

Türkiye'nin Çevresel Dirençliliğinin Değerlendirilmesi: İklim Adaptasyonu ve Sürdürülebilirlik Üzerine Çok Kriterli Analiz

Salih Özdemir¹ , Nimet Elmacioğlu¹ 

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin 2007-2019 dönemi çevresel dirençliliğini değerlendirerek ülkenin iklim zorluklarına karşı direnç ve uyum kapasitesini incelemek ve sürdürülebilir iklim politikalarına katkı sağlamaktır.

Yöntem: Çalışmada Türkiye'nin çevresel dirençliliğini değerlendirmek için EUROSTAT'dan elde edilen çevresel dirençlilik göstergeleri, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden veri odaklı MEREC ve COPRAS ile analiz edilmektedir. Ayrıca analizin tutarlılığını sağlamak amacıyla karşılaştırmalı analiz ve Borda yöntemi gerçekleştirilmektedir.

Bulgular: Analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre Türkiye'nin çevresel dirençliliğinin belirleyici göstergeleri olarak ana biyolojik çeşitlilik alanları, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payı kriterleri belirlenmiştir. Performans sıralamaları dikkate alındığında ise Türkiye'nin çevresel dirençliliği son yıllarda iyileşme göstermiştir.

Özgünlük: Bu çalışma, Türkiye'nin çevresel dirençliliğine ilişkin kapsamlı bir genel bakış sunarak hem güçlü hem de zayıf yönlerini vurgulamaktadır. Bu bulgular, politika yapıcılar için Türkiye'nin çevresel dirençliliğini artırmayı hedefleyen müdahalelerin geliştirilmesine yönelik değerli bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca çevresel dirençlilik yaklaşımının benimsemesi ülkenin iklim değişikliğini ele alan sürdürülebilir kalkınma politikalarını şekillendirmesine olanak tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Dirençlilik, MEREC, COPRAS, İklim Değişikliği, Türkiye.

JEL Kodları: Q01, Q5, Q58.

Assessing Türkiye's Environmental Resilience: A Multi-Criteria Analysis on Climate Adaptation and Sustainability

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to assess Türkiye's environmental resilience over the period 2007-2019, providing insights into the country's capacity to withstand and adapt to climate challenges, and to contribute to the development of sustainable climate policies.

Methodology: In this study, environmental resilience indicators obtained from EUROSTAT are analyzed using data-driven MEREC and COPRAS, which are among the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods, to assess Türkiye's environmental resilience. Additionally, a comparative analysis and the Borda method are employed to ensure the consistency of the analysis.

Findings: The findings of the analysis indicate that key biodiversity areas, energy efficiency, and the share of renewable energy sources have been identified as the primary indicators of Türkiye's environmental resilience. Performance rankings reveal that Türkiye's environmental resilience has shown improvement in recent years.

Originality: This study provides a comprehensive overview of Türkiye's environmental resilience, highlighting both its strengths and weaknesses. These findings offer valuable insights for policymakers in developing interventions aimed at enhancing Türkiye's environmental resilience. Furthermore, the adoption of an environmental resilience approach enables the country to shape sustainable development policies that address climate change.

Keywords: Environmental Resilience, MEREC, COPRAS, Climate Change, Türkiye.

JEL Codes: Q01, Q5, Q58.

¹ Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı, Kayseri, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Salih Özdemir, salihozdemir@kayseri.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1572483

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 23.10.2024 | Kabul / Accepted: 18.03.2025

Atıf/Cite: Özdemir, S. ve Elmacioğlu, N. (2025). "Türkiye'nin Çevresel Dirençliliğinin Değerlendirilmesi: İklim Adaptasyonu ve Sürdürülebilirlik Üzerine Çok Kriterli Analiz", *Verimlilik Dergisi*, 59(2), 417-432.

EXTENDED ABSTRACT

Due to climate change, the world is experiencing shifts in average temperatures, an increase in extreme weather events, and changes in seasonal patterns. Consequently, it is widely acknowledged that the adverse environmental impacts of climate change can significantly affect societies, ecosystems, and multiple aspects of life (IPCC, 2022). In particular, the continuous rise in carbon emissions is expected to have a profound effect on the climate system, potentially leading to catastrophic consequences for communities worldwide (Seriño, 2018).

Climate change is expected to impact different geographic regions in varying ways. Türkiye stands out as a country likely to be significantly affected by changes in precipitation patterns, rising temperatures, and increasing drought conditions (Şen, 2013). Moreover, awareness of climate-related challenges has been intensified by factors such as the potential impacts of the European Green Deal on the Turkish economy, the growing frequency of extreme weather events, forest fires, marine pollution, and disruptions in energy supply caused by the war in Ukraine. Türkiye's geographical, climatic, and socio-economic characteristics make it particularly vulnerable to the effects of climate change and other environmental hazards, underscoring the importance of adaptation and resilience as national priorities. To this end, the aim of this study is to assess Türkiye's environmental resilience to climate change by evaluating its capacity for resistance and adaptation, thereby contributing to the formulation of sustainable climate policies.

This study aims to examine Türkiye's environmental resilience to current and future environmental threats by analyzing its performance against climate change using environmental resilience indicators obtained from the EUROSTAT database. A data-driven approach is employed through the application of the MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria) and COPRAS (COmplex PROportional ASsessment) methods to assess Türkiye's environmental resilience performance. Additionally, the TOPSIS, VIKOR, and ARAS methods were used to compare the rankings of the alternatives. Subsequently, the results of the comparative analysis were integrated using the Borda method to obtain a single aggregated ranking.

According to the findings obtained from the MEREC method, protected terrestrial (N8) and freshwater key biodiversity areas (N7) were identified as the first and second most important criteria, respectively. Energy productivity (N3) emerged as the third most significant criterion contributing to Türkiye's environmental resilience. The results of the comparative analysis further reveal that, in recent years, Türkiye has demonstrated a high level of environmental resilience performance. Notably, the years 2018 and 2019 indicate a marked improvement in this performance. In contrast, the period prior to 2010 reflects relatively lower resilience levels, suggesting a transitional phase during which Türkiye began implementing significant improvements in its environmental strategies. These findings not only illustrate Türkiye's recent progress but also highlight actionable priorities for strengthening resilience.

The results reveal that, to further enhance resilience, Türkiye should prioritize long-term strategies focused on biodiversity conservation, energy efficiency, and the adoption of renewable energy, while ensuring that policy decisions are guided by both the capacity and vulnerability levels of environmental indicators. These findings contribute to the literature by clarifying strategic priorities for strengthening resilience and align with broader sustainable development goals, offering valuable insights for policymakers seeking to design more adaptive and forward-looking environmental strategies.

However, one limitation of the study is the availability of data, which restricted the analysis to the period ending in 2019. Additionally, the study relies on a specific set of indicators, potentially overlooking other dimensions of resilience. Future research should consider extending the time frame as newer data becomes available, incorporating additional indicators to reflect socio-economic and institutional aspects, and further exploring criteria that currently exhibit low importance but may pose significant long-term risks due to high vulnerability. Such efforts will support a more comprehensive understanding of environmental resilience and inform the development of more robust and forward-looking environmental strategies.

1. GİRİŞ

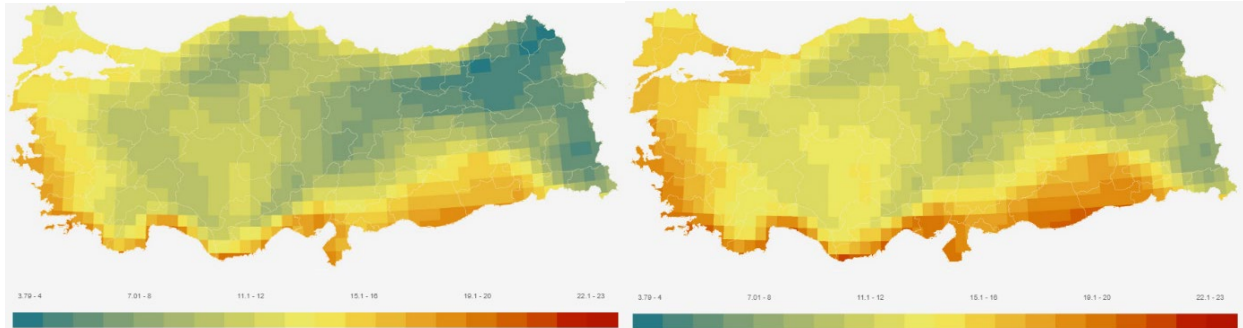
Dünya iklim değişikliği nedeniyle ortalama sıcaklıkta, aşırı hava olaylarında ve mevsimsel modellerde değişiklikler yaşamaktadır. Buna bağlı olarak iklim değişikliğinin olumsuz çevresel etkilerinin toplumlara, çevreyi ve yaşamın birçok yönünü önemli ölçüde etkileyebileceği ifade edilmektedir (IPCC, 2022). Fossil yakıtların sürekli kullanımı nedeniyle insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının neden olduğu küresel ısınmanın, çok sayıda toplumun mevcut adaptasyon kapasitesi ile sürdürülebilir kabul edilen sıcaklık seviyelerini aşabileceğine dair endişeler giderek artmaktadır (Scafetta, 2024). Özellikle karbon emisyonlarındaki sürekli artışın dünya çapında tüm toplumlar için felaket niteliğinde sonuçlara yol açarak iklim sistemi üzerinde derin bir etki yaratması tahmin edilmektedir (Seriño, 2018). Bununla birlikte şiddet düzeyinin, coğrafi faktörler, iklim özellikleri ve uygulanan yönetim stratejileri gibi farklı koşullara bağlı olduğu belirtilmektedir (Moghim ve Garna, 2019).

