safety, and emphasize the need for improved training and local readiness through disaster drills to enhance health system resilience (De Cauwer *et al.*, 2023; Shover, 2007; Watson *et al.*, 2012).

The HQ should be staffed with trained professionals and skilled personnel who specialize in emergency management, public health, logistics, and communication to ensure a competent response. One study found that United States (U.S.) military health care personnel involved in global health missions exhibited moderate preparedness for disaster management, with various factors influencing their readiness (King *et al.*, 2019), while a review highlighted the need for improved disaster preparedness among nurses in developing countries, emphasizing the importance of structured educational programs and training to enhance their competencies (Songwathana & Timalsina, 2021).

The premises of a disaster medical services HQ must possess advanced data management capabilities, comprising systems for the collection, analysis, sharing and dissemination of health data. These capabilities are essential to support informed decision-making processes. A scoping review highlights the critical role of public health emergency operations centers in managing public health crises, emphasizing the necessity of effective data management for operational efficiency and decision-making (Allen & Spencer, 2023). A study on Hurricane Maria emphasizes the importance of integrating meticulous data collection and visualization systems into disaster preparedness (Kress *et al.*, 2022). Lessons from the SARS-CoV-2 pandemic further reveal the need for safeguarding data integrity amid emergencies (Black, Moncada, & Herstad, 2021). A proposed framework for geographically distributed data management aims to enhance response times and data analysis across multiple centers as data volumes increase (Emara *et al.*, 2023).

Flexibility and adaptability are crucial. The structure must be able to quickly adjust to changing circumstances and emerging needs in response to crises. Effective resource management is vital, and the facility should implement efficient inventory management systems for medical supplies, equipment, and personnel to ensure optimal operation. Collaboration facilities are necessary. Spaces must be provided for joint operations with other agencies and stakeholders to enhance teamwork and coordination in emergency response efforts. The inclusion of training and simulation areas is essential for ongoing training, to enable staff to prepare for various emergency scenarios and to ensure readiness when crises arise. Public health expertise entails access to epidemiologists and public health officials who can provide guidance on health interventions based on the latest data and evidence. A review highlights the urgent need to assess nations' readiness for public health emergencies (Haebeler *et al.*, 2021), while an article discusses the increasing complexity and financial challenges that hinder agencies from responding effectively, emphasizing that the aforementioned features and indispensable characteristics are paramount for the HQ to coordinate health services and manage emergencies swiftly and efficiently (Chiang *et al.*, 2020). These critical attributes ensure that the HQ can competently coordinate health services and respond to emergencies (Table 1).

Table 1. Key attributes for the main headquarters for managing disaster medical services in public health emergencies.

Criteria	Description
Strategic location	Easily accessible for emergency response teams, close to affected areas for rapid deployment.
Robust infrastructure	Reliable utilities such as electricity, water, communication systems to ensure effective operation during crises.
Comprehensive communication systems	Advanced tools for coordinating with agencies, health personnel, and the public.
Skilled personnel	Staffed with trained professionals in emergency management, public health, logistics, communication.
Data management capabilities	Systems for collecting, analyzing, and sharing health data to inform decision-making.
Flexibility and adaptability	Ability to quickly adjust to changing circumstances and emerging needs.
Resource management	Effective inventory management systems for medical supplies, equipment, and personnel.
Collaboration facilities	Spaces for joint operations with other agencies and stakeholders to enhance teamwork and coordination.
Training and simulation areas	Facilities for ongoing training and simulations to prepare staff for various emergency scenarios.

Public health expertise	Access to epidemiologists and public health officials to guide health interventions based on the latest data.
--------------------------------	---

This study aims to identify and delineate the essential qualities that a primary HQ should possess for the effective management of health services during disaster situations. The objective of this study is distinctly original. In pursuing this goal, the research addresses a notable gap in the existing literature on disaster management. The methodology consisted of several distinct phases, including the examination of empirical case studies and events, the development of case scenarios for pedagogical elucidation, qualitative data collection, thematic analysis, and the construction of theoretical models.

2. METHODS

This research utilized qualitative analysis to construct a public health services preparedness and disaster health management model, focusing on the essential qualities required for the main HQ managing health services during disasters. The study employed a qualitative analysis method that has been adapted to align with the theme and intended outcome. The methodology involved distinct phases such as case scenario selection, qualitative data collection, thematic analysis, and model construction.

2.1 Case Scenario Selection

The research began with an analysis of empirical disaster events, followed by the development of six high-risk case scenarios, each illustrating distinct facets of disaster management. These formulated scenarios were based on historical data and expert opinions regarding vulnerabilities in disaster health management. The selected scenarios included large-scale earthquake in an urban environment, flooding in a low-lying area, biological outbreak following a disaster, fire in a high-density residential area, terrorist attack involving mass casualties, chemical spill near a health care facility.

The scenarios were chosen to encompass a range of potential disasters, ensuring a comprehensive exploration of the qualities necessary for effective health service management.

