

# Giresun İlinin 2018-2023 Yılları İçerisindeki Katı Atık Performansının Ölçülmesi

Hatice Doğan<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi, Giresun Meslek Yüksekokulu, Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü, 28049, Giresun.

## Özet

Günümüzde sanayinin gelişmesi, nüfusun hızla artması, şehirlerde yaşayan insan sayısının hızlı bir artış göstermesi ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi beraberinde atık miktarlarının da artmasına neden olmuştur. Atık miktarlarındaki yaşanan artışlar küresel bir sorun haline gelmiştir. Atıkların ortaya çıkardığı en önemli sorun çevre kirliliği ve sebep olduğu sağlık problemleridir. Diğer yandan kaynakların kit olması oluşan atıkların geri dönüşümünün sağlanmasını elzem kılmıştır. Kullanımlar sonucunda ortaya çıkan atıkların geri dönüştürülmesi ve daha da önemlisi oluşabilecek atık miktarının en düşük seviyelerde tutulması hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada Giresun ilinin 2018-2023 yılları içerisindeki katı atık performansının ölçülmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür araştırması sonucunda katı atık performansını ölçmek amacıyla; il nüfusu (kişi), toplam katı atık geri kazanım ve bertaraf miktarı (kg), toplam atık işletme tesisi sayısı (adet), sıfır atık kapsamında il genelinde eğitim alan kişi sayısı (kişi), sıfır atık yönetimi kapsamında geri dönüşüm miktarı (kg), sıfır atık kapsamında yerleştirilen kumbara sayısı (adet), sıfır atık kapsamında yerleştirilen konteyner sayısı (adet), sıfır atık kapsamında elde edilen kompost miktarı (kg), sıfır atık kapsamında yapılan enerji tasarrufu (kWh), sıfır atık yönetimi kapsamında atık depolama alanı tasarrufu (m<sup>3</sup>), toplam katı atık miktarı (ton/gün), kişi başı ortalama belediye katı atık miktarı (kg/kişi-gün), tıbbi atık miktarı (ton), atık pil ve akü miktarı (kg) olmak üzere 14 kriter belirlenmiştir. Belirlenmiş olan bu kriterlerin ağırlıklarını ölçmek amacıyla diğer nesnel ağırlıklandırma yöntemlerin göre oldukça yeni olan LOPCOW yöntemi kullanılmıştır. Bu kriter ağırlıkları MARCOS yöntemine entegre edilerek yıllar içerisindeki performans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan bütünlük model karar vericilerin önyargılarından bağımsız bir çözüm sunmaktadır. Elde edilen sonuçların kriter ağırlıklarından nasıl etkilendiğini değerlendirmek amacıyla bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi kapsamında MEREC, ENTROPI yöntemi ve Eşit Ağırlıklandırma ile kriterler ağırlıklandırılmış ve MARCOS yöntemine entegre edilerek çözülmüştür. Yapılan bütün analizlerin benzer sonuçlar verdiği, en iyi performansın 2021 yılında gösterildiği ve en düşük performansın ise 2018 yılında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

## Anahtar Sözcükler

Katı Atık, LOPCOW, MARCOS, MEREC, ENTROPI

## Measurement of Solid Waste Performance of Giresun Province in 2018-2023

### Abstract

Today, industrial development, rapid population growth, urbanization, and changing consumption habits have led to an increase in the amount of waste. The increase in waste has become a global problem. The most important problems caused by waste are environmental pollution and health issues. On the other hand, the scarcity of resources has made it essential to ensure the recycling of waste. Recycling waste generated from usage and, more importantly, keeping the amount of waste that may be generated at the lowest possible level is of vital importance. This study aims to measure the solid waste performance of Giresun province between 2018 and 2023. As a result of the literature review, the following indicators were identified to measure solid waste performance: provincial population (persons), total solid waste recovery and disposal amount (kg), total number of waste management facilities (units), number of persons trained in zero waste management across the province (persons), the amount of recycling under the zero-waste management framework (kg), the number of bins installed under the zero-waste framework (units), the number of containers installed under the zero-waste framework (units), the amount of compost obtained under the zero-waste framework (kg), the energy savings achieved under the zero-waste framework (kWh), the waste storage area savings under the zero-waste management framework (m<sup>3</sup>), total solid waste amount (tons/day), average municipal solid waste amount per person (kg/person-day), medical waste amount (tons), and waste battery and accumulator amount (kg). The LOPCOW method, which is relatively new compared to other objective weighting methods, was used to measure the weights of these criteria. These criteria weights were integrated into the MARCOS method to measure performance over the years. The integrated model used in the study provides a solution independent of decision-makers' biases. A sensitivity analysis was conducted to evaluate how the results were affected by the criterion weights. Within the scope of the sensitivity analysis, the criteria were weighted using the MEREC, ENTROPY and Equal Weighting methods and integrated into the MARCOS method for solution. It was determined that all analyses yielded similar results, with the best performance observed in 2021 and the lowest performance in 2018.

### Keywords

Solid Waste, LOPCOW, MARCOS, MEREC, ENTROPY

## 1. Giriş

Günümüzde sanayileşmenin ve nüfusun gün geçtikçe artması, insanların yaşam tarzındaki değişiklikler, modern teknolojinin sınırsız kullanımı dünyada üretim ve tüketim miktarının artmasına neden olmuştur. Üretim ve tüketimdeki bu artışlar doğal kaynakların her geçen gün azalmasına neden olmaktadır. Tüketimin sürekli artış göstermesi sonunda atık miktarları ve atık çeşidi de artmakta ve dünyadaki yaşamı tehdit eder boyuta ulaşmaktadır. Atık miktarındaki artış hem çevre hem de insan sağlığı üzerine olumsuz etkiler yaratmaktadır (Minghua vd., 2009). Atık en basit tanımıyla “sahibi için hiçbir değeri olmayan veya marjinal değeri olan ve sahibinin atmak istediği artık, gereksiz bir ürün veya malzeme” olarak ifade edilmektedir (Christensen, 2011). Ekonominin çok hızlı büyümesi, kentlerde yaşayan insan sayısının artması, atık toplama ve arıtma tesislerinin yetersiz olması ve düşük performansla çalışması sonucunda büyük miktarlarda atık oluşumuna yol açmaktadır (Chen vd., 2020). Oluşan bu atıklar ciddi çevre kirliliğine ve sağlık problemlerine sebep olmaktadır.

Dünyada yaklaşık olarak 8 milyar civarında insan yaşamakta ve bu sayı giderek artmaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) 2050 yılında dünya nüfusunun 10 milyara yaklaşacağını belirtmiştir. Bu nedenle oluşacak atık miktarında da ciddi artışlar yaşanacağı bilinmektedir. Dünyada yılda 2,1 milyar ton kentsel katı atık üretilmekte olup, bu miktarın 2050 yılına kadar % 80 artması beklenmektedir (Cheapa Waster Skips, 2025). Dünyada yılda yaklaşık 2,01 milyar ton belediye katı atığı üretildiği bilinmekte ve bu atıkların yaklaşık % 33'üne yakınının geri dönüştürülemediği için çevreye ciddi zararlar vermektedir. Dünya çapında, kişi başına üretilen günlük atık miktarının 0,74 kg olduğu, ancak bu miktarın 0,11 kg ile 4,54 kg arasında değiştiği bilinmektedir. Ülkelerin gelir seviyeleri yükseldikçe ürettikleri atık miktarları da artış göstermektedir. Dünyadaki nüfusun yaklaşık % 16'sını oluşturan yüksek gelirli ülkeler dünya atık miktarının % 34'ünü üretmektedir. 2050 yılına kadar yüksek gelirli ülkelerde kişi başına atık üretiminin % 19 artacağı, orta ve düşük gelirli ülkelerde ise yaklaşık % 40 artacağı tahmin edilmektedir. Düşük gelirli ülkelerde üretilen toplam atık miktarının daha hızlı arttığı belirlenmiştir. Düşük gelire sahip olan ülkelerde üretilen atık miktarının yaklaşık % 48'i toplanabilmekte ve toplam atık miktarının yalnızca yaklaşık % 16'sı geri dönüştürülebilmektedir. Yüksek gelire sahip ülkelerde ise atıkların yaklaşık % 90'ı toplanabilmektedir (Kaza vd., 2018).

İnsanların tüketim alışkanlıklarının değişmesine ve artmasına bağlı olarak doğal kaynakların ve ürünlerin kullanımı katlanarak artış göstermiştir. Bu sebeple de her gün büyük miktarlarda farklı türde katı atık üretilmekte ve bunların bertarafı endişe verici bir sorun haline gelmektedir. Giderek artış gösteren bu sorunla mücadele edebilmek için proaktif bir yöntemin gerekli olduğu, yani sadece bertaraf etmeye odaklanmak yerine katı atık üretiminin azaltılması, katı atıkların etkin bir şekilde toplanması ve katı atıkların değerlendirilmesini sağlayacak katı atık yönetiminin oluşturulması gerekmektedir (Nag & Vizayakumar, 2005). 2 Nisan 2015 tarihli 29314 sayılı resmi gazetede atık yönetimi, “atığın oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, yeniden kullanılması, özelliğine ve türüne göre ayrılması, biriktirilmesi, toplanması, geçici depolanması, taşınması, ara depolanması, geri dönüşümü, enerji geri kazanımı dâhil geri kazanılması, bertarafı, bertaraf işlemleri sonrası izlenmesi, kontrolü ve denetimi faaliyetlerini” ifade etmektedir (T.C. Resmi Gazete, 2015). Oluştukları alanlara göre farklılık gösteren atıldıkları ortamda belirli bir süre sonra insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratabilecek katı atıkların yönetilmesi büyük önem arz etmektedir (Bilgili, 2020). Bu nedenle, katı atık yönetimi, ekonomik, estetik ve enerji tasarrufu ilkelerini benimseyerek çevreye uyumlu bir üretim sistemini içermesi gerekmektedir. Üretim yapılırken depolama, toplama, aktarma ve taşıma, yeniden kullanım ve geri dönüşüm, işleme ve bertarafı ile ilgili faaliyetlerin yönetimini de dikkate almalıdır (Nag & Vizayakumar, 2005).

Katı atık yöntemi, dünyada yaşayan bütün insanları etkileyen evrensel bir çevresel sorundur. Atıkların doğru bir şekilde yönetilmemesi, deniz ve havayı kirliletmekte, atıkların yakılması sonucunda ciddi solunum yolu hastalıkları ortaya çıkmakta ve ekonomik gelişmeleri olumsuz etkilemektedir. Kişilerin gelir seviyelerindeki artış ve insanların kente göçmeleri sonucunda kişi başına oluşan atık miktarı da artış göstermiştir. Hızlı kentleşmenin sonucunda atıkların toplanması ve bertarafı için gerekli olan arazinin temin edilmesini güçleştirmektedir. Atık yönetiminin uygulanabilmesi özellikle gelir seviyesi düşük olan ülkelerde pek çok yerel yönetim için ciddi bir bütçeyi gerekli kılmaktadır. Belediye bütçelerinin yaklaşık % 20'si atık yönetimi için ayrılmaktadır. Orta gelir seviyesine sahip ülkelerde bu oran % 10'da fazla, yüksek gelirli ülkelerde ise yaklaşık % 4'ünü oluşturmaktadır. Katı atık yönetim sistemlerinin kurulması için yüksek miktarlarda finansal kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Tesislerin kurulum aşamasındaki finansal ihtiyaçtan ziyade süreç içerisinde devam edecek olan operasyonel faaliyetlerin maliyetleri oldukça yüksektir (Kaza vd., 2018). Oluşan atıkların geri dönüştürülmesi ve ayrıştırılması noktasında bireysel olarak ve hükümetler tarafından çeşitli kararlar alınmış ancak istenilen sonuçlara ulaşılamamıştır. Hala büyük miktarlarda atık çevreye dökülmektedir. Çevrede oluşan çöp yığınları insanlar açısından ciddi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (Alshehri & Ameen, 2021).