İklim değişikliğinin coğrafi bölgeleri farklı şekilde etkileyeceği tahmin edilmektedir. Türkiye, yağış rejimindeki değişiklikler, artan sıcaklıklar ve kuraklık gibi iklim değişikliği etkileriyle çevre, toplum ve ekonomisinin derinden etkilenebileceği ülkelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Şen, 2013). Bu nedenle Türkiye güçlü bir azaltım arzusu ile politika ve hedefler üretmektedir. 11. Kalkınma Planı, Paris İklim Anlaşmasının onaylanması, 2053 net sıfır emisyon taahhüdü, Ulusal Yeşil Mutabakat Eylem Planı ve Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı olmak üzere iklim değişikliği karşısında ortaya konan ulusal çabalar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ulusal kalkınma öncelikleri ve ilgili iklim çabaları

Kalkınma Öncelikleri	Sıfır Emisyon	Uyum ve Dirençlilik
11. Kalkınma Planı	Paris Anlaşmasının onaylanması	Ulusal İklim Değişikliği
Mart 2021 Ekonomik Reform Programı	2053 net sıfır emisyon taahhüdü	Uyum Stratejisi ve
Orta Vadeli Plan (2022-2024)	Ulusal Yeşil Mutabakat Eylem Planı	Eylem Planı

Tablo 1'de belirtilen bu stratejiler Türkiye'nin iklim değişikliğine uyum sağlama ve olumsuz etkileri azaltma çabalarını şekillendirmektedir. Ancak güncel iklim modelleri, sera gazı emisyon seviyelerinin mevcut seviyelerde artmaya devam etmesi halinde 21. yüzyıl boyunca Dünya'nın küresel ortalama sıcaklığının 4°C daha artacağını öngörmektedir (UCAR, 2024). Şekil 1, Türkiye'nin 1961-1990 ve 2041-2070 dönemi ortalama sıcaklık haritalarını göstermektedir.



Şekil 1. Tahmini sıcaklık haritaları, 1961-1990, 2041-2070 (Şen, 2013)

Türkiye'de ortalama sıcaklık seviyeleri 1994'ten bu yana dünya ortalamasının üzerinde belirgin şekilde artış göstermiştir (IEA, 2024a). Bu artışın yukarıdaki şekilde yer alan tahmini ortalama sıcaklık haritaları incelendiğinde uzun vadede artmaya devam edeceği açıkça görülmektedir. Ayrıca iklim değişikliğiyle ilgili sorunların farkındalığını artıran faktörler arasında Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatının Türkiye ekonomisi üzerindeki potansiyel etkileri, aşırı hava olaylarının, orman yangınlarının ve deniz kirliliğinin artmasına ek olarak Ukrayna'daki savaş kaynaklı enerji arzı gibi unsurlar bulunmaktadır. Türkiye'nin coğrafi, iklimsel ve sosyoekonomik özellikleri, ülkeyi iklim değişikliği ve diğer çevresel tehlikelerin etkilerine karşı oldukça hassas hale getirmekle beraber uyum ve dirençliliği de yüksek öncelikler olarak öne çıkarmaktadır. Türkiye, Dünya Bankası tarafından yayımlanan İklim ve Değişim Raporunda on iklim kırılganlığı boyutundan dokuzunda yüksek kırılganlık seviyesine sahip olarak belirtilmektedir. Bu oran diğer OECD ülkelerinde ise sadece ortalama iki boyut olarak ölçülmektedir (Dünya Bankası, 2022).

İklim değişikliği, sosyal, ekonomik ve çevresel baskılarla etkileşime girdiğinde, kırılganlığı artırabilme ve mevcut kırılganlıkları derinleştirebilme potansiyeline sahiptir (Dünya Bankası, 2024). Bu nedenle literatürde dirençlilik terimi farklı disiplinlerde oldukça önem kazanmıştır (Zurek ve diğerleri, 2022; Giulia, 2023; Sadler ve diğerleri, 2024). Dirençlilik terimi Avrupa Komisyonu tarafından sadece zorluklara dayanma ve yönetme kapasitesi olarak değil aynı zamanda sürdürülebilir, adil ve demokratik bir şekilde geçişleri yönetme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2024a). Bu nedenle ülkeler için muhtemel çevresel

tehditler karşısında dirençli bir yapıya dönüştürülmek üzere kalkınma ve iklim hedefleriyle uyumlu politikalar gerekmektedir.

İklim değişikliğinin altında yatan nedenleri hafifletmeye yönelik önemli çabalara rağmen devam eden bu olumsuz değişiklikler karşısında dirençliliği artırmaya yönelik stratejileri belirlemek de aynı derecede zorunludur. İklim değişikliği karşısında Türkiye gibi kırılganlığı yüksek bir ülkenin çevresel dirençliliğinin değerlendirilmesinde kapsamlı bir bakış açısının olmaması gelecekteki iklim riskleri ve tehditleriyle başa çıkma konusunda önemli bir tehdit yaratabilme ihtimali yaratmaktadır. Hem günümüzde hem de gelecekteki risklerin etkin bir şekilde ele alınması ve azaltılması için daha fazla çaba ve kararlılık gerekecektir. Buna ek olarak hızlı iklim değişikliği karşısında geciken uyum çabaları bu küresel zorluğun ele alınmasını daha zor ve maliyetli hale getirmektedir (UNFCCC, 2024). Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye'nin çevresel dirençlilik kapasitesinin incelenmesi gelecekteki iklim kaynaklı zorlukların üstesinden gelinmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Çevresel dirençliliğin karmaşık ve birbiriyle ilişkili doğası, karar verme sürecinde birbirini etkileyen kriterlerin dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenle ÇKKV her bir karar alternatifi için uzlaşma çözümlerinin hesaplanması yoluyla performansı birden fazla kritere göre değerlendirmek için yararlı bir karar verme aracı olarak hizmet etmektedir. Buradan hareketle, Türkiye'nin mevcut ve gelecek çevresel tehditlere karşı çevresel dirençliliğinin belirlenmesi amacıyla EUROSTAT veri tabanından elde edilen çevresel dirençlilik göstergeleri kullanılarak Türkiye'nin iklim değişikliği etkilerine karşı çevresel dirençlilik performansı veri odaklı MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria) ve COPRAS (COmplex PROportional ASsessment) yöntemleri kullanılarak test edilmektedir. Bu çalışmanın literatüre temel katkıları şunlardır: i) Bu çalışma, Türkiye'nin mevcut çevresel dirençliliğini ölçmek üzere veriye dayalı bir karar modeli uygulayan öncü bir çaba olarak öne çıkmaktadır. ii) İklim değişikliği ile ilgili zorlukların ele alınmasında daha etkili stratejilere zemin hazırlayan bu çalışma, iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuz etkilere karşı Türkiye'nin uygulaması gereken politikaları belirlemektedir. iii) Önerilen yöntemden elde edilen sıralama sonuçlarının güvenilirliğini test etmek amacıyla farklı ÇKKV yöntemlerinin karşılaştırmalı analizlerinin uygulanmasını içermektedir.

Çalışmanın kalan planı şu şekildedir. Bir sonraki bölümde ilgili literatür incelenecektir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan metodoloji tanıtılacaktır. Dördüncü bölümde çalışmanın bulguları ve karşılaştırmalı analiz raporlanacaktır. 5. bölümde bulgular tartışılacak ve 6. bölümde çalışma sonuçlandırılacaktır.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Ülkelerin nüfus çeşitliliği ve yoğunluğu sürekli artarken iklim koşullarındaki değişiklikler ve doğal afetler gibi olaylara karşı savunmasızlıkları da orantılı olarak artmaktadır (Borden ve diğerleri, 2007). Bu kapsamda dirençlilik terimi literatürde giderek popüler hale gelmektedir. Dirençlilik değerlendirmesine çevresel boyutun dahil edilmesinin önemini vurgulayan Sharifi (2016) çevresel dirençliliğin, sosyoekonomik faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğinin yanı sıra ekolojik restorasyon ve çevre yönetimi girişimleriyle de bağlantılı olduğunu vurgulamaktadır. Böylece ekosistemin karşı karşıya olduğu zorlukları iklim değişikliği bağlamında daha geniş bir perspektifle ele almanın, ekosistem hizmetlerinin yönetimini iyileştirebileceği düşünülmektedir (Li ve diğerleri, 2023).

