

## Arastırma Makalesi

# Demir-Çelik Sektöründe Çevresel Sürdürülebilirlik Performansının LOPCOW, CORASO ve RAPS Yöntemleriyle Değerlendirilmesi

*Evaluation of Environmental Sustainability Performance in the Iron and Steel Industry Using the LOPCOW, CORASO, and RAPS Methods*

**İpek ÖZENİR**

Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

Antakya Meslek Yüksekokulu

[ipekozenir@mku.edu.tr](mailto:ipekozenir@mku.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0002-0684-0938>

Makale Geliş Tarihi	Makale Kabul Tarihi
27.11.2025	08.04.2026

### Öz

Çalışmada, demir-çelik sektöründe hizmet veren, aynı grup bünyesinde bulunan iki işletmenin çevresel sürdürülebilirlik performanslarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, İSDEMİR ve ERDEMİR işletmelerinin 2021-2024 yılları arasındaki çevresel sürdürülebilirlik performansları değerlendirilmiş, işletmeler kendi içlerinde ve birbirleriyle kıyaslanmıştır. Çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri'nden (ÇKKV) Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting (LOPCOW), Compromise Ranking from Alternative Solutions (CORASO) ve Ranking Alternatives by Perimeter Similarity (RAPS) yöntemleri kullanılmıştır. Değerlendirmede kullanılacak kriterlerin belirlenebilmesi için Web of Science (WoS) ve Scopus veri tabanlarında literatür taraması yapılmıştır. LOPCOW yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları sonuçlarına göre, en önemli kriter toplam atık miktarı, en önemsiz kriter geri dönüştürülen su miktarıdır. İşletmeleri çevresel sürdürülebilirlik performanslarına göre sıralamak amacıyla kullanılan CORASO ve RAPS yöntemlerinin sonuçları incelendiğinde, yöntemlerin genel olarak benzer sıralama sonuçlarını verdikleri, yöntemler arasındaki korelasyonun oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Her iki yöntemin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, 2021-2024 yılları arasında ERDEMİR işletmesinin çevresel sürdürülebilirlik performansının daha iyi olduğu, İSDEMİR işletmesinin performansının zamanla iyileştiği görülmüştür. Duyarlılık analizi sonucunda, kullanılan modellerin sağlam ve güvenilir olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca yöntemlerin, kriter ağırlıklarında meydana gelen değişimlere karşı duyarlı oldukları belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Demir-çelik, LOPCOW, CORASO, RAPS, çevresel sürdürülebilirlik.

### Abstract

The study aims to evaluate and compare the environmental sustainability performance of two companies operating in the iron and steel sector within the same corporate group. For this purpose, the environmental sustainability performance of İSDEMİR and ERDEMİR between 2021 and 2024 was assessed, the companies were compared both individually and with each other. The study employed the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods of Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting (LOPCOW), Compromise Ranking from Alternative Solutions (CORASO), and Ranking Alternatives by Perimeter Similarity (RAPS). In order to determine the criteria to be used in the evaluation, a literature review was conducted in the Web of Science (WoS) and Scopus databases. According to the criterion weights calculated using the LOPCOW method, the most important criterion

### Önerilen Atf /Suggested Citation

Özenir, İ., 2026, Demir-Çelik Sektöründe Çevresel Sürdürülebilirlik Performansının LOPCOW, CORASO ve RAPS Yöntemleriyle Değerlendirilmesi, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 61(2), 1362-1386.

is the total amount of waste, the least important is the amount of recycled water. When the results of the CORASO and RAPS methods used to rank the companies based on their environmental sustainability performance are examined, it is observed that the methods generally produce similar rankings, and that the correlation between them is quite high. When the ranking results of both methods are evaluated together, it is revealed that ERDEMİR's environmental sustainability performance was higher between 2021 and 2024, while İSDEMİR's performance showed improvement over time. As a result of the sensitivity analysis, it was revealed that the models used are robust and reliable. In addition, it was determined that the methods are sensitive to changes in criterion weights.

**Keywords:** Iron-steel, LOPCOW, CORASO, RAPS, environmental sustainability.

## 1. Giriş

Çevresel sürdürülebilirlik, dünyada gelişmenin doğal kaynakların, ekolojik çeşitliliğin ve süreçlerin korunmasıyla uyumlu olması gerektiği şeklinde tanımlanmaktadır (Cabello, Navarro-Jurado, Thiel-Ellul, Rodríguez-Díaz ve Ruiz, 2021, s. 5). Bu uyumun sağlanmasının zor olduğu sektörlerden biri olarak karşımıza demir-çelik sektörü çıkmaktadır. Üretim yönetimi açısından karmaşık süreçlere sahip olan demir-çelik sektörü, fosil yakıtlara ve elektriğe yüksek oranda bağımlı olup dünyada en fazla enerji tüketen ikinci sektördür (Johansson, 2016, s. 1437). CO<sub>2</sub> emisyonlarının %7,2'si demir-çelik üretimi süreçlerinde oluşmaktadır (Ritchie, 2020). Son yıllarda artan ürün talebi doğrultusunda emisyonlarda ve enerji tüketiminde artış yaşanmaktadır (Sun, Wang, Zhou ve Wu, 2020, s. 1). Dünya genelinde yeşil dönüşümün önemli olduğu günümüzde, demir-çelik sektöründe de rekabet edebilmek adına yeşil dönüşüm faaliyetlerine hız verilmesi gerektiği belirtilmektedir (Aslan, 2024). Aynı zamanda işletmelerin, özellikle tedarik zincirlerinde karar verme süreçlerine çevresel kriterleri dahil etmeleri gerektiği, bu konuların araştırılmasına ihtiyaç olduğu, sürdürülebilirlik boyutları içinde çevresel sürdürülebilirliğin daha çok dikkat çektiği belirtilmiştir (Gündüz Şimşek ve Gündüz, 2023, s. 426; Kiliç ve Yalcin, 2021; Kumar, 2025, s. 196).

Bu aşamada, Türkiye'de bulunan demir-çelik işletmelerinin çevresel sürdürülebilirlik performansları önem kazanmaktadır. Demir-çelik sektörü, Türkiye açısından stratejik bir öneme sahiptir (Yücel, 2025, s. 1988). Türkiye'nin ihracatında en büyük pay demir-çelik sektörüne ait olmakla birlikte (Topçu Altay ve Sarıgül Sümerli, 2019, s.521), ülkenin uzun mamuller grubu ürünlerde rekabet üstünlüğü bulunmaktadır (Çeştepe ve Tuncel, 2018, s. 127). Aynı zamanda Türkiye ham çelik üretiminde Avrupa'nın birincisi, dünyanın yedincisi konumundadır. 2022 ve 2023 yıllarında üretim miktarlarında azalma meydana gelmiş olsa da 2024 verilerine göre aylık ham çelik üretimi ortalama 3,1 milyon tona ulaşmıştır (Aslan, 2024; Türkiye Çelik Üreticileri Derneği, 2024, s. 28). Bu sebeple çalışmada aynı grup bünyesinde yer alan, Türkiye'nin önde gelen işletmelerinden ve demir-çelik üreticilerinden olan İSDEMİR ve ERDEMİR'in (İstanbul Sanayi Odası, t.y.), 2021-2024 yılları arasında çevresel sürdürülebilirlik performanslarının ÇKKV yöntemleri kullanılarak kendi içlerinde ve birbirleri arasında değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. İSDEMİR ve ERDEMİR işletmeleri Türkiye'de demir-çelik sektöründe sahip oldukları yüksek pazar payları (Yücel, 2025, s. 1997), üretim kapasiteleri ile çevre konularındaki uygulamaları, başarıları ve duyarlılıkları (İSDEMİR, 2025; Kırılmaz Kılıç ve Tekdemir, 2022, s. 217) nedeniyle örneklem olarak seçilmiştir. Ayrıca her iki işletmenin bağlı bulunduğu OYAK Grubu, tüm şirketlerinde çevresel sürdürülebilirliğe yönelik öncü faaliyetlerde bulunmakta ve üretim faaliyetlerini bu kapsamda yürütmektedir (Kırılmaz Kılıç ve Tekdemir, 2022, s. 217). Çalışmanın amacı doğrultusunda aşağıdaki araştırma soruları belirlenmiştir:

- Demir-çelik işletmelerinin çevresel sürdürülebilirlik performanslarını etkileyen kriterler hangileridir?

- Aynı grup bünyesinde yer alan işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performansları birbirlerine göre farklılık göstermekte midir?

- RAPS ve CORASO yöntemleri performans sıralamada benzer sonuçlar üretmekte midir?

- Kriter ağırlıklarındaki değişimin işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performans sıralamaları üzerindeki etkisi nedir?

Çalışmada işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmek amacıyla ÇKKV yöntemlerinden LOPCOW, RAPS ve CORASO yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma metodolojik ve sektörel açıdan literatüre katkılar sunmayı hedeflemektedir. İlk olarak, LOPCOW ve CORASO

yöntemlerinin literatürde birlikte kullanıldığı çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir (Durmuş, Görçün ve Şener, 2025). Ayrıca CORASO yöntemi literatürde oldukça yeni yöntemlerden biridir ve az sayıda çalışmada yer almaktadır (Dragić ve ark., 2025, s. 5; Puška, 2025; Tufan ve Ulutaş, 2025). Yapılan literatür taraması sonucunda yazarın bilgisi dahilinde demir-çelik sektöründe performans değerlendirmede LOPCOW ve CORASO yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte üç yöntemin birlikte kullanıldığı ve CORASO ve RAPS yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Bu yönleriyle çalışma, yöntemlerin birlikte kullanılması ve karşılaştırılması açılarından literatüre katkı sunmaktadır. Sektörel açıdan çalışma, grup şirketlerinin çevresel sürdürülebilirlik kavramına verdikleri önemin nasıl farklılaştığını ortaya çıkarmaktadır. Aynı zamanda demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren işletmelere ve yöneticilere çevresel sürdürülebilirlik performansının ölçümü, çevresel sürdürülebilirliğin artırılması için hangi faktörlerin dikkate alınması gerektiği ve bu faktörlerin önceliklendirilmesi konularında karar verme süreçlerine katkı sağlamaktadır.

Çalışmada, öncelikle literatürde çevresel sürdürülebilirlik ve ÇKKV yöntemleri ile yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan yöntemlerin adımları açıklanmış, dördüncü bölümde işletmelerin verileri kullanılarak uygulama gerçekleştirilmiş ve kullanılan yöntemler için yapılan duyarlılık analizine yer verilmiştir. Son bölümde işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performansları karşılaştırılmış ve yöntemlere ilişkin değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## 2. Literatür Taraması

Literatürde çevresel sürdürülebilirlik performansının ölçümünde ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı güncel çalışmaları ortaya çıkarmak ve performans kriterlerini belirleyebilmek için literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması sürecinin adımları detaylı olarak yöntem bölümünde açıklanmıştır. Bu başlık altında literatür taraması sonucunda elde edilen makaleler örneklem, amaç, yöntem ve bulgular bakımından analiz edilmiş ve ilerleyen paragraflarda bu analizlere yer verilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde, 2019 yılından 2024 yılına doğru çevresel sürdürülebilirlik konusunu ele alan çalışmaların özellikle 2021 yılı ve sonrasında yoğunlaştığı görülmektedir. Örneklemeleri açısından çalışmalar incelendiğinde makro ve mikro düzeyde örneklemelerin ele alındığı görülmektedir. Çalışmalar makro düzeyde ülkeleri kıyaslar (Ahmed, Areche ve Ober, 2024; Gökgöz ve Yalçın, 2022; Kırdı ve Aytakin, 2024) mikro düzeyde şehirleri, belediyeleri ve sektörleri (Charłampowicz, Mańkowski ve Saikouk, 2024; Kilic ve Yalçın, 2021; Saeed ve Ahmad, 2021; Shao, Weng, Liou, Lo ve Jiang, 2019) kıyaslamışlardır. Son yıllarda ülkelerin kıyaslanmasına yönelik gerçekleştirilen çalışmaların sayısı artmıştır. Örneklem olarak ele alınan sektörler çeşitlilik göstermektedir ve belirli bir sektör üzerine yoğunlaşma olmadığı görülmektedir.

**Tablo 1: Wos ve Scopus Veri Tabanlarında 2019-2024 Yılları Arasında Çevresel Sürdürülebilirlik ve ÇKKV ile İlgili Yer Alan Çalışmalar**

Yıl	Yazar/ yazarlar	Örneklem	Çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemleri	Çalışmanın amacı
2024	Štreimikienė ve ark. (2024)	Ülkeler	TOPSIS	Baltık ülkelerinin tarımsal-çevresel sürdürülebilirliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2024	Kırdı ve Aytakin (2024)	Ülkeler	MABAC, MOOSRA, PSI, REF-I, REF-II, ROV, TOPSIS, WASPAS, Borda	Sanayileşmiş ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarının ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2024	Ahmed ve ark. (2024)	Ülkeler	Ağırlıklı Çarpım Yöntemi	BRICS ülkelerinin çevresel sürdürülebilirlik ve enerji güvenliği performanslarının değerlendirmesini yapabilmek için bir endeks geliştirilmesini amaçlamıştır.
2024	Charłampowicz ve ark. (2024)	Lojistik sektörü	Bulanık DEMATEL	Kara lojistiği faaliyetlerine çevresel sürdürülebilirliğin entegrasyonunu sağlayabilmek için yönetim kavramlarının referans modelini geliştirmek amaçlanmıştır.