İnsanların günlük yaşamalarında ortaya çıkan atıkların insan sağlığını tehlikeye sokmadan bertaraf edilmesi atık yönetim uygulamalarının en temel amacını oluşturmaktadır. Bu doğrultuda atıklara uygulanan geri dönüşüm, geri kazanım, yakma, depolama ve gömme gibi uygulamaların insan ve çevre üzerinde pek çok olumsuz etkileri mevcuttur. Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak veya minimum seviyeye indirgeyebilmek için ortaya çıkan bu atıkların geri kazanımının sağlanması gerekmektedir (Bilgili, 2023). Bu nedenle de her gün büyük miktarlarda farklı türeden katı atıklar üretilmekte ve bu atıkların bertarafı endişe verici bir sorun oluşturmaktadır. Artık sadece bertaraf etmeye odaklanmak yetersiz kalmaktadır. Aynı zamanda katı atık üretiminin de azaltılması, atıkların etkin bir şekilde toplanması ve katı atıkların değerlendirilmesi gerektiği kabul edilmektedir (Nag & Vizayakumar, 2005).

Türkiye'deki atık verileri incelendiğinde 2022 yılında toplanan belediye atık miktarı 30.283.757 (Ton/yıl) olarak belirlenmiştir. Kişi başına ortalama belediye atık miktarı ise 1.03 (kg/kişi-gün) olarak belirlenmiş olup, bu rakamın dünya ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. Özellikle Türkiye'de son zamanlarda kentlerde nüfusun hızla artması belediye atık miktarlarının artmasına neden olmuştur. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de atıkların nasıl değerlendirileceği önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Türkiye'de katı atıkların toplanmasında, depolanmasında, geri dönüşümünün sağlanmasında ve bertarafında genel olarak belediyeler sorumludur. Belediyelerin yeterli teknik ve finansal altyapıya sahip olmamalarından dolayı atık yönetimi doğru bir şekilde yönetilememektedir. Dolayısıyla belediyelerin dönemsel olarak atık performanslarını ölçmeleri büyük önem arz etmektedir. Demirarslan ve Başak (2018) çalışmalarında Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan iller içerisinde kişi başına atık miktarının en fazla olduğu ilin Giresun olduğunu ifade etmişlerdir. Giresun orta büyüklükte bir şehir olmasına rağmen kişi başına atık miktarının Ordu ya da Trabzon'a göre fazla olması dikkat çekici bir durumdur. Şekil 1'de Türkiye haritası üzerinde Giresun ilinin konumu gösterilmiştir.



Şekil 1: Türkiye haritasında Giresun ilinin konumu

Giresun'da Görele ilçesi Çavuşlu Mevkiinde yaklaşık 9.11 hektar alana sahip katı atık düzenli depolama alanı ve 3 adet aktarma istasyonu mevcuttur. Ancak mevcut atık tesisleri ortaya çıkan atıkların bertarafı için yetersiz kalmaktadır. Giresun'da bütün yerleşim birimlerinde katı atık konusunda ciddi sıkıntılar yer almaktadır.

Bu çalışmada da, Giresun ilinin 2018-2023 yılı içerisindeki katı atık performansının ölçülmesi amaçlanmıştır. Dönemin 2018 yılı ile sınırlandırılmasındaki neden ise analiz kapsamında kullanılan bazı kriterlere ilişkin verilere ulaşılamamış olmasındandır. Katı atık yönetimine ilişkin yapılan literatür araştırması sonucunda performans ölçümünde 14 kriter kullanılmıştır. Giresun ilinin katı atık performansının değerlendirilmesi için literatürde diğer Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerine göre daha yeni ağırlıklandırma yöntemi olan LOPCOW ve sıralama yöntemi olan MARCOS kullanılmıştır. Kriterlerin sıfırdan büyük ya da küçük olmasından etkilenmemesi, veri boyutundan kaynaklanan boşluğu kapatması, daha rasyonel ağırlıklar oluşturmayı sağlaması LOPCOW yönteminin en önemli özelliğidir. Bunların yanı sıra logaritmik dönüşümlerle oluşabilecek küçük değişiklikleri belirleyebilmesinden dolayı kriter ağırlıklandırılmasında LOPCOW yöntemi tercih edilmiştir (Guo vd., 2024). MARCOS, esnek bir yöntem olmakla birlikte çok fazla kriterin/alternatifin bir arada kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda kriter/alternatif sayısı artarken içerisinde bulundurduğu basit algoritmanın karmaşık bir algoritmaya dönüşmesini önlemektedir. Karmaşık olmayan bir matematiksel hesaplama sahiptir. MARCOS yöntemi, TOPSIS, VIKOR ve COPRAS gibi yöntemlerde olduğu gibi hem fayda hem de maliyet kriterlerinin kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Diğer yöntemlerden farklı olarak fayda ve maliyet kriter ayrımının net bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Yöntem ideal ve anti ideal çözümleri dikkate almaktadır. TOPSIS yöntemi de benzer şekilde işlemektedir ancak TOPSIS yönteminde sıralama yapılırken ideal çözüme uzaklık baz alınmaktadır. MARCOS yönteminde ise ideal ve anti ideal çözüme göre fayda katsayısı hesaplanmaktadır. MARCOS yönteminde alternatiflerin fayda derecelerinin ve fayda fonksiyonlarının değerlendirilmesinden dolayı diğer ÇKKV yöntemlerine göre daha kapsamlı bir analiz yapmaktadır. Diğer yandan MARCOS yöntemi kriter ağırlıklarına karşı oldukça duyarlıdır. Yöntemde belirlenen ideal ve anti ideal değerler tahmini olarak belirlendiği için bazı durumlarda gerçekleri yansıtmayabilmektedir (Ecer, 2020; Stevic vd., 2020a).

Günümüzde tüm dünyada atıkların ciddi bir sorun olarak görülmesine bağlı olarak katı atık yönetimine yönelik çalışmalara olan ilgiyi arttırmıştır. Hem ulusal hem uluslararası literatürde katı atık yönetimine ilişkin birçok çalışma yer almaktadır. ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı katı atık yönetimi çalışmalarından bazılarını aşağıda yer verilmiştir.

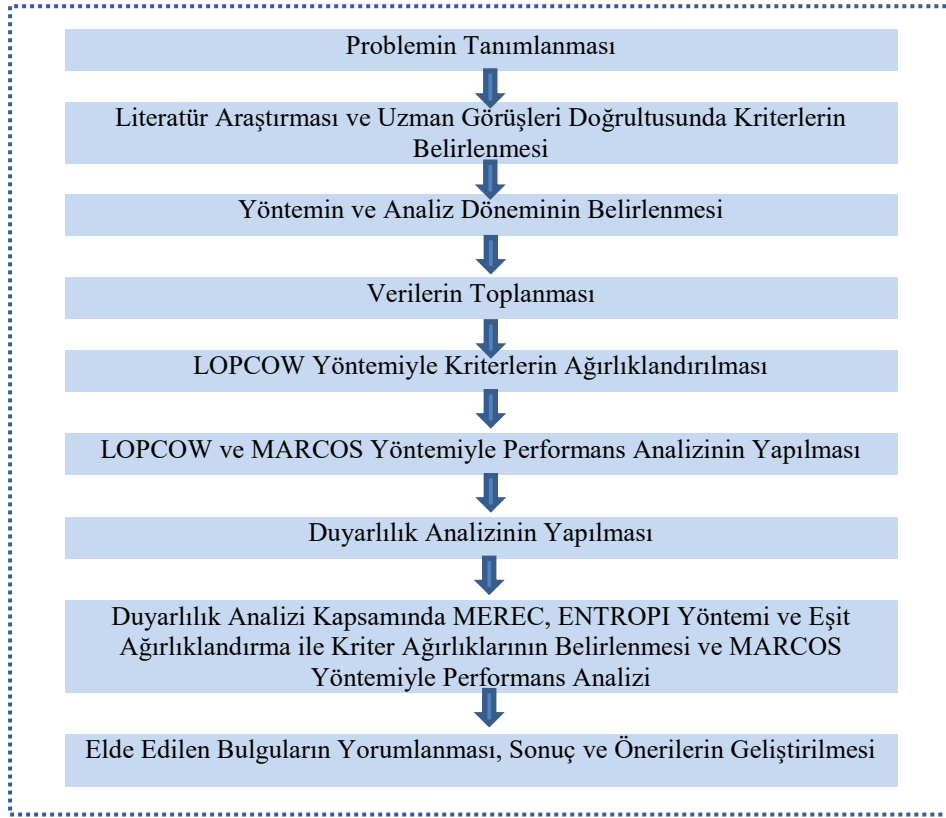
Tseng (2008) çalışmasında Analitik Ağ Süreci (AAS) ve DEMATEL yöntemlerini kullanarak katı atık yönetimindeki sorunlara çözüm önerilerinde bulunmuştur. Vego vd. (2008) çalışmalarında PROMETHEE ve GAIA yöntemlerinden yararlanarak belediyelerin katı atık yönetimini değerlendirmişlerdir. Balaban ve Baki (2010) Trabzon ilinin katı atık sorunlarının değerlendirilmesi için AAS yöntemini kullanarak uzman görüşleri alınarak en uygun bertaraf etme yöntemini belirlemeye çalışmışlardır. Guerrero vd. (2013) çalışmalarında faktör analizi kullanarak 4 kıtadan 22 ülke üzerinde atık yönetim performansını etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmışlardır. Zaman (2014) Avustralya'daki Adelaide eyaletinin 2003-2010 yılları arasındaki atık yönetim performansını sıfır atık endeksini kullanarak ölçmüştür.

