



Türkiye İstatistik Bölge Birimleri Sınıflamasına Göre 1. Düzey'de Yer Alan Belediyelerin Katı Atık Yönetiminin Değerlendirilmesi

Ebru ŞAŞMAZ¹, Selen AVCI^{1*}, Zerrin ALADAĞ¹

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

Özet

Katı atıklar ile ilgili toplanma, depolanma ve bertaraf edilme gibi sorumluluklar belediyelere aittir. Günümüzde; teknolojinin ilerlemesi, tüketim alışkanlıklarının artması ve sanayinin gelişmesi ile birlikte katı atıklar çevre için göz ardı edilemeyecek bir problem haline almış ve belediyelere düşen iş zorlaşmıştır. İstatistik Bölge Birimleri Sınıflaması'na (İBBS) göre Türkiye'de; Ege, Doğu Marmara, Batı Marmara, Akdeniz, Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz, Kuzeydoğu Anadolu, Orta Anadolu, Batı Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Ortadoğu Anadolu ve İstanbul olmak üzere on iki adet Düzey 1 bölgesi mevcuttur. Bu çalışmada, üç girdi ve iki çıktı kullanarak bu bölgelere ait belediyelerin katı atık yönetimindeki etkinlikleri Veri Zarflama Analizi (VZA) ile değerlendirilmiştir. Girdi olarak, "kişi başına düşen ortalama atık miktarı", "bölgedeki belediye sayısı" ve "belediye çevre harcamaları"; çıktı olarak ise "belediye çevre gelirleri" ve "çöp depolama sahalarında bertaraf edilen atık miktarı" seçilmiştir. VZA modellerinden Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) ile bölgelerden yalnızca iki tanesi; Banker-Charnes-Cooper (BCC) ile ise yedi bölge etkin olarak bulunmuştur. Ardından, bir diğer VZA modeli olan Süper Etkinlik (SE) ile tüm bölgeler sıralanmış ve bulunan sonuçlar TOPSIS yönteminden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Son olarak, etkin olmayan birimleri etkin duruma getirmek için yapılması gereken değişiklikler analiz edilerek iyileştirme önerileri sunulmuş ve çalışma sonlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Katı Atık Yönetimi, Süper Etkinlik, TOPSIS, Veri Zarflama Analizi

Assessment of Solid Waste Management of Level 1 Regional Municipalities in Turkey According to Classification of Statistical Region Units

Abstract

The municipalities are responsible for the collection, storage and disposal of solid wastes. Today, with the advancement of technology, increasing consumption habits and the development of industry, solid wastes have become a problem that cannot be ignored for the environment. In this regard, the task of municipalities has become difficult. According to Statistical Regional Units Classification, Level 1 regions in Turkey are West Marmara, East Marmara, Aegean, the Mediterranean, West Black Sea, Eastern Black Sea, Northeastern Anatolia, Western Anatolia, the Middle East Anatolia, Central Anatolia, Southeast Anatolia and İstanbul. In this study, we have evaluated solid waste management in these regions with Data

* iletişim e-posta: selenavciem@gmail.com

** Bu çalışmanın bir kısmı II. International Conference on Data Science and Applications 2019'da sözlü olarak sunulmuştur.

Envelopment Analysis (DEA). We have chosen as input the average amount of waste per capita, the number of municipalities in the region and the environmental expenditure of the municipality. The outputs are the environmental revenues of the municipality and the amount of waste disposed in landfills. We have found only two effective regions according to the Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) model and seven effective regions according to the Banker-Charnes-Cooper (BCC) model. Then, we have ranked all regions with Super Efficiency (SE), another DEA model, and have compared the results with the results obtained from TOPSIS. Finally, we analyzed input-output changes for inefficient regions and presented potential improvement suggestions.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Solid Waste Management, Super Efficiency, TOPSIS

1 Giriş

Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkeler bölgesel gelişmişlik düzeyleri arasındaki farkları en aza indirmek amacıyla İstatistikî Bölgeleme Sistemi geliştirmiştir. Eurostat tarafından oluşturulan İstatistikî Bölge Birimleri Nomenklatörü (NUTS) ile bölgeler arasındaki verilerin karşılaştırılabilmesi, verilerin standartlaştırılması, sosyal ve ekonomik analizler yapılabilmesi ile topluma yönelik ekonomik ve altyapı politikaları oluşturulabilmesi amaçlanmıştır. Bu sistemle, bölgelerin ekonomik ve altyapı kalkınmaları arasındaki farklar incelenir ve AB tarafından sağlanan fonlar bu farkları en aza indirecek şekilde kullanılır [1]. Türkiye, AB adayı ülke olmasının ardından AB'ye üye olan ülkelerin sahip olduğu yükümlülükleri yerine getirme amacıyla hızlı bir yapısal değişim sürecine girmiştir. Bu bağlamda; Devlet Planlama Teşkilatı, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ile yürüttüğü ortak çalışmayla Türkiye İstatistikî Bölge Birimlerini oluşturmuştur. Yapılan çalışma ile Türkiye 3 düzeye ayrılmıştır [2]. Coğrafi ve sosyoekonomik açıdan benzer olan komşu iller nüfusları ve kalkınma planları doğrultusunda Düzey 1 ve Düzey 2 olarak ayrılmıştır. Düzey 1, 12 adet alt bölgeyi; Düzey 2 ise 26 adet alt bölgeyi kapsamaktadır. Düzey 3 ise illeri kapsamaktadır [3, 4].