2.2 Thematic Analysis

The qualitative analysis focused on examining the six high-risk case scenarios to identify essential qualities for effective disaster management HQ. The analysis was conducted using a thematic analysis approach, adapted from Braun and Clarke, 2006 (Braun & Clarke, 2006). Familiarization involved the researcher thoroughly reviewing each case scenario to analyze the context and determine key elements presented. Initial coding followed, where the scenarios were systematically analyzed using an inductive process to identify significant features and recurring patterns, allowing for flexibility in capturing various disaster management aspects. Theme development emerged as the generated codes were grouped into broader themes that represented the qualities essential for an effective disaster management HQ. Review and refinement were conducted in the final stage, to ensure the coherence and relevance of the identified themes, with the investigator cross-checking them against the case scenarios to validate their alignment and refining them for enhanced clarity and applicability. This thematic analysis led to the formulation of a comprehensive model highlighting the critical qualities required for disaster health management, drawing directly from the insights gained through the detailed examination of the case scenarios.

2.3 Model Construction

A conceptual model of public health services preparedness and disaster health management was developed based on key themes identified from the scenarios. The model emphasizes mapping the risk components to understand vulnerabilities and resource needs. It uses six high-level risk scenarios to illustrate potential challenges and responses in order to pinpoint recurring themes in earthquake risks and health care access, such as infrastructure damage and communication breakdowns. The model includes components such as strategic location, infrastructure resilience, effective communication systems, resource management, training and simulation, and collaboration with community organizations. A diagram visually represents the interconnections among these elements, enhancing

understanding and communication among stakeholders involved in disaster health management planning and implementation (Figure 2).

2.4 Ethical Considerations

The research adhered to ethical guidelines for qualitative original research articles by confirming that the case scenarios were specifically and uniquely created by the researcher. This reflects a commitment to originality and ethical integrity. The investigator maintained transparency regarding the study's objectives and methodologies. The development and use of these scenarios were conducted with scholarly rigor.

2.5 Limitations

While the research methodology offers rich insights, the findings are not completely generalizable due to the absence of study participants or empirical phenomena, as the research relied solely on created scenarios. Future research is expected to build on this study by incorporating quantitative measures, exploring additional disaster scenarios, and integrating data from drills and empirical outcomes to enhance understanding.

This methodological framework lays the groundwork for developing an applicable model aimed at improving the preparedness of health services in disaster situations, ultimately striving to enhance outcomes for affected populations. The aim of this study is notably original, addressing a gap in the existing literature on disaster management, and the methodology employed is both innovative and creative.

3. RESULTS

The case examples demonstrated in this article illustrate failures resulting from an incorrectly located health services HQ during a large-scale earthquake in a metropolitan area that serves as the financial and cultural heart of the country. Traffic congestion arises because the HQ is situated in a crowded downtown area where critical access routes become blocked by debris, preventing emergency vehicles from reaching the facility and delaying medical assistance to injured individuals. The HQ, positioned in a seismically vulnerable zone, additionally suffers significant structural damage during the earthquake, rendering it unusable and hampering emergency operations and coordination of health services. Limited accessibility occurs as the facility is on a narrow street that quickly becomes inaccessible due to fallen buildings, making it difficult for first responders and medical personnel to reach the HQ and resulting in a backlog of patients needing immediate care. Located in a high-risk area, the HQ is furthermore cut off from supply routes due to landslides, leading to critical shortages of essential medical supplies and equipment that undermine response efforts citywide. Public panic escalates as the HQ is near cultural landmarks, drawing crowds seeking help, which creates chaos and complicates triage efforts. Delayed communication follows, as the HQ is in an area where communication networks are easily disrupted, preventing timely information dissemination about available medical services and leaving many unaware of where to seek help. Inadequate evacuation routes also present a concern. If the HQ is in a low-lying area prone to flooding, aftershocks could isolate the building, preventing safe transport of patients and personnel and resulting in unnecessary loss of life. As the city's heart, the location of the HQ can divert attention from other critical facilities, and if it fails to operate effectively, nearby hospitals and clinics may become overwhelmed, leading to a cascade of failures in the health care system and significant losses across the metropolitan area. These examples emphasize the crucial importance of strategically locating emergency response facilities in order to minimize losses during a disaster.

3.1 Mapping the Risk Components

High-risk buildings have the potential to cause significant harm not just to people, but also to the surrounding environment, making their resilience critical in earthquake-prone areas. They primarily pose threats to the community and the environment during earthquakes. Chemical and hazardous material facilities pose a risk of dangerous spills or explosions if damaged, as they store or process toxic chemicals. Landfills and waste management sites can experience compromised containment systems during earthquakes, potentially releasing contaminants into the environment. Oil refineries and storage

tanks have the potential to leak or explode, leading to fires and environmental contamination. Structural failures in dams and water reservoirs can result in catastrophic flooding, impacting communities downstream. Sewage treatment plants, if damaged, may release untreated sewage into water systems, posing significant health risks. Agricultural facilities, such as silos and processing plants, can disrupt food supply chains and lead to the loss of agricultural products.

Damage to public transportation routes and terminals, like train stations or bus depots, can additionally hinder emergency responses and evacuations, compromising community safety. A variety of high-risk objects that criminals use for arson are present in the HQ settlement or campus. These items are often chosen for their flammability or ability to create significant fire hazards and include old vehicle tires, gasoline and other flammable liquids, propane tanks, aerosol cans, wood pallets and crates, chemical containers, fireworks, and paper and cardboard.

Stray city dogs are typically well-fed, but during times of food scarcity, such as after an earthquake or other disasters, they can become dangerously hungry.