Parekh vd. (2015), belediyelerin katı atık yönetim sistemlerinin performanslarını Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle belirlemeyi amaçlamışlardır. Demirarslan ve Başak (2018) yaptıkları çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan illerin katı atık miktarları ve yöntemlerini incelemişlerdir. Toplanan katı atık miktarının en fazla Ordu, kişi başına atık miktarının en fazla Giresun ve tıbbi atığın ise en fazla Trabzon ilinde olduğu tespit edilmiştir. Tüzüner ve Alp (2018) çalışmalarında 2006-2012 yılları içerisinde Türkiye ve AB ülkelerinin katı atık yönetim performanslarını iki farklı model kurarak Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Endeksi ile ölçmüşlerdir. Yang vd. (2018) çalışmalarında Çin'de belediye katı atıkları yönetiminde verimliliği üç aşamalı VZA yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Özkan (2018) çalışmasında, baskılı devre kartları içerisinde yer alan değerli metallerin geri kazanımın nasıl sağlanabileceğini AAS ve PROMETHEE yöntemleriyle değerlendirmiştir. Fores vd. (2019), çalışmalarında gelişmekte olan ülkelerde belediye katı atık yönetim sistemlerinin sosyal performanslarını değerlendirmişler ve çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Bahçelioğlu vd. (2020), Orta Doğu Teknik Üniversitesi kampüsü için entegre katı atık yönetimini destekleyecek sürdürülebilir stratejiler geliştirmeyi amaçlamışlardır. Şaşmaz vd. (2020) çalışmalarında Türkiye'deki Düzey 1 bölgelerine ait belediyelerin katı atık yönetimindeki etkinliklerini üç farklı VZA yöntemiyle (Girdi yönelimli, Çıktı yönelimli ve Süper Etkinlik) incelemişler, ardından elde ettikleri sonuçları TOPSIS yöntemiyle karşılaştırmışlardır. Venkiteela (2020), çalışmasında Tirupati şehrinin katı atık gelişimini incelemiş, katı atık yöntemlerinin seçimini ve bu atıkların arıtılması için farklı seçenekleri araştırmıştır. Alshehrei ve Ameen (2021) çalışmalarında katı organik atıkların azaltılmasında solucan gübrelemesinin bir yöntem aracı olarak kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Aydın Temel ve Turan (2022) çalışmalarında, TÜİK verilerinde yola çıkarak Giresun merkez ilçede kentsel katı atıkların kompozisyonunu "İşlem Görmemiş Kentsel Katı Atıkların Kompozisyonunun Belirlenmesinde Kullanılan Standart Test" yöntemiyle incelemişlerdir. Yapılan araştırma sonucunda, katı atık geri dönüşümün, potansiyelinin çok altında bir geri dönüşüm sağlandığı ifade edilmiştir. Evin ve Özdemir (2022), çalışmalarında 30 büyükşehir katı atık yönetiminin etkinliğini iki girdi ve iki çıktı değişkeni kullanarak VZA ile değerlendirmişlerdir. Saraç vd. (2023), Türkiye'deki 30 büyükşehirin sıfır atık yönetim etkinliğini 3 girdi ve 2 çıktı kullanarak VZA ile incelemişlerdir. Seyhan (2023), çalışmasında 2017-2019 yılları içerisinde AB üyesi ülkelerin atık yönetim performanslarını VZA ve Yapay Sinir Ağları yöntemleriyle incelemiştir. Doğdu Yüce Türk ve Alkan (2024), Türkiye'nin 7 bölgesinde en kalabalık olan yedi il için kötümser ve iyimser iki senaryoya göre 2035 yılı için sıfır atık indeksi değerlerini hesaplamışlardır. Derse ve Göçmen Polat (2025), Tunceli'nin 8 ilçesini dikkate alarak Bulanık AHS ve TOPSIS yöntemleriyle en uygun belediye katı atık depo yer seçimi yapmışlar ve Tunceli il merkezini en uygun düzenli katı atık tesis yeri olarak belirlemişlerdir. Iqbal vd. (2025) çalışmalarında atık sektöründe kamu harcamalarını azaltmak ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla bir atık yönetim modeli önerisinde bulunmuşlardır. Susanti vd. (2025), Pangkalpinang şehrinde sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesini desteklemek için döngüsel ekonomiye dayalı bir atık yönetim stratejisini AHS yöntemiyle incelemişlerdir. Yazdani vd. (2025) çalışmalarında atık bertaraf tesisleri için en uygun yer seçimini belirlemek için AHS ve CoCoSo yöntemini kullanarak öneride bulunmuşlardır. Anwar vd. (2025), Endonezya'daki çok katmanlı plastik atık yönetiminin sürdürülebilirliğini araştırmak amacıyla Çok Yönlü Sürdürülebilirlik Analizi yöntemini kullanmışlardır.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, analizde kullanılan ÇKKV yöntemlerine ilişkin uygulama adımlarına, çalışmada kullanılan verilere ilişkin bilgilere, performans analizine, elde edilen sonuçlara, duyarlılık analizine ve son olarak sonuç ve öneriler kısmına yer verilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmanın bu kısmında Giresun ilinin 2018-2023 yılları içerisindeki katı atık performansını değerlendirmek için LOPCOW, MARCOS ve duyarlılık analizi kapsamında kullanılan MEREK ve ENTROPI yöntemine ilişkin teorik açıklamalara yer verilmiştir. Analizde yapılan literatür araştırması ve Giresun Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü'nde yetkili kişilerle yapılan görüşmeler sonucunda 14 kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin ağırlıklarını belirlemek amacıyla literatürde diğer objektif ağırlıklandırma yöntemlerine göre oldukça yeni olan LOPCOW yöntemi kullanılmıştır. Hesaplanan bu kriter ağırlıkları diğer ÇKKV yöntemlerine göre oldukça yeni olan ve literatürde diğer yöntemlere göre kullanılma sıklığının az olduğu MARCOS yöntemine entegre edilerek belirlenen dönemler içerisinde Giresun ilinin atık performansı ölçülmüştür. Diğer yandan LOPCOW ve MARCOS yöntemleriyle elde edilen sonuçları değerlendirmek amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda sıralama yönteminin etkisini ölçmek amacıyla MEREK, ENTROPI yöntemi ve Eşit Ağırlıklandırma MARCOS yöntemine entegre edilerek analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada izlenen yol Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Çalışmada izlenen yöntemin iş akışı

## 2.1. LOPCOW Yöntemi

Yüzde Değişimine Dayalı Objektif Ağırlıklandırma (Logarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting – LOPCOW) yöntemi 2022 yılında Ecer ve Pamucar (2022) tarafından literatüre kazandırılmıştır. LOPCOW yönteminin kendine özgü algoritması sayesinde, diğer objektif ağırlıklandırma yöntemlerine göre kriter ağırlıkları arasında büyük farklılıklar oluşmasını önlemektedir. Diğer bir ifadeyle kriterler ağırlıkları nispeten eşit dağılım göstermektedir. Bazı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri yalnızca pozitif kriter değerlerinin çözümüne imkân vermektedir. Ancak LOPCOW yönteminde kriterler pozitif veya negatif değerler alabilmektedir. Aynı zamanda LOPCOW yönteminde kriter sınırlaması yoktur. Hem fayda hem de maliyet kriterleri için uygun çözümler sunmaktadır. Çok sayıda kriter ve alternatifle verimli bir şekilde çalışabilmektedir. LOPCOW yönteminin aşamaları aşağıda adım adım gösterilmiştir (Ecer & Pamucar, 2022; Biswas vd., 2022):

1. Adım:  $m$  alternatif ve  $n$  kriterden oluşan başlangıç karar matrisi Eşitlik (1)'deki gibi oluşturulur.

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} \quad (1)$$

2. Adım: Doğrusal max-min tipi normalizasyon tekniği kullanılarak karar matrisinde yer alan maliyet ( $M$ ) yönlü kriterler diğer bir ifadeyle minimum yönlü kriterler Eşitlik (2), Fayda ( $F$ ) yönlü diğer bir ifadeyle maksimum yönlü kriterleri Eşitlik (3) yardımıyla hesaplanarak normalize karar matrisi oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{x_{max} - x_{ij}}{x_{max} - x_{min}} \quad , \quad j \in M \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad , \quad j \in F \quad (3)$$

3. Adım: Her bir kriter için yüzde değerleri olan  $PV_{ij}$  Eşitlik (4) yardımıyla hesaplanır. Bu adımda, her bir kriterin standart sapmalarının yüzdesi olarak ortalama kare değeri, verilerin büyüklüğünden kaynaklanan farkı (boşluğu) ortadan kaldıracak ölçüde hesaplanır.

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

Burada  $\sigma$ , standart sapmayı ve  $m$  ise alternatif sayısını göstermektedir.

4. Adım: Son olarak her bir kriter için ağırlık değerleri ( $w_j$ ) Eşitlik (5)'teki gibi hesaplanır.

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

Burada kriter ağırlıkları toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir.

## 2.2. MEREC Yöntemi

MEREC yöntemi (Method based on the Removal Effects of Criteria – Kriterlerin Çıkarılma Etkilerine Dayalı), 2021 yılında [Keshavarz-Ghorabae vd. \(2021\)](#) tarafından geliştirilmiştir. MEREC yönteminde kullanılan kriterlerden biri çıkarıldığında, geriye kalan kriterlerin alternatiflerin performansına etkisi dikkate alınmaktadır. Burada amaç, alternatiflerin genel performansı üzerinde en fazla etkiye sahip olan kriteri tespit etmek ve bu kritere en büyük ağırlığı atamaktır. MEREC yönteminde alternatiflerin performansını ölçmek için bir logaritmik fonksiyon kullanılmaktadır. MEREC yönteminin uygulama aşamaları aşağıda adım adım gösterilmiştir ([Keshavarz-Ghorabae vd., 2021](#); [Aytekin, 2022](#)).

1. Adım: İlk olarak Eşitlik (6)'daki gibi başlangıç karar matrisi oluşturulur.  $i = 1, 2, \dots, n$  alternatifleri,  $j = 1, 2, \dots, m$  kriterleri ve  $x_{ij}$  kara matrisinin elemanlarını göstermektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Burada her bir  $x_{ij}$  elemanlarının sıfırdan büyük yani pozitif olması gerekmektedir. Eğer  $x_{ij}$  negatif değer almış ise gerekli dönüşümler yapılarak pozitif hale getirilir.

2. Adım: Bu adımda başlangıç karar matrisindeki elemanlar kullanılarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Fayda kriterleri ( $F$ ) için Eşitlik (7), maliyet kriterleri ( $M$ ) için Eşitlik (8) kullanılarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilir.

$$n_{ij}^x = \begin{cases} \frac{\min_k x_{kj}}{x_{ij}}, & j \in F \end{cases} \quad (7)$$

$$n_{ij}^x = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_k x_{kj}}, & j \in M \end{cases} \quad (8)$$

3. Adım: Burada logaritmik bir fonksiyon kullanılarak alternatiflerin genel performans değerleri Eşitlik (9)'daki gibi hesaplanır.

$$S_i = \ln \left( 1 + \left( \frac{1}{m} \sum_j |\ln(n_{ij}^x)| \right) \right) \quad (9)$$

4. Adım: Burada her bir adımda bir kriteri problemden çıkarılarak alternatiflerin genel performans değerleri Eşitlik (10) kullanılarak hesaplanır.

$$S'_{ij} = \ln \left( 1 + \left( \frac{1}{m} \sum_{k, k \neq j} |\ln(n_{ik}^x)| \right) \right) \quad (10)$$

5. Adım: Kriterlerin problemden çıkarılma etkisini gösteren  $E_j$  değerleri Eşitlik (11)'deki gibi hesaplanır.

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i| \quad (11)$$

6. Adım: Son adımda kriter ağırlıklarını gösteren  $w_j$  değerleri Eşitlik (12)'deki gibi hesaplanır.

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_k E_k} \quad (12)$$

### 2.3. ENTROPI Yöntemi

Entropi, termodinamiğin temel kavramları içinde yer alan kavramlardan biridir. Bu kavramı 1948 yılında Shannon tarafından Matematiğin İletişim Kuramı içerisinde ifade edilmiş ve bu kuramda entropi kavramı belirsizliğin bir ölçüsü olarak kullanılmıştır (Wang & Zhan, 2012; Wang & Lee, 2009). Shannon'un belirttiği entropi kavramını dikkate alarak Wang ve Lee 2009 yılında Entropi ağırlıklandırma yöntemini geliştirmişlerdir. Entropi yönteminde, kriterler içerisindeki düzensizlikler göz önünde bulundurularak ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Entropi yöntemine ilişkin uygulama aşamaları aşağıda adım adım gösterilmiştir (Wang & Lee, 2009; AYTEKİN, 2022).

1. Adım: İlk olarak Eşitlik (13)'teki gibi  $m \times n$  boyutunda  $X$  karar matrisi oluşturulur. Burada  $x_{ij}$ ,  $i$ 'nci alternatifin  $j$ 'inci kriterine göre değerini göstermektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

2. Adım: Eşitlik (13)'deki karar matrisi kullanılarak Eşitlik (14) yardımıyla normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (14)$$

3. Adım:  $E_j$  ile gösterilen Entropi değerleri Eşitlik (15) kullanılarak hesaplanır.

$$E_j = \frac{-(\sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij})}{\ln(m)} \quad (15)$$

Burada  $E_j$  değerinin 0-1 arasında bir değer alması gerekmektedir.