Günümüzde sanayinin gelişmesi, nüfusun ve tüketim hızının artmasıyla beraber atık miktarlarındaki artış ciddi bir çevre sorunu haline gelmiştir. Ülkeler bu sorunun gelecekte de artarak devam edeceği endişesi ile çeşitli çözüm yolları aramaya başlamıştır. Türkiye'de katı atık yönetimi önceleri ekonomik yetersizlikler sebebiyle ertelenmiştir. Ancak geri dönüşüm faaliyetlerinin; giderek artan ve gerek toplum sağlığına gerek sosyal yaşama zarar veren atık sorununun çözümü olabileceği ve bunun yanında ekonomik olarak sağlayacağı kazanımlar fark edildikten sonra bu konu hem kamu kuruluşları hem de özel kurumlar tarafından ele alınmaya başlanmıştır. Türkiye'de atıkların toplanma, depolanma ve bertaraf edilme sorumluluğu belediyelere aittir [3]. Devletin yaptığı yatırımlar, belediyelerin çevresel gelirleri ve AB fonları bu gibi toplumsal altyapı görevlerini yerine getirmek için kullanılmaktadır. Bu yatırımların bölgeler arasındaki farkları en aza indirgeyecek şekilde etkin kullanılması gerekmektedir. Etkinlik ve verimlilik kavramları kaynakların kullanımında önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, birden fazla girdi ile birden fazla çıktının ortaya konulduğu süreçler için etkinlik ölçme aracı olarak kullanılan Veri Zarflama Analizi (VZA) uygulanmıştır. Öncelikle, Düzey 1 bazındaki bölgelerin katı atık yönetim sistemlerinin etkinlikleri üç girdi ve iki çıktı kullanılarak VZA ile incelenmiştir. Girdiler, "kişi başına düşen ortalama atık miktarı", "bölgedeki belediye sayısı" ve "belediye çevre

harcamaları"; çıktılar ise "belediye çevre gelirleri" ve "çöp depolama sahalarında bertaraf edilen atık miktarı" olarak seçilmiştir. Etkin ve etkin olmayan birimler bir VZA modeli olan Süper Etkinlik (SE) ile sıralanmıştır. Sonrasında aynı sıralama TOPSIS ile de gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Etkin olmayan bölgeleri etkin duruma getirmek için yapılması gereken girdi-çıkıtı değişimleri analiz edilerek çalışma sonlandırılmıştır.

2 Yöntem

2.1 Veri zarflama analizi (VZA)

Girdi ve çıktılar aynı olan karar verme birimlerinin (KVB) görelî etkinliğinin ölçülmesi amacıyla Charnes, Cooper ve Rhodes (1979-1982) tarafından geliştirilmiş olan VZA parametrik olmayan bir yöntemdir [5]. VZA, aynı tür girdi ve çıktılar kullanan KVB'lerin, görelî etkinliklerinin hesaplanması amacıyla tasarlanmış, doğrusal programlama temelli bir yöntemdir. VZA ile aynı girdi ve çıktılara sahip KVB'lerin etkinlikleri kıyaslanarak KVB'ler etkin ve etkin olmayanlar olarak ayrılır. Ayrıca etkin olmayan KVB'lere referans kümeleri oluşturulabilir ve bunların etkin duruma gelebilmesi için gerekli olan girdi ve çıktı değişimleri analiz edilebilir [6]. Bu yöntem ilk olarak kar amacı gütmeyen kamu kurumlarının etkinliklerini kıyaslamak için kullanılsa da zamanla bankalar, özel hastaneler, havaalanları, terminaler gibi çeşitli sektörlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Aşağıda farklı sektörlerden VZA ile yapılmış çalışmalara örnekler verilmiştir:

Arslan ve Güven (2018) yüz adet devlet üniversitesinin performanslarını VZA ile analiz etmiştir. Girdiler; toplam öğrenci/öğretim üyesi, toplam öğrenci/ yardımcı öğretim üyesi, araştırma alanı/öğretim üyesi, eğitim alanı/toplam öğrenci ve sosyal alan/ toplam öğrenci olarak seçilmiştir. Çıktılar ise öğrenci sayısı ve indeksli yayın sayısı olarak belirlenmiştir. Girdi yönelimli CCR modeline göre 9, girdi yönelimli BCC modeline göre ise 27 üniversite etkin bulunmuştur [7].