Moghim ve Garna (2019), 141 ülkenin çevresel dirençliliğini ve sürdürülebilirliğini "çevresel dirençlilik skoru" kullanarak değerlendirmiştir. Çevresel dirençlilik skoru, hava kirliliği, sera gazı emisyonları, içme suyuna erişim, iyileştirilmiş sanitasyona erişim, çevresel riskler ve enerji kullanımı dahil olmak üzere altı çevresel göstergesi içermektedir. İlgili göstergeler kullanılarak ülkelerin doğal ve insan kaynaklı tehlikelere karşı kırılganlığı araştırılmıştır. Sonuçlara göre gelişmiş ülkeler genellikle yüksek dirençlilik seviyesine sahipken, gelişmekte olan ülkelerin düşük dirençlilik seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak Türkiye'nin çevresel risk skorunun yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Çevresel dirençliliğin gelecekteki öngörülemez zorluklara karşı gerekliliğini belirten Ozdemir (2024), çevreyi en çok kirlüten ülkelerin çevresel dirençliliğini IDOCRIW (Integrated Determination of Objective CRIteria Weights) ve CoCoSo (Combined Compromise Solution) yöntemlerini kullanarak incelemiştir. Analiz sonucunda Türkiye'nin Çin'den sonra en düşük çevresel dirençliliğe sahip ülke olduğunu tespit etmiştir. Karahan ve diğerleri (2025), Türkiye'nin çevresel performansını Uluslararası Çevresel Performans Endeksi (EPI) verilerini kullanarak analiz etmiş ve Türkiye'nin her bir kriterdeki güçlü ve zayıf yönlerini diğer Doğu Avrupa ülkeleriyle karşılaştırmıştır. Entropi tabanlı PROMETHEE yöntemi ile gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre Türkiye'nin genel olarak zayıf çevresel performans sergilediği tespit edilmiştir.

Wang ve Li (2024), ulusal sürdürülebilir kalkınma planını kentlerin ekolojik dirençlilik seviyesine etkilerini incelemek için kullanmışlardır. Ulusal sürdürülebilir kalkınma planının uygulanması şehirlerin ekolojik dirençlilik seviyesini önemli ölçüde artırmış ve bu etki farklı büyüme tipleri, bölgeler ve kaynak türleri için farklılık göstermiştir. Li ve diğerleri (2023), çevresel dirençliliği değerlendirmek için çevresel kirlilik üretimi, kirlilik yönetimi ve ekolojik koruma olmak üzere üç boyutta ekolojik değerlendirme sistemi oluşturmuştur.

Bulgular, Çin'deki ekolojik çevre dirençliliğinin istikrarlı bir şekilde artış gösterdiğini ancak bazı dalgalanmaların olduğunu ortaya koymuştur. Analiz sonucunda çevresel iyileştirme yatırımları, atık su vergileri, yeşil teknolojik yenilikler ve endüstriyel yenilenme çözümleri önerilmiştir.

Çevresel dirençlilik kavramı kent boyutunda da önem kazanmaya başlamıştır. Kentsel dirençlilik kavramı ilk kez Uluslararası Bölgesel Sürdürülebilirlik Konseyi tarafından ele alınmıştır. Özellikle dirençlilik, karmaşık ve adaptif sistemler olarak teorize edilen şehirlere yönelik ilgi çekici bir bakış açısı olarak ortaya çıkmıştır (Batty, 2008). Ayrıca akıllı kentlerin enerji tasarrufu ve emisyon azaltımı gibi projelerle kentsel dirençliliğe katkı sağlaması, dirençli kentlerin oluşturulmasına yönelik artan akademik ilgiyi de desteklemektedir (Wang ve Li, 2024). Değirmenci ve diğerleri (2022), iklim değişikliği ile mücadelede dirençli şehirlerin oluşturulması için çok paydaşlı iş birliğiyle stratejik planlar geliştirilmesi ve uygulanması sürecini ele almıştır. Kentin özelliklerine odaklanarak, iklim değişikliği politikalarına uygun iklim değişikliği eylem planı oluşturulmuş ve akıllı şehir uygulamalarıyla sürdürülebilirlik ve adaptasyon hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda iklim direncinin göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşım da entegrasyonun sağlanması ve sera gazı emisyonlarını azaltıcı eylem ve planların geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Zhu ve diğerleri (2019), Çin'deki 187 akıllı kentin dirençliliğini ölçmek amacıyla AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Çalışma sonucunda akıllı kentleşmenin kentsel dirençlilik üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çin'de akıllı ve dirençli kalkınmayı teşvik etmek için altyapı ve ekonomik gelişmenin güçlendirilmesi ve çok paydaşlı iş birliğinin artırılması gibi stratejiler sunulmuştur. Kentsel dirençliliğin geliştirilmesi bir şehrin risklere direnme yeteneğini artırabilmektedir (Connolly, 2019). 2005 Hugo Konferansı'nda "dirençlilik" terimi ilk kez afet yönetimi çerçevesinde kullanılmış ve afet etkilerinin azaltılması önemli bir konu olarak öne çıkmıştır (Mayunga, 2007). Doğal afetlerde dirençlilik, başlangıçta afetlerin etkilerini değerlendirme konusunda önemli bir argüman olarak tanımlanmıştır. Örneğin, Liu ve diğerleri (2022), iklim değişikliği bağlamında afet riskiyle ilgili artan belirsizliğin sürdürülebilir kentsel yönetim için yeni zorluklar ortaya çıkardığına odaklanmıştır. Chadha ve diğerleri (2007), doğal afetlerin yöneticilerin afet kurtarma ve direnç artırma planları olmaması halinde felaketlere yol açacağını belirtmiştir. Osman (2021), dirençli şehirlerin ve yerel yönetimlerin çevresel dirençliliğini değerlendirmek için göstergeler geliştirmiştir. Japonya genelindeki yerel yönetimlere yönelik bir anket kullanılarak idari göstergeleri ölçen araştırma sonuçlarına göre birçok yerel yönetim deprem, nüfus azalışı ve sera gazı emisyonlarındaki artış gibi tehditler beklemektedir. Bu tehditlere karşı dirençlilik önlemleri uygulanmaktadır. Bu önlemler arasında yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi ve afetle ilgili bilgi toplama ve sağlama yöntemlerinin geliştirilmesi gibi adaptif önlemler yer almaktadır.

Literatür bir bütün olarak incelendiğinde mevcut araştırmaların çevresel dirençliliği genellikle kent ölçeğinde ortaya çıkabilecek tehditlere karşı değerlendirildiği görülmektedir. Bu durum ulusal düzeyde çevresel dirençliliğin daha geniş ve detaylı incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

3. VERİ ve METODOLOJİ

ÇKKV literatüründe kriter ağırlıkları objektif ve subjektif olarak belirlenmektedir. Subjektif yöntemlerde kriter ağırlıklarının tespiti için uzman görüşüne başvurulmaktadır. Bu nedenle subjektif ağırlıklandırma altında gerçekleştirilen analizlerde artan kriter sayısı karşısında tercihlerin doğruluğu azalmakta ve verimlilik düşmektedir (Wang ve diğerleri, 2009). Buna karşılık objektif ağırlıklandırma yöntemlerinde uzman görüşüne başvurulmadan karar matrisine dayalı bir hesaplama süreci uygulanmaktadır. Böylece elde edilen ağırlıklar verilerin yapısının temel özelliklerini göstermektedir (Zavadskas ve Podvezko, 2016). Bu nedenle daha anlamlı sonuçlar elde etmek için objektif ağırlıklandırma yöntemleri tercih edilmektedir (Wu, 2011). Her birinin kendine göre farklı avantaj ve dezavantajları bulunan ÇKKV yöntemleri, karar vericilere tüm alternatifleri çeşitli kriterlere göre değerlendirerek uygun çözümler elde etme olanağı sağlamaktadır. Çok sayıda mevcut ÇKKV yöntemi olmasına rağmen literatürde her karar verme senaryosu için tek bir yöntemin optimal olduğu düşünülmemektedir (Guitouni ve Martel, 1998; Roy ve Słowiński, 2013; Lee ve Chang, 2018). Aynı probleme farklı yöntemlerin uygulanması durumunda farklı sonuçların elde edilebileceği belirtilmektedir (Zavadskas ve Turskis, 2011). Bu kapsamda alternatiflerin sıralamasını karşılaştırmak için TOPSIS, VIKOR ve ARAS yöntemleri kullanılmıştır. Daha sonra karşılaştırma analiz sonuçları Borda yöntemi ile birleştirilerek tek bir sıralama sonucu elde edilmiştir.