A maximum-security prison poses a significant risk of escape and public safety threats if its structural integrity is compromised during a large-scale earthquake. Located near the HQ settlement, the prison is well-protected under normal circumstances, but if the wall collapses during a large-scale earthquake, prisoners may escape and pose a threat to the public, the casualties, and the medical staff, potentially leading to violent incidents.

3.2 Six High-Level Risk Case Scenarios

Six high-level risk case scenarios illustrate how the wrong location of a health services HQ could lead to significant losses in a metropolitan area after a large-scale earthquake (Figure 1).



Figure 1. An illustration of risks indicating potential losses resulting from the improper positioning of health services headquarters following an earthquake.

3.2.1 High-Level scenario 1: Chaos and resource strain

After an earthquake, the risks include severe traffic congestion, public panic, overcrowding, trapped vehicles, resource strain, and stray dogs. In the immediate aftermath, widespread fear drives people to evacuate buildings, leading to gridlock that hinders emergency responders. Many individuals become stuck in their cars, amplifying urgency and chaos as crowds gather in search of safety. Emergency services face overwhelming demand, with numerous injured or traumatized individuals. The presence of street animals, typically well-fed in urban environments under normal circumstances, may become a concern post-earthquake, as their hunger drives them to seek food aggressively in the days following the event. This behavioral shift introduces an additional layer of unpredictability and potential danger, complicating rescue operations in an already chaotic environment. A mix of delays, overcrowding, and stray animals complicates rescue efforts and heightens risks for all involved.

The risk components include traffic chaos and delays, public panic and overcrowding, trapped vehicles, resource strain, and the presence of stray dogs.

The impact entails impaired emergency response, increased injuries, psychological stress, complicated rescue operations, and the potential for additional conflicts.

This scenario emphasizes the critical need for effective disaster preparedness and response strategies to manage chaos and ensure the safety of both individuals and emergency responders in the aftermath of an earthquake.

3.2.2 High-Level scenario 2: Structural collapse and security threats

When an earthquake strikes, it precipitates catastrophic structural collapse at the HQ, leading to dire consequences. The violent tremors cause buildings to crumble, trapping both staff and patients inside. In the midst of this chaos, prisoners escape from a nearby facility, heightening panic and fear within the community. Their presence not only intensifies public anxiety but also complicates rescue operations, as responders must navigate the dual crisis of rescuing those trapped while also addressing the potential threat posed by escaped inmates. As news of the disaster spreads, families and onlookers are engulfed in fear for their loved ones' safety. The situation reveals how natural disasters can severely undermine structural integrity and human behavior, creating a complex web of security threats that complicates recovery efforts. This crisis underscores the urgent need for preparedness and effective response strategies to protect both lives and community stability in the face of such overwhelming challenges.

The risk components include structural collapse of the HQ, threat posed by escaped prisoners, compromised rescue efforts and equipment, safety of patients, and heightened public fear.

The impact involves trapped individuals facing life-threatening conditions, overwhelmed emergency responders, escalating public fear, delays in rescue operations, and community unrest and uncertainty.

This multifaceted crisis illustrates the far-reaching impacts of a natural disaster, where every element, be it structural integrity or human behavior, can dramatically alter the outcome for those affected.

This harrowing scenario emphasizes the urgent need for comprehensive emergency planning that addresses not only structural safety but also the management of potential secondary threats to ensure the safety and well-being of all individuals during a disaster.

3.2.3 High-Level scenario 3: Communication breakdown and fire risk

In the event of an earthquake, significant hazards arise, including communication breakdowns and fire risks. Poor communication within the HQ prevents crucial supply information from being relayed, leading to a disorganized response. The chaos increases security threats, particularly around flammable materials stored in the facility. This volatile situation complicates efforts to coordinate with emergency services, leaving staff and patients vulnerable. The likelihood of significant fires escalates,

overwhelming already stretched emergency responders. Panic spreads among those trapped inside as they confront these threats.

The risk components include communication breakdowns, fire risk, disorganized response, vulnerability of staff and patients, and chaos from escalating dangers.

The impact entails ineffective resource allocation, increased likelihood of fire spreading, overwhelming challenges for emergency responders, heightened panic among those trapped, and compromised safety and security.

This scenario highlights the critical importance of effective communication during emergencies, as its breakdown can exacerbate risks and hinder timely responses, endangering lives and complicating recovery efforts.

3.2.4 High-Level scenario 4: Flooding and neglect of resources

In a chaotic scenario of simultaneous flooding and an earthquake, significant hazards emerge, such as structural damage to the HQ and the flooding of essential resources. The earthquake compromises the HQ's integrity and triggers nearby flooding, isolating patients and staff inside while other facilities remain unutilized. As floodwaters rise, trapped individuals face drowning threats and fear from stray dogs. Focus on rescuing those within the HQ neglects alternative care options, overwhelming emergency responders. With panic escalating, staff struggle to care for patients amid these dangers, while inaccessible nearby facilities leave many without crucial support.

The risk components include structural damage to the HQ, inundation of critical resources, presence of stray dogs, limited access to alternative care facilities, and strained emergency response.

The impact involves the immediate threat of drowning for trapped individuals, panic among staff complicating patient care, neglected alternative care options, escalating fear and chaos diminishing morale, and an overall hindered emergency response leading to delayed assistance and greater loss of life.