2023	Gündüz Şimşek ve Gündüz (2023)	Tekstil sektörü	TOPSIS	Bir tekstil firmasının, 2018-2020 yılları arasındaki çevresel sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2023	Asadabadi, Ahmadi, Gupta ve Liou (2023)	Otomotiv sektörü	Katmanlı ÇKKV, TOPSIS, BWM	Gelecekte meydana gelebilecek farklı olayları ve çevresel sürdürülebilirlik için inovasyon kriterlerini göz önünde bulundurarak ÇKKV yöntemleri ile tedarikçi seçiminin yapılması amaçlanmıştır.
2023	Kamali ve ark. (2023)	İnşaat sektörü	TOPSIS	Yeni inşaat uygulamalarının çevresel sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirebilmeyi sağlayan bir karar destek sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır.
2022	Gökgöz ve Yalçın (2022)	Ülkeler	CRITIC, VIKOR, CoCoSo	G20 ülkelerinin çevresel sürdürülebilirlik performanslarının analiz edilmesi amaçlanmıştır.
2021	Gani, Asjad, Talib, Khan ve Siddiquee (2021)	Üretim sektörü	BWM	Pareto analizi ile çevresel sürdürülebilirlik göstergelerinin belirlenmesi ve sıralanması amaçlanmıştır.
2021	Kilic ve Yalcin (2021)	Belediyeler	Neutrosophic DEMATEL, TOPSIS	Çevresel sürdürülebilirlik kriterlerinin belirlenmesi ve belediyelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2021	Škrinjarić (2021)	Ülkeler	Gri İlişkisel Analiz, MOORA, Multi MOORA	Sürdürülebilir turizmin çevresel boyutlar açısından analiz edilmesi ve çevresel boyutlar üzerinden ülkelerin sürdürülebilir turizm performanslarının sıralanması amaçlanmıştır.
2021	Saeed ve Ahmad (2021)	Şehirler	AHP	Kentlerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2021	Shah ve ark. (2021)	Teknoloji sektörü	Bulanık DEMATEL, Bulanık ANP, Bulanık VIKOR	Atıktan enerji üretme teknolojilerinin, enerji güvenliği, enerji eşitliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2020	Carnero (2020)	Sağlık sektörü	Bulanık TOPSIS	Sağlık kuruluşlarının çevresel sürdürülebilirliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2020	Gómez-Limón, Arriaza ve Guerrero-Baena (2020)	Tarım sektörü	AHP BWM	Çiftliklerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmek amacıyla bir indeks oluşturmak ve farklı ağırlıklandırma yöntemlerinin sağlığını ölçmek amaçlanmıştır.
2019	Suhi ve ark. (2019)	Tedarik zincirleri	BWM	Bangladeş'te bulunan kumaş, ilaç, ayakkabıcılık, plastik ve deri tedarik zincirlerinde çevresel sürdürülebilirlikle ilgili kriterlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2019	Shao ve ark. (2019)	Şehirler	BWM, Gri ilişkisel analiz	Çin'de yer alan beş şehrin sürdürülebilir kentsel çevre kalitelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
2019	Bai, Satir ve Sarkis (2019)	Üretim sektörü	Gri sayılar, Kaba küme teorisi, TODIM	Yalın üretim uygulamalarının, işletmelerin çevresel ve operasyonel performansları üzerindeki etkisi ve uygulama kolaylığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution; MABAC: Multi-Attributive Border Approximation area Comparison; MOOSRA: Multi-Objective Optimization on the basis of Simple Ratio Analysis; PSI: Preference Selection Index; REF-I: Nearest Solution to References-I; REF-II: Nearest Solution to References-II; ROV: Range of Value; WASPAS: Weighted Aggregated Sum Product Assessment; DEMATEL: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory; CRITIC: Criteria Importance through Inter-Criteria Correlation; VIKOR: Visekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje; CoCoSo: The Combined Compromise Solution; BWM: Best Worst Method; Multi MOORA: Full Multiplicative Form of MOORA; MOORA: Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis; AHP: Analytic Hierarchy Process; ANP: Analytic Network Process; TODIM: an acronym in Portuguese for Interactive and Multicriteria Decision Making				

Çalışmalar amaçları bakımından incelendiğinde (Tablo 1), büyük bir bölümünün çevresel sürdürülebilirlik performansının ölçümü ve karşılaştırılmasına odaklandığı görülmektedir (Carnero, 2020; Gómez-Limón ve ark., 2020). Bununla birlikte bazı çalışmalarda çevresel sürdürülebilirlik performansının ölçümünde kullanılmak üzere endeks geliştirme (Ahmed ve ark., 2024; Gómez-Limón ve ark., 2020) ve karar destek sistemi oluşturma (Kamali ve ark., 2023) amaçlanmıştır. Çevresel sürdürülebilirlik kriterlerinin ve kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesinin amaçlandığı (Gani ve ark., 2021; Suhi ve ark., 2019) çalışmalar da yer almaktadır.

Çalışmalar kullandıkları yöntemler açısından değerlendirildiğinde, en çok kullanılan yöntemin TOPSIS (Asadabadi ve ark., 2023; Gündüz Şimşek ve Gündüz, 2023) olduğu ve bunu BWM yönteminin (Gani

ve ark., 2021; Shao ve ark., 2019) izlediği görülmektedir. Bu yöntemler literatürde de temel yöntemler olarak kabul edilen, yaygın kullanılan, hesaplama adımları basit, farklı örneklemelere uygulanabilir olmaları sebepleriyle genellikle tercih edilen yöntemlerdir (Asadabadi ve ark., 2023, s. 328; Jovanović, Šarac ve Čaćić, 2024). Ayrıca AHP, Gri İlişkisel Analiz yöntemleri de çalışmalarda yer almaktadır. Son yıllarda bulanık yöntemlerin kullanımında artış olduğu ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, çalışmaların büyük ölçüde geleneksel ÇKKV yöntemlerine dayandığı, son yıllarda geliştirilen yeni yöntemlerin kullanıldığı çalışmaların sınırlı düzeyde olduğu görülmektedir.

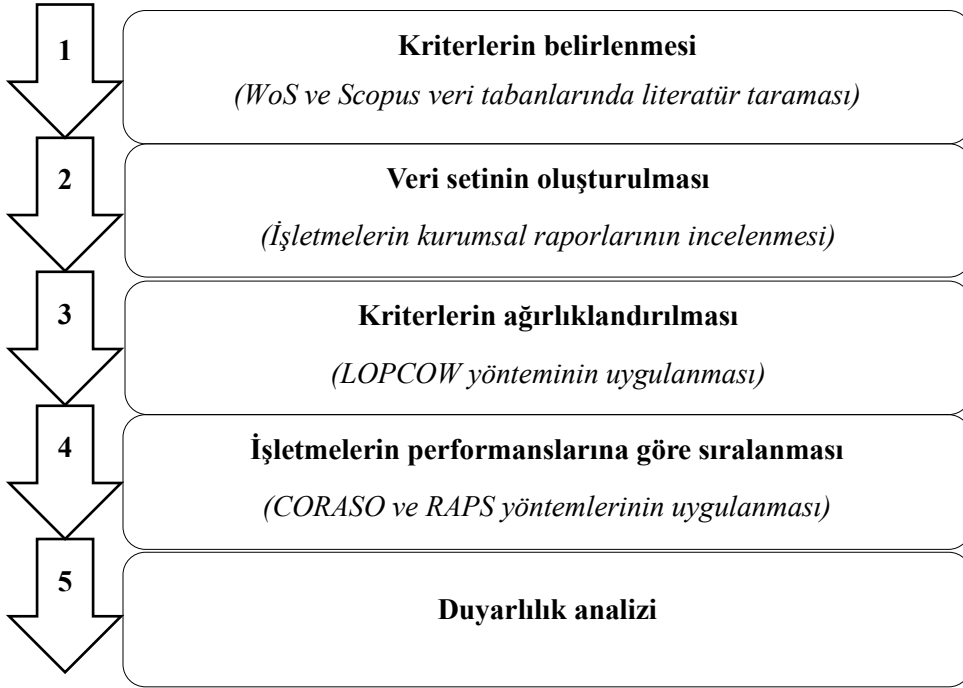
Çalışmalar bulguları açısından değerlendirildiğinde, ÇKKV yöntemlerinin çevresel sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesinde etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (Štreimikienė ve ark., 2024; Suhi ve ark., 2019). Çalışmalarda örneklem yapısının kriter seçimini etkilediği görülmüştür. Örneklemin ülke veya şehir olduğu çalışmalarda ele alınan kriterlerle örneklemin sektör olduğu çalışmalarda ele alınan kriterlerin farklı olduğu, sektöre özgü kriterlerin dikkate alındığı görülmektedir (Charłampowicz ve ark., 2024; Štreimikienė ve ark., 2024). Örneğin Gómez-Limón ve ark. (2020, s. 5) tarım sektörüne yönelik çalışmalarında biyolojik çeşitliliğin artırılması ve korunması, toprak ve suyun kalitesinin korunması veya artırılması gibi değişkenleri ele alırken, Kilic ve Yalcin (2021, s. 9) belediyeler üzerine yaptıkları çalışmada yeşil sertifikalı binaların sayısı ve bin kişi başına ekilen ağaç sayısı gibi kriterleri değerlendirmeye dahil etmişlerdir. Çevresel sürdürülebilirlik performansını etkileyen kriterler içinde enerji tüketimi, su tüketimi, sera gazı emisyonları, atık yönetimi çalışmalarının büyük bir bölümünde yer alan kriterlerdir (Gökgöz ve Yalçın, 2022; Gündüz Şimşek ve Gündüz, 2023; Kırdı ve Aytekin, 2024; Kilic ve Yalcin, 2021; Shao ve ark., 2019; Suhi ve ark., 2019). Yapılan çalışmalarda çevresel sürdürülebilirliğin rekabet avantajı sağladığı (Suhi ve ark., 2019, s. 10), çevresel sürdürülebilirlik performansının artırılması için sektöre (Gündüz Şimşek ve Gündüz, 2023), ülkeye (Ahmed ve ark., 2024), kuruma (Kilic ve Yalcin, 2021) ve kente (Saeed ve Ahmad, 2021; Shao ve ark., 2019) özgü politikaların, stratejilerin, faaliyetlerin belirlenmesi gerektiği de genel bulgulardan biridir.

Yukarıda sunulan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde; literatürde örneklem türü, kullanılan yöntemler açısından bazı boşlukların bulunduğu görülmektedir. Sürdürülebilirliğin yalnızca çevresel boyutunu ÇKKV yöntemleri ile birlikte ele alan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Ayrıca mevcut çalışmalar farklı uygulama alanlarına ve sektörlere odaklanmıştır. Çevresel etkilerinin yüksek olduğu bilinen demir-çelik sektöründe (Strezov, Evans ve Evans, 2013), ÇKKV yöntemleri ile çevresel sürdürülebilirlik performansının değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kullanılan ÇKKV yöntemleri açısından bakıldığında, çalışmalarda literatürde sıklıkla kullanılan TOPSIS ve BWM gibi yöntemlerin tercih edildiği, LOPCOW, RAPS ve CORASO gibi güncel yöntemlerin birlikte ele alındığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma, demir-çelik sektöründe çevresel sürdürülebilirlik performansını değerlendirmesi ve LOPCOW, RAPS ve CORASO yöntemlerini birlikte kullanarak uygulaması bakımından literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

### 3. Yöntem

Çalışma beş adımdan oluşmaktadır. Şekil 1’de verilen adımlar izlenerek öncelikle literatür taraması bölümünde elde edilen makaleler incelenmiş, çevresel sürdürülebilirlik performansını değerlendirmede kullanılacak kriterler belirlenmiştir. İkinci adımda işletmelerin kurumsal raporları incelenerek veri seti oluşturulmuş, ardından üçüncü adımda LOPCOW yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Dördüncü adımda CORASO ve RAPS yöntemleri kullanılarak işletmeler çevresel sürdürülebilirlik performanslarına göre sıralanmış ve son adımda duyarlılık analizi ile kullanılan yöntemlerin sağlamlığı analiz edilmiştir. Yöntemlerin hesaplamalarında MS Excel programı kullanılmıştır.