4. Adım: Bu adımda kriter ağırlıklarını gösteren  $w_j$  değerleri Eşitlik (16) kullanılarak hesaplanır.

$$w_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} \quad (16)$$

### 2.4. MARCOS Yöntemi

İngilizce Measurement of Alternatives and Ranking According to COMpromise Solution olan, Türkçeye Uzlaşık Çözümüne Göre Alternatifleri Değerlendirme ve Sıralama olarak çevrilen ve MARCOS olarak adlandırılan bu yöntem Stevic vd. tarafından 2020 yılında ÇKKV literatürüne kazandırılmıştır. MARCOS yönteminin temelini, alternatifler ve referans değerler (ideal ve anti - ideal alternatifler) arasındaki ilişkinin tanımlanması oluşturmaktadır. Tanımlanan ilişkilerde, alternatiflerin fayda fonksiyonları belirlenir, ideal ve anti-ideal çözümlere göre uzlaşma sıralaması yapılır. Karar tercihleri fayda fonksiyonları temelinde tanımlanmaktadır. Fayda fonksiyonları, bir alternatifin ideal ve anti- ideal bir çözüme göre konumunu temsil etmektedir. En iyi alternatif, ideal çözüm noktasına en yakın ve bununla birlikte anti- ideal çözüm noktasına en uzak olan alternatiftir. MARCOS yönteminde kriterlerin ağırlıkları performansın belirlenmesinde oldukça önemlidir çünkü performans sıralamasında hatalı sonuçlar elde edilebilir. Diğer yandan genişletilmiş karar matrisi oluşturulurken ideal ve anti ideal olmak üzere iki yapay alternatif vektörü eklenmektedir.

Dolayısıyla bu durum gerçeği yansıtmayabilmektedir. Kriterin maliyet mi yoksa fayda kriteri mi olduğunun doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. MARCOS yönteminin aşamaları aşağıda adım adım gösterilmiştir (Stevic vd., 2020b):

1. Adım: İlk olarak  $m$  alternatif ve  $n$  kriterden oluşan başlangıç karar matrisi Eşitlik (17)'deki gibi oluşturulur.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (17)$$

2. Adım: Karar matrisine ideal ( $AI$ ) ve anti-ideal ( $AAI$ ) çözümler tanımlanarak Eşitlik (18) yardımıyla genişletilmiş karar matrisi oluşturulur.

$$X = \begin{matrix} & AAI & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \\ AI \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{aa1} & x_{aa2} & \dots & x_{aan} \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \\ x_{ai1} & x_{ai2} & \dots & x_{ain} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (18)$$

Anti-ideal çözüm ( $AAI$ ) en kötü alternatif iken ideal çözüm ( $AI$ ) en iyi özelliğe sahip alternatif iken ideal çözüm ( $AI$ ) en iyi özelliğe sahip alternatiftir. Kriterlerin niteliğine bağlı olarak  $AAI$  Eşitlik (19),  $AI$  Eşitlik (20)'deki gibi belirlenir.

$$AAI = \min_i x_{ij} \quad \text{eğer } j \in F \text{ ve } \max_i x_{ij} \quad j \in M \quad (19)$$

$$AI = \max_i x_{ij} \quad \text{eğer } j \in F \text{ ve } \min_i x_{ij} \quad j \in M \quad (20)$$

Burada  $F$  fayda kriterlerini,  $M$  maliyet kriterlerini temsil etmektedir.

3. Adım: Genişletilmiş karar matrisi ( $X$ ) normalize edilir. Normalize işleminin yapıldığı  $N = [n_{ij}]_{m \times n}$  matrisinin elemanları Eşitlik (21) ve Eşitlik (22) kullanılarak elde edilir.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ai}} \quad \text{eğer } j \in F \quad (21)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ai}}{x_{ij}} \quad \text{eğer } j \in M \quad (22)$$

4. Adım: Bu adımda genişletilmiş normalize edilmiş karar matrisi  $N$ 'nin elemanları ile kriterlerin önem ağırlıklarının yer aldığı ağırlık matrisi  $V = [v_{ij}]_{m \times n}$  Eşitlik (23)'teki gibi çarpılarak genişletilmiş karar matrisi ağırlıklandırılır.

$$v_{ij} = n_{ij} \times w_j \quad (23)$$

5. Adım: Alternatiflerin fayda değerini gösteren  $K_i$  değerleri hesaplanır. Alternatiflerin ideal çözüme göre fayda dereceleri  $K_i^+$ , Eşitlik (24), anti-ideal çözüme göre fayda dereceleri  $K_i^-$ , Eşitlik (25) yardımıyla hesaplanır.

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}} \quad (24)$$

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{aai}} \quad (25)$$

Burada  $S_i$  değerleri, Eşitlik (26)'da gösterilen ağırlıklandırılmış karar matrisinin elemanlarının toplamından oluşmaktadır.

$$S_i = \sum_{i=1}^n v_{ij} \quad (26)$$

6. Adım: Bu adımda alternatiflerin fayda fonksiyonları  $f(K_i)$ 'ler belirlenir. İdeal ve anti-ideal çözüm değerleri kullanılarak Eşitlik (27)'deki gibi fayda fonksiyonları hesaplanır.

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1 - f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1 - f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (27)$$

Burada  $f(K_i^+)$ , ideal çözüme göre fayda fonksiyonunu göstermekte olup Eşitlik (28) yardımıyla,  $f(K_i^-)$  ise anti-ideal çözüme göre fayda fonksiyonunu göstermekte olup Eşitlik (29) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (28)$$

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (29)$$

7. Adım: Son aşamada ise fayda fonksiyon değeri  $f(K_i)$ 'lere göre alternatifleri sıralanır. En yüksek  $f(K_i)$  değerine sahip alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

## 2.5. Kullanılan Veriler

Bu çalışmada Giresun ilinin 2018-2023 yılları içerisindeki katı atık kapsamında performansını ölçmek amacıyla 14 kriter kullanılmıştır. Söz konusu bu kriterler Giresun Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü'nde atık birinde çalışan yetkili kişilerle yapılan görüşmeler ve literatür araştırmasından yola çıkılarak belirlenmiştir. Yetkilerle yapılan görüşmelerde ikincil veri olarak sistemde hangi verilerin olduğu ve hangi verilere ulaşılabileceği sorulmuş olup, herhangi bir sübjektif değerlendirme yapılmamıştır. Kullanılan kriterler; “K<sub>1</sub>: İl Nüfusu (Kişi)”; “K<sub>2</sub>: Toplam Katı Atık Geri Kazanım ve Bertaraf Miktarı (Kg)”; K<sub>3</sub>: Toplam Atık İşletme Tesisi Sayısı (Adet)”; “K<sub>4</sub>: Sıfır Atık Kapsamında İl Genelinde Eğitim Alan Kişi Sayısı (Kişi)”; “K<sub>5</sub>: Sıfır Atık Yönetimi Kapsamında Geri Dönüşüm Miktarı (Kg)”; “K<sub>6</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yerleştirilen Kumbara Sayısı (Adet)”; “K<sub>7</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yerleştirilen Konteyner Sayısı (Adet)”; “K<sub>8</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Elde Edilen Kompost Miktarı (Kg)”; “K<sub>9</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yapılan Enerji Tasarufu (Kwh)”; “K<sub>10</sub>:Sıfır Atık Yönetimi Kapsamında Atık Depolama Alanı Tasarrufu (m3)”; “K<sub>11</sub>: Toplam Katı Atık Miktarı (Ton/gün)”; “K<sub>12</sub>: Kişi Başı Ortalama Belediye Katı Atık Miktarı (Kg/kişi-gün)”; “K<sub>13</sub>: Tıbbi Atık Miktarı (Ton)”; “K<sub>14</sub>: Atık Pil ve Akü Miktarı (Kg)” şeklinde sıralanmaktadır. Çalışmada bu kriterler kullanılarak Giresun ilinin 2018-2023 yılları içerisindeki katı atık performansı ölçülmüştür. Belirlenmiş olan kriterlerden K<sub>1</sub> kriterine ilişkin veri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veri tabanından elde edilmiş, diğer bütün kriterlere ilişkin verileri ise Giresun Çevre Şehircilik ve İklim değişikliği İl Müdürlüğü'nden ulaşılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan bütün veriler ikincil veri olmasından dolayı herhangi bir etik kurul kararına ihtiyaç duyulmamıştır. Analizlerde kullanılacak olan verilere ilişkin başlangıç karar matrisi Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Başlangıç karar matrisi

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>
2018	453912	1740511	3	776	198037	513	5	11	836198	496	637,79	1,17	483	8978
2019	448400	3085199	3	17376	878299	2878	138	3	3729026	2176	630,04	1,13	502	40533
2020	448721	1609631	4	14463	599167	1186	287	578	2513149	1440	630,49	1,02	668	24457
2021	450154	5471689	9	25775	2986909	1848	545	916	12823185	7366	632,51	0,80	758	5279
2022	450862	4886151	9	4769	1733770	418	1651	11	6784826	4244	670,1	0,96	686	14298
2023	461712	6411319	14	1847	1628451	268	64	30	6769638	3943	833,26	1,18	554	29929

Tablo 1'de gösterilen başlangıç karar matrisindeki 14 kritere ilişkin değerler incelendiğinde yıllar içerisinde bazı kriterlerde ciddi farklılıkların oluştuğu görülmektedir. 2018 yılında uygulamaya konulmuş olan Sıfır Atık Yönetmeliği kapsamı çerçevesinde sonraki yıllarda ciddi artışları beraberinde getirmiştir. Alınan politik kararlar özellikle 2021 yılı ve sonrasında kriterlerin artış göstermesinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle “K<sub>4</sub>: Sıfır Atık Kapsamında İl Genelinde Eğitim Alan Kişi Sayısı (Kişi)”; “K<sub>6</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yerleştirilen Kumbara Sayısı (Adet)” ve “K<sub>7</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yerleştirilen Konteyner Sayısı (Adet)” kriterlerinde 2021 yılında ciddi artışlar yaşanmıştır. Bu artışların yerel yönetimin başarısında ziyade alınan politik kararlardan kaynaklandığı söylenebilir. Ancak 2021 yılındaki bu artış 2022 ve 2023 yılında sürdürülememiştir. Artışlarda sürekliliğin sağlanamaması alınan yasal ve politik kararların yeteri kadar uygulanmadığını göstermektedir.