Bu çalışmada Türkiye'nin çevresel dirençliliğini değerlendirmek için veri odaklı MEREC ve COPRAS yöntemleri kullanılmıştır. Öncelikle MEREC yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Bu yöntem kriterlerin alternatifler üzerindeki kaldırma etkilerini dikkate alan objektif bir ağırlıklandırma yöntemidir (Keshavarz-Ghorabae ve diğerleri, 2021). Daha sonra belirlenen kriter ağırlıkları dikkate alınarak COPRAS yöntemi aracılığıyla alternatiflerin performans sıralaması gerçekleştirilmiştir. Zavadskas ve diğerleri (1994) tarafından geliştirilen bu yöntem maliyet ve fayda kriterlerini birlikte değerlendirebilmektedir. Bunun yanı sıra her bir alternatifin fayda derecelerini değerlendirerek optimum çözüme ne kadar yakın olduğunu belirlemeye yardımcı olması bu yöntemin avantajıdır. Değerlendirilmek üzere çalışmada kullanılan kriterler ve alternatifler Tablo 2'de sunulmaktadır.

Tablo 2. Veri seti

Kod	Kriter	Kriter Yönü	Kod	Alternatif
N1	Kişi başına ulaştırmadan kaynaklanan CO ₂ emisyonları	Minimum	S1	2007
N2	Kişi başına düşen yerli malzeme tüketimi	Minimum	S2	2008
N3	Enerji verimliliği	Maksimum	S3	2009
N4	Kişi başı çevresel patent	Maksimum	S4	2010
N5	GSYİH başına sera gazı emisyonları	Minimum	S5	2011
N6	Pestisit kullanımı	Minimum	S6	2012
N7	Korunan tatlı su ana biyoçeşitlilik alanları	Maksimum	S7	2013
N8	Korunan karasal ana biyoçeşitlilik alanları	Maksimum	S8	2014
N9	Nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji	Maksimum	S9	2015
N10	Kaynak verimliliği	Maksimum	S10	2016
N11	Geri kazanılan belediye atıklarının payı	Maksimum	S11	2017
N12	Su stresi	Minimum	S12	2018
			S13	2019

Bir sonraki bölümde kriter ağırlıklandırmasında kullanılan MEREC yöntemi ve alternatif sıralamasında kullanılan COPRAS yöntemi tanıtılmıştır.

3.1. MEREC

Bu çalışmada, ÇKKV problemlerinden kriter ağırlıklarını belirlemek için MEREC yöntemi kullanılmıştır. MEREC, alternatiflerin performansı üzerinde her bir kriterin kaldırma etkisini kullanarak kriter ağırlıklarını belirlemektedir. Daha yüksek etkilere sahip kriterlere daha yüksek ağırlıklar atanmaktadır. MEREC yöntemi ile objektif ağırlıkların hesaplanması için aşağıdaki adımlar kullanılmaktadır (Ghorabae ve diğerleri, 2021):

Adım 1: Karar matrisi oluşturma. Başlangıç karar matrisi Eşitlik 1'deki gibi oluşturulur. Karar matrisinde negatif değerlerin yer alması durumunda uygun bir teknik ile pozitif değerlere dönüştürülmelidir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{im} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nj} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Normalize karar matrisini oluşturma. Karar matrisi aşağıdaki eşitlikler yardımı ile normalize edilir.

$$n_{ij}^x = \begin{cases} \frac{\min_{x_{kj}}}{x_{ij}} & \text{if } j \in U \\ \frac{x_{ij}}{\max_{x_{kj}}} & \text{if } j \in T \end{cases} \quad (2)$$

Burada U fayda kriterlerini T ise, maliyet kriterlerinin kümesini temsil etmektedir.

Adım 3: Alternatiflerin toplam performans değerlerini hesaplama (S_i): Alternatiflerin genel performans değerleri Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanır.

$$S_i = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_j |\ln(n_{ij}^x)| \right) \right) \quad (3)$$

Bu hesaplama için eşit kriter ağırlıklarına sahip bir logaritmik ölçü uygulanır. Önceki adımda elde edilen normalize değerler kullanılarak daha küçük (n_{ij}^x) değerleri daha yüksek (S_i) değerlerine karşılık gelmektedir.

Adım 4: Alternatiflerin performansını her bir kriteri kaldırarak hesaplama (S'_{ij}). Bu adımda, önceki adımdaki gibi logaritmik ölçü kullanılır. Bu adım ile bir önceki adım şu şekilde farklılaşmaktadır. Bu adımda alternatiflerin performanslarının her bir kriterin ayrı ayrı kaldırılmasına dayalı olarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle m kriterle ilişkilendirilmiş n farklı performans kümesi bulunmaktadır.

$$S'_{ij} = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_{k, k \neq j} |\ln(n_{ik}^x)| \right) \right) \quad (4)$$

Adım 5: Mutlak sapmaların toplamını hesaplama. Bu adımda kriterin kendisi üzerindeki çıkartılma etkisi ölçülür.

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i| \quad (5)$$

Adım 6: Kriter ağırlıklarını hesaplama (w_j). Her bir kriterin objektif ağırlığı Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanır:

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_k E_k} \quad (6)$$

3.2. COPRAS

Bu çalışmada, ÇKKV problemlerinden alternatif performans sıralamasını belirlemek için COPRAS yöntemi kullanılmıştır. COPRAS'ın diğer yöntemlere göre avantajı hem kriter değerlendirmesini maksimize etmek hem de minimize etmek için kullanılmasıdır (Mohanrasu ve diğerleri, 2024). COPRAS yöntemi ile alternatiflerin performanslarının hesaplanması için aşağıdaki adımlar kullanılmaktadır (Zavadskas ve diğerleri, 1994):

Adım 1: Karar matrisi oluşturma. i kriterine bağlı j alternatifinden oluşan ve X ile gösterilen karar matrisi oluşturulur. Karar matrisi Eşitlik 7'de gösterilmiştir.

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Burada m kriter sayısını n alternatif sayısını ifade etmektedir.

Adım 2: Normalize karar matrisinin oluşturulması. Karar matrisi Eşitlik 8 kullanılarak normalize edilir.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (8)$$

Adım 3: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisini oluşturma. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturma işlemi Eşitlik 9 kullanılarak yapılır.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot \omega_j \quad (9)$$

Burada ω_j , j . kriterin ağırlığını temsil eder.

Adım 4: Maksimizasyon ve minimizasyon yönlü indeks değerlerinin hesaplanması. S_{i+} maksimum yönlü ve S_{i-} minimum yönlü kriterlere ilişkin indeks değerlerinin hesaplanması Eşitlik 10 ve 11'de gösterilmiştir.

$$S_{i+} = \sum_{j=1}^k \hat{x}_{+ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (10)$$

$$S_{i-} = \sum_{j=k+1}^n \hat{x}_{-ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = k + 1, k + 2, \dots, n \quad (11)$$

Adım 5: Göreceli önem değerlerinin hesaplanması. Her alternatif için Q_i olarak simgelenen göreceli önem değeri Eşitlik 12 kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i = S_i + \frac{\sum_{i=1}^m S_{i-}}{S_{i-} \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_{i-}}} \quad (12)$$

Adım 6: Karar alternatiflerinin fayda derecelerinin belirlenmesi. En yüksek göreceli öncelik değeri Eşitlik 13 kullanılarak bulunur.

$$Q_{max} = \max\{Q_i\} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

Adım 7: Alternatiflerin performans indeksinin hesaplanması. Her bir alternatif için P_i olarak simgelenen performans indeksi Eşitlik 14 kullanılarak hesaplanır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot \%100 \quad (14)$$

Performans indeksi (P_i) 100 olan alternatif en iyi alternatiftir. Alternatiflerin tercih sırası performans indeks değerlerinin en yüksekte en düşüğe doğru sıralanmasıyla belirlenir.

4. BULGULAR

Kriterlerin yıllara göre performans etkisinin belirlenmesi amacıyla ilk olarak MEREC yöntemi ile ağırlıklar hesaplanmıştır. EUROSTAT'tan elde edilen verilere göre oluşturulan karar matrisi Tablo 3'de sunulmuştur. Performans değerlerinin aynı standartları karşıladığından emin olmak için normalizasyon gerçekleştirilmiştir. Karar matrisini normalize etmek için Eşitlik 2 kullanılmıştır ve normalize edilmiş karar matrisi Tablo 4'te sunulmuştur.