Şekil 1: Çalışmanın adımları



### 3.1. LOPCOW Yönteminin Adımları

Çalışmada LOPCOW yöntemi, kriterlerin ağırlıklarını daha dengeli dağıtması, fayda ve maliyet kriterlerini dikkate alması, karar vericinin yargılarına bağlı kalmadan değerlendirme yapma imkânı sağlaması sebepleriyle tercih edilmiştir (Ecer ve Pamucar, 2022, s. 4). LOPCOW yöntemin adımları şu şekildedir (Ecer ve Pamucar, 2022, s. 4-5):

**Birinci adım:** m adet alternatif ve n adet kriterden oluşan başlangıç karar matrisi Eşitlik 1'deki şekilde oluşturulur.

$$\text{Başlangıç karar matrisi} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

**İkinci adım:** Liner maksimizasyon-minimizasyon yöntemi kullanılarak başlangıç karar matrisi normalize edilir. Kullanılan kriterin fayda kriteri olması durumunda Eşitlik 2, maliyet kriteri olması durumunda Eşitlik 3 kullanılır. Normalizasyon işleminin temel amacı verilerin birbiriyle kıyaslanabilir duruma gelmesini sağlamaktır (Şahin Macit, 2024, s. 35).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad \text{eğer } j \text{ fayda kriteri ise} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad \text{eğer } j \text{ maliyet kriteri ise} \quad (3)$$

**Üçüncü adım:** Kriterler arasındaki boyut farklılıklarının ortadan kaldırılması için Eşitlik (4) kullanılarak her bir kriterin yüzdelik değerleri (YD) hesaplanır (Kahreman, 2024, s. 1415). Formülde  $\sigma$  standart sapmayı ifade etmektedir.

$$YD_{ij} = \left| \ln \left( \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}{m}}}{\sigma} \right) * 100 \right| \quad (4)$$

**Dördüncü adım:** Her bir kriter için elde edilen yüzdeler, yüzdelerin toplamına bölünerek (Eşitlik 5) her bir kriterin ağırlığı bulunur (Kahreman, 2024, s. 1415). Kriterlerin ağırlıklarının toplamı 1 olmalıdır.

$$w_j = \frac{YD_{ij}}{\sum_{i=1}^n YD_{ij}} \quad (5)$$

### 3.2. CORASO Yönteminin Adımları

CORASO yöntemi, literatürde henüz yeni bir yöntem olması, yöntemin adımlarının uygulanabilirliğinin kolay olması, karar verme sürecini kolaylaştırması sebeplerinden tercih edilmiştir (Puška, 2025, s. 4; Puška, Nedeljković, Božanić, Štilić ve Muhsen, 2024, s. 81). CORASO yönteminin adımları şu şekildedir (Puška, 2025, s. 4-5; Van Dua, Bao, Van Duc ve Thinh, 2026, s. 218-219):

**Birinci adım:** m alternatif ve n kriterden oluşan  $m \times n$  boyutunda başlangıç karar matrisi oluşturulur.  $x_{ij}$  karar matrisindeki her bir değeri ifade etmektedir.

**İkinci adım:**  $n_{ij}$  karar matrisinin bir elemanı olmak üzere, Eşitlik 6 ve Eşitlik 7 kullanılarak karar matrisi normalize edilir.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_j} \quad j \text{ fayda kriteri ise} \quad (6)$$

$$n_{ij} = \frac{\min x_j}{x_{ij}} \quad j \text{ maliyet kriteri ise} \quad (7)$$

**Üçüncü adım:** j. kriterin kriter ağırlığı  $w_j$  olmak üzere; Eşitlik 8 kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi değerleri kriter ağırlıkları ile çarpılır.

$$v_j = w_j * n_{ij} \quad (8)$$

**Dördüncü adım:**  $S_j$  her bir alternatifin toplam değeri olmak üzere; Eşitlik 9 kullanılarak ağırlıklandırılmış karar matrisinde yer alan her bir alternatifin her bir kriter için değerleri toplanarak alternatifin toplam değeri bulunur.

$$S_j = \sum_{i=1}^n v_j \quad (9)$$

**Beşinci adım:** Alternatif çözümlerden sapma değerleri Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 kullanılarak hesaplanır.

$$R_j = \frac{S_j}{S_j \max AS} \quad (10)$$

$$R_j' = \frac{S_j \min AS}{S_j} \quad (11)$$

**Altıncı adım:** Her bir alternatif için  $Q_i$  değerleri hesaplanarak (Eşitlik 12) alternatifler büyükten küçüğe sıralanır. En büyük değere sahip olan alternatif en iyi çözümdür.

$$Q_i = \frac{R_j - R_j'}{R_j + R_j'} \quad (12)$$

### 3.3. RAPS Yönteminin Adımları

Urošević, Gligorić, Miljanović, Beljić ve Gligorić (2021, s. 1) tarafından literatüre kazandırılan RAPS yöntemi, alternatiflerin sıralamalarını yapmak için çevre benzerliği yaklaşımını kullanmaktadır. RAPS yöntemi, diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olan hesaplama adımları, geçerliliğinin ve güvenilirliğinin kanıtlanmış olması, görece yeni olan yöntemlerden biri olması sebeplerinden çalışmada tercih edilmiştir (Bafail, Abdulaal ve Kabli, 2022, s. 2; Van Thien, Dung ve Duc Trung, 2024, s. 15745). Yöntemin adımları şu şekildedir (Urošević ve ark., 2021, s. 5-7):

**Birinci adım:** Başlangıç karar matrisi oluşturulur ve kriterler fayda kriterleri ise Eşitlik 13, maliyet kriterleri ise Eşitlik 14 kullanılarak normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i(x_{ij})} \text{ eğer } j \text{ kriteri fayda kriteri ise} \quad (13)$$

$$r_{ij} = \frac{\min_i(x_{ij})}{x_{ij}} \text{ eğer } j \text{ kriteri maliyet kriteri ise} \quad (14)$$

**İkinci adım:**  $w_j$  her bir kriterin ağırlığı olmak üzere; Eşitlik 15 kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi değerleri ağırlıklandırılır.

$$u_{ij} = w_j * r_{ij} \quad (15)$$

**Üçüncü adım:** Her bir kriter için optimum alternatif Eşitlik 16 kullanılarak belirlenir ve Eşitlik 17’ de belirtildiği şekilde ifade edilir.

$$q_j = \max (u_{ij} | 1 \leq j \leq n), \quad \forall i \in [1, 2, \dots, m] \quad (16)$$

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_j\} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

**Dördüncü adım:** Optimum alternatif, maksimum değerlerden ve minimum değerlerden oluşan iki kümeye ayrılır.

$$Q = Q^{max} \cup Q^{min} \quad (18)$$

$k$  maksimize edilmesi gereken kriterlerin sayısı olmak üzere,  $h = n - k$  minimize edilmesi gereken kriterlerin sayısıdır. Bu durumda optimum alternatif Eşitlik 19’da belirtildiği şekilde ifade edilebilir:

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_k\} \cup \{q_1, q_2, \dots, q_h\}; \quad k + h = j \quad (19)$$

**Beşinci adım:** Her bir alternatif çözüm maksimum değerlerden ve minimum değerlerden oluşan iki kümeye ayrılır (Eşitlik 20). Her bir alternatif çözüm Eşitlik 21’deki şekilde gösterilir.

$$U_i = U_i^{max} \cup U_i^{min}, \forall i \in [1, 2, \dots, m] \quad (20)$$

$$U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ik}\} \cup \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ih}\}; \forall i \in [1, 2, \dots, m] \quad (21)$$

**Altıncı adım:** Bileşen büyüklüğü, optimum alternatifin değerleri için Eşitlik 22 ve Eşitlik 23 kullanılarak hesaplanır.

$$Q_k = \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_k^2} \quad (22)$$

$$Q_h = \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_h^2} \quad (23)$$

Her bir alternatif için de bileşen büyüklükleri Eşitlik 24 ve Eşitlik 25 kullanılarak hesaplanır.

$$U_{ik} = \sqrt{u_{i1}^2 + u_{i2}^2 + \dots + u_{ik}^2}, \forall i \in [1, 2, \dots, m] \quad (24)$$

$$U_{ih} = \sqrt{u_{i1}^2 + u_{i2}^2 + \dots + u_{ih}^2}, \forall i \in [1, 2, \dots, m] \quad (25)$$

**Yedinci adım:** Eşitlik 26 kullanılarak optimum alternatifin perimetre değeri (çevre uzunluğu) hesaplanır. Burada optimal alternatifin çevresi, dik üçgenin çevresi olarak tanımlanmaktadır.  $Q_k$  üçgenin tabanı,  $Q_h$  üçgenin dik kenarıdır.

$$P = Q_k + Q_h + \sqrt{Q_k^2 + Q_h^2} \quad (26)$$

Her bir alternatif için de Eşitlik 27 kullanılarak perimetre değerleri ( $P_i$ ) hesaplanır.

$$P_i = U_{ik} + U_{ih} + \sqrt{U_{ik}^2 + U_{ih}^2} \quad (27)$$

**Sekizinci adım:** Eşitlik 28 kullanılarak her bir alternatif için perimetre benzerlik değerleri ( $PS_i$ ) hesaplanır. Perimetre benzerlik değerlerinin büyükten küçüğe sıralanmasıyla alternatifler en iyiden en kötüye doğru sıralanmış olacaktır.

$$PS_i = \frac{P_i}{P} \quad \forall i \in [1, 2, \dots, m] \quad (28)$$

### 3.4. Çalışmada Kullanılan Kriterlerin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılacak kriterlerin belirlenmesi için literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması için WoS ve Scopus veri tabanları temel, kapsamlı veri tabanları olmaları, multidisipliner çalışmalarını içermeleri sebepleriyle tercih edilmişlerdir (Joshi, 2016, s.2-5; Minashkina ve Happonen, 2023, s.3). Güncel kriterleri ortaya çıkarabilmek için veri tabanlarında 01.01.2019-31.12.2024 tarihleri arasında çevresel sürdürülebilirlik ve ÇKKV yöntemleri ile yapılan çalışmalar incelenmiştir. WoS veri tabanında Topic bölümünde, Scopus veri tabanında özet, anahtar kelimeler ve başlık bölümlerinde (“environmental sustainability”) ve (“mcdm” OR “mcda” OR “multi-criteria” OR “multicriteria”) kelimeleri aranmış, Türkçe ve İngilizce dillerinde yapılan araştırma makaleleri çalışma kapsamında incelemeye alınmıştır. WoS veri tabanında 340 araştırma makalesi bulunmuştur. Scopus veri tabanında 380 araştırma makalesi bulunmuştur. Yapılan kontroller sonucunda WoS veri tabanında yer alan makalelerin Scopus veri tabanında da yer aldığı görülmüştür. İlk tarama sonucunda bulunan makalelerin özetleri incelenmiş, çalışmanın odak noktası çevresel sürdürülebilirlik üzerine olduğu için, yalnızca çevresel sürdürülebilirlik ve ÇKKV yöntemlerini birlikte ele alan toplam 18 çalışma kapsamlı olarak incelenmiştir. Sürdürülebilirliğin üç boyutunu da inceleyen çalışmalar hariç tutulmuştur. Bu çalışmalarda kullanılan çevresel sürdürülebilirlik kriterleri incelenmiş, İSDEMİR ve ERDEMİR işletmelerinin birlikte yayınladığı entegre faaliyet raporlarında (İSDEMİR, 2024; İSDEMİR, 2025) yer alan veriler göz önünde bulundurularak Tablo 2’de verilen kriterlerin çalışma kapsamında kullanılmasına karar verilmiştir.

**Tablo 2: Çalışmada Kullanılan Kriterler**

Kriter kodu	Kriter	Tanımı	Kaynak	Kriter türü
K1	Enerji tüketimi	İşletmede yıl içinde tüketilen toplam enerji miktarı	Carnero (2020, s. 12); Kırdı ve Aytekin (2024, s. 17532); Shao ve ark. (2019, s. 6); Štreimikienė ve ark. (2024, s. 5)	Maliyet
K2	Sera gazı emisyonları	Doğrudan ve dolaylı emisyonların toplamı	Gani ve ark. (2021, s. 231-235); Gündüz Şimşek ve Gündüz (2023, s. 429); Kırdı ve Aytekin (2024, s. 17532); Shao ve ark. (2019, s. 6); Štreimikienė ve ark. (2024, s. 5)	Maliyet
K3	Ekonomik kazanç elde etmek için çevreye yapılan yatırımlar	Çevre konuları ve ekonomik başarı adına çevreye yapılan yatırımlar	Asadabadi ve ark. (2023, s. 325)	Fayda
K4	Tekrar kullanılan atık miktarı	Meydana gelen atıkların yeniden kullanılan miktarı	Kamali ve ark. (2023, s. 2068)	Fayda
K5	Geri dönüştürülen su miktarı	Tüketilen su miktarının bir bölümü olarak geri dönüştürülen veya yeniden kullanılan su miktarı	Gani ve ark. (2021, s. 231-235); Gündüz Şimşek ve Gündüz (2023, s. 429); Shao ve ark. (2019, s. 6)	Fayda

<b>K6</b>	Yıllık toplam su tüketimi	İşletmede yıl içinde kullanılan su miktarı	Carnero (2020, s. 12); Gani ve ark. (2021, s. 231-235); Gündüz Şimşek ve Gündüz (2023, s. 429)	Maliyet
<b>K7</b>	Toplam atık miktarı	Yıllık toplam atık miktarı	Carnero (2020, s. 13); Gündüz Şimşek ve Gündüz (2023, s. 429)	Maliyet
<b>K8</b>	Tehlikeli atık miktarı	İşletmede yıl içinde çıkan tehlikeli atık miktarı	Carnero (2020, s. 13); Gani ve ark. (2021, s. 231-235); Gündüz Şimşek ve Gündüz (2023, s. 429)	Maliyet
<b>K9</b>	ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi	İşletmede ISO 14001 Çevre Yönetim Sisteminin bulunması	Bai ve ark. (2019, s. 1040) Suhi ve ark. (2019, s. 4)	Fayda

İlerleyen başlıkta kriterlere karşılık gelen işletme verileri kullanılarak veri seti oluşturulmuştur.