This crisis situation highlights the need for comprehensive emergency preparedness that addresses multiple hazards for effective responses.

3.2.5 High-Level scenario 5: Public panic and communication gaps

In the aftermath of an earthquake, the situation is filled with challenges and hazards that can escalate quickly. Buildings may collapse, trapping individuals and causing panic, while essential services like electricity, water, and communication are disrupted. Evacuations overwhelm emergency response teams, and shelters become overcrowded, complicating care for the injured. Communication failures hinder the flow of crucial information about resources and evacuation procedures. Secondary hazards, such as ruptured gas lines and unstable structures, add to the danger.

The risk components include structural damage to the HQ, inundation of critical resources, limited access to alternative care facilities, and strained emergency response.

The impact involves the immediate threat of drowning for trapped individuals, panic among staff complicating patient care, neglected alternative care options, escalating fear and chaos diminishing morale, and an overall hindered emergency response leading to delayed assistance and greater loss of life.

Effective coordination among emergency services is essential to address the needs of those affected, highlighting the importance of preparedness and resilience in facing such disasters.

3.2.6 High-Level scenario 6: Evacuation failures and arson threats

In an earthquake, evacuation challenges and the threat of arson from escaped prisoners create a dangerous situation. Structural failures impede the safe movement of patients and staff, complicating

evacuation efforts. If a nearby maximum-security prison's wall collapses, inmates could escape, posing serious risks to the public and rescue personnel. This chaos may lead to arson using hazardous materials, endangering trapped patients and emergency responders. The combination of blocked evacuation routes, unpredictable prisoner behavior, and fire risks makes the situation highly volatile, highlighting the urgent need for effective emergency plans to address these complexities and protect everyone involved.

The risk components include evacuation complications, threat from escaped prisoners, potential for arson, violent confrontations, and compromised emergency response.

The impact involves increased risk of injury or fatalities among trapped individuals, heightened danger for emergency responders, delayed evacuation efforts, escalation of chaos and fear within the community, and overall strain on emergency services.

This emphasizes the urgent need for comprehensive emergency plans that account for such complexities, ensuring that all potential risks are addressed effectively to safeguard both those in need of care and the responders risking their lives to help them.

4. DISCUSSION

A central HQ for disaster health services must prioritize robust infrastructure and effective communication to enhance health system readiness and response. Given the increasing frequency of natural hazards, the HQ should not only manage health services during emergencies but also strengthen system resilience. Key features include strict building codes and strategically located facilities to minimize vulnerabilities, as many existing hospitals are not designed to withstand significant earthquakes, raising injury risks (Peleg, Reuveni, & Stein, 2002). The HQ must additionally facilitate swift medical responses, including the rapid deployment of field hospitals, as local medical staff may be overwhelmed. Regular training exercises and effective communication systems are vital for coordinated response efforts. The psychological impact of disasters, especially on children, emphasizes the need for mental health support for victims and rescue teams. Innovative logistics models can further optimize disaster response. A humanitarian relief logistics model can minimize costs, address personnel shortages, and reduce evacuation failures, effectively managing resource distribution and victim evacuation (Ghasemi, Goodarzian, & Abraham, 2022). A well-equipped and strategically designed HQ for disaster health services management is essential. Health system resilience and response can be significantly improved in the face of increasing natural hazards. This improvement depends on strong infrastructure, effective communication, and comprehensive preparedness strategies.

Effective management of health services during emergencies requires strategic planning and specific attributes for the HQ overseeing these operations. Key elements include a strategic location for quick access by emergency teams, robust infrastructure to ensure utilities function reliably, and advanced communication systems for coordination among agencies and the public. The increasing vulnerability to natural disasters necessitates multidisciplinary research to strengthen disaster readiness. A 2011 disaster report highlights the significant loss of life and economic impact caused by natural disasters, which have increased in frequency since the 1970s, drawing attention to the critical need for effective disaster preparedness (Guha-Sapir, Vos, Below, & Ponserre, 2011; Watson *et al.*, 2012). Communication failures have historically impeded effective emergency response, as shown in a review of incidents from 1995 to 2017, which found that inadequate training, outdated equipment, and damaged infrastructure persist despite previous lessons learned. This emphasizes the necessity for improved resources and training in emergency services (De Cauwer *et al.*, 2023). Enhancing local health system resilience hinges on educating health care professionals through local disaster drills (Watson *et al.*, 2012). Employing skilled professionals in emergency management, public health, and logistics is vital. A study assessing U.S. military health care personnel revealed moderate preparedness levels influenced by factors such as disaster training and experience (King *et al.*, 2019). In developing countries, health care workers often demonstrate inadequate preparedness for disasters, emphasizing the need for enhanced training and educational resources (Songwathana & Timalisina, 2021).

Sophisticated data management systems are critical for effective decision-making during crises. A scoping review stated that public health emergency operations centers must prioritize robust data management capabilities to optimize functionality (Allen & Spencer, 2023). Lessons from Hurricane Maria emphasize integrating data management into disaster preparedness and developing flexible systems to handle unforeseen challenges (Kress *et al.*, 2022). The COVID-19 pandemic further revealed vulnerabilities in data management, necessitating strategies for secure data safeguarding and integrity during emergencies (Black *et al.*, 2021). Lastly, a framework for geographically distributed data management aims to enhance large-scale data analysis, addressing storage and processing challenges in emergency contexts (Emara *et al.*, 2023).