Thanassoulis vd. (2017) İngiltere'deki yükseköğretim kurumlarının maliyet yapılarını ve verimliliklerini değerlendirmek için VZA kullanmıştır. Sonuç olarak, kurumların çoğunda çalışma dönemlerinde verimliliğin azaldığı tespit edilmiştir [8].

Abadi ve diğerleri (2017) ABD'deki 30 büyük akut ve genel hastanede verimlilik artırmak amacıyla, hedef programlama ve VZA yöntemleri karmasıyla kaynak dağıtım problemi üzerine çalışmışlardır. Girdiler; yatak sayısı, servis karması (hizmet sayısı), tam zamanlı eşdeğer (haftalık toplam çalışma saati) ve operasyonel giderlerdir. Çıktılar ise; yatan hasta

sayısı ve ayakta tedavi edilen hasta sayısıdır. Çalışmada, kaynak ve bütçe tahsisi için üç senaryo önerilmiştir [9].

Demirci ve Tarhan (2017) Mersin'deki nakliye firmalarının etkinliklerini VZA ile hesaplamış ve etkin olmayan KVB'ler için önerilerde bulunmuştur [10].

Özel vd. (2017) bankacılık sektöründe 2013-2015 yılları arasında kesintisiz faaliyet gösteren 16 ticari bankanın etkinliklerini VZA yöntemiyle ölçerek, Malmquist verimlilik endeksi yardımıyla bankaların etkinliklerinde gelişme olup olmadığını incelemişlerdir. Çalışmada 3 girdi ve 2 çıktı seçilerek girdi odaklı CCR modeliyle analiz yapılmıştır [11].

Stoica vd. (2015) Romen bankalarının etkinliklerinde internet bankacılığının etkisini incelemişlerdir. 24 bankanın etkinliklerini ölçmek için VZA yönteminden yararlanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre çok az banka verimlilik düzeylerini arttırmak için internet bankacılığından yararlanmaktadır [12].

Ohsato ve Takahashi (2015) Japon bankalarının yönetim etkinliğini VZA ile değerlendirmişlerdir. Analiz sonucunda özellikle orta büyüklükteki bankaların etkin olmama eğiliminde oldukları gözlenmiştir [13].

Dalkılıç (2012) Türkiye'de faaliyet gösteren hayat dışı sigorta şirketlerinin 2008 - 2010 dönemi etkinliklerini girdi yönelimli ölçeğe göre değişken getirili BCC modeli ve Malmquist toplam faktör verimlilik endeksi ile hesaplamıştır. Çalışmada etkin olmayan sigorta şirketleri için referans kümeleri oluşturulmuştur. Sonuç olarak, 2008 yılına göre 2009 yılında sigorta şirketlerinin etkinliklerinin arttığı, 2010 yılında ise düştüğü görülmüştür [14].

Bilişik (2011) Türkiye'de bankacılık sektöründe hizmet veren ve aktif büyüklüğü 35 milyarın üzerinde olan 11 bankanın etkinliğini VZA yöntemiyle incelemiştir. Çalışmada 4 girdi ve 3 çıktı belirlenmiş olup bu girdi-çıkılara göre bankaların etkinlikleri hesaplanmıştır. Etkinlik analizi sonucunda etkin olmayan bankalar için hedef değerler oluşturulmuştur [15].

Seyrek ve Ata (2010), Türk bankacılık sektöründe hizmet veren mevduat bankalarının etkinliklerini VZA yöntemi ile ölçmüşlerdir. Bankalara ait etkinlik sonuçları göz önüne alınarak bankaların etkinlik tahmininde önemli olan finansal göstergelerin "Toplam Krediler/Toplam Mevduat" oranı ile "Diğer Faaliyet Giderleri/Toplam Faaliyet Gelirleri" oranının olduğu veri madenciliği yöntemleriyle bulunmuştur [16].

VZA'yı diğer ÇKKV yöntemlerinden ayıran en belirgin özellikler şunlardır:

- Benzer organizasyonlarda farklı birime sahip birden çok girdi ve çıktıyla etkinlik ölçümü yapabilmesi,
- Doğrusal programlama tabanlı olması,
- Arzu edilen çıktı ve bunun için gerekli olan girdi değişkenleri yerine ağırlıklı ölçüm hesaplayabilmesi,
- Analiz için ana kütle ortalaması yerine bireysel değerleri baz alması,
- Tüm KVB'lerin ortalama değil en iyi KVB ile karşılaştırması [6, 17].