### 3.5. Çalışmada Kullanılan Veri Setinin Oluşturulması

Çalışmada işletmelerin 2021-2024 yılları arasındaki çevre göstergeleri kullanılmıştır. İşletmelerin, toplam atık miktarı değerlerini toplam atık ve yan ürün miktarı, ekonomik kazanç elde etmek için çevreye yapılan yatırımlara ilişkin değerleri çevresel yatırım ve harcamaların toplam tutarı şeklinde açıkladıkları ve 2021 yılına ait sera gazı emisyon değerleri açıklanma zorunluluğu olmadığından raporlarda bulunmadığı görülmüştür. Tablo 3'te işletmelerin entegre faaliyet raporlarından elde edilen veri seti verilmiştir (İSDEMİR 2024; İSDEMİR, 2025). Enerji tüketimi- gigajoule (K1), sera gazı emisyonları-tCO<sub>2</sub>e (K2), ekonomik kazanç elde etmek için çevreye yapılan yatırımlar -ABD doları (K3), tekrar kullanılan atık miktarı-ton (K4), geri dönüştürülen su miktarı-m<sup>3</sup> (K5), yıllık toplam su tüketimi-m<sup>3</sup> (K6), toplam atık miktarı- ton (K7), tehlikeli atık miktarı-ton (K8), ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi- (var:1, yok:0) (K9) şeklindedir. İşletmeler ve performans yılları alternatif olarak tanımlanmıştır. İSDEMİR-2021 ifadesi İSDEMİR işletmesinin 2021 yılındaki performansını ifade etmektedir.

**Tablo 3: Veri Seti**

İşletmeler/ Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
İSDEMİR-2021	111.828.193	-	2.552.321	201.959	677.154.857	39.595.256	2.725.850	1.735	1
ERDEMİR-2021	95.814.798	-	6.086.001	347.522	421.365.010	36.594.975	1.801.069	20.000	1
İSDEMİR-2022	97.345.264	9.950.717	27.879.546	225.650	635.232.359	37.893.189	2.227.701	3.710	1
ERDEMİR-2022	86.154.495	7.479.743	50.964.279	288.458	411.007.574	39.915.348	1.413.987	9.212	1
İSDEMİR-2023	92.785.536	9.747.519	14.695.521	199.278	546.712.985	35.104.050	2.222.763	8.679	1
ERDEMİR-2023	87.637.502	6.324.693	34.141.000	288.430	401.598.921	37.461.602	1.299.695	6.046	1
İSDEMİR-2024	109.634.123	11.104.962	16.614.453	366.947	655.691.505	40.350.366	1.948.170	6.292	1
ERDEMİR-2024	71.771.025	7.006.974	25.379.498	354.577	413.508.913	39.892.735	1.327.023	1.691	1

**Kaynak:** İSDEMİR (2024); İSDEMİR (2025).

İşletmelerin her ikisinin de ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Belgesi olması sebebiyle K9 kriteri performans hesaplamalarında etkili olmayacağından kapsam dışı bırakılmıştır. K8 kriteri ilk olarak hesaplamalara dâhil edilmiş, LOPCOW yönteminde tek başına ağırlığın %21,32'sini almış, sahip olduğu uç değer sebebiyle yapılan duyarlılık analizinde sıralamalar üzerinde aşırı etkili olduğu ve istikrarsız sonuçlar çıkardığı ortaya çıkmıştır. Bu sebeple kriterin kullanılmamasına karar verilmiştir.

Aynı zamanda veri setinde az sayıda verinin eksik olması, veri setinin küçük olması sebeplerinden eksik verilerin tamamlanması yoluna gidilmiştir (Pesonen, Eskelinen ve Juhola, 1998, s. 145). 2021 yılı kapsam dışı tutulmak yerine eksik veriler tamamlanarak hesaplamalar yapılmıştır. Literatürde eksik verileri tamamlamak amacıyla çok sayıda yöntem bulunmaktadır; k-en yakın komşu metodu, yapay sinir ağları kullanımı, karar ağaçlarına dayalı yöntemler bu yöntemlerden bazılarıdır (Uzhga-Rebrov ve

Grabusts, 2023, s. 1). Çalışmada, kantitatif verilerde kullanılabilmesi, eksik verilerin tahmini için yeni model oluşturmak gerektirmediği için k-en yakın komşu metodu kullanılarak eksik veriler tamamlanmıştır (Batista ve Monard, 2003, s. 522-523). k- en yakın komşu metodunun uygulanmasında Sotiropoulou ve Vavatsikos (2023, s. 5) ve Uzhga-Rebrov ve Grabusts (2023, s. 2-3) çalışmalarındaki adımlar takip edilmiştir, mevcut karar matrisi normalize edilerek işlemler yapılmıştır. Wilson ve Martinez (2000, s. 263) çalışmalarında, k değerinin tek ve küçük bir tam sayı olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu sebeple çalışmada k=3 olarak alınmıştır. Eksik verilerin tamamlandığı başlangıç karar matrisi Tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 4: Başlangıç Karar Matrisi**

İşletmeler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
İSDEMİR-2021	111.828.193	10.234.181	2.552.321	201.959	677.154.857	39.595.256	2.725.850
ERDEMİR-2021	95.814.798	8.945.744	6.086.001	347.522	421.365.010	36.594.975	1.801.069
İSDEMİR-2022	97.345.264	9.950.717	27.879.546	225.650	635.232.359	37.893.188	2.227.701
ERDEMİR-2022	86.154.495	7.479.743	50.964.279	288.458	411.007.574	39.915.348	1.413.987
İSDEMİR-2023	92.785.536	9.747.519	14.695.521	199.278	546.712.985	35.104.050	2.222.763
ERDEMİR-2023	87.637.502	6.324.693	34.141.000	288.430	401.598.921	37.461.602	1.299.695
İSDEMİR-2024	109.634.123	11.104.962	16.614.453	366.947	655.691.505	40.350.366	1.948.170
ERDEMİR-2024	71.771.025	7.006.974	25.379.498	354.577	413.508.913	39.892.735	1.327.023

Kaynak: İSDEMİR (2024); İSDEMİR (2025) kaynakları kullanılarak ve yazar tarafından yapılan eklemelerle oluşturulmuştur.

Tablo 4'te verilen başlangıç karar matrisi kullanılarak çalışmadaki tüm hesaplamalar gerçekleştirilmiş, bu hesaplamalara ilerleyen başlıklarda yer verilmiştir.

#### 4. Bulgular

##### 4.1. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Çalışmada kriterlerin önem düzeylerini belirlemek amacıyla kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde LOPCOW yöntemi kullanılmıştır. Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 kullanılarak Tablo 4'te verilen başlangıç karar matrisi değerleri normalize edilmiştir. Tablo 5'te normalize edilmiş karar matrisi yer almaktadır.

**Tablo 5: Normalize Edilmiş Karar Matrisi**

İşletmeler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
İSDEMİR-2021	0,0000	0,1822	0,0000	0,0160	1,0000	0,1439	0,0000
ERDEMİR-2021	0,3998	0,4517	0,0730	0,8841	0,0717	0,7158	0,6484
İSDEMİR-2022	0,3616	0,2415	0,5232	0,1573	0,8479	0,4684	0,3493
ERDEMİR-2022	0,6409	0,7584	1,0000	0,5319	0,0341	0,0829	0,9199
İSDEMİR-2023	0,4754	0,2840	0,2508	0,0000	0,5266	1,0000	0,3528
ERDEMİR-2023	0,6039	1,0000	0,6525	0,5317	0,0000	0,5506	1,0000
İSDEMİR-2024	0,0548	0,0000	0,2905	1,0000	0,9221	0,0000	0,5453
ERDEMİR-2024	1,0000	0,8573	0,4715	0,9262	0,0432	0,0872	0,9808

Eşitlik 4 kullanılarak kriterlerin yüzdelik değerleri (PV) bulunmuş, Eşitlik 5 kullanılarak her bir kriterin ağırlığı ( $w_j$ ) bulunmuştur. Kriterlerin yüzdelik değerleri ve ağırlıkları Tablo 6'da verilmiştir.  $w_j$  değeri en büyük olan kriter en önemli kriterdir.

**Tablo 6: Kriterlerin Yüzdelik Değerleri Ve Ağırlıkları**

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
PV	50,4709	47,7243	44,5423	43,5610	30,0099	34,5198	65,1633
$w_j$	0,1597	0,1510	0,1410	0,1379	0,0950	0,1092	0,2062
Önem sıralaması	2	3	4	5	7	6	1

Tablo 6 incelendiğinde kriterlerin önem düzeylerine göre sıralamaları  $K7 > K1 > K2 > K3 > K4 > K6 > K5$  şeklindedir. LOPCOW yöntemine göre en önemli kriter K7- toplam atık miktarı, en önemsiz kriter K5- geri dönüştürülen su miktarıdır. LOPCOW yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları, işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarına göre sıralamalarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

#### 4.2. İşletmelerin Çevresel Sürdürülebilirlik Performanslarına Göre Sıralamaları

İşletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarını belirlemek için CORASO ve RAPS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak CORASO yönteminin adımları uygulanmıştır. Eşitlik 6 ve Eşitlik 7 kullanılarak karar matrisi değerleri normalize edilmiş ve normalize edilmiş karar matrisi elde edilmiştir (Tablo 7).

**Tablo 7: Normalize Edilmiş Karar Matrisi**

İşletmeler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
İSDEMİR-2021	0,6418	0,6180	0,0501	0,5504	1,0000	0,8866	0,4768
ERDEMİR-2021	0,7491	0,7070	0,1194	0,9471	0,6223	0,9593	0,7216
İSDEMİR-2022	0,7373	0,6356	0,5470	0,6149	0,9381	0,9264	0,5834
ERDEMİR-2022	0,8331	0,8456	1,0000	0,7861	0,6070	0,8795	0,9192
İSDEMİR-2023	0,7735	0,6489	0,2883	0,5431	0,8074	1,0000	0,5847
ERDEMİR-2023	0,8190	1,0000	0,6699	0,7860	0,5931	0,9371	1,0000
İSDEMİR-2024	0,6546	0,5695	0,3260	1,0000	0,9683	0,8700	0,6671
ERDEMİR-2024	1,0000	0,9026	0,4980	0,9663	0,6107	0,8800	0,9794

Tablo 7’de yer alan normalize edilmiş karar matrisi değerleri, Eşitlik 8 kullanılarak, LOPCOW yönteminden elde edilen kriter ağırlıklarıyla çarpılmıştır. Bu şekilde ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmiş ve Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8: Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi**

İşletmeler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
İSDEMİR-2021	0,1025	0,0933	0,0071	0,0759	0,0950	0,0969	0,0983
ERDEMİR-2021	0,1196	0,1068	0,0168	0,1306	0,0591	0,1048	0,1488
İSDEMİR-2022	0,1178	0,0960	0,0771	0,0848	0,0891	0,1012	0,1203
ERDEMİR-2022	0,1331	0,1277	0,1410	0,1084	0,0576	0,0961	0,1895
İSDEMİR-2023	0,1235	0,0980	0,0406	0,0749	0,0767	0,1092	0,1206
ERDEMİR-2023	0,1308	0,1510	0,0944	0,1084	0,0563	0,1024	0,2062
İSDEMİR-2024	0,1046	0,0860	0,0460	0,1379	0,0920	0,0950	0,1376
ERDEMİR-2024	0,1597	0,1363	0,0702	0,1332	0,0580	0,0961	0,2020

Eşitlik 9 kullanılarak her bir alternatifin toplam değeri olan  $S_j$  değerleri hesaplanmış, Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 kullanılarak alternatif çözümlerden sapma değerleri  $R_j$  ve  $R_j^-$  değerleri hesaplanmıştır. Son aşamada alternatifleri sıralamak amacıyla Eşitlik 12 kullanılarak  $Q_j$  değerleri hesaplanmış, alternatifler sıralanmıştır. Tablo 9’da  $S_j$ ,  $R_j$ ,  $R_j^-$  ve  $Q_j$  değerlerine yer verilmiştir.