A review highlighted the importance of assessing countries' preparedness for public health emergencies, especially following recent disease crises. The study evaluated 12 existing assessment tools, using a framework to gauge their effectiveness and utility. While there was general agreement on key elements of preparedness, the tools varied significantly in their focus, assessment methods, and user-friendliness. The study concluded that improvements are needed in these assessment tools, as well as in applied research to identify valid indicators of system response capabilities (Haeberer *et al.*, 2021). An article discussed the increasing complexity and cost of public health emergencies in the U.S., which often overwhelm agencies designed for routine health functions. It highlighted the unpredictability of emergencies and the challenges in preparing staff for rapid response due to resource limitations and lack of real-world data linking preparedness to outcomes. The study suggested metrics for emergency managers to consistently assess agency preparedness, positioning the framework as a valuable complement to existing preparedness strategies in public health agencies (Chiang *et al.*, 2020).

4.1 Recurring Themes in Earthquake Risks and Health Care Access in a Six-Scenario Analysis

The qualitative analysis includes a detailed breakdown of the recurring themes related to earthquake risks and health care access across the six scenarios. The themes collectively emphasize the need for a holistic approach to disaster preparedness in urban health care systems. Comprehensive planning must consider not only the physical infrastructure but also the interconnectedness of emergency services, communication systems, resource management, and mental health support. This understanding can guide the development of strategies aimed at improving resilience and response effectiveness in the face of natural disasters (Table 2).

Table 2. A structured summary of the qualitative analysis of recurring themes related to earthquake risks and health care access across six high-risk case scenarios, outlining the themes, implications, and modeling approaches.

Theme	Description	Examples	Implication	Modeling Approach	Components
Infrastructure damage	Vulnerability of health care facilities.	Structural damage and collapse risks.	Shortage of care facilities, poor patient outcomes.	Risk assessment model	GIS for analysis; scoring system for facility risks.
Emergency services strain	Overload of emergency services.	Delays in ambulance responses.	Increased mortality due to delayed care.	Emergency response coordination model	Centralized command system; regular training drills.
Communication breakdowns	Failures in communication systems.	Disrupted lines hinder collaboration.	Poor decision-making and resource allocation.	Communication infrastructure model	Backup communication channels; public information strategies.
Access limitations	Barriers to accessing care.	Transportation issues; evacuation challenges.	Untreated conditions worsen public health crises.	Infrastructure enhancement model	Seismic retrofitting; establishment of temporary facilities.

Resource shortages	Shortage of medical resources.	Overcrowded hospitals; supply delays.	Preventable deaths and reduced care quality.	Resource management model	Real-time inventory tracking; mutual aid agreements.
Mental health impacts	Psychological effects post-earthquake.	Increased demand for mental health services.	Neglect of mental health complicates recovery.	Mental health preparedness model	Training for responders; public education on mental health resources.
Community engagement and resilience	Building community preparedness.	Workshops and community initiatives.	Enhances readiness and response capability.	Community engagement and resilience model	Preparedness workshops; local support networks.

4.1.1. Infrastructure damage

Each scenario highlights the vulnerability of health care infrastructure to the direct and indirect impacts of an earthquake, demonstrating how such events can severely compromise medical services. In Scenario 1, for instance, hospitals experience structural damage that significantly reduces their capacity to care for patients. In Scenario 5, the existing issues of overcrowding and outdated seismic codes heighten the risk of collapse for high-rise medical facilities. The cumulative effect of these damages results in a critical shortage of available care facilities, which not only jeopardizes patient outcomes but also undermines the overall resilience of the health care system in the face of natural disasters.

4.1.2. Emergency services strain

A common theme across multiple scenarios is the overwhelming of emergency services in the aftermath of a disaster. In Scenarios 1, 2, and 3, the reports of overloaded emergency dispatch systems highlight critical delays in ambulance responses and insufficient triage capabilities. This strain on resources not only hampers the delivery of timely care but also exacerbates mortality rates, as the chaos following a disaster makes it increasingly difficult for emergency services to effectively respond to the needs of the affected population.

4.1.3. Communication breakdowns

The failure of communication systems emerges as a recurrent issue that complicates coordination among hospitals and emergency responders during crises. Scenarios 1 and 4 specifically illustrate how power outages and infrastructure damage can sever communication lines, obstructing effective collaboration. This breakdown hinders real-time decision-making and resource allocation, ultimately undermining patient care and recovery efforts in the wake of a disaster, when swift and coordinated responses are crucial.

4.1.4. Access limitations

Physical barriers to accessing health care facilities pose a significant concern across all scenarios. Scenario 2, for instance, illustrates how transportation disruptions make many clinics inaccessible, while Scenario 6 highlights evacuation challenges that particularly affect vulnerable populations. These obstacles can result in untreated medical conditions, exacerbating public health emergencies as patients struggle to reach essential care when they need it most.