VZA aşağıdaki adımlar takip edilerek uygulanır:

- KVB'lerin belirlenmesi,
- Uygun girdiler ve çıktılarının belirlenmesi,
- Kullanılacak VZA modelinin tespit edilmesi ve etkinliklerin hesaplanması,
- Referans kümelerinin belirlenmesi,

- Etkin durumda olmayan KVB'lerin etkin olabilmesi için gereken girdi-çıkıtı değişikliklerinin analiz edilmesi,
- Sonuçların değerlendirilmesi [18].

VZA için kullanılan birçok model arasından literatürde en çok tercih edilenler sabit getiri varsayımına dayanan CCR ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan BCC modelleridir. VZA girdi ve çıktı odaklı olmak üzere iki şekilde kullanılabilir. Girdi odaklı VZA, belirli bir çıktı düzeyine ulaşabilmek amacıyla en uygun girdi bileşiminin ne olacağını sorgular. Çıktı yönlü modelde ise belirli girdi bileşimiyle elde edilebilecek maksimum çıktı bileşimi analiz edilir [19].

CCR modeli;

$$\text{Min } \sum_{i=1}^s v_i x_{i0}, \quad (1)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1, r=1, \dots, s \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad (3)$$

$$j=1, \dots, n, \quad u_r \geq 0, \quad v_i \geq 0 \quad (4)$$

BCC modeli;

$$\text{Min } \sum_{i=1}^s v_i x_{i0} - v_0, \quad v_i \geq 0 \quad (5)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1 \quad u_r \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - v_0 \leq 0 \quad i=1, 2, \dots, n \quad (7)$$

s: çıktı sayısı

m: girdi sayısı

n: KVB sayısı

x_{ij} : j. KVB'ler tarafından kullanılan i. girdi miktarı

y_{rj} : j. KVB tarafından üretilen r. çıktı miktarı

x_{i0} : 0. KVB tarafından kullanılan i. girdi miktarı

y_{r0} : 0. KVB tarafından üretilen r. çıktı miktarı

u_r : 0. KVB tarafından r. çıktıya atanan ağırlık

v_i : 0. KVB tarafından i. girdiye atanan ağırlık

SE modeli, Andersen ve Petersen (1993) tarafından geliştirilmiştir. CCR ve BCC modellerinde etkin KVB'lerin tümünün etkinlik skoru 1 kabul edilmektedir. Bu sebeple etkin karar birimleri arasında etkinlik sıralaması yapabilmek olanaksızdır. Bu durumu çözüme kavuşturmak amacıyla geliştirilen SE yöntemi, etkin karar birimlerinin her birinin diğer KVB'ler ile karşılaştırılıp sıralanmasına olanak sağlamaktadır. Modelde, etkin KVB'ler sırayla etkin üretim sınırından çıkarılarak çıkarılan KVB'nin etkin sınıra olan uzaklığı hesaplanır. Yapılan hesaplamalardan sonra SE skorları en yüksekte en küçüğe doğru sıralanarak üstünlük sıralaması elde edilir [20]. Modele ait formülasyon aşağıda verilmektedir [21]:

$$F_k = \min h_k \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^s \lambda_j X_{ij} + s_i^- - h_k X_{ik} = 0; i = 1, \dots, m \quad (9)$$

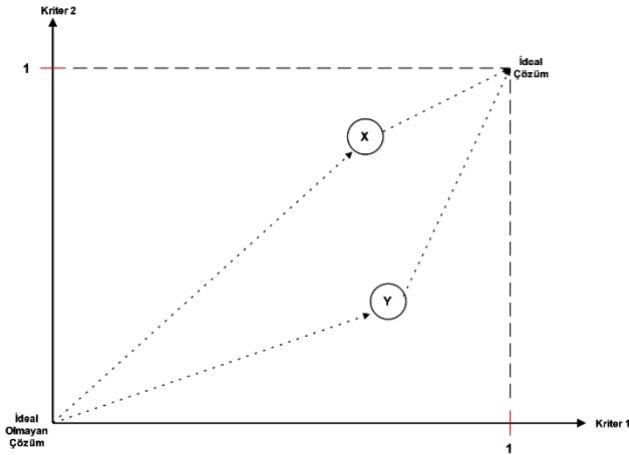
$$\sum_{j=1}^s \lambda_j Y_{rj} + s_r^+ - Y_{rk} = 0; r = 1, \dots, s \quad (10)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad (11)$$

2.2 Topsis

Topsis yöntemi Hwang ve Yoon (1981) tarafından literatüre kazandırılmış bir ÇKKV yöntemidir [22]. Bu yöntem ile alternatifler, kompleks matematiksel modeller kullanılmadan sıralanabilir. Yöntemde amaç, pozitif ideal çözüme en kısa ve negatif ideal çözüme en uzak mesafedeki alternatifin seçilmesidir. Topsis'in uygulanma adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir [23]:

- Karar matrisinin belirlenmesi,
- Normalize karar matrisinin (r) elde edilmesi,
- Ağırlıklı standart karar matrisinin (V) elde edilmesi,
- İdeal (A+) ve negatif ideal (A-) çözümlerin tespit edilmesi,
- Alternatifler arasındaki mesafelerin ölçülmesi,
- İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması,
- Alternatiflerin ideal çözüme yakınlıklarına göre sıralanması.