Bu çalışmada yasal ve politik kararlar birer dışsal faktör olarak değerlendirilmiş ancak analizde kullanılmamıştır. Kullanılan kriterlere ilişkin yıllar içerisindeki ciddi farkların olması nedeniyle aykırı değerlerin olup olmadığını tespit etmek amacıyla z-skor normalizasyonu kullanılmıştır. Kriterlere ilişkin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma, değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Kriterlerin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma, değerleri

	Min	Max	Ortalama	Standart Sapma
<b>K<sub>1</sub></b>	448400	461712	452293,50	5017,50
<b>K<sub>2</sub></b>	1609631	6411319	3867416,67	2015744,86
<b>K<sub>3</sub></b>	3	14	7	4,43
<b>K<sub>4</sub></b>	776	25775	10834,33	9979,12
<b>K<sub>5</sub></b>	198037	2986909	1337438,83	1001659,58
<b>K<sub>6</sub></b>	268	2878	1185,17	1018,49
<b>K<sub>7</sub></b>	5	1651	448,33	620,06
<b>K<sub>8</sub></b>	3	916	258,17	393,55
<b>K<sub>9</sub></b>	836198	12823185	5576003,67	4258305,17
<b>K<sub>10</sub></b>	496	7366	3277,50	2466,55
<b>K<sub>11</sub></b>	630,04	833,26	672,37	80,28
<b>K<sub>12</sub></b>	0,8	1,18	1,04	0,15
<b>K<sub>13</sub></b>	483	758	608,50	111,32
<b>K<sub>14</sub></b>	5279	40533	20579	13481,45

Z-skor normalizasyonu Eşitlik (30) yardımıyla hesaplanmaktadır. Skor aralığı  $\pm 2$  aralığındaki değerler genelde normal olarak ifade edilmekte olup, %97,7’lik yüzdelerlik dilime karşılık gelmektedir (Curtis vd., 2016; Chubb & Simpson, 2012).

$$Z = \frac{(x - \mu)}{\sigma} \quad (30)$$

Burada  $x$  = gözlemlenen gerçek değeri,  $\mu$  = ortalama değeri ve  $\sigma$  = standart sapmayı göstermektedir. Eşitlik (30) kullanılarak z-skor değerleri hesaplanmış ve Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3: Kriterlerin z-skor değerleri

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>
<b>2018</b>	0,32	-1,06	-0,99	-1,01	-1,14	-0,66	-0,71	-0,63	-1,11	-1,13	-0,43	0,87	-1,13	-0,86
<b>2019</b>	-0,78	-0,39	-0,99	0,66	-0,46	1,66	-0,50	-0,65	-0,43	-0,45	-0,53	0,60	-0,96	1,48
<b>2020</b>	-0,71	-1,12	-0,74	0,36	-0,74	0,00	-0,26	0,81	-0,72	-0,74	-0,52	-0,13	0,53	0,29
<b>2021</b>	-0,43	0,80	0,49	1,50	1,65	0,65	0,16	1,67	1,70	1,66	-0,50	-1,60	1,34	-1,13
<b>2022</b>	-0,29	0,51	0,49	-0,61	0,40	-0,75	1,94	-0,63	0,28	0,39	-0,03	-0,53	0,70	-0,47
<b>2023</b>	1,88	1,26	1,73	-0,90	0,29	-0,90	-0,62	-0,58	0,28	0,27	<b>2,00</b>	0,93	-0,49	0,69

Tablo 3’te kriterlerin z-skor değerleri incelendiğinde bütün kriterlerin  $\pm 2$  aralığında olduğu, K<sub>11</sub> kriterinin 2023 yılında tam sınırdaki kaldığı görülmektedir. Kriterlerin gerçek değerleri arasında yıllar içerisinde ciddi farklılıklar görülmesine rağmen aykırı değer aralıkları normal olarak kabul edilmektedir.

Çalışmada kullanılan K<sub>11</sub>, K<sub>12</sub>, K<sub>13</sub> ve K<sub>14</sub> kriterleri maliyet (minimum) yönlü diğer bütün kriterler ise fayda (maksimum) yönlü olarak alınmış ve analizler bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Burada kriterlerin yönü belirlenirken kriterlerin amacına göre değerlendirilmesi gerekmektedir. K<sub>11</sub> (toplam katı atık miktarı) kriteri, sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi, çevre açısından olumsuzlukların giderilebilmesi ve verimlilik için minimum seviyede tutulması gerekmektedir. K<sub>12</sub> (kişi başına ortalama belediye atık miktarı) kriteri, çevresel performans açısından düşük olması istenir. Çünkü bu kriterin düşük olması kaynakların verimli kullanıldığının ve israfın en düşük seviyede olduğunun bir göstergesidir. K<sub>13</sub> (tıbbi atık miktarı) ve K<sub>14</sub> (atık pil ve akü miktarı), insan sağlığı çevresel etkiler bakımında oldukça riskli atıklardır. Dolayısıyla bu atıkların minimum seviyede olması istenen durumdur. Diğer bütün kriterlerin ise atık performansı açısından yüksek olması istendiğinden maksimum olarak alınmıştır.

### 3. Analiz ve Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde söz konusu yöntemler kullanılarak elde edilen analiz bulguları ve bu bulguları gösteren tablolara yer verilmiştir. Çalışmada ilk olarak LOPCOW yöntemi kullanılarak 14 kriterin ağırlıkları belirlenmiştir. Analizin ilk adımında Tablo 1’de verilmiş olan başlangıç karar matrisi Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) kullanılarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen normalize karar matrisi Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4: Normalize edilmiş karar matrisi

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>
2018	0,4141	0,0273	0,0000	0,0000	0,0000	0,0939	0,0000	0,0088	0,0000	0,0000	0,9619	0,0263	1,0000	0,8951
2019	0,0000	0,3073	0,0000	0,6640	0,2439	1,0000	0,0808	0,0000	0,2413	0,2445	1,0000	0,1316	0,9309	0,0000
2020	0,0241	0,0000	0,0909	0,5475	0,1438	0,3517	0,1713	0,6298	0,1399	0,1374	0,9978	0,4211	0,3273	0,4560
2021	0,1318	0,8043	0,5455	1,0000	1,0000	0,6054	0,3281	1,0000	1,0000	1,0000	0,9878	1,0000	0,0000	1,0000
2022	0,1849	0,6824	0,5455	0,1597	0,5507	0,0575	1,0000	0,0088	0,4963	0,5456	0,8029	0,5789	0,2618	0,7442
2023	1,0000	1,0000	1,0000	0,0428	0,5129	0,0000	0,0358	0,0296	0,4950	0,5017	0,0000	0,0000	0,7418	0,3008

Normalize edilmiş karar matrisi dikkate alınarak Eşitlik (4) kullanılarak her bir kriter için yüzde değerlerini gösteren  $PV_{ij}$  değerleri, Eşitlik (5) kullanılarak kriter ağırlıklarını gösteren  $w_j$  değerleri hesaplanmış ve Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5:  $PV_{ij}$  ve  $w_j$  değerleri

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>
$PV_{ij}$	18,075	36,808	25,028	30,740	37,742	24,865	14,803	11,306	36,432	37,216	78,954	26,255	48,481	55,330
$w_j$	0,0375	0,0764	0,0519	0,0638	0,0783	0,0516	0,0307	0,0235	0,0756	0,0772	0,1638	0,0545	0,1006	0,1148
Sıra	12	6	10	8	4	11	13	14	7	5	1	9	3	2

Tablo 5’te de görüldüğü üzere LOPCOW yöntemine göre yapılan analiz sonucunda en önemli kriterin 0,16379 skoru ile “K<sub>11</sub>: Toplam Katı Atık Miktarı (Ton/gün)” kriteri olduğu tespit edilmiştir. Bu kriteri sırasıyla: “K<sub>14</sub>: Atık Pil ve Akü Miktarı (Kg)”; “K<sub>13</sub>: Tıbbi Atık Miktarı (Ton)”; “K<sub>5</sub>: Sıfır Atık Yönetimi Kapsamında Geri Dönüşüm Miktarı (Kg)”; “K<sub>10</sub>: Sıfır Atık Yönetimi Kapsamında Atık Depolama Alanı Tasarrufu (m<sup>3</sup>)”; “K<sub>2</sub>: Toplam Katı Atık Geri Kazanım ve Bertaraf Miktarı (Kg)”; “K<sub>9</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yapılan Enerji Tasarrufu (Khw)”; “K<sub>4</sub>: Sıfır Atık Kapsamında İl Genelinde Eğitim Alan Kişi Sayısı (Kişi)”; “K<sub>12</sub>: Kişi Başı Ortalama Belediye Katı Atık Miktarı (Kg/kişi-gün)”; “K<sub>3</sub>: Toplam Atık İşletme Tesisi Sayısı (Adet)”; “K<sub>6</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yerleştirilen Kumbara Sayısı (Adet)”; “K<sub>1</sub>: İl Nüfusu (Kişi)”; “K<sub>7</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yerleştirilen Konteyner Sayısı (Adet)” ve “K<sub>8</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Elde Edilen Kompost Miktarı (Kg)” kriteri izlemektedir.

Kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra MARCOS yöntemi kullanılarak Giresun ilinin 2018-2023 dönemi için katı atık yöntemine ilişkin performans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Tablo 1’de verilmiş olan başlangıç karar matrisi dikkate alınarak Eşitlik (18), (19) ve (20) kullanılarak genişletilmiş karar matrisi hesaplanmış ve Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6: Genişletilmiş karar matrisi

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>
AAI	448400	1609631	3	776	198037	268	5	3	836198	496	833,26	1,18	758	40533
2018	453912	1740511	3	776	198037	513	5	11	836198	496	637,79	1,17	483	8978
2019	448400	3085199	3	17376	878299	2878	138	3	3729026	2176	630,04	1,13	502	40533
2020	448721	1609631	4	14463	599167	1186	287	578	2513149	1440	630,49	1,02	668	24457
2021	450154	5471689	9	25775	2986909	1848	545	916	12823185	7366	632,51	0,8	758	5279
2022	450862	4886151	9	4769	1733770	418	1651	11	6784826	4244	670,1	0,96	686	14298
2023	461712	6411319	14	1847	1628451	268	64	30	6769638	3943	833,26	1,18	554	29929
AI	461712	6411319	14	25775	2986909	2878	1651	916	12823185	7366	630,04	0,8	483	5279

Genişletilmiş karar matrisi hesaplandıktan sonra Eşitlik (21) ve (22) kullanılarak genişletilmiş normalize karar matrisi hesaplanmış ve Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7: Genişletilmiş normalize karar matrisi

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>
AAI	0,9712	0,2511	0,2143	0,0301	0,0663	0,0931	0,0030	0,0033	0,0652	0,0673	0,7561	0,6780	0,6372	0,1302
2018	0,9831	0,2715	0,2143	0,0301	0,0663	0,1782	0,0030	0,0120	0,0652	0,0673	0,9878	0,6838	1,0000	0,5880
2019	0,9712	0,4812	0,2143	0,6741	0,2940	1,0000	0,0836	0,0033	0,2908	0,2954	1,0000	0,7080	0,9622	0,1302
2020	0,9719	0,2511	0,2857	0,5611	0,2006	0,4121	0,1738	0,6310	0,1960	0,1955	0,9993	0,7843	0,7231	0,2158
2021	0,9750	0,8534	0,6429	1,0000	1,0000	0,6421	0,3301	1,0000	1,0000	1,0000	0,9961	1,0000	0,6372	1,0000
2022	0,9765	0,7621	0,6429	0,1850	0,5805	0,1452	1,0000	0,0120	0,5291	0,5762	0,9402	0,8333	0,7041	0,3692
2023	1,0000	1,0000	1,0000	0,0717	0,5452	0,0931	0,0388	0,0328	0,5279	0,5353	0,7561	0,6780	0,8718	0,1764
AI	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

LOPCOW yöntemiyle hesaplanmış olan kriter ağırlıkları Eşitlik (23) kullanılarak genişletilmiş normalize karar matrisi ağırlıklandırılmış ve elde edilen veriler Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8: Genişletilmiş normalize karar matrisinin ağırlıklandırılması