**Tablo 9: CORASO Yöntemine Göre İşletmelerin Çevresel Sürdürülebilirlik Performansları**

İşletmeler	$S_j$	$R_j$	$R_j^-$	$Q_j$	Sıralama
İSDEMİR-2021	0,5689	0,5689	0,9143	-0,2328	8
ERDEMİR-2021	0,6865	0,6865	0,7577	-0,0493	5
İSDEMİR-2022	0,6862	0,6862	0,7580	-0,0497	6
ERDEMİR-2022	0,8534	0,8534	0,6095	0,1667	2
İSDEMİR-2023	0,6436	0,6436	0,8082	-0,1134	7
ERDEMİR-2023	0,8495	0,8495	0,6123	0,1623	3
İSDEMİR-2024	0,6990	0,6990	0,7442	-0,0313	4
ERDEMİR-2024	0,8555	0,8555	0,6080	0,1692	1
Max AS	1,0000				
Min AS	0,5201				

Tablo 9 incelendiğinde, ilk üç sırada yer alan işletmelerin Qj değerlerinin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. CORASO yönteminin sonuçlarına göre çevresel sürdürülebilirlik performansı en yüksek olan alternatif ERDEMİR işletmesinin 2024 yılında göstermiş olduğu performanstır. Çevresel sürdürülebilirlik performansı en kötü olan alternatif İSDEMİR işletmesinin 2021 yılında göstermiş olduğu performanstır. CORASO yöntemine göre ERDEMİR işletmesinin 2021-2024 yılları arasında çevresel sürdürülebilirlik performansı İSDEMİR işletmesine göre daha yüksektir. İSDEMİR işletmesi 2021 yılından 2024 yılına doğru çevresel sürdürülebilirlik performansını arttırmıştır.

Çalışmada çevresel sürdürülebilirlik performansı sıralamada kullanılan diğer yöntem olan RAPS yönteminde, karar matrisinin normalizasyonu ve ağırlıklandırılmış karar matrisinin elde edilmesi CORASO yöntemi ile aynı olduğu için aynı tablolara yer verilmemiştir. Tüm işlemler Tablo 8’de verilen ağırlıklandırılmış karar matrisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ağırlıklandırılmış karar matrisi değerleri üzerinden Eşitlik 16 kullanılarak optimum alternatif belirlenmiş, Eşitlik 17 kullanılarak karar matrisine eklenmiştir. Örneğin K1 kriteri maliyet kriteri olduğundan K1’in bulunduğu sütunda yer alan en küçük değer optimum alternatifin değerlerinden birini oluştururken, K5 değeri fayda kriteri olduğundan K5’in bulunduğu sütunda yer alan en büyük değer optimum alternatifin değerlerinden birini oluşturmaktadır. Tablo 10’da ağırlıklandırılmış ve optimum alternatifin yer aldığı karar matrisi verilmiştir.

**Tablo 10: Ağırlıklandırılmış Ve Optimum Alternatiften Oluşan Karar Matrisi**

İşletmeler/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
İSDEMİR-2021	0,1025	0,0933	0,0071	0,0759	0,0950	0,0969	0,0983
ERDEMİR-2021	0,1196	0,1068	0,0168	0,1306	0,0591	0,1048	0,1488
İSDEMİR-2022	0,1178	0,0960	0,0771	0,0848	0,0891	0,1012	0,1203
ERDEMİR-2022	0,1331	0,1277	0,1410	0,1084	0,0576	0,0961	0,1895
İSDEMİR-2023	0,1235	0,0980	0,0406	0,0749	0,0767	0,1092	0,1206
ERDEMİR-2023	0,1308	0,1510	0,0944	0,1084	0,0563	0,1024	0,2062
İSDEMİR-2024	0,1046	0,0860	0,0460	0,1379	0,0920	0,0950	0,1376
ERDEMİR-2024	0,1597	0,1363	0,0702	0,1332	0,0580	0,0961	0,2020
<b>Optimum alternatif</b>	<b>0,1025</b>	<b>0,0860</b>	<b>0,1410</b>	<b>0,1379</b>	<b>0,0950</b>	<b>0,0950</b>	<b>0,0983</b>

Eşitlik 22 ve Eşitlik 23 kullanılarak optimum alternatif için bileşen büyüklükleri ( $Q_k$  ve  $Q_h$ ) hesaplanmıştır. Optimum alternatif için  $Q_k$  değeri 0,2188 ve  $Q_h$  değeri 0,1913 olarak bulunmuştur. Eşitlik 24 ve Eşitlik 25 kullanılarak bileşen büyüklükleri her bir alternatif için de hesaplanmıştır ( $U_{ik}$  ve  $U_{ih}$ ). Her bir alternatif için hesaplanan değerler Tablo 11’de verilmiştir. Eşitlik 26 kullanılarak optimum alternatif için perimetre değeri ( $P = 0,7009$ ), Eşitlik 27 kullanılarak her bir alternatif için perimetre değerleri ( $P_i$ ) hesaplanmıştır. Eşitlik 28 kullanılarak alternatifler için perimetre benzerlik değerleri ( $PS_i$ ) hesaplanmış ve işletmeler perimetre benzerlik değerlerine göre sıralanmıştır. RAPS yönteminin adımlarının uygulama sonucunda elde edilen değerler ve işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarına göre sıralamaları Tablo 11’de verilmiştir.

RAPS yöntemine göre ERDEMİR işletmesinin 2024 yılındaki çevresel sürdürülebilirlik performansı en iyi değere sahiptir. Çevresel sürdürülebilirlik performansı en kötü olan alternatif İSDEMİR işletmesinin 2021 yılında göstermiş olduğu performanstır. RAPS yöntemine göre de ERDEMİR işletmesinin 2021-2024 yılları arasında çevresel sürdürülebilirlik performansı İSDEMİR işletmesine göre daha yüksektir. İSDEMİR işletmesi 2021 yılından 2024 yılına doğru çevresel sürdürülebilirlik performansını arttırmıştır.

**Tablo 11: RAPS Yöntemi Uygulama Sonuçları Ve İşletme Sıralamaları**

	$Q_k$	$Q_h$	$P$		
	0,2188	0,1913	0,7009		
İşletmeler	$U_{ik}$	$U_{ih}$	$P_i$	$PS_i$	Sıralama
İSDEMİR-2021	0,1218	0,1956	0,5478	0,7816	<b>8</b>
ERDEMİR-2021	0,1443	0,2426	0,6691	0,9547	<b>4</b>
İSDEMİR-2022	0,1452	0,2186	0,6262	0,8935	<b>6</b>
ERDEMİR-2022	0,1869	0,2814	0,8061	1,1501	<b>2</b>
İSDEMİR-2023	0,1146	0,2266	0,5951	0,8491	<b>7</b>
ERDEMİR-2023	0,1544	0,3048	0,8009	1,1427	<b>3</b>
İSDEMİR-2024	0,1720	0,2152	0,6626	0,9453	<b>5</b>
ERDEMİR-2024	0,1614	0,3068	0,8148	1,1626	<b>1</b>

Tablo 12’de her iki yöntemde elde edilen sıralamaların karşılaştırmasına yer verilmiştir. RAPS ve CORASO yöntemlerin sıralamalarının genel olarak benzer olduğu görülmektedir. Sıralamalarda değişiklik yalnızca ERDEMİR-2021 ve İSDEMİR-2024 alternatiflerinde meydana gelmiştir. İSDEMİR işletmesi 2021 yılında her iki yönetime göre de en düşük çevresel sürdürülebilirlik performansına sahiptir. ERDEMİR işletmesi 2024 yılında her iki yönetime göre de en yüksek çevresel sürdürülebilirlik performansına sahiptir.

**Tablo 12: İşletmelerin CORASO Ve RAPS Yöntemlerine Göre Sıralamaları**

İşletmeler	RAPS Yöntemi	CORASO Yöntemi
İSDEMİR-2021	8	8
ERDEMİR-2021	<b>4</b>	<b>5</b>
İSDEMİR-2022	6	6
ERDEMİR-2022	2	2
İSDEMİR-2023	7	7
ERDEMİR-2023	3	3
İSDEMİR-2024	<b>5</b>	<b>4</b>
ERDEMİR-2024	1	1

Çalışmada Spearman korelasyon katsayısı hesaplanarak yöntemler arasındaki sıralamaların tutarlılığı incelenmiştir. Spearman korelasyon katsayısı, iki yöntem arasındaki ilişkinin derecesini ölçmektedir ve +1 ve -1 arasında değer almaktadır. Spearman korelasyon katsayısı değeri “0” değerine yaklaştıkça iki yöntem arasında tutarlılık olmadığı, “1” değerine yaklaştıkça yöntemler arasındaki tutarlılığın arttığı söylenebilir (Altaş, Kaspar ve Ergüt, 2012, s. 1). Spearman korelasyon katsayısı ( $r_s$ ) Eşitlik 29 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 29’da  $d_i$  her bir alternatif için sıralama çiftlerinin arasındaki farkı ifade ederken, n sıralama çiftlerinin sayısını ifade etmektedir (Gauthier, 2001, s. 359):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (29)$$

CORASO ve RAPS yöntemleri için Spearman korelasyon katsayısı hesaplandığında  $r_s = 0,976$  olarak bulunmuştur.

### 4.3. Duyarlılık analizi

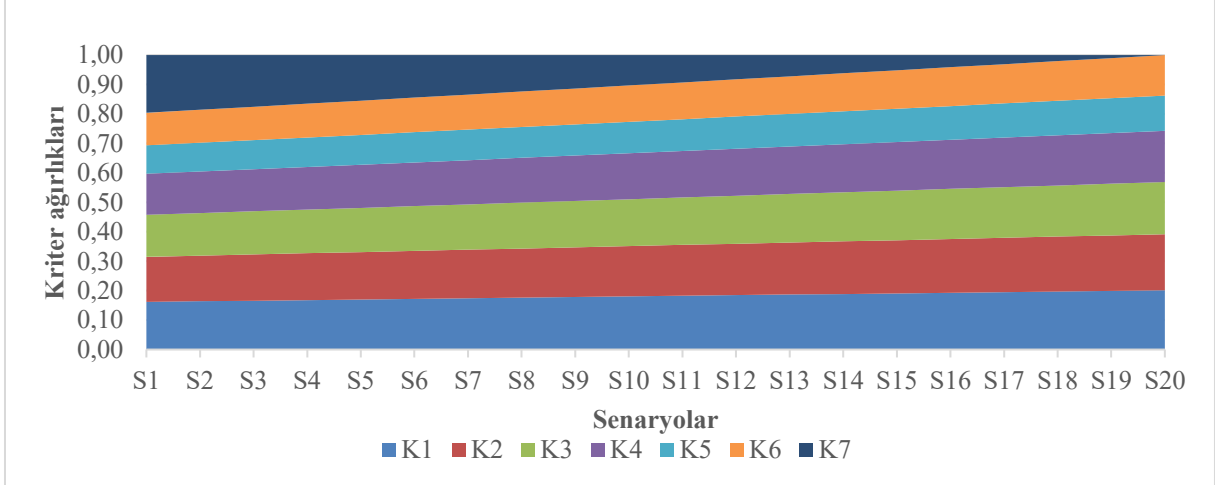
Önerilen çözüm yönteminin sağlamlığını ortaya çıkarmak, verilerdeki değişimin sonuçlar üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır (Karande, Zavadskas ve Chakraborty, 2016, s. 406). LOPCOW yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları değiştirilerek duyarlılık analizi yapılmıştır. En önemli kriter olan K7 kriterinin, ağırlığının her adımda %5 azaltıldığı ve en son senaryoda 0 değerini aldığı toplamda 20 senaryodan oluşan duyarlılık analizi her iki model için gerçekleştirilmiştir (Bakır ve İnce, 2024, s. 178-179). Kriterin ağırlığını azaltırken diğer kriterlerin ağırlığını dengelemek ve yine kriterlerin ağırlıklarının toplamının 1 olmasını sağlamak için Eşitlik 30 kullanılmıştır. Eşitlik 30’da,  $W_{n\alpha}$  en önemli kriterin ağırlığı değiştirilmiş yeni değerini,  $W_n$  en önemli

kriterin ilk ağırlık değerini,  $W'_{n\beta}$  ağırlığı değiştirilen kriterin yeni değeri,  $W_{\beta}$  ağırlığı değiştirilen kriterin ilk ağırlık değerini ifade etmektedir (Bakır ve İnce, 2024, s. 178-179; Joshi, 2024, s. 648):

$$W'_{n\beta} = (1 - W'_{n\alpha}) * \frac{W_{\beta}}{(1 - W_n)} \quad (30)$$

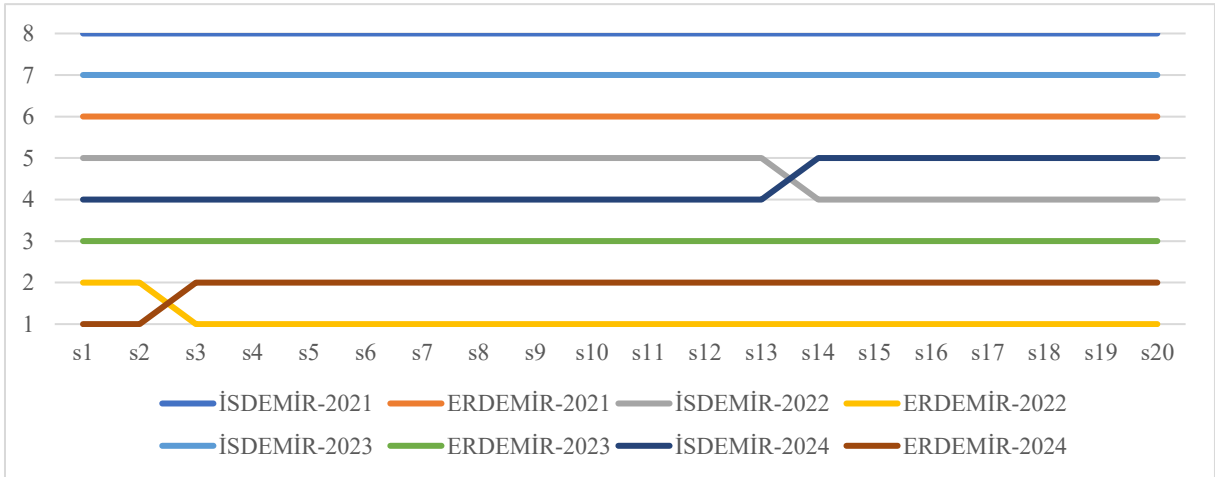
Eşitlik 30 kullanılarak oluşturulan senaryolarda kriterlerin ağırlıkları Şekil 2'deki gibi değişim göstermiştir.