4.1.5. Resource shortages

Many scenarios emphasize a critical lack of essential medical resources, including personnel, equipment, and supplies. For example, Scenario 3 notes that hospitals become overcrowded with both physical and mental health patients, significantly stretching available resources. Additionally, Scenario 2 highlights delays in the delivery of medical supplies, further limiting treatment options. These resource shortages can result in preventable deaths and a decreased quality of care, placing additional strain on already overwhelmed health systems during times of crisis.

4.1.6. Mental health impacts

The psychological effects of an earthquake are prominently emphasized, particularly the surge in mental health issues that follow such disasters. For instance, Scenario 3 highlights the mental health crisis that ensues, where the increased demand for services far exceeds available capacity. This strain not only leads to immediate challenges but can also create long-term mental health issues within the community. Neglecting these mental health needs can result in a cycle of worsening outcomes, further complicating the recovery process and placing additional burdens on already strained health care systems.

4.2 Modeling Approach and Methodological Framework

The terms “frameworks,” “approaches,” “methodologies,” and “models” differ significantly. An “approach” is a broad strategy for achieving a goal, while a “methodology” outlines specific methods for problem-solving. A “framework” offers guidance and proven practices for developing methodologies, and a “model” is a simplified representation that aids understanding and analysis (Gale *et al.*, 2013; McMeekin *et al.*, 2020).

To develop effective solutions for disaster preparedness in urban health care systems, a modeling framework can be used that incorporates the identified themes and potential interventions. This framework will outline strategies to enhance resilience against earthquake risks, improve health care access, and streamline emergency responses (**Table 2**). By implementing these models, urban health care systems can significantly improve their preparedness for earthquakes. This structured approach will facilitate better access to care, enhance emergency responses, and ultimately save lives during and after a disaster. Regular evaluations and updates to the models based on evolving risks and community needs will ensure ongoing effectiveness and resilience.

The aim of a “risk assessment model” is to identify and prioritize earthquake-related risks in urban areas using Geographic Information Systems (GIS) to analyze fault lines, building vulnerabilities, and population density. Despite the key advantages of GIS integration, including improved resource allocation and enhanced emergency response, challenges such as data quality and the need for real-time adjustments highlight the necessity of integrating GIS technology with public health strategies to bolster disaster management and community resilience amid urbanization and seismic risks (Tunalgil, 2024). A risk scoring system will also evaluate facilities based on structural integrity, historical performance, and current capacity, facilitating targeted interventions and resource allocation. The purpose of an “infrastructure enhancement model” is to strengthen health care facilities against earthquakes. This involves prioritizing seismic retrofitting for hospitals and clinics based on risk assessments to ensure structural resilience. Establishing temporary clinics and mobile units will additionally diversify health care access and meet community health needs in the aftermath of a disaster. The goal of an “infrastructure enhancement model” is to strengthen health care infrastructure against earthquakes by prioritizing seismic retrofitting for hospitals and clinics based on risk assessments. Diversifying health care access through temporary clinics and mobile units will also ensure community health needs are met in the aftermath of a disaster. The objective of an “emergency response coordination model” is to enhance coordination among emergency services and health care providers during disasters. This involves creating an Integrated Incident Command System for real-time collaboration among hospitals, emergency services, and public health officials, alongside regular training simulations to improve response times and familiarize stakeholders with emergency protocols. To ensure effective communication during disasters, a “communication infrastructure model” emphasizes the implementation of redundant systems, such as satellite phones and two-way radios, for reliable connectivity. Developing clear public information strategies is crucial for informing the community about resources, evacuation plans, and health care access, significantly improving emergency response and resilience. A “resource management model” focuses on optimizing resource allocation before and after a disaster. Key strategies include implementing inventory management systems for real-time tracking of medical supplies and personnel, and establishing mutual aid agreements among health care facilities for sharing essential resources during emergencies. These measures enhance efficiency and responsiveness in crisis situations. To integrate mental health services into disaster preparedness, a “mental health preparedness model” prioritizes two components. The first is training first responders to recognize and address mental health crises. The second is launching community awareness programs to

inform residents about available mental health resources and coping strategies. These initiatives together support a holistic approach to disaster preparedness. A “community engagement and resilience model” aims to build community resilience through preparedness and awareness by hosting workshops on emergency preparedness and establishing resilience networks. These actions empower residents with essential skills and foster social connections, equipping communities to respond effectively during crises.

The disaster preparedness framework relies on a strategic, phased approach that targets high-risk areas identified through risk assessments. This staged rollout allows for effective resource allocation and focused efforts. A reliable feedback loop will help us learn from drills and real events, ensuring our plans evolve with practical experiences. Collaborating with local governments, health care providers, and community organizations is essential for comprehensive planning and resource sharing, enhancing overall resilience and readiness. These elements together create a dynamic framework that prepares us for the unexpected and strengthens our collective response and recovery capabilities.

4.3 Diagram Structure

A flowchart or diagram that illustrates the interconnected components and their relationships is presented in this article to visualize the modeling for disaster preparedness in urban health care systems. This model should be regarded as a prototype, warranting further refinement and adaptation to enhance its applicability in diverse contexts. Continuous evaluation and iterative improvements are essential to ensure its effectiveness in addressing the dynamic challenges posed by urban health crises.

4.3.1. Title

“Urban Health Care Disaster Preparedness Model”

4.3.2. Central node

Urban health care preparedness is the main focus of the diagram.

4.3.3. Surrounding nodes

These branch out from the central node.