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>
AAI	0,0364	0,0192	0,0111	0,0019	0,0052	0,0048	0,0001	0,0001	0,0049	0,0052	0,1238	0,0369	0,0641	0,0149
2018	0,0369	0,0207	0,0111	0,0019	0,0052	0,0092	0,0001	0,0003	0,0049	0,0052	0,1618	0,0372	0,1006	0,0675
2019	0,0364	0,0367	0,0111	0,0430	0,0230	0,0516	0,0026	0,0001	0,0220	0,0228	0,1638	0,0386	0,0968	0,0149
2020	0,0364	0,0192	0,0148	0,0358	0,0157	0,0213	0,0053	0,0148	0,0148	0,0151	0,1637	0,0427	0,0727	0,0248
2021	0,0366	0,0652	0,0334	0,0638	0,0783	0,0331	0,0101	0,0235	0,0756	0,0772	0,1632	0,0545	0,0641	0,1148
2022	0,0366	0,0582	0,0334	0,0118	0,0454	0,0075	0,0307	0,0003	0,0400	0,0445	0,1540	0,0454	0,0708	0,0424
2023	0,0375	0,0764	0,0519	0,0046	0,0427	0,0048	0,0012	0,0008	0,0399	0,0413	0,1238	0,0369	0,0877	0,0202
AI	0,0375	0,0764	0,0519	0,0638	0,0783	0,0516	0,0307	0,0235	0,0756	0,0772	0,1638	0,0545	0,1006	0,1148

Genişletilmiş normalize karar matrisi ağırlıklandırıldıktan sonra Eşitlik (24) kullanılarak  $K_i^+$ , Eşitlik (25) kullanılarak  $K_i^-$  ve Eşitlik (26) kullanılarak  $S_i$  değerleri hesaplanmıştır. Ardından son olarak Eşitlik (27), (28) ve (29) kullanılarak  $f(K_i)$  değerleri hesaplanmış ve bu değerlere göre performans sıralaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9: Hesaplanan  $S_i$ ,  $K_i^+$ ,  $K_i^-$ ,  $f(K_i)$  değerleri ve performans sıralaması

	$S_i$	$K_i^-$	$K_i^+$	$f(K_i)$	Sıralama
AAI	0,32873	---	---	---	---
2018	0,46264	1,40734	0,46264	0,42784	6
2019	0,56339	1,71380	0,56339	0,52101	4
2020	0,49713	1,51226	0,49713	0,45974	5
2021	0,89317	2,71698	0,89317	0,82599	1
2022	0,62098	1,88899	0,62098	0,57427	2
2023	0,56973	1,73311	0,56973	0,52688	3
AI	1,00000	---	---	---	---

Tablo 9’da de görüldüğü gibi en yüksek fayda fonksiyon değerine sahip olan yılın 2021 yılı olduğu görülmektedir. 2021 yılını sırasıyla; 0.57427 fayda fonksiyon değeri ile 2022, 0.52688 fayda fonksiyon değeri ile 2023, 0.52101 fayda fonksiyon değeri ile 2019, 0.45974 fayda fonksiyon değeri ile 2020 ve 0.42784 fayda fonksiyon değeri ile 2018 yılı takip etmiştir. Analizler sonucunda 2021 yılına kadar olumlu gelişmeler göstermiş iken, 2021 yılından sonra performanslarda gerilemeler olduğu görülmüştür.

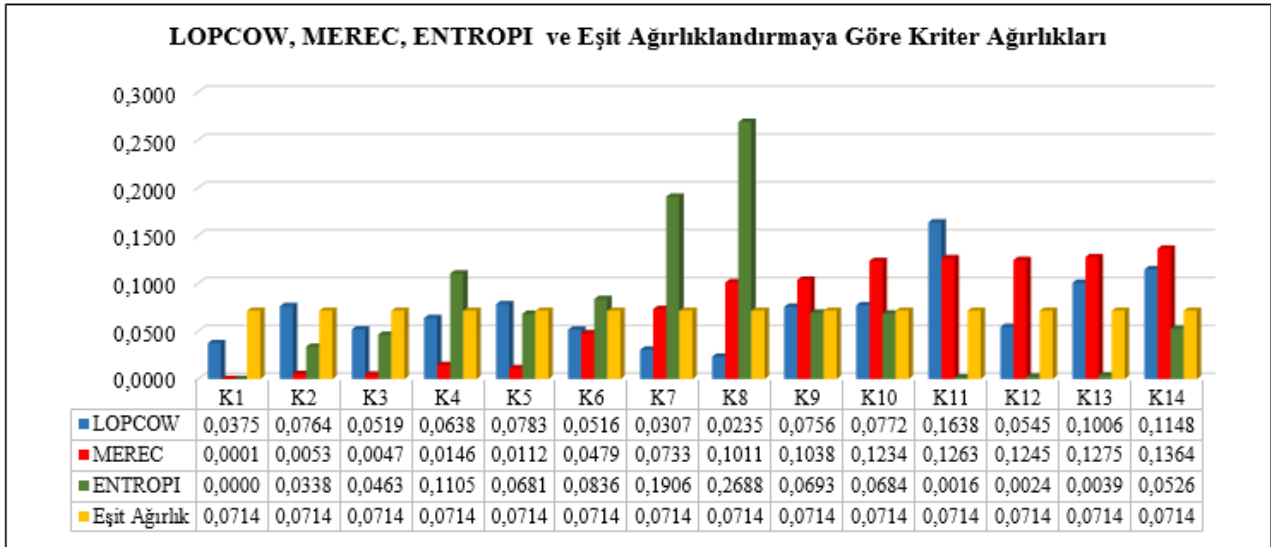
### 3.1. Duyarlılık Analizi

Bütünleşik LOPCOW ve MARCOS yönteminin kullanılması sonucunda elde edilen performans sonuçların, farklı kriter ağırlıklandırma yöntemlerin uygulanması durumunda sonuçları nasıl etkileyeceğini belirlemek amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu kapsamda LOPCOW yöntemi gibi objektif ağırlıklandırma yöntemleri içerisinde yer alan MEREC ve ENTROPI yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca kriterlerin eşit ağırlıklı olması durumunda performansın nasıl değişeceğini görmek amacıyla kriterleri Eşit Ağırlıklandırma ile de çözümlenerek performanslar değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 10’da ve Şekil 3’te gösterilmiştir.

Tablo 10: LOPCOW, MEREC, ENTROPI ve eşit ağırlıklandırmaya göre kriter ağırlıkları

	LOPCOW	Sıra	MEREC	Sıra	ENTROPI	Sıra
$K_1$	0,03750	12	0,00007	14	0,00001	14
$K_2$	0,07636	6	0,00527	12	0,03379	10
$K_3$	0,05192	10	0,00466	13	0,04630	9
$K_4$	0,06377	8	0,01456	10	0,11045	3
$K_5$	0,07830	4	0,01125	11	0,06814	7
$K_6$	0,05158	11	0,04786	9	0,08362	4
$K_7$	0,03071	13	0,07326	8	0,19062	2
$K_8$	0,02345	14	0,10110	7	0,26878	1
$K_9$	0,07558	7	0,10383	6	0,06930	5
$K_{10}$	0,07721	5	0,12344	5	0,06843	6
$K_{11}$	0,16379	1	0,12632	3	0,00158	13
$K_{12}$	0,05447	9	0,12449	4	0,00243	12
$K_{13}$	0,10058	3	0,12751	2	0,00393	11
$K_{14}$	0,11478	2	0,13639	1	0,05262	8

Tablo 10’da görüldüğü gibi LOPCOW yöntemine göre en önemli kriter “ $K_{11}$ : Toplam Katı Atık Miktarı (Ton/gün)”, MEREC yöntemine göre en önemli kriter “ $K_{14}$ : Atık Pil ve Akü miktarı (Kg)”, ENTROPI yöntemine göre en önemli kriter ise “ $K_8$ : Sıfır Atık Kapsamında Elde Edilen Kompost Miktarı (Kg)” kriteri olmuştur.



Şekil 3: LOPCOW, MEREC, ENTROPI ve Eşit Ağırlıklandırmaya göre kriter ağırlıkları

Ağırlıklandırma yöntemlerin sonuçlar değerlendirildiğinde, LOPCOW yöntemi K<sub>11</sub>, K<sub>14</sub> ve K<sub>13</sub> kriterlerine diğer kriterlere göre yüksek ağırlık değerleri atanmıştır. MEREC yönteminde de yine bu kriterler en yüksek ağırlığa sahip olmakla birlikte LOPCOW yöntemine göre önem sırasında bir değişiklik olduğu görülmektedir.

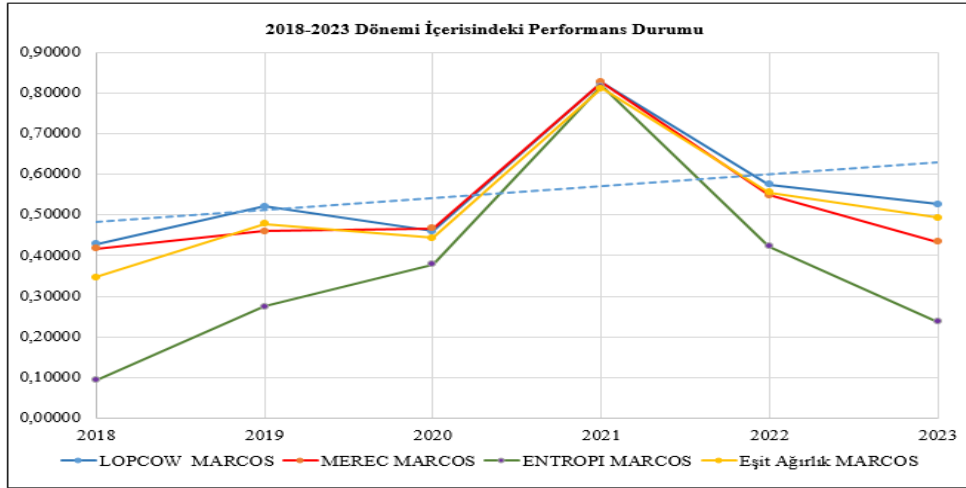
ENTROPI yönteminde ise K<sub>8</sub>, K<sub>7</sub> ve K<sub>4</sub> kriterlerine diğer kriterlere göre yüksek ağırlık değerleri atanmıştır. Ancak ENTROPI yönteminde özellikle K<sub>8</sub> kriterinin ağırlığı 2,688 değeriyle dikkat çekmekte olup, diğer kriterlerin ağırlıklarına göre oldukça yüksek bir ağırlık değeri olduğu görülmektedir.

Duyarlılık analizi kapsamında kriter ağırlıklarının hesaplanmasının ardında söz konusu ağırlıklandırma yöntemleri MARCOS yöntemine entegre edilerek performans ölçümleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 11’de ve Şekil 4’te gösterilmiştir.

Tablo 11: 2018-2023 Yılları içerisindeki performans durumu

	LOPCOW MARCOS	Sıra	MEREC MARCOS	Sıra	ENTROPI MARCOS	Sıra	Eşit Ağırlık MARCOS	Sıra
2018	0,42784	6	0,41703	6	0,09260	6	0,34625	6
2019	0,52101	4	0,46025	4	0,27459	4	0,47785	4
2020	0,45974	5	0,46659	3	0,37806	3	0,44376	5
2021	0,82599	1	0,82651	1	0,81696	1	0,81185	1
2022	0,57427	2	0,54791	2	0,42202	2	0,55502	2
2023	0,52688	3	0,43335	5	0,23718	5	0,49255	3

Tablo 11’de görüldüğü gibi bütün performans ölçümünde, en iyi performansın gösterildiği yıl 2021 yılı olmuştur. En düşük performansın gösterildiği yıl ise 2018 yılı olduğu görülmüştür.