**Şekil 2: Senaryolar ve kriterlerin ağırlıklarında meydana gelen değişim**



Yeni kriterler ağırlıkları kullanılarak 20 senaryo için tekrardan CORASO ve RAPS yöntemlerinde hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve yeni sıralamalar elde edilmiştir. Duyarlılık analizi sonuçlarına göre CORASO yöntemine ait yeni sıralamalar Şekil 3'de verilmiştir.

**Şekil 3: CORASO yöntemi için duyarlılık analizi sonuçları**

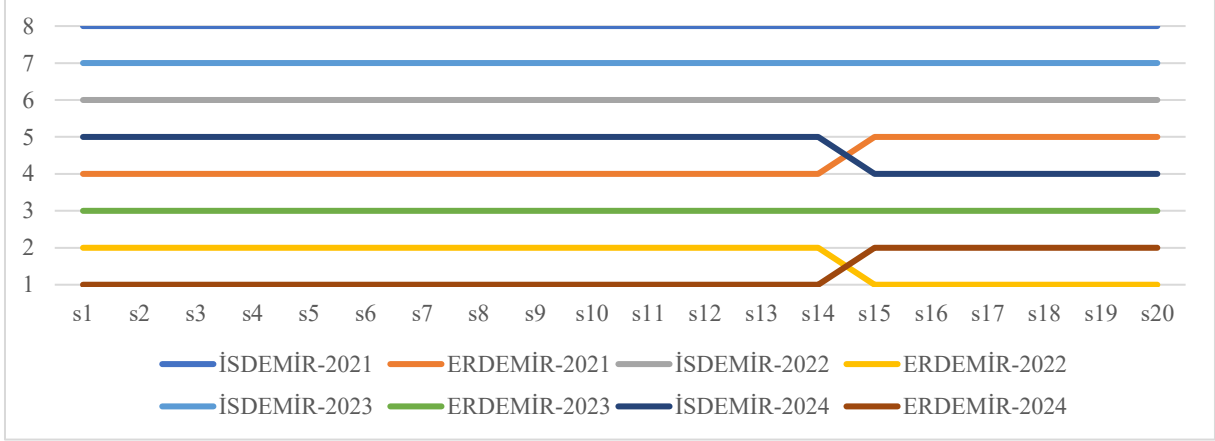


Şekil 3'te yer alan sonuçlar incelendiğinde, 1. sıradaki (ERDEMİR-2024) ve 2. sıradaki (ERDEMİR-2022) alternatiflerin, 4. sıradaki (İSDEMİR-2024) ve 5. sıradaki (İSDEMİR-2022) alternatiflerin sıralamalarının değiştiği görülmektedir. Sıralamalardaki değişimler detaylı incelendiğinde, değişimin K7 kriterinin ağırlığının azalmasıyla birlikte performans değerleri birbirine yakın olan alternatifler arasında gerçekleştiği görülmüştür. Bu durum, LOPCOW-CORASO modelinin kriter ağırlıklarındaki değişime hassas olduğunu, ancak bu hassasiyetin yalnızca performans açısından birbirine yakın alternatiflerle sınırlı olduğunu göstermektedir. ERDEMİR-2023, ERDEMİR-2021, İSDEMİR-2023, İSDEMİR-2021 alternatiflerinin sıralamaları senaryoların tamamında sabit kalmıştır.

Şekil 4'te RAPS yöntemine ilişkin yeni sıralamalar verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, 1. sıradaki (ERDEMİR-2024) ve 2. sıradaki (ERDEMİR-2022) alternatiflerin, 4. (ERDEMİR-2021) ve 5. Sıradaki (İSDEMİR-2024) alternatiflerin sıralamalarının değişmesi, LOPCOW- RAPS modelinin kriter

ağırlıklarının değişiminden etkilendiğini göstermektedir. Yapılan incelemede bu hassasiyetin yalnızca performans açısından birbirine yakın alternatiflerle sınırlı olduğu görülmüştür. ERDEMİR-2023, İSDEMİR-2022, İSDEMİR-2023, İSDEMİR-2021 alternatiflerinin sıralamaları 20 senaryo içinde sabit kalmıştır.

#### Şekil 4:RAPS yöntemi için duyarlılık analizi sonuçları



Her iki yöntemin duyarlılık analizi sonuçları karşılaştırıldığında 7. sırada İSDEMİR-2023, 8. sırada İSDEMİR-2021, 3. sırada ERDEMİR-2023 işletmelerinin yer aldığı ve sıralamalarının değişmediği görülmektedir.

20 senaryo için Spearman korelasyon katsayısı hesaplanmış, sonuçlar Tablo 13' te verilmiştir. 20 senaryo için yöntemler arasındaki korelasyonun ortalama değeri 0,9107 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 13:Senaryolar Ve Yöntemler Arası Korelasyon Katsayıları Değerleri**

Senaryo	Korelasyon Katsayısı	Senaryo	Korelasyon Katsayısı
S1	0,9286	S11	0,9048
S2	0,9286	S12	0,9048
S3	0,9048	S13	0,9048
S4	0,9048	S14	0,8810
S5	0,9048	S15	0,9048
S6	0,9048	S16	0,9048
S7	0,9048	S17	0,9286
S8	0,9048	S18	0,9286
S9	0,9048	S19	0,9286
S10	0,9048	S20	0,9286

## 5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, demir-çelik sektöründe çevresel sürdürülebilirlik performansı değerlendirmesi için LOPCOW, CORASO ve RAPS yöntemlerinden oluşan iki karar verme modeli sunulmuş ve bu modeller ERDEMİR ve İSDEMİR işletmelerinin 2021-2024 yıllarına ait çevre verileri üzerinde uygulanmıştır. İlk olarak literatür taramasıyla güncel çevresel sürdürülebilirlik kriterleri belirlenmiştir. İşletmelerin entegre faaliyet raporlarında bu kriterlere karşılık gelen değerler incelenerek veri seti oluşturulmuş, LOPCOW yöntemiyle kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, CORASO ve RAPS yöntemleri ile işletmeler çevresel sürdürülebilirlik performanslarına göre sıralanmışlardır. Önerilen modellerin sağlamlığını ve hassasiyetlerini ölçmek için duyarlılık analizi yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar işletmeler açısından değerlendirildiğinde, çevresel sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesinde en önemli kriter K7- toplam atık miktarı olurken, K1- enerji tüketimi ikinci sırada, K2- sera gazı emisyonları üçüncü sırada, K3- ekonomik kazanç elde etmek için çevreye yapılan yatırımlar dördüncü sırada, K4-tekrar kullanılan atık miktarı beşinci sırada, K6- yıllık toplam su tüketimi altıncı sırada yer almıştır. En önemsiz kriterin K5-geri dönüştürülen su miktarı olduğu ortaya çıkmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalarda demir-çelik sektöründe atık üretiminin ve enerji tüketiminin yüksek olduğu ve azaltmanın önemli olduğu belirtilmektedir (Tunacan, Nizam ve Tezcan, 2020, s. 42). Enerji tüketiminin yüksek olması beraberinde sera gazı emisyonlarının da yüksek olmasına sebep olmaktadır (Ergün ve Bulut, 2024, s. 308). K5- geri dönüştürülen su miktarı kriterine baktığımızda her iki işletmenin de demir-çelik sektöründe su geri dönüşümü kapsamında kurulan sistemlerle kullanılan suyun büyük bir bölümünü dönüştürdükleri ve üretim sürecinde bu suyu kullandıklarını ifade ettikleri görülmüştür (İSDEMİR, 2024, s. 99). Bu durumlar LOPCOW yöntemiyle elde edilen ağırlıkları desteklemektedir.

Her iki yönteminde sıralama sonuçlarına göre İSDEMİR işletmesinin 2021 yılındaki çevresel sürdürülebilirlik performansı en kötü çevresel sürdürülebilirlik performansı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, 2024 yılına doğru işletmenin performansında belirgin bir iyileşme olduğu görülmektedir. Her iki işletme de 2021 yılından 2024 yılına doğru çevresel sürdürülebilirlik performansını arttırmıştır. Ancak ERDEMİR işletmesinin çevresel sürdürülebilirlik performansının İSDEMİR işletmesine göre daha iyi olduğu, 2024 yılında en iyi performansa sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca sıralama hesaplamalarında elde edilen puanlardaki küçük farklılıklar ERDEMİR işletmesinin yıllar içindeki performansının da daha tutarlı olduğunu ve birbirine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Grup işletmeler olmalarına rağmen işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarında farklılıklar olabileceği görülmüştür. İSDEMİR işletmesinin atık yönetimi ve enerji tüketimi konusunda ERDEMİR işletmesinin deneyimlerinden faydalanması, bu alanlarda sürekli iyileştirme faaliyetlerine devam etmesi önerilmektedir.

Çalışma kullanılan yöntemler açısından değerlendirildiğinde, LOPCOW yönteminin uç verilerden etkilendiği, uç verilerin hesaplamalara dahil edilmediği durumlarda, kriter ağırlıklandırma dengeli bir dağılım gösterdiği gözlenmiştir. CORASO ve RAPS yöntemlerinin benzer sıralamalar verdiği, demir-çelik sektöründe uygulanabildikleri, Spearman korelasyon katsayısının yüksek olması sebebiyle uyum düzeylerinin yüksek olduğu (Forthofer ve Lehnen, 1981, s. 146) gözlenmiştir. Duyarlılık analizi sonucunda genel sıralama yapısının büyük oranda korunması ve iki farklı yöntemin benzer sonuçlar üretmesi, önerilen modellerin güvenilir ve sağlam olduğunu göstermektedir. Ayrıca her iki yöntemin de kriterlerin ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı oldukları görülmüştür. Durumun bu şekilde olmasında, en önemli kriterin ağırlığının azalmasının ve işletmelerin performans değerlerinin birbirlerine yakın olmasının etkisinin olduğu düşünülmektedir. Literatürde incelendiğinde kriter ağırlıklarının değişmesiyle birlikte sıralamalarda da değişikliklerin olduğu çalışmalar olduğu, bu durumun ÇKKV yöntemleri ile yapılan çalışmalarda normal olduğu belirtilmektedir (Ayçin ve Bektaş, 2024; Demir, 2022; Ersoy, 2023; Ulutaş, 2018). CORASO yöntemi en önemli kriterin ağırlığındaki azalışın etkisini sıralamalara daha erken yansıtırken, RAPS yöntemi daha geç yansıtmıştır. CORASO yönteminin RAPS yöntemine göre daha hassas olduğu söylenebilir.

Çalışma, demir-çelik sektöründe çevresel sürdürülebilirlik performansında atık yönetimi, enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları konularının öncelikli alanlar olduğunu göstermektedir. Dünya genelinde de neredeyse tüm sektörlerde bu konular önemli konulardır ve azaltmaya yönelik uluslararası alanda Paris İklim Anlaşması, Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi sözleşmeler uygulanmaktadır (Duran, 2026, s. 2; Kırdı ve AYTEKİN, 2024; Şahin ve Önder, 2021, s. 196). Sektörde yer alan yöneticilerin, işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarını arttırmak için bu alanlara yönelik uluslararası düzenlemeleri de göz önünde bulundurarak strateji ve politikalar belirlemeleri, döngüsel ekonomiye odaklanmaları, süreç iyileştirme çalışmaları gerçekleştirmeleri önerilmektedir (Ergün ve Ener, 2024; Gökğöz ve Yalçın, 2022, s. 139; Ünlü ve Alizadeh, 2024). Bu sayede Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması kapsamında ödenecek karbon vergisinde de azalma sağlanabilecek ve rekabet avantajı korunabilecektir (Duran, 2026, s. 1). Devlet tarafından vergi indirimi ve ihracatta kolaylık sağlanacak işletmelere karar verilirken çevresel sürdürülebilirlik performansı yüksek olan işletmelere öncelik verilebilir. Bu sayede sektörde de çevresel dönüşüme katkı sağlanacaktır. Politika yapımcıların özellikle demir-çelik sektöründe yer alan işletmelere yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasına yönelik teşvikler vermesi, yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde etmeye yönelik altyapıyı hazırlaması ülkede iklim değişikliğinin etkilerinin de azalmasına katkı sağlayacaktır (Özdamar ve ark., 2026, s. 21; Ünlü ve Alizadeh, 2024, s. 153).