Şekil 1. Topsis yönteminin grafiksel gösterimi [24]

Şekil 1'de gösterildiği üzere, X ve Y gibi iki alternatif olsun. X alternatifi hem ideal çözüme yakın olması hem de negatif ideal çözümden uzak olması sebebiyle Y'ye göre önceliklidir [25].

3 Uygulama

Bu çalışmada, İBBS'ye göre Türkiye'deki Düzey 1 bölgelerine ait belediyelerin katı atık yönetimindeki etkinlikleri VZA ile incelenmiştir. Çünkü VZA benzer girdi ve çıktılara sahip karar birimlerinin etkinliklerini hesaplamayı mümkün kılmaktadır. Literatürde katı atık yönetimi ile ilgili yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Akdoğan ve Güleç (2007) Türkiye'de il merkez belediyelerindeki birim yöneticilerinin katı atık yönetimi konusundaki düşüncelerini belirlemek amacıyla bir anket çalışması yapmıştır. Çalışmada belediyelerin katı atık hizmetleri ve katı atık yönetimine yaklaşımları incelenmiştir. Sonuç olarak, konunun önemini tam olarak anlaşılmadığını ve çalışmaların başlangıç düzeyinde olduğu görülmüştür [26]. Balaban ve Baki (2010) Trabzon ili için en uygun bertaraf etme seçeneğini belirlemek için ÇKKV yöntemlerinden Analitik Ağ Süreci (ANP)'ni kullanmıştır. Kriterler; finansal, çevresel olabilirlik, personel yönetimi, toplum algısı ve teknoloji olmak üzere 5 gruba ayrılmıştır. Sonuç olarak, "düzenli depolama, kompostlama ve yakma" en uygun bertaraf etme seçeneği olarak bulunmuştur [27]. Özkan vd. (2011) Eskişehir için MRF, geri dönüşüm, kompostlama, insinerasyon ve düzenli depolama olmak üzere beş farklı katı atık yönetim sistemi senaryosunu ÇKKV yöntemlerinden ELECTRE III ile sıralamıştır [28]. Solak ve Pekküçükşen (2018) kentsel katı atıkların Türkiye'de belediyeler tarafından nasıl yönetildiği, konuya dair yapılan çalışma ve projelerin incelenmesi ve belediyelerin karşı karşıya kaldıkları sorunları analiz etmek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu bağlamda, Türkiye'deki büyükşehir belediyeleri, büyükşehir ilçe belediyeleri ve il belediyelerine anket ile soru formu göndermiş ve elde edilen verileri SPSS paket programı aracılığıyla analiz etmişlerdir. İncelenen çalışmalar arasında Türkiye'de katı atık yönetim sistemini bölgesel düzeyde ele alan bir çalışmaya rastlanmamıştır [29]. Ancak Tüzüner ve Alp (2019) Türkiye ile AB ülkelerinin katı atık yönetimi performanslarını Malmquist endeksi ile karşılaştırmak için iki model önermiştir. Çalışmanın birinci modelinde girdi olarak; "kategorisine göre atık üretimi", "önemli mineral atıklar" ve "belediye atık üretimi"ni kullanmışlardır. Çıktı olarak ise "belediye atıklarının geri dönüşüm oranı", "ambalaj atıkları için geri dönüşüm oranları" ve "ambalaj atıkları için geri kazanım oranları" seçilmiştir. İkinci modelde ise aynı çıktılar "kamu tarafından yapılan çevresel yatırım" ve "çevre koruma harcamaları" girdileriyle analiz edilmiştir [30]. Bu çalışmada ise Tüzüner ve Alp'in çalışması referans alınarak ve TÜİK'ten elde edilebilen veriler doğrultusunda kişi başı ortalama atık miktarı (kg/kişi-gün), bölgedeki belediye sayısı ve belediye çevre harcamaları olmak üzere 3 girdi ve belediye çevre gelirleri ve çöp depolama sahalarında bertaraf edilen atık miktarı (ton) olmak üzere 2 çıktı kullanılmıştır. Girdiler üzerindeki kontrol az olduğundan çıktı odaklı CCR ve BCC modellerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Tablo 1'de Düzey 1 bölge belediyelerinin girdi ve çıktı değerleri verilmiştir.