Şekil 4: 2018-2023 yılları içerisindeki performans durumu

Kullanılan tüm yöntemlere göre en yüksek performans düzeyinin gerçekleştiği yılın 2021 olduğu görülmektedir. 2021 yılında Giresun'da katı atık yönetimi belirgin şekilde olumlu gelişmeler olduğu söylenebilir. 2018-2020 yılları içerisinde genel olarak bir artış olduğu görülmektedir. 2022-2023 yılları içerisinde ise 2021 yılına göre düşüş eğilimi olduğu görülmektedir. Özellikle ENTROPI yönteminde bu düşüş daha belirgin olarak kendini göstermiştir. Yöntem bazında bir değerlendirme yapıldığında ise LOPCOW-MARCOS ve Eşit Ağırlık-MARCOS yöntemiyle elde edilen sıralamaların birbirine yakın olduğu, diğer taraftan MEREC-MARCOS ve ENTROPI-MARCOS yöntemiyle elde edilen sıralamaların birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Bütün yöntemlerdeki sıralama farklılıkları yalnızca 2020 ve 2023 yıllarındaki sıralamaların farklılaşmasından kaynaklanmıştır.

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Günümüzde sanayinin gelişmesi, kentleşmeyle birlikte şehirlerdeki nüfusunun, üretimin ve tüketimin artması, tüketim alışkanlıklarının değişmesi atık miktarlarının hızla artmasına yol açmıştır. Tüm dünyada artan atık miktarları ciddi sağlık ve çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Üretim ve tüketim sonrasında ortaya çıkan atıkların nasıl değerlendirileceği ve nasıl geri dönüştürüleceği konusu önemli bir sorun olarak görülmektedir. Katı atık yönetiminin doğru yapılmaması kaynakların yok olmasına, canlıların zarar görmesine, ciddi sağlık sorunlarına ve ülke ekonomisinin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle ortaya çıkacak olan atık miktarını minimum seviyede tutmak ve oluşan atıkların ise geri dönüşümünü sağlamak oldukça önemlidir. Ülkelerin atık performanslarını belirli dönemlerde incelemesi ve bu doğrultuda önlemler alması oldukça elzem bir konudur. Bu çalışmada Giresun ilinin 2018-2023 yılları içerisinde katı atık performansının ölçülmesi amaçlanmıştır. Performans ölçümünün yapılması amacıyla 14 kriter belirlenmiş, bu kriterler LOPCOW ve MARCOS yöntemlerinde kullanılarak Giresun ilinin 2018-2023 yılları içerisindeki katı atık performansı ölçülmüştür.

Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek amacıyla yapılan LOPCOW yönteminde katı atıkta etkili olan en önemli kriterin "K<sub>11</sub>: Toplam Katı Atık Miktarı (Ton/gün)" kriteri olduğu tespit edilmiştir. Bu kriteri sırasıyla: "K<sub>14</sub>: Atık Pil ve Akü Miktarı (Kg)"; "K<sub>13</sub>: Tıbbi Atık Miktarı (Ton)"; "K<sub>5</sub>: Sıfır Atık Yönetimi Kapsamında Geri Dönüşüm Miktarı (Kg)"; "K<sub>10</sub>: Sıfır Atık Yönetimi Kapsamında Atık Depolama Alanı Tasarrufu (m<sup>3</sup>)"; "K<sub>2</sub>: Toplam Katı Atık Geri Kazanım ve Bertaraf Miktarı (Kg)"; "K<sub>9</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yapılan Enerji Tasarrufu (Kwh)"; "K<sub>4</sub>: Sıfır Atık Kapsamında İl Genelinde Eğitim Alan Kişi Sayısı (Kişi)"; "K<sub>12</sub>: Kişi Başı Ortalama Belediye Katı Atık Miktarı (Kg/kişi-gün)"; "K<sub>3</sub>: Toplam Atık İşletme Tesisi Sayısı (Adet)"; "K<sub>6</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yerleştirilen Kumbara Sayısı (Adet)"; "K<sub>1</sub>: İl Nüfusu (Kişi)"; "K<sub>7</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Yerleştirilen Konteyner Sayısı (Adet)" ve "K<sub>8</sub>: Sıfır Atık Kapsamında Elde Edilen Kompost Miktarı (Kg)" kriteri izlenmektedir.

Kriterlerin ağırlıkları LOPCOW yöntemiyle belirlendikten sonra bu ağırlıklar MARCOS yönteminde kullanılarak Giresun'un katı atık performansı ölçülmüştür. Yapılan analiz sonucunda belirlenen dönem içerisinde en iyi performansın 2021 yılında, en düşük performansın ise 2018 yılında olduğu belirlenmiştir. 2021 yılına kadar genel olarak performansta bir gelişme gözlemlenirken, 2021 yılı sonrasında bir gerileme olduğu görülmüştür.

Analiz sonuçları gösteriyor ki, ortaya çıkan katı atık miktarı oldukça önem arz etmektedir. Diğer bir ifade ile katı atık yönetiminin de ilk hedefi olan başlangıçta orta çıkabilecek atık miktarını en düşük seviyede tutmak temel amaç olmalıdır. Katı atık miktarının azaltılabilmesi için insanların sürdürülebilir atık yönetimi ve çevre konularında eğitilmesini ve bilgilendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu çalışmayı destekler nitelikte Bilgili (2023) yapmış olduğu çalışmada atığın kaynağında önlenmesi, minimum seviyede tutulması, geri dönüşümünün sağlanmasını vurgulamıştır.

Saraç vd. (2023) ve Bulut ve Şengül (2023) çalışmalarında atıkların kaynağında geri kazanımın için eğitim ve farkındalığın önemini vurgulamışlardır. Aynı zamanda sürdürülebilir atık yönetiminin sağlanabilmesi için kaynağında üretilen atık miktarlarının en düşük seviyede tutulması gerektiğini ifade etmişlerdir. Desa vd. (2012) insanların atık yönetimi ile ilgili sorunları azaltmaya yönelik tutum ve isteklerinin geliştirilmesi ve iyi bir atık eğitiminin verilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte bu eğitimlere öncelikle çocuklarla başlanması gerektiğini vurgulamışlardır.

Katkı atıkların minimum seviyeye indirilebilmesi için atığın ilk ortaya çıktığı yerde yani kaynağında geri dönüşümün sağlanması gerekmektedir. Bütün bunların sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için ise toplumun atık yönetimi hakkında bilgilendirilmesi, gerekli eğitimlerin verilmesi oldukça önemlidir. Modern çağın getirmiş olduğu tek kullanımlık ürünler ve her ürünün ambalaj içerisine girmesi katı atık miktarını önemli ölçüde artırmıştır. Sağlam ve Aydın (2024) çalışmalarında İstanbul'da toplam 42 okulda (anaokulu, ilkokul, ortaokul ve lise) öğrencilerin atıkları ayrıştırma oranlarını incelemişlerdir. Anket sonuçlarında katılımcıların % 93'ünün geri dönüşümün önemli olduğunu ve % 71'inin atıkları uygun atık kutularına attıklarını belirlemişlerdir. Özellikle Covid-19 salgını ve sonrasında hijyen bir ortamın sağlanabilmesi için insanlar tek kullanımlık ürünleri daha fazla tercih etmişlerdir. Tek kullanımlık ürünlere talebin artması atık miktarının da artmasına neden olmuştur. Aydın ve Çifçi (2022) Covid-19 süresinde nüfus ile belediye atığı oluşu arasındaki ilişkide ortaya çıkan değişimleri incelemek amacıyla 3 senaryo oluşturmuşlardır. Bütün senaryo sonuçlarında katı atık miktarının zamanla arttığını ve acil olarak alternatif katı atık bertaraf tesisinin kurulması gerektiğini belirtmişlerdir. Özellikle plastik içerikli ürünlerin kullanımının azaltılması, onun yerine geri dönüşümünün daha kolay olduğu cam ve kağıt gibi ambalajlarının kullanılması gerekmektedir.

Katı atıkların büyük bir çoğunluğunu evsel atıkların oluşturduğu düşünüldüğünde hane halkının atıkları ayrıştırması (kağıt, cam, plastik, pil gibi) ve ayrıştırılmış olan bu atıkların uygun şekilde konteynerlerde depolanması gerekmektedir. Aynı zamanda insanların ayrıştırdıkları her katı atık için de uygun konteynerlerin yerleşim yerlerinin her alanına konması gerekmektedir. İnsanlar atıkları doğru şekilde ayrıştırırsa bile bu atıkların toplanma ve depolanma noktasında titiz davranması gerekmektedir. Türkiye'de katı atıkların toplanmasında, depolanmasında, geri dönüşümünün sağlanmasında ve bertarafında genel olarak belediyeler tarafından sağlanmaktadır. Belediyeler atıkların toplanması ve dönüştürülmesi süreçlerinde ciddi bütçeler kullanmaktadır. Ancak kullanılan bu bütçeler yeterli gelmemekte ve belediyeler atık yönetimi konusunda çoğu zaman yetersiz kalmaktadırlar. Bugün mevcut atık depolarında kapasitenin, teknolojik alt yapısının yetersiz kalması ve katı atık yönetimi için bütçede yeterli payın ayrılmaması katı atık problemlerini her geçen gün artırmaktadır. Ciplak ve Barton (2012) çalışmalarında sağlık atıklarının zaman içerisinde artış göstereceğini, ancak sağlık tesislerinde etkin ayrıştırma uygulamalarıyla bu miktarların azaltılmasının mümkün olabileceğini belirtmişler ve gelecekte sağlık atığı bertaraf kapasitesinin planlanması ve seçimi için bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Katı atık yönetim projeleri yüksek yatırımlar gerektirmesi nedeniyle gereken özen gösterilmemektedir. Ancak uzun vadede gelecekte daha fazla kaynak harcanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle atık yönetimiyle ilgili yasal düzenlemeler tekrar gözden geçirilmelidir. Atık yönetiminden sorumlu olan kurum ve kuruluşların gerekli düzenlemeleri yapması ve etkin bir atık yönetim sistemini geliştirmesi gerekmektedir. Torkayes vd. (2021) çalışmalarında tıbbi atıkların ciddi riskler oluşturabileceğini vurgulamışlar, bu atıklar için sürdürülebilir düzenli depolama alanlarının belirlenmesinin önemli vurgulamışlardır. Katı atık yönetiminde uygulanacak olan katı atık politikaların neler olması gerektiği ve nasıl uygulanacağı detaylı bir şekilde belirtilmesi gerekmektedir. Mevcut depolama alanlarının artan atık miktarı için yeterli gelmemektedir. Bu nedenle yeni teknolojilerin ve modern yöntemlerin kullanıldığı yeni depolama alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Atık yönetimi için bütçeden daha fazla kaynak ayrılması ve modern depolama tesislerinin kurulması gerekmektedir.