Alternatiflerin genel performans değerleri Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 5'te sunulmuştur. Her bir alternatifin ve her bir kriterin kaldırılması durumunda performans değeri Eşitlik 4 kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. Karar matrisi

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
S1	0,68	14,50	0,33	0,34	528,75	1,96	4,03	2,27	12,48	0,59	2,53	30,80
S2	0,63	13,75	0,34	0,42	463,87	1,54	4,03	2,27	12,53	0,61	2,24	31,17
S3	0,62	13,42	0,32	0,38	555,91	1,55	4,03	2,27	13,12	0,59	2,37	33,52
S4	0,60	15,96	0,33	0,56	477,67	1,58	4,03	2,27	14,21	0,53	1,52	34,88
S5	0,60	18,68	0,34	0,50	469,69	1,67	4,03	2,27	12,68	0,50	2,15	36,20
S6	0,68	19,43	0,34	0,52	465,06	1,79	4,03	2,27	13,03	0,49	1,19	37,52
S7	0,75	20,38	0,38	0,87	418,02	1,66	4,17	2,33	13,80	0,50	1,24	38,06
S8	0,79	19,36	0,39	1,14	453,41	1,66	4,17	2,33	11,51	0,54	0,90	38,60
S9	0,92	20,62	0,38	1,23	501,97	1,63	4,17	2,33	13,34	0,53	1,11	39,89
S10	0,99	16,85	0,37	1,50	529,85	2,11	4,17	2,33	13,23	0,66	9,79	44,28
S11	1,02	17,47	0,37	1,55	585,70	2,32	4,17	2,33	11,40	0,68	9,79	43,67
S12	1,01	21,84	0,39	1,57	646,81	2,59	4,17	2,33	11,83	0,55	12,33	45,38
S13	1,00	22,09	0,38	1,48	645,80	2,22	4,17	2,33	14,12	0,54	12,33	45,71

Tablo 4. Normalize karar matrisi

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
S1	0,666	0,656	0,980	1	0,817	0,756	1	1	0,913	0,843	0,355	0,673
S2	0,617	0,622	0,954	0,819	0,717	0,594	1	1	0,909	0,802	0,401	0,681
S3	0,607	0,607	1	0,912	0,859	0,598	1	1	0,868	0,834	0,379	0,733
S4	0,588	0,722	0,993	0,608	0,738	0,610	1	1	0,802	0,927	0,592	0,763
S5	0,588	0,845	0,948	0,680	0,726	0,644	1	1	0,899	0,991	0,418	0,791
S6	0,666	0,879	0,948	0,661	0,719	0,691	1	1	0,874	1	0,756	0,820
S7	0,735	0,922	0,853	0,392	0,646	0,640	0,966	0,975	0,826	0,983	0,725	0,832
S8	0,774	0,876	0,840	0,300	0,700	0,640	0,966	0,975	0,990	0,905	1	0,844
S9	0,901	0,933	0,860	0,278	0,776	0,629	0,966	0,975	0,854	0,924	0,810	0,872
S10	0,970	0,762	0,883	0,228	0,819	0,814	0,966	0,975	0,861	0,743	0,091	0,968
S11	1	0,790	0,879	0,221	0,905	0,895	0,966	0,975	1	0,728	0,091	0,955
S12	0,990	0,988	0,840	0,218	1	1	0,966	0,975	0,963	0,897	0,072	0,992
S13	0,980	1	0,847	0,231	0,998	0,857	0,966	0,975	0,807	0,911	0,072	1

Tablo 5. Sı değerleri

Kriter	S _i	Kriter	S _i
S1	0,17314	S8	0,174246
S2	0,16909	S9	0,174012
S3	0,17121	S10	0,168817
S4	0,17079	S11	0,171281
S5	0,17219	S12	0,174887
S6	0,17565	S13	0,173037
S7	0,17195		

Mutlak sapma (E_j), Eşitlik 5, kriterlerin ağırlıkları ise Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmıştır ve Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. E_j değerleri ve (W_j) kriter ağırlıkları

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
E_j	0,0776	0,0815	0,0917	0,0501	0,0802	0,0718	0,0993	0,0998	0,0895	0,0887	0,0436	0,0843
W_j	0,0809	0,0850	0,0957	0,052	0,083	0,0749	0,1036	0,1041	0,0933	0,0925	0,0455	0,08797

MEREC yöntemi ile her bir kriterin önem ağırlıkları belirlendiğinde sıralama şu şekilde gerçekleşmiştir: $N8 > N7 > N3 > N9 > N10 > N12 > N2 > N5 > N1 > N6 > N4 > N11$.

Korunan karasal ve tatlı su ana biyoçeşitlilik alanları, enerji verimliliği önem ağırlıkları en yüksek kriterler olarak belirlenmiştir. Kişi başına ulaştırmadan kaynaklanan CO₂ emisyonları ve pestisit kullanımı önem ağırlıkları en düşük kriterler olarak tespit edilmiştir. Seçilen yılların performans sıralamalarını belirlemek için çalışmanın ikinci aşaması olarak COPRAS yöntemi kullanılmıştır. MEREC analizinde kullanılan Tablo 2'de belirtilen başlangıç karar matrisi burada da kullanılmıştır. Tablo 2'deki her bir elemanın normalize edilme işlemi Eşitlik 8 yardımıyla yapılmış ve normalize karar matrisi Tablo 7'deki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 7. Normalize karar matrisi

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
S1	0,066	0,061	0,070	0,028	0,078	0,080	0,075	0,075	0,074	0,080	0,042	0,061
S2	0,061	0,058	0,072	0,034	0,068	0,063	0,075	0,075	0,074	0,083	0,037	0,062
S3	0,060	0,057	0,068	0,031	0,082	0,063	0,075	0,075	0,078	0,080	0,039	0,067
S4	0,058	0,068	0,070	0,046	0,070	0,065	0,075	0,075	0,084	0,072	0,025	0,069
S5	0,058	0,079	0,072	0,041	0,069	0,068	0,075	0,075	0,075	0,068	0,036	0,072
S6	0,066	0,082	0,072	0,043	0,068	0,073	0,075	0,075	0,077	0,067	0,020	0,075
S7	0,072	0,087	0,081	0,072	0,062	0,068	0,078	0,077	0,082	0,068	0,020	0,076
S8	0,076	0,082	0,083	0,094	0,067	0,068	0,078	0,077	0,068	0,073	0,015	0,077
S9	0,089	0,088	0,081	0,101	0,074	0,067	0,078	0,077	0,079	0,072	0,018	0,079
S10	0,096	0,071	0,079	0,124	0,078	0,086	0,078	0,077	0,079	0,090	0,164	0,088
S11	0,099	0,074	0,079	0,128	0,086	0,095	0,078	0,077	0,068	0,093	0,164	0,087
S12	0,098	0,093	0,083	0,130	0,095	0,106	0,078	0,077	0,070	0,075	0,207	0,090
S13	0,097	0,0943	0,081	0,122	0,095	0,091	0,078	0,077	0,084	0,073	0,207	0,091

Eşitlik 9 kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilmiştir. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
S1	0,005	0,005	0,006	0,001	0,006	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007	0,001	0,005
S2	0,004	0,005	0,006	0,001	0,005	0,004	0,007	0,007	0,007	0,007	0,001	0,005
S3	0,004	0,004	0,006	0,001	0,006	0,004	0,007	0,007	0,007	0,007	0,001	0,005
S4	0,004	0,005	0,006	0,002	0,005	0,004	0,007	0,007	0,007	0,006	0,001	0,006
S5	0,004	0,006	0,006	0,002	0,005	0,005	0,007	0,007	0,007	0,006	0,001	0,006
S6	0,005	0,007	0,006	0,002	0,005	0,005	0,007	0,007	0,007	0,006	0,000	0,006
S7	0,005	0,007	0,007	0,003	0,005	0,005	0,008	0,008	0,007	0,006	0,000	0,006
S8	0,006	0,007	0,008	0,004	0,005	0,005	0,008	0,008	0,006	0,006	0,000	0,006
S9	0,007	0,007	0,007	0,005	0,006	0,005	0,008	0,008	0,007	0,006	0,000	0,007
S10	0,007	0,006	0,007	0,006	0,006	0,006	0,008	0,008	0,007	0,008	0,007	0,007
S11	0,008	0,006	0,007	0,006	0,007	0,007	0,008	0,008	0,006	0,008	0,007	0,007
S12	0,007	0,007	0,008	0,006	0,008	0,008	0,008	0,008	0,006	0,007	0,009	0,007
S13	0,007	0,008	0,007	0,006	0,008	0,006	0,008	0,008	0,007	0,006	0,009	0,008

Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulduktan sonra S_{i+} maksimum yönlü ve S_{i-} minimum yönlü kriterler sırasıyla Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 kullanılarak hesaplanmıştır. Q_i göreceli önem değeri ise Eşitlik 12 kullanılarak hesaplanmıştır. Bulunan en yüksek göreceli öncelik değeri 0,082006571 olarak tespit edilmiştir. Her yıla ilişkin olarak hesaplanan performans indeksi P_i , Eşitlik 14 kullanılarak hesaplanmıştır ve sonuçlar Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9. COPRAS S_{i+} , S_{i-} , Q_i , P_i değerleri