Veriler Frontier Analyst paket programında işlenerek 12 adet KVB'nin etkinlik değerleri bulunmuş ve bu değerler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Düzey 1 bölge belediyelerinin girdi ve çıktı değerleri.

Bölge	Girdi		Çıktı		
	Ortalama kişi başı atık miktarı (kg/kişi-gün)	Belediye sayısı	Belediye çevresel harcamaları (TL)	Çöp depolama sahalarına bertaraf edilen atık miktarı (ton)	Belediye çevresel gelirleri (TL)
İstanbul	1.3	39	5128252675	7035000	4844036913
Batı Marmara	1.48	91	1016693515	1678000	386623642
Ege	1.35	194	3145851963	4817000	1749568195
Doğu Marmara	1.1	106	2907760591	2970000	1726643243
Batı Anadolu	1.12	67	2379117776	3129000	2174598398
Akdeniz	1.07	124	2534742123	3832000	1236253896
Orta Anadolu	0.99	171	578177595	1208000	187982700
Batı Karadeniz	1.17	162	728117770	1432000	454409631
Doğu Karadeniz	0.96	102	473305372	772000	180261844
Kuzeydoğu Anadolu	1.14	75	341998876	641000	200258909
Ortadoğu Anadolu	1.04	110	569292412	1182000	315867886
Güneydoğu Anadolu	1.02	118	1083321628	2888000	733295704

Tablo 2. Düzey 1 bölgelerinin etkinlik değerleri

Bölge	CCR (%)	CCR (SE) (%)	BCC (%)	BCC (SE) (%)
İstanbul	100	386.20	100	1000
Batı Marmara	68.30	68.30	80.40	80.40
Ege	90.00	90	96.30	96.30
Doğu Marmara	65.50	65.50	84.10	84.10
Batı Anadolu	96.80	96.80	100	1000
Akdeniz	89.50	89.50	100	105.60
Orta Anadolu	78.40	78.40	100	103.30
Batı Karadeniz	83.70	83.70	89.20	89.20
Doğu Karadeniz	61.20	61.20	100	1000
Kuzeydoğu Anadolu	79.20	79.20	100	1000
Ortadoğu Anadolu	80.10	80.10	98.70	98.70
Güneydoğu Anadolu	100	194.30	100	166.20

CCR ve BCC modellerine göre etkinlik skoru %100; SE modeline göre etkinlik skoru %100 ve üzerinde olan KVB'ler etkin kabul edildiğinden, CCR modeline göre İstanbul ve Güneydoğu Anadolu bölgesi olmak üzere 2 adet etkin bölge bulunmuştur. BCC modelinde ise İstanbul,

Akdeniz, Doğu Karadeniz, Orta Anadolu, Batı Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Kuzeydoğu Anadolu bölgeleri olmak üzere 7 adet etkin bölge bulunmuştur. SE modeli ile etkin olmayan KVB'lerle birlikte etkin olan KVB'ler de sıralanmıştır.

Bölgeler, SE modellerinin ardından karşılaştırma yapılabilmesi için Topsis yöntemiyle de sıralanmıştır. Bu sıralama Tablo 3'te verilmiş; Tablo 4'te ise üç yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. Topsis sıralaması

Topsis Sıralaması	Bölge
1	İstanbul
2	Batı Anadolu
3	Güneydoğu Anadolu
4	Ege
5	Kuzeydoğu Anadolu
6	Doğu Marmara
7	Akdeniz
8	Ortadoğu Anadolu
9	Doğu Karadeniz
10	Batı Marmara
11	Batı Karadeniz

12 Orta Anadolu

Tablo 4. Yöntemlerin karşılaştırılması

Bölge	Topsis	BCC (SE)	CCR (SE)
İstanbul	1	1	1
Batı Marmara	10	12	10
Ege	4	9	4
Doğu Marmara	6	11	11
Batı Anadolu	2	1	3
Akdeniz	7	6	5
Orta Anadolu	12	7	9
Batı Karadeniz	11	10	6
Doğu Karadeniz	9	1	12
Kuzeydoğu Anadolu	5	1	8
Ortadoğu Anadolu	8	8	7
Güneydoğu Anadolu	3	5	2

Tablo 3 incelendiğinde, en iyi bölgenin üç yönteme göre de değişmediği ve Topsis ile CCR SE yöntemlerinden elde edilen sıralamaların benzeştiği söylenebilir.

İki modele göre de etkin olmayan 5 bölgenin etkin hale gelmesi için yapılması gereken potansiyel iyileştirmeler Tablo 4, 5, 6, 7 ve 8'de verilmiştir. Tablolarda, hedeflenen değere ulaşabilmek için azaltılması gereken girdi miktarları (-) ve artırılması gereken çıktı miktarları (+) ile gösterilmiştir.