- The “risk assessment model” using GIS provides effective risk scoring.
- The “infrastructure enhancement model” focuses on seismic retrofitting and diversification of facilities.
- The “emergency response coordination model” includes an integrated command system and training simulations.
- The “communication infrastructure model” emphasizes redundant communication systems and public information systems.
- The “resource management model” incorporates inventory management systems and mutual aid agreements.
- The “mental health preparedness model” includes mental health training and community awareness initiatives.
- The “community engagement and resilience model” involves community preparedness workshops and resilience networks.

4.3.4. Connections

Arrows may be drawn to indicate relationships and interactions between models. In the proposed framework, several models are interconnected to illustrate their relationships and interactions (Figure 2).

- The “risk assessment model” is linked to the “infrastructure enhancement model,” indicating that the insights gained from risk assessments play a crucial role in informing necessary upgrades to infrastructure.

- The “emergency response coordination model” additionally connects to the “resource management model,” demonstrating that effective coordination during emergencies heavily relies on the availability and management of resources.
- The “mental health preparedness model” is further associated with the “community engagement and resilience model,” emphasizing the significance of community involvement in the success of mental health initiatives. These connections highlight the collaborative nature of these models and their collective contribution to enhancing overall resilience and preparedness.

4.3.5. Additional features

Color coding can be employed to use different hues for each model, allowing for easy visual differentiation. Icons and symbols should be incorporated to enhance understanding, using relevant imagery such as hospital symbols for health care models and gear icons for management frameworks. Legends and notes are also important; including a brief explanation of key components or relationships can provide additional clarity and ensure that viewers fully grasp the information presented.

4.4 Example Layout for Modeling

The following diagram will provide a clear, visual representation of the complex interactions among various components of the disaster preparedness model, facilitating understanding and communication among stakeholders involved in planning and implementation.

Based on the identified themes, a conceptual model of public health services preparedness and disaster health management was developed. This model integrates the essential qualities derived from the qualitative analysis, emphasizing the key components.

4.4.1. Mapping the risk components

The model identifies and maps the critical risk factors associated with disaster scenarios, providing a framework for understanding vulnerabilities and resource needs.

4.4.2. Six high-level risk case scenarios

Each component is informed by the analysis of six high-level risk scenarios, which serve as case studies to illustrate potential challenges and the necessary responses in disaster situations.

3.4.3. Recurring themes in earthquake risks and health care access

The analysis revealed recurring themes related to earthquake risks and health care access, highlighting common challenges such as infrastructure damage, communication breakdowns, and resource shortages.

The model specifically highlights several key elements essential for effective disaster management. It primarily emphasizes the “strategic location” of HQ to ensure optimal access and visibility during emergencies. It also emphasizes “infrastructure resilience,” advocating for buildings designed to withstand disaster impacts and featuring redundancy for essential utilities. “Effective communication systems” are crucial, facilitating timely information dissemination and coordination among various agencies involved in disaster response. “Resource management” frameworks are provided to efficiently track medical supplies and personnel, streamlining operations. The model incorporates “training and simulation” facilities dedicated to ongoing training and preparedness drills for staff, also stressing the importance of “collaboration and community engagement,” promoting partnerships with local organizations and communities to foster a coordinated response (Figure 2).

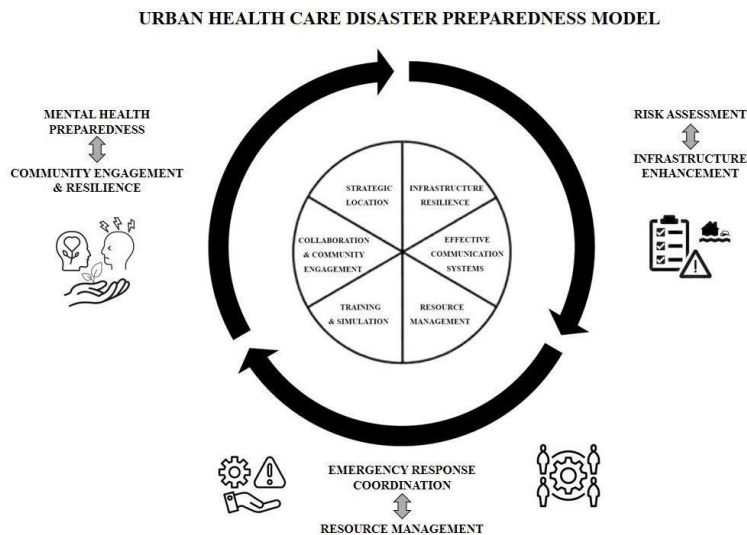


Figure 2. A diagram illustrating the essential characteristics influencing the strategic placement of disaster medical services in urban settings, highlighting their role in effective emergency response and health care delivery during disasters.

The final model is visually represented in a diagram, illustrating the interconnections among these components. This visual representation aids in enhancing understanding and communication among stakeholders involved in planning and implementing disaster health management strategies (Figure 2).

5 CONCLUSIONS

This study highlights the critical importance of strategically locating disaster emergency medical services HQ to enhance urban health care disaster preparedness. The findings reveal that the attributes of these locations can significantly influence emergency response effectiveness, drawing attention to the need for meticulous planning and assessment. The analysis of six diverse disaster scenarios elucidates the multifaceted challenges faced by health services, including infrastructure vulnerabilities, communication failures, and logistical constraints that can severely hinder response efforts.