	S_{i+}	S_{i-}	Q_i	P_i	Sıra
S1	0,040357312	0,028648588	0,074909514	91,34574653	10
S2	0,040969148	0,025946676	0,078855211	96,15718604	5
S3	0,04056034	0,027335627	0,076772123	93,61703893	7
S4	0,04074475	0,027460686	0,076791622	93,64081521	6
S5	0,039937754	0,028858905	0,074238148	90,52707236	12
S6	0,039358586	0,030305761	0,072021413	87,8239541	13
S7	0,042774315	0,030311281	0,075431193	91,98188942	8
S8	0,043119331	0,030790311	0,07526814	91,78305996	9
S9	0,044360129	0,033008056	0,074348924	90,6621545	11
S10	0,053554276	0,034790579	0,082006571	100	1
S11	0,053002956	0,036485644	0,080133403	97,71583186	2
S12	0,054037634	0,039885916	0,079119385	96,47932354	4
S13	0,05459348	0,038801961	0,080104351	97,68040487	3

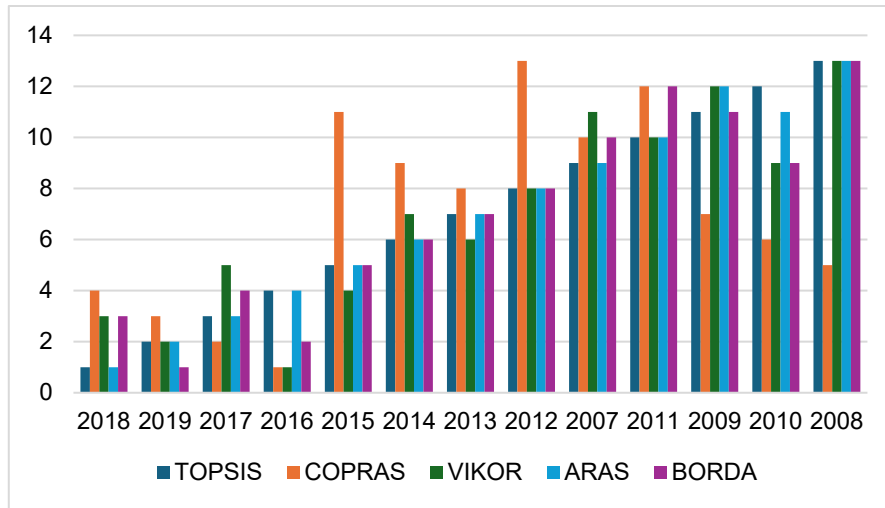
4.1. Karşılaştırmalı Analiz

Farklı ÇKKV yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen karşılaştırma analizi bulguları Tablo 10'da sunulmuştur. Karşılaştırmalı analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre tüm yöntemlerde 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılları çevresel dirençliliğin yüksek olduğu yıllar olarak saptanmıştır. COPRAS yöntemi hariç diğer üç yöntemde 2008 yılı çevresel performansın en düşük olduğu yıl olarak tespit edilmiştir. 2007-2010 dönemi

genel sıralamada çevresel dirençliliğin en düşük olduğu yıllar olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 2'de BORDA ve diğer sonuçların karşılaştırması sunulmuştur.

Tablo 10. Karşılaştırmalı analiz sonuçları

TOPSIS		COPRAS		VIKOR		ARAS		BORDA	
Yıl	C_i^*	Yıl	P_i	Yıl	Q_i	Yıl	K_i	Yıl	Skor Sıra
2018	0,8326	2016	100	2016	0,0776	2018	0,9668	2019	47 1
2019	0,8281	2017	97,7158	2019	0,1628	2019	0,9634	2016	45 2
2017	0,7519	2019	97,6804	2018	0,2890	2017	0,9230	2018	44 3
2016	0,7243	2018	96,4793	2015	0,3710	2016	0,9119	2017	43 4
2015	0,4235	2008	96,1571	2017	0,4793	2015	0,8048	2015	31 5
2014	0,3561	2010	93,6408	2013	0,5822	2014	0,7690	2014	28 6
2013	0,3252	2009	93,6170	2014	0,6094	2013	0,7613	2013	28 7
2012	0,2467	2013	91,9818	2012	0,9448	2012	0,7267	2012	19 8
2007	0,2199	2014	91,7830	2010	0,9709	2007	0,7177	2010	18 9
2011	0,2194	2007	91,3457	2011	0,9748	2011	0,7165	2007	17 10
2009	0,2089	2015	90,6621	2007	0,9754	2010	0,7101	2009	15 11
2010	0,1986	2011	90,5270	2009	0,9823	2009	0,7077	2011	14 12
2008	0,1689	2012	87,8239	2008	1	2008	0,6971	2008	9 13



Şekil 2. Genel sıralama sonuçları

Borda yöntemi, Türkiye'nin çevresel dirençliliğinde özellikle son yıllardaki pozitif gelişmeleri vurgulamaktadır. 2016-2019 dönemindeki yüksek performanslar, Türkiye'nin çevre politikalarındaki iyileşmeyi ve daha sürdürülebilir bir yaklaşım benimsediğini göstermektedir. Diğer yandan 2007-2010 döneminin sıralamaları bu yılların çevresel dirençlilik açısından en zayıf yıllar olduğuna işaret etmektedir. Özetle, Türkiye'nin çevresel dirençlilik performansı yıllar içerisinde dalgalanma göstermesine rağmen son yıllarda belirgin bir iyileşme gösterdiği gözlemlenmiştir.

5. TARTIŞMALAR ve POLİTİKA ÇIKARIMLARI

Veri odaklı MEREC ve COPRAS analiz sonuçları, Türkiye'nin çevresel dirençliliği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. MEREC yönteminden elde edilen bulgular sonucunda korunan karasal (N8) ve tatlı su biyoçeşitlilik alanları (N7) sırasıyla birinci ve ikinci en önemli kriter olarak tespit edilmiştir. İklim değişikliğinin şiddetlenmesi ile giderek önem kazanan korunan alanlar, biyoçeşitlilik ve doğal kaynakların korunmasında önem arz etmektedir. Korunan alanlar, türlerin yaşam alanlarında iklim değişikliği kaynaklı değişimlerin azaltılmasına yardımcı olmanın yanı sıra korunan alanlar arasındaki bağlantı, iklim değişikliğinin ilk aşamalarında bile bazı türler için hayati önem taşımaktadır (Hannah, 2008). Aynı zamanda SKA-14 ve SKA-15 gibi bazı Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına (SKA) doğrudan ulaşılmasına yardımcı olmaktadır (Dudley, 2024). Ancak Dünya ve Avrupa'ya kıyasla çok daha düşük seviyelerde bulunan Türkiye'nin korunan alanları, ekosistemlerin ve toplumun çevresel değişikliklere uyum sağlama ve bu değişikliklerden kurtulma kapasitesini azaltmaktadır. Türkiye'nin uzun dönemde sürdürülebilirliği ve çevresel dirençliliği desteklemesi için korunan alanların etkin yönetimi gerekmektedir. Böylece iklim değişikliği kaynaklı çevresel değişikliklere uyum sağlama ve önleme başta olmak üzere SKA'ların da gerçekleştirilebilmesi mümkün olabilecektir.

Enerji verimliliği (N3) Türkiye'nin çevresel dirençliliğinde üçüncü en önemli kriterdir. Türkiye, enerji kaynaklarını çeşitlendirme çabalarına rağmen fosil yakıtlar hala ekonominin ana kaynağıdır (IEA, 2024b)². 2017-2023 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, binalar ve hizmet, enerji ve ısı, ulaşım, sanayi ve teknoloji, tarım ve kesişen alanlar gibi çeşitli sektörlerde birincil enerji tüketimini mevcut eğilimlere göre %14 azaltmayı hedeflemektedir (IEA, 2021). Türkiye'nin enerji sistemini yeniden yapılandırma çabaları, enerji talebindeki artışı yöneterek, verimliliği artırarak, maliyetleri düşürerek ve ithalat bağımlılığını azaltarak enerji verimliliğini artırmaya yönelmelidir. Bu çabalar daha sürdürülebilir ve ekonomik açıdan daha verimli bir enerji ortamına ve dolayısıyla daha yüksek çevresel dirençliliğe yol açabilir.