Çalışmada analiz sonuçları değerlendirilirken bazı kısıtlar olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. İlk kısıt Giresun ilinin katı atık performansı değerlendirilirken sınırlı sayıda kriter analize dâhil edilebilmiştir. Buradaki en önemli sorun ise atık verilerine ilişkin detaylı bir kayıt alt yapısının olmasıdır. Katı atık çeşitlerine ilişkin (kağıt, plastik, cam, karton vb.) ayrı ayrı atık miktarları yıllar içerisinde düzenli tutulmadığından kriter olarak sadece toplam atık miktarı alınabilmiştir. Çalışma sadece Giresun ili özelinde yapılmış, gelecekte yapılacak çalışmalarda diğer illerde çalışmaya dâhil edilerek karşılaştırmalar yapılabilir. Diğer bir kısıt ise çalışmanın 2018-2023 yılı ile sınırlandırılmasıdır. Çalışmada kullanılan kriterlere ilişkin bazı yıllara ait verilere ulaşılamadığından analiz dönemi 2018 yılıyla başlatılmak zorunda kalmıştır. Özellikle sıfır atık verilerine ilişkin kayıtlar düzenli olarak 2018 yılı ve sonrasında kayıt altına alınmaya başlanmıştır. Diğer bir kısıt ise yasal ve politik kararlar sonucunda oluşan dışsal faktörler analize dâhil edilmemiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda dışsal faktörlerinde analize dâhil edilerek performans ölçümünün yapılması önerilmektedir. Çalışmada söz konusu kriterler göz önünde bulundurularak ya da yeni kriterler eklenerek farklı ÇKKV yöntemleri kullanılarak farklı sonuçlara ulaşılabileceği unutulmamalıdır. Çalışmada kullanılan yöntemler diğer ÇKKV yöntemlerine göre oldukça yeni yöntemlerdir. Literatürde Giresun ili özelinde performans ölçümü yapılan bir çalışmaya rastlanmamış olunması nedeniyle bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

Alshehrei, F., & Ameen, F. (2021). Vermicomposting: A management tool to mitigate solid waste. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28, 3284–3293. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.072>

- Anwar, M. A., Suprihatin, S., Sasongko, N. A., Najib, M., Pranoto, B., Firmansyah, I. & Soekotjo, E. S. (2025). Sustainable waste management strategies for multilayer plastic in Indonesia. *Cleaner and Responsible Consumption*, 16, Article 100254. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2025.100254>
- Aydın, N., & Çifçi, D. İ. (2022). Exploring the effect of Covid-19 on municipal waste generation with system Dynamics modelling. *Environmental Engineering and Management Journal*, 21(8), 1415–1425. <https://doi.org/10.30638/eemj.2022.125>
- Aydın Temel, F., & Turan, N. G. (2022). Giresun ilinde kentsel katı atıkların miktarı, kompozisyonu ve yönetiminin incelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 479–491. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1102936>
- Aytekin, A. (2022). *Çok kriterli karar analizi* (2. Basım). Nobel Bilimsel Eserler.
- Bahçelioglu, E., Buğdaycı, E. S., Doğan, N. B., Şimşek, N., Kaya, S. Ö. & Alp, E. (2020). Integrated solid waste management strategy of a large campus: A comprehensive study on METU campus, Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 265, Article 121715. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121715>
- Balaban, Y., & Baki, B. (2010). Analitik ağ süreci yaklaşımıyla en uygun katı atık bertaraf sisteminin belirlenmesi: Trabzon ili örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(3), 183–196.
- Bilgili, M. Y. (2020). *Sürdürülebilir yükseköğretim kurumlarında çevre bilinci, katı atık ve enerji yönetimi uygulamaları*. (1. Baskı). Ekin Yayınevi.
- Bilgili, M. Y. (2023). Sıfır atık yönetiminin çevre etiği yaklaşımları açısından incelenmesi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 64, 21–28. <https://doi.org/10.18070/erciyesuibd.1173752>
- Biswas, S., Bandyopadhyay, G., & Mukhopadhyaya, J. N. (2022). A multi-criteria based analytic framework for exploring the impact of Covid-19 on firm performance in emerging market. *Decision Analytics Journal*, 5, Article 100143. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100143>
- Bulut, A., & Şengül, H. (2023). Atık yönetimi ve sıfır atık projesinin değerlendirilmesi: İstanbul ili örneği. *Sağlık ve Sosyal Refah Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 85–97. <https://doi.org/10.55050/sarad.1224470>
- Chen, T., Zhang, S., & Yuan, Z. (2020). Adoption of organic waste composting products: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 272, Article 122712. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122712>
- Cheapa Waste Skips. (2025, 04 Mart). *Global Waste Statistics*. <https://cheapawasteskips.com.au/global-waste-statistics-2022/#glob>
- Christensen, T. H. (2011). *Solid waste technology & management*. Wiley.
- Chubb, H., & Simpson, J. M. (2012). The use of Z-scores in paediatric cardiology. *Annals of Pediatric Cardiology*, 5(2), 179–184.
- Ciplak, N., & Barton, J. (2012). A system Dynamics approach for healthcare waste management: a case study in Istanbul metropolitan city, Turkey. *International Solid Waste Association: Waste Management & Research*, 30(6), 576–586.
- Curtis, A. E., Smith, T. A., Ziganshin, B. A. & Elefteriades, J. A. (2016). The mystery of the Z-Score. *Aorta*, 4(4), 124–130. <http://dx.doi.org/10.12945/j.aorta.2016.16.014>
- Demirarslan, K. O., & Başak, S. (2018). Doğu Karadeniz Bölgesi illeri katı atık yönetimi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(3), 117–132.
- Derse, O., & Göçmen Polat, E. (2025). Municipal Solid Waste Landfill Site Selection: Integrating Multi-Criteria Decision-Making Methods and Mathematical Modelling - A Case Study. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 15(1), 147–158.
- Desa, A., Kadir, N. B. A., & Yusoooff, F. (2012). Waste education and awareness strategy: towards solid waste management (SWM) program at UKM. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 59, 47–50. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.244>
- Doğdu Yüçetürk, G., & Alkan, S. N. (2024). Sıfır atık indeksi kullanılarak Türkiye'deki kentsel katı atık yönetiminde sıfır atık yaklaşımının incelenmesi. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 60–88.
- Ecer, F. (2020). *Çok kriterli karar verme, Geçmişten günümüze kapsamlı bir yaklaşım*. Seçkin Yayıncılık.
- Ecer, F., & Pamucar, D. (2022). A novel LOPCOW-DOBI multi-criteria sustainability performance assessment methodology: An application in developing country banking sector. *Omega*, 112, Article 102690. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102690>
- Evin, H., & Özdemir, A. (2022). Büyükşehirlerin katı atık yönetimi etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi kullanılarak ölçülmesi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (42), 389–421. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.1195544>
- Fores, V. I., Bovea, M. D., Coutinho-Nobrega, C., & Medeiros, H. R. (2019). Assessing the social performance of municipal solid waste management systems in developing countries: Proposal of indicators and a case study. *Ecological Indicators*, 98, 164–178. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.031>
- Guerrero, L. A., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33, 220–232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
- Guo, Z., Liu, J., Liu, X., Meng, Z., Pu, M., Wu, H., Yan, X., Yang, G., Zhang, X., Chen, C., & Chen, F. (2024). An integrated MCDM model with enhanced decision support in transport safety using machine learning optimization. *Knowledge-Based Systems*, 301, Article 112286. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2024.112286>
- Iqbal, A., Haider, R. Yasar, A., & Nizami, A. (2025). A governance model for sustainable municipal solid waste management: Aligning the sector with Pakistan's economic goals. *Waste Management Bulletin*, 3, 107–127. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.12.010>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Woerden, F. V. (2018). *What a waste 2.2, A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Group.
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2021). Determination of objective weights a new method based on the removal effects of criteria (MERECE). *Symmetry*, 13, Article 525. <https://doi.org/10.3390/sym13040525>
- Minghua, Z., Xiumin, F., Rovetta, A., Qichang, H., Vicentini, F., Bingkai, L., Giusti, A., & Yi, L. (2009). Municipal solid waste management in Pudong New Area, China. *Waste Management*, 29, 1127–1233. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.07.016>
- Nag, A., & Vizayakumar, K. (2005). *Environmental education and solid waste management*. New Age International Limited.
- Özkan, A. (2018). Atık baskılı devre kartlarından değerli metal geri kazanım yöntemlerinin çok ölçütlü karar verme teknikleri ile değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18, 529–537.
- Parekh, H., Yadav, K., Yadav, S., & Shah, N. (2015). Identification and assigning weight of indicator influencing performance of municipal solid waste management using AHP. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(1), 36–45. <https://doi.org/10.1007/s12205-014-2356-3>

- T.C. Resmi Gazete. (2015). *Atık Yönetimi Yönetmeliği* (Resmi Gazete Tarih: 02.04.2015, Sayı: 29314). <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>
- Sağlam, B. S. & Aydın, N. (2024). Investigation of waste characteristics and recycling behaviour at educational institutes. *Waste Management*, 180, 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.03.036>
- Saraç, B., Gündoğdu, H. G. & Aytekin, A. (2023). Sıfır atık yönetimi etkinliğinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi: Büyükşehir örneği. *Politik Ekonomik Kuram, özel sayı*, 238–256. <https://doi.org/10.30586/1332939>
- Seyhan, N. (2023). AB ülkelerinin çevre ve atık yönetimi performanslarının değerlendirilmesi: Veri zarflama analizi ve yapay sinir ağlarının birlikte uygulanması. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 343–355.
- Susanti, L. D., Reniati, R., & Altin, D. (2025). Sustainable waste management strategy based on circular economy in Pangkalpinang City. *Journal of Multidisciplinary Academic Business Studies (JoMABS)*, 2(2), 449–462.
- Stevic, Z., Pamucar, D., Zavadskas, E. K., & Puska, A. (2020a). MARCOS: A novel method for rational decision-making under uncertainty. *Symmetry*, 12(3), Article 455. <https://doi.org/10.3390/sym12030455>
- Stevic, Z., Pamucar, D., Puska, A., & Chatterjee, P. (2020b). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COMpromise solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, 140, Article 106231. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106231>
- Şaşmaz, E., Avcı, S., & Aladağ, Z. (2020). Türkiye istatistiki bölge birimleri sınıflamasına göre 1. düzey’de yer alan belediyelerin katı atık yönetiminin değerlendirilmesi. *Veri Bilimi Dergisi*, 3(1), 33–40.
- Torkayesh, A. E., Zolfani, S. H. Kahvand, M., & Khazaelpour, P. (2021). Landfill location selection for healthcare waste of urban areas using hybrid BWM-grey MARCOS model based on GIS. *Sustainable Cities and Society*, 67, Article 102712. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102712>
- Tseng, M. L. (2008). Application of ANP and DEMATEL to evaluate the decision-making of municipal solid waste management in Metro Manila. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156, 181–197.
- Tüzüner, Z., & Alp, İ. (2018). Comparison of solid waste management performances of Turkey and EU countries associated with Malmquist Index. *Politeknik Dergisi*, 21(1), 75–81. <https://doi.org/10.2339/politeknik.386857>
- Wang, T. C., & Lee, H. D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*, 36, 8980–8985. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.035>
- Wang, Z., & Zhang, W. (2012). Dynamic engineering multi-criteria decision making model optimized by entropy weight for evaluating bid. *Systems Engineering Procedia*, 5, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.sepro.2012.04.008>
- Vego, G., Kucar-Dragicevic, S., & Koprivanac, N. (2008). Application of multi-criteria decision-making on strategic municipal solid waste management in Dalmatia, Croatia. *Waste Management*, 28, 2192–2201. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.10.002>
- Venkiteela, L. K. (2020). Status and challenges of solid waste management in Tirupati city. *Materials Today: Proceedings*, 33, 470–474. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.044>
- Yang, Q, Fu, L., Liu, X., & Cheng, M. (2018). Evaluating the efficiency of municipal solid waste management in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), Article 2448. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112448>
- Yazdani, M., Ye, C., Shaayesteh, M. T., & Zarate, P. (2025). Decision making model for waste management: Fuzzy group AHP-CoCoSo. *Production Management and Engineering*, 13(1), 77–92. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2025.21558>
- Zaman, A. U. (2014). Measuring waste management performance using the ‘Zero Waste Index’: the case of Adelaide, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 66, 407–419. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.032>