The proposed model serves as a vital framework for public health preparedness, emphasizing essential components such as risk assessment, infrastructure enhancement, and community engagement. By prioritizing these attributes, urban health care systems can build resilience, ensuring that they are not only equipped to respond to immediate crises but also capable of mitigating long-term impacts on public health.

Recognizing that the findings of this study are context-specific is crucial. Different urban environments present unique challenges and opportunities that require tailored approaches. While the theoretical foundation of the proposed model is strong, future work should focus on the practical application and empirical validation of the model in real-world scenarios to assess its effectiveness across diverse settings and disaster situations. Continued research is, thus, imperative to further refine and adapt our model across varied contexts and crises.

A collective commitment to improving the location and operational capacity of disaster medical services HQ will be instrumental in safeguarding communities worldwide against future disasters, ultimately saving lives and enhancing the resilience of health care systems in countries at high risk in all regions.

REFERENCES

- Allen, T., & Spencer, R. (2023). Barriers and enablers to using an emergency operations center in public health emergency management: A scoping review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 17, e407. <https://doi.org/10.1017/dmp.2023.50>

- Black, M., Moncada, K., & Herstad, K. (2021). Critical steps in data management during a crisis. *Cytometry Part A*, 99(1), 60-67. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.24265>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Chiang, S. C., Fisher, H. H., Bridwell, M. E., Trigos, S. M., Rasulnia, B. B., & Kuwabara, S. A. (2020). Applying the ready, willing, and able framework to assess agency public health emergency preparedness: The CDC perspective. *Health security*, 18(2), 75-82. <https://doi.org/10.1089/hs.2019.0090>
- De Cauwer, H., Barten, D., Willems, M., Van der Mieren, G., & Somville, F. (2023). Communication failure in the prehospital response to major terrorist attacks: Lessons learned and future directions. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery: Official publication of the European Trauma Society*, 49(4), 1741-1750. <https://doi.org/10.1007/s00068-022-02131-6>
- Emara, T. Z., Trinh, T., & Huang, J. Z. (2023). Geographically distributed data management to support large-scale data analysis. *Scientific Reports*, 13(1), 17783. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44789-x>
- Gale, N. K., Heath, G., Cameron, E., Rashid, S., & Redwood, S. (2013). Using the framework method for the analysis of qualitative data in multi-disciplinary health research. *BMC medical research methodology*, 13, 117. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-13-117>
- Ghasemi, P., Goodarzi, F., & Abraham, A. (2022). A new humanitarian relief logistic network for multi-objective optimization under stochastic programming. *Applied Intelligence*, 52(12), 13729-13762. <https://doi.org/10.1007/s10489-022-03776-x>
- Guha-Sapir, D., Vos, F., Below, V., & Ponsérre, P. (2011). *Annual Disaster Statistical Review 2010: The numbers and trends*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. https://www.preventionweb.net/files/27782_adsr2011.pdf
- Haeberer, M., Tsovala, S., Riley, P., Cano-Portero, R., Rexroth, U., Ciotti, M., & Fraser, G. (2021). Tools for assessment of country preparedness for public health emergencies: A critical review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 15(4), 431-441. <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.13>
- King, H. C., Spritzer, N., & Al-Azzeh, N. (2019). Perceived knowledge, skills, and preparedness for disaster management among military health care personnel. *Military Medicine*, 184(9-10), e548-e554. <https://doi.org/10.1093/milmed/usz038>
- Kress, M. M., Chambers, K. F., Hernández-Abrams, D. D., & McKay, S. K. (2022). Principles for data management, visualization, and communication to improve disaster response management: Lessons from the Hurricane Maria response mission. *Journal of Emergency Management (Weston, Mass.)*, 19(8), 255-269. <https://doi.org/10.5055/jem.0658>
- McMeekin, N., Wu, O., Germei, E., & Briggs, A. (2020). How methodological frameworks are being developed: Evidence from a scoping review. *BMC Medical Research Methodology*, 20(1), 173. <https://doi.org/10.1186/s12874-020-01061-4>
- Peleg, K., Reuveni, H., & Stein, M. (2002). Earthquake disasters—lessons to be learned. *Israel Medical Association Journal*, 4(5), 361-365.
- Shover, H. (2007). Understanding the chain of communication during a disaster. *Perspectives in Psychiatric Care*, 43(1), 4-14. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6163.2007.00100.x>
- Songwathana, P., & Timalisina, R. (2021). Disaster preparedness among nurses of developing countries: An integrative review. *International Emergency Nursing*, 55, 100955. <https://doi.org/10.1016/j.ienj.2020.100955>
- Tunaligil, V. (2024). Developing geographic information systems in health care for earthquake-prone metropolitan cities: A methodological approach. *Medical Science and Discovery*, 11(9), 260-268. <https://doi.org/10.36472/msd.v11i9.1191>
- Watson, S., Petterson, M., Lang, S., Kienberger, S., Hagenlocher, M., Rudge, J., & Coker, R. (2012). Trans-disciplinary research to improve health systems' disaster readiness and response. *Bulletin of the World Health Organization*, 90(8), 558-558A. <https://doi.org/10.2471/BLT.12.106120>