Tablo 4. Batı Marmara bölgesinin potansiyel iyileştirme hedefleri

Batı Marmara	Değer	Hedef	Pot. İyileşme (%)
Kişi başı ort. atık miktarı	1.48	1.1	-25.69
Belediye Sayısı	91	91	0.00
Çevresel harcamalar	1016693515	1016693515	0.00
Bertaraf edilen atık miktarı	1678000	2087535,15	24.41

Çevresel Gelirler 386623642 774078191 100.21

Tablo 5. Doğu Marmara bölgesinin potansiyel iyileştirme hedefleri

Doğu Marmara	Değer	Hedef	Potansiyel İyileştirme (%)
Kişi başı ort. atık miktarı	1.1	1.1	0.00
Belediye Sayısı	106	80.88	-23.70
Çevresel harcamalar	2907760591	2352432705	-19.90
Bertaraf edilen atık miktarı	2970000	3530695.5	18.80
Çevresel Gelirler	1726643243	2052609941	18.80

Tablo 6. Batı Karadeniz bölgesinin potansiyel iyileştirme hedefleri

Batı Karadeniz	Değer	Hedef	Pot. İyileşme (%)
Kişi başı ort. atık miktarı	1.17	1.1	-5.80
Belediye Sayısı	162	89.11	-44.99
Çevresel harcamalar	728117770	728117770	0.00
Bertaraf edilen atık miktarı	1424000	1597086.5	12.15
Çevresel Gelirler	454409631	509642898	12.15

Tablo 7. Ege bölgesinin potansiyel iyileştirme hedefleri

EGE	Değer	Hedef	Pot. İyileşme (%)
Kişi başı ort. atık miktarı	1.35	1.16	-13.87
Belediye Sayısı	194	77.72	-59.94
GİRDİ Çevresel harcamalar	3145851963	3145851963	0.00
Bertaraf edilen atık miktarı	4817000	5002575.8	3.85
ÇIKTI Çevresel Gelirler	1749568195	2829382966	61.72

Tablo 8. Ortadoğu Anadolu bölgesinin potansiyel iyileştirme hedefleri

Ortadoğu Anadolu	Değer	Hedef	Pot. İyileşme (%)
Kişi başı ort. atık miktarı	1.04	1.04	0.00
Belediye Sayısı	110	95.35	-13.32
GİRDİ Çevresel harcamalar	569292412	569292412	0.00
Bertaraf edilen atık miktarı	1182000	1197214.4	1.29
ÇIKTI Çevresel Gelirler	315867886	319933656.1	1.29

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, bölgesel gelişmişlik düzeylerindeki farkları azaltmak amacıyla İstatistik Bölge Birimleri'nin belirlediği benzer coğrafi komşu illerden oluşan 12 adet Düzey 1 bölgesinin katı atık yönetim etkinlikleri incelenmiştir. Etkinlikler, VZA'nın CCR, BCC ve SE modelleriyle hesaplanmıştır.

CCR modeline göre İstanbul ve Güneydoğu Anadolu bölgesi etkin bulunmuştur. BCC modeline göre ise İstanbul, Orta Anadolu, Kuzeydoğu Anadolu, Doğu Karadeniz, Akdeniz, Batı Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi etkin bulunmuştur. Etkin olan bölgelerin de kendi aralarında

sıralanabilmesi için SE ve Topsis yöntemi kullanılmış ve en etkin bölge İstanbul olmuştur.

İki modelde de etkin olmayan bölgeler Batı Marmara, Doğu Marmara, Batı Karadeniz, Ege ve Ortadoğu Anadolu bölgeleridir. Çalışmada, bu bölgeleri etkin hale getirmek için yapılması gereken iyileştirmeler analiz edilmiştir.

Batı Marmara bölgesinde belediye sayısı ve çevresel harcamalar etkinliğe etki etmeyen değişkenlerdir. Ancak kişi başına düşen atık miktarında yapılacak yaklaşık %25.69'luk azalma ya da bertaraf edilen atık miktarında yapılacak %24.41'lik artış Batı Marmara Bölgesini etkin hale getirecektir.

Doğu Marmara bölgesinde etkinliğin artmasında etkisi olmayan değişken kişi başına düşen ortalama atık miktarıdır. Çıktıların herhangi birinde yapılacak %18.80'lik azaltma bölgeyi etkin duruma getirecektir.

Batı Karadeniz bölgesinde çevresel harcamaların etkinliği iyileştirmeye katkısı olmayacaktır. Kişi başına düşen ortalama atık miktarının %5.80 azaltılmasıyla bölgenin etkin duruma gelmesi mümkündür.