Nihai enerji tüketiminde kullanılan yenilenebilir enerji oranı (N9), Türkiye'nin iklim değişikliğiyle mücadelesinde ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasında kritik bir öneme sahiptir. Özellikle fosil yakıt bağımlılığını azaltmak için yenilenebilir enerjinin nihai enerji tüketimine entegrasyonu giderek daha önemli hale gelmektedir. Türkiye, yenilenebilir enerjinin benimsenmesi yoluyla enerji üretiminin ekolojik ayak izini en aza indirerek çevresel sürdürülebilirliği ve dirençliliği artırmayı amaçlamalıdır. Geleneksel enerji kaynaklarının aksine yenilenebilir enerji sistemleri doğal ekosistemlerle uyumlu bir şekilde bir arada var olacak şekilde tasarlanabilir. Bu sayede biyoçeşitliliği ve çevresel korumayı teşvik etmek mümkündür. Bu kapsamda yenilenebilir enerjinin çevresel dirençliliği artırma potansiyelini maksimize etmek için alternatif finansman koşulları ve teşviklerin yanı sıra yenilenebilir enerjiye elverişli mevcut ortamın güçlendirilmesi önemlidir. Böylece sürdürülebilir ve dirençli bir enerji geleceğine geçiş sağlanabilir. Yenilenebilir enerjinin nihai enerji tüketimindeki payının artırılması hem çevresel hem de ekonomik dirençliliği destekleyerek fosil yakıt bağımlılığını azaltabilir. Bunun yanı sıra SKA'ların bir parçası olan bu kriter, erişilebilir ve temiz enerji (SKA7) ve iklim eylemi (SKA13) ile ilişkilendirilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2024b). Buradan hareketle yenilenebilir enerjinin enerji tüketimindeki artan payı aynı zamanda Türkiye'nin iklimle ilgili doğal tehlikelere ve bunların sonucunda ortaya çıkan felaketlere karşı dirençliliğinin ve uyum kapasitesinin de güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

Karşılaştırmalı analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre ise son yıllar dikkate alındığında çevresel dirençliliğin yüksek bir performans gösterdiği tespit edilmiştir. Genel olarak 2018 ve 2019 yıllarında Türkiye'nin çevresel dirençlilik performansında bir iyileşme olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2010'dan önceki yıllarda ise çevresel dirençlilik performansı daha düşük seyretmekle beraber bu Türkiye'nin çevresel stratejilerinde önemli iyileştirmeler yapmaya başladığı bir geçiş dönemi olduğuna işaret etmektedir.

Avrupa Komisyonu tarafından dirençlilik göstergeleri kapasite ve kırılabilirlik olmak üzere bir dizi gösterge içermektedir. Kapasite, geçişin başarılı bir şekilde yönetilmesi ve gelecekteki şoklarla başa çıkmada yardımcı olan güçlü yönler veya elverişli koşulları ifade ederken kırılabilirlik, geçiş sırasında karşılaşılan zorlukları daha da kötüleştirebilecek zayıflıkları veya risk faktörlerini ifade etmektedir (Avrupa Komisyonu, 2024a). Aşağıdaki tabloda MEREC tarafından tespit edilen önemli kriterlerin kapasite ve kırılabilirlikleri dikkate alınarak hazırlanan kapasite ve kırılabilirlik seviyeleri yer almaktadır.

Tablo 11. Kriter kapasite ve kırılabilirlik seviyeleri

Kriter	Kapasite/Kırılabilirlik				
	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Korunan karasal ana biyoçeşitlilik alanları	X				
Korunan tatlı su ana biyoçeşitlilik alanları			X		
Enerji verimliliği					X
Nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji			X		
Kaynak verimliliği		X			

Not: Kaynak verimliliği hariç tüm kriterler kapasite kriteridir.

Ana biyoçeşitlilik alanları ekolojik denge ve iklim adaptasyonunda önem arz etmekle beraber Türkiye özelinde orta kapasite olarak tespit edilmiştir. Bu durum Türkiye'nin bazı korumalara sahip olmasına rağmen uygulama, kapsam veya yönetimde muhtemelen boşluklar olduğunu göstermektedir. Korumanın artırılması, iklim düzenlemesi ve biyoçeşitlilik için kritik öneme sahip ekosistemleri koruyarak dirençliliğin artırabileceği söylenebilir. En yüksek kapasiteye sahip olan Türkiye'nin enerji verimliliği, çevresel dirençlilik için kilit unsurdur. Verimli enerji kullanımı yoluyla olumsuz çevresel etkinin azaltılması mümkündür. Bu durum kaynaklara bağımlılığı azaltarak ve ekonomik verimliliği artırarak diğer dirençlilik alanlarını destekleyebilecek önemli bir gücü yansıtmaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji alanında ilerleme kaydetmiş olsa da orta kapasitede olması hala fırsat olarak değerlendirilebilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması sadece karbonsuzlaştırmayı desteklemekle kalmayacak aynı zamanda enerji güvenliğini ve bağımsızlığını da geliştirerek gelecekteki büyüme için önemli bir alan haline getirecektir. Son olarak orta-yüksek kırılabilirliğe sahip olan kaynak verimliliği önemli bir risk teşkil etmektedir. Bu durum özellikle

² IEA verilene göre Türkiye'nin petrol ve gaz ithalatına bağımlılık oranı sırasıyla %93 ve %99 gibi yüksek seviyelerde seyretmektedir.

ekonomik veya ekolojik stres dönemlerinde aşırı tüketime, çevresel bozulmaya ve daha yüksek maliyetlere yol açabilir. Kaynak verimliliğini artırarak bu kırılganlığı ele almak, israfı en aza indirmek ve sürdürülebilir büyümeyi sağlamak için çok önemli olacaktır. Özetle, Türkiye'nin çevresel dirençliliği büyük ölçüde biyoçeşitliliğin korunması ve yenilenebilir enerji alanlarındaki kapasitelerini geliştirmesine, kaynak verimliliğini artırarak enerji verimliliğindeki gücünden faydalanmasına bağlıdır.

6. SONUÇ

İklim değişikliği, biyoçeşitlilik tahribatı ve kirlilik gibi çevresel tehditler karşısında, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için ülkelerin çevresel dirençlilik performanslarını iyileştirmeleri giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada, iklim değişikliği karşısında yüksek kırılganlığa sahip Türkiye'nin 2007-2019 dönemi çevresel dirençlilik performansı, EUROSTAT göstergeleri kullanılarak veri odaklı MEREC ve COPRAS yöntemleri ile incelenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen bulgular, Türkiye'nin çevresel dirençliliğini korumak ve uzun vadede artırmak için biyolojik çeşitliliğin korunması, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi uzun vadeli stratejilere öncelik vermesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda çalışmamız, Türkiye'nin çevresel dirençliliğini artırmaya yönelik stratejik öncelikleri belirleyerek literatürdeki bulgularla uyumlu sonuçlar sunmaktadır. Türkiye'nin biyolojik çeşitliliğin korunması, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımına odaklanarak çevresel dirençlilik seviyesini artırması gerektiği yönündeki bulgularımız, mevcut literatürde ortaya konan düşük dirençlilik seviyesinin nedenlerini daha iyi anlamamıza katkı sağlamaktadır. İkinci önemli bulgu ise Türkiye'nin çevresel dirençlilik performansının son yıllarda iyileşmeye başlamış olmasıdır. Türkiye'nin çevresel dirençlilik yaklaşımını benimsemesi, iklim değişikliğiyle birlikte ilgili sürdürülebilir kalkınma politikalarını şekillendirmesine olanak tanımaktadır. Bu, gelecekteki zorlukların etkisini azaltmaya ve sürdürülebilir bir dönüşüm için fırsatları değerlendirmeye katkı sağlamaktadır. Bu kriterler göz önünde bulundurularak yapılacak iyileştirmeler, Türkiye'nin çevresel performansını daha da güçlendirecek ve iklim değişikliği gibi küresel çevresel tehditlere karşı daha dirençli hale getirecektir. Ancak çevresel dirençlilik göstergelerinin kapasite ve kırılganlık durumlarına göre uygun politikaların belirlenmesi ihmal edilmemelidir.