Çalışma, İSDEMİR ve ERDEMİR şirketleri ile bu şirketler tarafından yayınlanan entegre faaliyet raporlarında yer alan 2021-2024 yılları arasındaki verilerle ve kullanılan kriterlerle sınırlıdır. Gelecekteki çalışmalara, LOPCOW yöntemi ile birlikte başka kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin

kullanılması, kriter ağırlıklarının birleştirilerek analizlerin yapılması, farklı ÇKKV yöntemleriyle sıralamaların yapılması, sektörde yer alan diğer işletmelerin analizlere dahil edilmesi, karar vericilerin analizlere dahil edilmesi önerilmektedir.

### Kaynakça

- Ahmed, N., Areche, F. O., & Ober, J. (2024). Synergistic Evaluation of Energy Security and Environmental Sustainability in BRICS Geo-Political Entities: An Integrated Index Framework. *Equilibrium Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 19(3), 793-839. <https://doi.org/10.24136/eq.3088>
- Altaş, D., Kaspar, E. Ç., & Ergüt, Ö. (2012). İlişki Katsayılarının Karşılaştırılması: Bir Simülasyon Çalışması. *Sosyal Bilimler Metinleri*, 2012(2), 1-9.
- Asadabadi, M. R., Ahmadi, H. B., Gupta, H., & Liou, J. J. (2023). Supplier Selection to Support Environmental Sustainability: The Stratified BWM TOPSIS Method. *Annals of Operations Research*, 322(1), 321-344. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04878-y>
- Aslan, M. (2024, 9 Aralık). Demir-Çelik Sektörü 2025 Üretim Hedefini Koydu: Kapasite Kullanım Oranını Artırarak 2021 Yılı Üretim Rakamlarını Aşacak. *Makine Store*. Erişim adresi: <https://makinastore.com/haber/demir-celik-sektoru-2025-uretim-hedefini-koydu-kapasite-kullanim-oranini-artirarak-2021-yili-uretim-rakamlarini-asacak-15227>
- Ayçin, E., & Bektaş, S. (2024). BIST Kocaeli Şehir Endeksinde Yer Alan Şirketlerin LOPCOW ve OPARA Yöntemleriyle Finansal Performanslarının Değerlendirilmesi. *Sinop Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(Eğitim Bilimleri ve Sosyal Bilimler Özel Sayısı), 1-24. <https://doi.org/10.30561/sinopusd.1551020>
- Bai, C., Satir, A., & Sarkis, J. (2019). Investing in Lean Manufacturing Practices: An Environmental and Operational Perspective. *International Journal of Production Research*, 57(4), 1037-1051. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1498986>
- Bafail, O. A., Abdulaal, R. M., & Kabli, M. R. (2022). AHP-RAPS Approach for Evaluating the Productivity of Engineering Departments At a Public University. *Systems*, 10(4), 107, 1-19. <https://doi.org/10.3390/systems10040107>
- Bakır, M., & İnce, F. (2024). Havayolu İşletmelerinde Yolcu Memnuniyetinin LOPCOW-AROMAN Modeliyle Analizi: Star Alliance Stratejik Ortaklığı Uygulaması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (81), 168-189. <https://doi.org/10.51290/dpusbe.1432572>
- Batista, G. E., & Monard, M. C. (2003). An Analysis of Four Missing Data Treatment Methods for Supervised Learning. *Applied Artificial Intelligence*, 17(5-6), 519-533. <https://doi.org/10.1080/713827181>
- Cabello, J. M., Navarro-Jurado, E., Thiel-Ellul, D., Rodríguez-Díaz, B., & Ruiz, F. (2021). Assessing Environmental Sustainability by the Double Reference Point Methodology: The Case of the Provinces of Andalusia (Spain). *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 28(1), 4-17. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1778582>
- Carnero, M. C. (2020). Fuzzy TOPSIS Model for Assessment of Environmental Sustainability: A Case Study with Patient Judgements. *Mathematics*, 8(11), 1985, 1-43. <https://doi.org/10.3390/math8111985>
- Charłampowicz, J., Mańkowski, C., & Saikouk, T. (2024). Strategic Integration of Environmental Sustainability in Inland Logistics: A Multi-Criteria Decision-Making Approach. *Business Strategy and the Environment*, 33(7), 7544-7561. <https://doi.org/10.1002/bse.3885>
- Çeştepe, H., & Tunçel, A. (2018). Türkiye Demir Çelik Sektörünün Uluslararası Rekabet Gücü Analizi. *Electronic Turkish Studies*, 13(15), 113-129. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.13527>

- Demir, G. (2022). Hayat Dışı Sigorta Sektöründe Kurumsal Performansın PSI-SD Tabanlı MABAC Metodu İle Ölçülmesi: Anadolu Sigorta Örneği. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 112-136. <https://doi.org/10.30784/epfad.1072645>
- Dragić, R., Puška, A., Dudić, B., Štilić, A., Stošić, L., Josimović, M., & Nedeljković, M. (2025). Hybrid Interval Type-2 Fuzzy Set Methodology with Symmetric Membership Function for Application Selection in Precision Agriculture. *Symmetry*, 17(9), 1504. <https://doi.org/10.3390/sym17091504>
- Duran, Ö. (2026). Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) Kapsamında Demir Çelik Sektöründe Sürdürülebilirlik Stratejileri ve Emisyon Azaltım Yöntemlerinin Değerlendirilmesi, *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 1772686, 1–9.
- Durmuş, C. N., Görçün, Ö. F., and Şener, S. (2025, Ekim). *A Robust Decision-Making Framework For Fintech Investments Under Spherical Fuzzy Environment: Integration of LOPCOW and CORASO Methods*. 20th International Conference on Finance and Banking’de sunulan bildiri, Karviná, Çek Cumhuriyeti.
- Ecer, F., & Pamucar, D. (2022). A novel LOPCOW-DOBI Multi-Criteria Sustainability Performance Assessment Methodology: An Application in Developing Country Banking Sector. *Omega*, 112, 102690, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102690>
- Ergün, Ü. R., & Bulut, E. (2024). Küresel İklim Krizi Tedbirlerine Uyum Sürecinde Demir Çelik Sektörü: CRITIC ve CoCoSo Yöntemleriyle Bir Değerlendirme. *Verimlilik Dergisi*, 58(3), 305-324. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1393071>
- Ergün, Ü. R., & Ener, M. (2024). Demir Çelik Sektöründe Geri Dönüşüm Ekonometrisi: Türkiye Örneği *Troy Academy*, 9(2), 119–142. <https://doi.org/10.31454/troyacademy.1349460>
- Ersoy, N. (2023). BIST Perakende Ticaret Sektöründe LOPCOW-RSMVC Modeli İle Performans Ölçümü. *Sosyoekonomi*, 31(57), 419-436. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2023.03.20>
- Forthofer, R. N., & Lehnen, R. G. (1981). Rank Correlation Methods. In *Public Program Analysis: A New Categorical Data Approach* (pp. 146-163). Boston, MA: Springer US.
- Gani, A., Asjad, M., Talib, F., Khan, Z. A., & Siddiquee, A. N. (2021). Identification, Ranking and Prioritisation of Vital Environmental Sustainability Indicators in Manufacturing Sector Using Pareto Analysis Cum Best-Worst Method. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(3), 226-244. <https://doi.org/10.1080/19397038.2021.1889705>
- Gauthier, T. D. (2001). Detecting Trends Using Spearman's Rank Correlation Coefficient. *Environmental Forensics*, 2(4), 359-362. <https://doi.org/10.1080/713848278>
- Gómez-Limón, J. A., Arriaza, M., & Guerrero-Baena, M. D. (2020). Building a Composite Indicator to Measure Environmental Sustainability Using Alternative Weighting Methods. *Sustainability*, 12(11), 4398. <https://doi.org/10.3390/su12114398>
- Gökgöz, F., & Yalçın, E. (2022). Sustainability of G20 Countries within Environmental and Energy Perspectives. *Present Environment & Sustainable Development*, 16(2), 127-145. <https://doi.org/10.47743/pesd2022162010>
- Gündüz Şimşek, G., & Gündüz, Ç. (2023). Performance Evaluation of Sustainability in a Textile Firm Via Multi-Criteria Decision-Making Method. *Industria Textila*, 74(4), 426-432. <https://doi.org/10.35530/IT.074.04.202270>
- İSDEMİR (2024). 2023 Entegre Faaliyet Raporu. Erişim adresi: <https://www.isdemir.com.tr/storage/uploads/2024/08/cc71bffc998956e06c6df56c13ebf2c0.pdf>
- İSDEMİR (2025). 2024 Entegre Faaliyet Raporu. Erişim adresi: <https://www.isdemir.com.tr/storage/uploads/2025/05/eb7511d69e190fb58c9b09f02b7298a2.pdf>
- İstanbul Sanayi Odası (t.y.). Türkiye'nin 500 büyük sanayi kuruluşu. Erişim adresi: <https://www.iso500.org.tr/500-buyuk-sanayi-kurulusu?yil=2024>

- Johansson, M. T. (2016). Effects on Global CO<sub>2</sub> Emissions When Substituting LPG With Bio-SNG as Fuel in Steel Industry Reheating Furnaces—The Impact of Different Perspectives on CO<sub>2</sub> Assessment. *Energy Efficiency*, 9(6), 1437-1445. <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9432-0>
- Joshi, A. (2016). Comparison Between Scopus & ISI Web of Science. *Journal Global Values*, 7(1), 1-11.
- Joshi, M. (2024). Enhancing User Experience on Journal Websites: A Novel Entropy-Based Weighing Method with MARCOS and COCOSO Ranking Approaches: Enhancing User Experience on Journal Websites. *Journal of Scientific & Industrial Research (JSIR)*, 83(6), 639-651. <https://doi.org/10.56042/jsir.v83i6.8982>
- Jovanović, B., Šarac, D., & Čačić, N. (2024). Performance Benchmarking of European Postal Incumbents with TOPSIS and BMW-TOPSIS. *Utilities Policy*, 91, 101845, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2024.101845>
- Kahreman, Y. (2024). Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma ve Alt Boyut Performanslarının LOPCOW-CRADIS Yöntemi ile Belirlenmesi. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(4), 1411-1426. <https://doi.org/10.33206/mjss.1354435>
- Kamali, M., Hewage, K., Rana, A., Alam, M. S., & Sadiq, R. (2023). Environmental Sustainability Assessment of Single-Family Modular Homes Using Performance Benchmarks of Conventional Homes: Case Studies In British Columbia, Canada. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(8), 2603-2628. <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02495-2>
- Karande, P., Zavadskas, E. K., & Chakraborty, S. (2016). A Study on The Ranking Performance of Some MCDM Methods for Industrial Robot Selection Problems. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 7(3), 399-422. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2016.1.001>
- Kilic, H. S., & Yalcin, A. S. (2021). Comparison of Municipalities Considering Environmental Sustainability Via Neutrosophic DEMATEL Based TOPSIS. *Socio-Economic Planning Sciences*, 75, 100827. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100827>
- Kırda, K., & Aytekin, A. (2024). Assessing Industrialized Countries' Environmental Sustainability Performances Using an Integrated Multi-Criteria Model and Software. *Environment, Development and Sustainability*, 26(7), 17505-17550. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03349-z>
- Kırılmaz Kılıç, S., & Tekdemir, Y. (2022). Yeşil İşletmecilik Uygulamalarının Örnek Olaylarla İncelenmesi. *Journal of Business and Trade*, 3(2), 207-223.
- Kumar, R. (2025). A Comprehensive Review of MCDM Methods, Applications, and Emerging Trends. *Decision Making Advances*, 3(1), 185-199. <https://doi.org/10.31181/dma31202569>
- Minashkina, D., & Happonen, A. (2023). Warehouse Management Systems for Social and Environmental Sustainability: A Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis. *Logistics*, 7(3), 40, 1-33. <https://doi.org/10.3390/logistics7030040>
- Özdamar, A. B., Kaya, M., Bektaş, A., Bhattacharyya, S., Şahindoğan, M., Birat, J.-P., & Dutta, A. (2026). A Study of the Environmental Challenges En Marche Towards Net-Zero: Case Study of Turkish Steel Industry. *Processes*, 14(1), 178, 1-26. <https://doi.org/10.3390/pr14010178>
- Pesonen, E., Eskelinen, M., & Juhola, M. (1998). Treatment of Missing Data Values in a Neural Network Based Decision Support System for Acute Abdominal Pain. *Artificial Intelligence in Medicine*, 13(3), 139-146. [https://doi.org/10.1016/S0933-3657\(98\)00027-X](https://doi.org/10.1016/S0933-3657(98)00027-X)
- Puşka, A. (2025). Selection of CRM Systems Using Objective Criteria for the Needs of Small Companies. *International Journal of Knowledge and Innovation Studies*, 3(1), 1-11. <https://doi.org/10.56578/ijkis030101>
- Puşka, A., Nedeljković, M., Božanić, D., Štilić, A., & Muhsen, Y. R. (2024). Evaluation of Agricultural Drones Based on the Compromise Ranking from Alternative Solutions (CORASO) methodology. *Engineering Review*, 44(4-SI 2024), 77-90. <https://doi.org/10.30765/er.2653>

- Ritchie, H. (2020, September 18). Sector by Sector: Where Do Global Greenhouse Gas Emissions Come From?. Erişim adresi: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- Saeed, U., & Ahmad, S. R. (2021). Emerging GIS Based Rehearses for Assessment of Urban Environmental Sustainability and Apposite Ranking. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(3), 3047-3058.
- Shao, Q., Weng, S. S., Liou, J. J., Lo, H. W., & Jiang, H. (2019). Developing a Sustainable Urban-Environmental Quality Evaluation System in China Based on a Hybrid Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 1434. <https://doi.org/10.3390/ijerph16081434>
- Shah, S. A. A., Longsheng, C., Solangi, Y. A., Ahmad, M., & Ali, S. (2021). Energy Trilemma Based Prioritization of Waste-To-Energy Technologies: Implications for Post-COVID-19 Green Economic Recovery in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124729, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124729>
- Škrinjarić, T. (2021). Ranking Environmental Aspects of Sustainable Tourism: Case of Selected European Countries. *Sustainability*, 13(10), 5701, 1-19. <https://doi.org/10.3390/su13105701>
- Štreimikienė, D., Bathaei, A., & Streimikis, J. (2024). Evaluating Agri-Environmental Indicators for Land Use Impact in Baltic Countries Using Multi-Criteria Decision-Making and Eurostat Data. *Land*, 13(12), 2238, 1-19. <https://doi.org/10.3390/land13122238>
- Sotiropoulou, K. F., & Vavatsikos, A. P. (2023). A Decision-Making Framework for Spatial Multicriteria Suitability Analysis Using PROMETHEE II and k Nearest Neighbor Machine Learning Models. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 7(2), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s41651-023-00151-3>
- Strezov, V., Evans, A., & Evans, T. (2013). Defining Sustainability Indicators of Iron and Steel Production. *Journal of Cleaner Production*, 51, 66-70. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.016>
- Suhi, S. A., Enayet, R., Haque, T., Ali, S. M., Moktadir, M. A., & Paul, S. K. (2019). Environmental Sustainability Assessment in Supply Chain: An Emerging Economy Context. *Environmental Impact Assessment Review*, 79, 106306. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106306>
- Sun, W., Wang, Q., Zhou, Y., & Wu, J. (2020). Material and Energy Flows of The Iron and Steel Industry: Status Quo, Challenges and Perspectives. *Applied Energy*, 268, 114946, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114946>
- Şahin, G., & Önder, H. G. (2021). Atık Yönetimi, Sera Gazı Emisyonları Ve Türkiye: Avrupa Yeşil Mutabakatı Çerçevesinde Bir Değerlendirme. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(112), 194-216. <http://dx.doi.org/10.29228/ASOS.47802>
- Şahin Macit, N. (2024). Avrupa Ve Orta Asya Ülkelerinde BİT Gelişmişlik Düzeyinin Entegre MPSI-RAPS Yöntemi İle Ölçülmesi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(29), 24-53. <https://doi.org/10.36543/kauibfd.2024.002>
- Topçu Altay, B., & Sarıgül Sümerli, S. (2019). Türkiye Demir Çelik Sektörü İhracatının Yoğunlaşma Analizi. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 5(17), 517-524. <http://dx.doi.org/10.31576/smryj.244>
- Tufan, D., & Ulutaş, A. (2026). Supplier Selection in the Food Sector: An Integrated Approach Using LODICI and CORASO Methods. *Spectrum of Decision Making and Applications*, 3(1), 40-51. <https://doi.org/10.31181/sdmap31202631>
- Tunacan, T., Nizam, T., & Tezcan, B. (2020). Tersine Lojistik Bakış Açısı İle Katı Atık Yönetiminin İstatistiksel Değerlendirmesi: Karabük Bölgesi Demir Çelik Sektör Analizi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 8(1), 41-48. <https://doi.org/10.21541/apjes.522552>
- Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (2024, Kasım). Türkiye Avrupa'nın En Büyük Çelik Üreticisi Unvanını Koruyor. *Çelik Dergisi*, 166, 28-29.

- Ulutaş, A. (2018). Entropi Tabanlı Edas Yöntemi İle Lojistik Firmalarının Performans Analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (23), 53-66. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.458754>
- Urošević, K., Gligorić, Z., Miljanović, I., Beljić, Č., & Gligorić, M. (2021). Novel Methods In Multiple Criteria Decision-Making Process (MCRAT and RAPS) —Application in the Mining Industry. *Mathematics*, 9(16), 1980, 1-21. <https://doi.org/10.3390/math9161980>
- Uzhga-Rebrov, O., & Grabusts, P. (2023). Application of the PROMETHEE Method with Missing Criteria Values. Proceedings of the 2023 IEEE 64th International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS), 1-7. <https://doi.org/10.1109/ITMS59786.2023.10317689>
- Ünlü, O., & Alizadeh, N. (2024, Haziran). Demir Çelik Sektöründe Yeşil Dönüşüm: İklim Değişikliğiyle Mücadele ve Sürdürülebilir Üretim Yaklaşımı. 9. *Uluslararası Demir Çelik Sempozyumu Bildiriler e-Kitabı* içinde. TMMOB Metalurji ve Malzeme Mühendisleri Odası Eğitim Merkezi, İzmir.
- Van Dua, T., Bao, N. C., Van Duc, D., & Thinh, H. X. (2026). Improving the Data Normalization Method in the CORASO Method. *EUREKA: Physics and Engineering*, 1, 217-228. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2026.003950>
- Van Thien, N., Dung, H. T. & Duc Trung, D. (2024). Overcoming the Limitations of the RAPS Method by Identifying Alternative Data Normalization Methods. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14(4), 15745-15750. <https://doi.org/10.48084/etasr.7909>
- Wilson, D. R., & Martinez, T. R. (2000). Reduction Techniques for Instance-Based Learning Algorithms. *Machine Learning*, 38(3), 257-286. <https://doi.org/10.1023/A:1007626913721>
- Yücel, M. (2025). Stratejik Yönetim ve Rekabet: Türkiye Demir-Çelik Sektöründe Yoğunlaşma Göstergeleri Üzerinden Bir İnceleme. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 14(3), 1986-2011. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1694901>

**Research Article**

**Demir-Çelik Sektöründe Çevresel Sürdürülebilirlik Performansının LOPCOW, CORASO ve RAPS Yöntemleriyle Değerlendirilmesi**

Evaluation of Environmental Sustainability Performance in the Iron and Steel Industry Using the LOPCOW, CORASO, and RAPS Methods

**İpek ÖZENİR**

Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

Antakya Meslek Yüksekokulu

[ipekozenir@mku.edu.tr](mailto:ipekozenir@mku.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0002-0684-0938>

**Extended Summary**

**Introduction**

In today's world, where green transformation is crucial, it is emphasized that the iron and steel sector must accelerate its green transformation activities in order to remain competitive (Aslan, 2024). At the same time, it has been stated that companies, especially in their supply chains, need to include environmental criteria in their decision-making processes, that there is a need for research on these issues, and that environmental sustainability is receiving more attention within the dimensions of sustainability (Gündüz Şimşek and Gündüz, 2023, p. 426; Kumar, 2025, p. 196). For this reason, the study aims to evaluate and compare the environmental sustainability performance of İSDEMİR and ERDEMİR, two leading Turkish companies and iron and steel producers (İstanbul Sanayi Odası, n.d.) within the same group, using MCDM techniques both internally and between each other for the period 2021-2024. In this context, the study aims to contribute to the literature from both methodological and sectoral perspectives. Firstly, it is observed that studies using LOPCOW and CORASO methods together are quite limited in the literature (Durmuş, Görçün and Şener, 2025). Furthermore, the CORASO method is a relatively new method in the literature and is included in only a few studies (Dragić et al., 2025, p. 5; Puška, 2025; Tufan and Ulutaş, 2025). As a result of the literature review, to the author's knowledge, no study was found that used LOPCOW and CORASO methods together in performance evaluation in the iron and steel sector. Similarly, no study was found that used all three methods together and compared CORASO and RAPS methods. In this regard, the study contributes to the literature in terms of the combined use and comparison of the methods. From a sectoral perspective, the study examines how the level of emphasis on environmental sustainability varies across group companies. It also contributes to the decision-making processes of businesses and managers operating in the iron and steel sector regarding the measurement of environmental sustainability performance, and which factors should be considered and prioritized to improve environmental sustainability.

**Method**

The study consists of five steps. First, articles obtained from the literature review section were examined, and criteria to be used in assessing environmental sustainability performance were determined. In the second step, the corporate reports of companies were examined to create a data set, and in the third step, the weights of the criteria were determined using the LOPCOW method. In this study, the LOPCOW method was selected due to its ability to distribute the weights of the criteria more evenly, take into account both benefit and cost criteria, and allow evaluation without relying on the judgments of the

decision-maker (Ecer and Pamucar, 2022, p. 4). In the fourth step, companies were ranked according to their environmental sustainability performance using the CORASO and RAPS methods, and in the final step, the robustness of the methods used was analyzed through sensitivity analysis. The CORASO method was preferred because it is a relatively new method in the literature, the steps of the method are easy to apply, and it facilitates the decision-making process (Puška, 2025, p. 4; Puška, Nedeljković, Božanić, Štilić, and Muhsen, 2024, p. 81). The RAPS method was preferred in the study because of its calculation steps, which differ from other MCDM techniques, its proven validity and reliability, and the fact that it is one of the relatively new techniques (Bafail, Abdulaal, and Kabli, 2022, p. 2; Van Thien, Dung, and Duc Trung, 2024, p. 15745).

## Findings

### Calculation of criterion weights

According to the LOPCOW method result, the most important criterion is C7-total amount of waste, and the least important criterion is C5-amount of recycled water. The criteria are ranked according to their importance as follows: C7>C1>C2>C3>C4>C6>C5.

### Ranking of companies based on environmental sustainability performance

According to the CORASO results, the alternative with the highest environmental sustainability performance is ERDEMİR's performance in 2024, while the alternative with the lowest performance is İSDEMİR's performance in 2021. Based on the CORASO method, ERDEMİR's environmental sustainability performance from 2021 to 2024 is higher than that of İSDEMİR. İSDEMİR has improved its environmental sustainability performance from 2021 to 2024. According to the RAPS results, ERDEMİR achieved the best environmental sustainability performance in 2024, whereas the lowest performance was observed for İSDEMİR in 2021. Based on the RAPS method, ERDEMİR's environmental sustainability performance between 2021 and 2024 is higher than that of İSDEMİR, and İSDEMİR's performance improved over this period. The rankings obtained by the methods are generally similar. Changes in the rankings occurred only for the ERDEMİR-2021 and İSDEMİR-2024 alternatives. According to both methods, İSDEMİR exhibited the lowest environmental sustainability performance in 2021, while ERDEMİR achieved the highest environmental sustainability performance in 2024. The Spearman correlation coefficient calculated between the CORASO and RAPS methods was found to be  $r_s = 0,976$ . **Sensitivity analysis:** The criterion weights obtained using the LOPCOW method were varied to perform the sensitivity analysis. The analysis, which consisted of 20 scenarios in total, involved reducing the weight of the most important criterion, C7, by 5% in each scenario and eventually setting it to zero in the final scenario, and was conducted for both methods (Bakır and İnce, 2024, pp. 178–179). The results indicate that the LOPCOW-CORASO and LOPCOW-RAPS models are sensitive to changes in criterion weights; however, this sensitivity is limited to alternatives that are close to each other in terms of performance. The average correlation between the methods across the 20 scenarios was calculated as 0,9107.

## Discussion and Conclusion

In this study, two decision-making models consisting of the LOPCOW, CORASO, and RAPS methods were proposed for evaluating environmental sustainability performance in the iron and steel industry, and these models were applied to the environmental data of ERDEMİR and İSDEMİR for the period 2021–2024. Evaluating the results from the perspective of the companies, the most important criterion for assessing environmental sustainability performance was found to be C7- total amount of waste, followed by C1-energy consumption, C2-greenhouse gas emissions, C3-environmental investments for economic gains, C4-amount of reused waste, and C6-annual total water consumption, respectively. The least important criterion was C5-amount of recycled water. Both companies improved their environmental sustainability performance from 2021 to 2024. However, ERDEMİR demonstrated better environmental sustainability performance compared to İSDEMİR and achieved the highest performance in 2024. When the study is evaluated in terms of the methods used, it was observed that the LOPCOW method is affected by outliers; however, when outliers are excluded from the calculations, it provides a balanced distribution of criterion weights. The CORASO and RAPS methods yielded similar rankings, can be applied in the iron and steel sector, and demonstrated a high level of consistency due to the high Spearman correlation coefficient (Forthofer and Lehnen, 1981, p. 146). The sensitivity analysis showed

that the overall ranking structure was largely preserved and that the two methods produced similar results, indicating that the proposed models are reliable and robust. Additionally, both methods were found to be sensitive to changes in criterion weights. The CORASO method reflected the effect of a decrease in the weight of the most important criterion in the rankings earlier than the RAPS method, indicating that CORASO is more sensitive than RAPS.