Mevcut çalışmanın sonuçlarından yola çıkarak gelecekte bu konuda çalışma yapacak araştırmacılar için şu görüşler değerlendirilebilir. İlk olarak, çevresel dirençlilik performansının değerlendirilmesinde kullanılan zaman periyodu veri mevcudiyeti nedeniyle 2019 yılı ile sınırlandırılmıştır. Zaman periyodunun genişletilmesi ile süregelen gelişmenin görülmesi önem arz etmektedir. İkinci olarak Türkiye'nin çevresel dirençliliğinde biyoçeşitlilik göstergelerinin önemi dikkate alındığında farklı göstergeleri içeren yeni bir veri seti ve farklı sıralama yöntemleri ile analiz genişletilebilir. Son olarak yüksek kırılganlığa sahip ancak analiz sonucunda düşük önem derecesi tespit edilen diğer kriterlerin sistematik olarak takip edilerek uzun dönemde ortaya çıkarılabileceği riskler tartışılabilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Salih Özdemir: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Nimet Elmacioğlu:* Literatür taraması, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Salih Özdemir: Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Nimet Elmacioğlu:* Literature review, Data Curation, Analysis, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Avrupa Komisyonu. (2024a). "Strategic Foresight", https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategic-planning_en, (Erişim Tarihi: 10.04.2024).
- Avrupa Komisyonu. (2024b). "Share of Renewable Energy in Gross Final Energy Consumption", https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg_07_40_esmsip2.htm, (Erişim Tarihi: 10.04.2024).
- Batty, M. (2008). "The Size, Scale, and Shape of Cities", *Science*, 319(5864), 769-771. <https://doi.org/10.1126/science.1151419>
- Borden, K.A., Schmidtlein, M.C., Emrich, C.T., Piegorsch, W.W. ve Cutter, S.L. (2007). "Vulnerability of US Cities to Environmental Hazards", *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 4(2), 1-21. <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1279>
- Chadha, R.K., Papadopoulos, G.A. ve Karanci, A.N. (2007). "Disasters Due to Natural Hazards", *Natural Hazards*, 40(3), 501-502. <https://doi.org/10.1007/s11069-006-9010-4>
- Connolly, J.J. (2019). "From Jacobs to the Just City: A Foundation for Challenging the Green Planning Orthodoxy", *Cities*, 91, 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.05.011>
- Değirmenci, R., Akşan, G.N., Hadımlıoğlu, S. ve Yılmaz, B. (2022). "İklim Değişikliğine Karşı Dirençli Kent/Şehir Uygulamaları: Denizli Örneği", *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 1(2), 203-224.
- Dudley, N. (2024). "Protected Areas Helping Achieve the Sustainable Development Goals", <https://www.protectedplanet.net/en/news-and-stories/protected-areas-helping-achieve-the-sustainable-development-goals>, (Erişim Tarihi: 15.04.2024).
- Dünya Bankası. (2022). "Country Climate and Development Report", <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/80bdfcf8-73b1-42b3-b107-1629f64a1f0c/content>, (Erişim Tarihi: 10.04.2024).
- Dünya Bankası. (2024). "Climate Change Action Plan 2021-2025", <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/ee8a5cd7-ed72-542d-918b-d72e07f96c79>, (Erişim Tarihi: 10.04.2024).
- Giulia, D. (2023). "Implementing Urban Resilience in Urban Planning: A Comprehensive Framework for Urban Resilience Evaluation", *Sustainable Cities and Society*, 104821. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104821>
- Guitouni, A. ve Martel, J. M. (1998). "Tentative Guidelines to Help Choosing An Appropriate MCDA Method", *European Journal of Operational Research*, 109(2), 501-521. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00073-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00073-3)
- Hannah, L. (2008). "Protected Areas and Climate Change", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134(1), 201-212. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.009>
- IEA (International Energy Agency), (2021). "Turkey 2021, IEA, Paris", <https://www.iea.org/reports/turkey-2021>, (Erişim Tarihi: 10.07.2024).
- IEA (International Energy Agency), (2024a). "Climate Resilience Policy", <https://www.iea.org/articles/turkiye-climate-resilience-policy-indicator>, (Erişim Tarihi: 10.04.2024).
- IEA (International Energy Agency), (2024b). "Energy System of Türkiye", <https://www.iea.org/countries/turkiye>, (Erişim Tarihi: 10.07.2024).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2022). "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation And Vulnerability", <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>, (Erişim Tarihi: 10.04.2024).
- Karahan, M., Yıldırım, Z. ve Yıldırım, T. (2025). "Comparative Analysis of Turkey's Environmental Performance with Eastern European Countries According to International EPI 2022 Data", *Green Technologies and Sustainability*, 3(1), 100116. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2024.100116>
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. ve Antucheviciene, J. (2021). "Determination of Objective Weights Using A New Method Based on the Removal Effects of Criteria (MEREC)", *Symmetry*, 13(4), 525. <https://doi.org/10.3390/sym13040525>
- Lee, H.C. ve Chang, C.T. (2018). "Comparative Analysis of MCDM Methods for Ranking Renewable Energy Sources in Taiwan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 883-896. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.007>
- Li, D., Yang, W. ve Huang, R. (2023). "The Multidimensional Differences and Driving Forces of Ecological Environment Resilience in China", *Environmental Impact Assessment Review*, 98, 106954. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106954>
- Liu, L., Lei, Y., Zhuang, M. ve Ding, S. (2022). "The Impact of Climate Change on Urban Resilience in the Beijing-Tianjin-Hebei Region", *Science of the Total Environment*, 827, 154157. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154157>
- Mayunga, J.S. (2007). "Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience: A Capital-Based Approach", *Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building*, 1(1), 1-16.

- Moghim, S. ve Garna, R. K. (2019). "Countries' Classification by Environmental Resilience", *Journal of Environmental Management*, 230, 345-354. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.090>
- Mohanrasu, S. S., Janani, K. ve Rakkiyappan, R. (2024). "A COPRAS-based Approach to Multi-Label Feature Selection for Text Classification", *Mathematics and Computers in Simulation*, 222, 3-23. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2023.07.022>
- Osman, T. (2021). "A Framework for Cities and Environmental Resilience Assessment of Local Governments", *Cities*, 118, 103372. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103372>
- Ozdemir, S. (2024). "Unveiling Environmental Resilience: A Data-Driven Multi-Criteria Decision-Making Approach", *Environmental Impact Assessment Review*, 108, 107607. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107607>
- Roy, B. ve Słowiński, R. (2013). "Questions Guiding the Choice of A Multicriteria Decision Aiding Method", *EURO Journal on Decision Processes*, 1(1-2), 69-97. <https://doi.org/10.1007/s40070-013-0004-7>
- Sadler, A., Ranger, N., Fankhauser, S., Marotta, F. ve O'Callaghan, B. (2024). "The Impact of COVID-19 Fiscal Spending on Climate Change Adaptation and Resilience", *Nature Sustainability*, 7(3), 270-281. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01269-y>
- Scafetta, N. (2024). "Impacts and Risks of "Realistic" Global Warming Projections for the 21st Century", *Geoscience Frontiers*, 15(2), 101774. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101774>
- Şen, Ö.L. (2013). "A Holistic View of Climate Change and Its Impacts in Turkey", <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200327-01035961.pdf>, (Erişim Tarihi: 10.04.2024).
- Seriño, M.N.V. (2018). "Diversification of Nonhydro Renewable Energy Sources in Developing Countries", *Energy, Ecology and Environment*, 3(6), 317-329. <https://doi.org/10.1007/s40974-018-0106-y>
- Sharifi, A. (2016). "A Critical Review of Selected Tools for Assessing Community Resilience", *Ecological Indicators*, 69, 629-647. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.023>
- UCAR (University Corporation for Atmospheric Research), (2024). "Predictions of Future Global Climate", <https://scied.ucar.edu/learning-zone/climate-change-impacts/predictions-future-global-climate>, (Erişim Tarihi: 10.04.2024).
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), (2023). "Adaptation and Resilience. United Nations Climate Change", <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction>, (Erişim Tarihi: 09.04.2024).
- Wang, J.J., Jing, Y.Y., Zhang, C.F. ve Zhao, J.H. (2009). "Review on Multi-Criteria Decision Analysis Aid in Sustainable Energy Decision-Making", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2263-2278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.021>
- Wang, L. ve Li, G. (2024). "The Impact of Sustainable Development Planning on Urban Ecological Resilience in Resource-Based Cities: Evidence from China", *Environmental Science and Pollution Research*, 31(8), 12245-12256. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-31847-8>
- Wu, W.W. (2011). "Beyond Travel & Tourism Competitiveness Ranking Using DEA, GST, ANN and Borda Count", *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12974-12982. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.096>
- Zavadskas, E.K. ve Podvezko, V. (2016). "Integrated Determination of Objective Criteria Weights in MCDM", *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(02), 267-283. <https://doi.org/10.1142/S0219622016500036>
- Zavadskas, E.K. ve Turskis, Z. (2011). "Mangultiple Criteria Decision Making (MCDM) Methods in Economics: An Overview", *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2), 397-427. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.593291>
- Zavadskas, E.K., Kaklauskas, A. ve Šarka, V. (1994). "The New Method of Multicriteria Complex Proportional Assessment of Projects", *Technological and Economic Development of Economy*, 1(3), 131-139.
- Zhu, S., Li, D. ve Feng, H. (2019). "Is Smart City Resilient? Evidence from China", *Sustainable Cities and Society*, 50, 101636. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101636>
- Zurek, M., Ingram, J., Sanderson Bellamy, A., Goold, C., Lyon, C., Alexander, P., Barnes, A., Bebbler, D.P., Breeze, T.D., Bruce, A., Collins, L.M., Davies, J., Diherty, B., Ensor, J., Franco, S.C., Gatto, A., Hess, T., Lamprinopoulou, C., Liu, L., Merkle, M., Norton, L., Oliver, T., Ollerton, J., Potts, S., Reed, M.S., Sutcliffe, C. ve Withers, P. J. (2022). "Food System Resilience: Concepts, Issues, and Challenges", *Annual Review of Environment and Resources*, 47(1), 511-534. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112320-050744>