Ege bölgesinde etkinliği iyileştirmek için herhangi bir katkı sağlamayacak değişken çevresel harcamalardır. Bertaraf edilen atık miktarında yapılacak %3.85'lik artış bölgeyi etkin konuma getirecektir.

Ortadoğu Anadolu bölgesinde kişi başına düşen ortalama atık miktarı değişkeni etkinlik üzerinde herhangi bir değişime sebep olmayacaktır. Çıktıların herhangi birinde yapılacak yalnızca %1.29'luk artış ise bölgenin etkin olmasını sağlayacaktır. Tüm bulgular dikkate alındığında iyileştirme yapılacak öncelikli bölge Ortadoğu Anadolu bölgesi olarak seçilebilir.

Kaynaklar

- [1] Şengül Ü, Eslemihan S, Eren M. "Türkiye'de istatistik bölge birimleri sınıflamasına göre düzey 2 bölgelerinin ekonomik etkinliklerinin vza yöntemi ile belirlenmesi ve tobit model uygulaması". *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 11(21), 75-99, 2013.
- [2] Kayalak S, Kiper T. "İstatistik bölge birimleri nomenklatörü'ne (nuts) göre Türkiye'de bölgesel farklılıklar". *TÜCAUM IV. Ulusal Coğrafya Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 25-26 Mayıs 2006.
- [3] Yılmaz S, Dericioğlu T, Elliott I.A, Özden M.S. "Kalkınma birliklerinden kalkınma ajanlarına yönelirken". *12. Ulusal Bölge Bilimi/Bölge Planlama Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 25-26 Ekim 2007.
- [4] Resmi Gazete. "2002/4720 Bölgesel İstatistiklerin Toplanması, Geliştirilmesi, Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Analizlerinin Yapılması, Bölgesel Politikaların Çerçevesinin Belirlenmesi ve Avrupa Birliği Bölgesel İstatistik Sistemine Uygun Karşılaştırılabilir İstatistik Veri Tabanı Oluşturulması Amacıyla Ülke Çapında İstatistik Bölge Birimleri Sınıflandırmasının Tanımlanmasına İlişkin Karar". https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2002/09/2_0020922.htm#3 (05.02.2020).
- [5] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444, 1978.
- [6] Karakaya İ. İstanbul İçin Stratejik Kentsel Katı Atık Yönetimi Yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.

- [7] Arslan A E, Güven Ö Z. "Veri zarflama analizi ile üniversite etkinliklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma: Türkiye örneği". *Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi*, 3(6), 86-105, 2018.
- [8] Thanassoulis E, Kortelainen M, Johnes G, Johnes J. "Costs and efficiency of higher education institutions in England: a DEA analysis". *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1282-1297, 2011.
- [9] Abadi N Y H, Noori S, Haeri A. "The use of resource allocation approach for hospitals based on the initial efficiency by using data envelopment analysis". *Journal Of Health Management And Informatics*, 4(4), 101-106, 2017.
- [10] Demirci A, Tarhan D B. "Karayolu taşımacılığı optimizasyonu (veri zarflama analizi ile mersin ilinde bir uygulama)". *Toros Üniversitesi İisbf Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(7), 112-131, 2017.
- [11] Özel N G, Şahin I E, Göral R. "Türk bankacılık sektöründe etkinlik ve verimlilik analizinin veri zarflama yöntemi ile incelenmesi: 2013-2015 dönemi uygulaması". *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 17, 85-100, 2017.
- [12] Stoica O, Mehdian S, Sargu A. "The impact of internet banking on the performance of romanian banks: dea and pca approach". *Procedia Economics And Finance*, 20, 610-622, 2015.
- [13] Ohsato S, Takahashi M. "Management efficiency in Japanese regional banks: a network dea". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 172, 511-518, 2015.
- [14] Dalkılıç N. "Türkiye'de hayat dışı sigortacılık sektöründe etkinlik analizi". *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 55, 71-90, 2012.
- [15] Bilişik M T, "Veri zarflama analizi ile Türkiye bankacılık sektöründe verimlilik araştırması". *Akademik Bakış Dergisi*, 49, 2015.
- [16] Seyrek İ H, Ata H A. "Veri zarflama analizi ve veri madenciliği ile mevduat bankalarında etkinlik ölçümü". *Journal of BRSA Banking & Financial Markets*, 4(2), 2010.
- [17] Kayalıdere K, Kargın S. "Çimento ve tekstil sektörlerinde etkinlik çalışması ve veri zarflama analizi". *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 196-219, 2004.
- [18] Kıran B. Kalkınmada Öncelikli İllerin Ekonomik Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2008.
- [19] Budak H. "Veri zarflama analizi ve Türk bankacılık sektöründe uygulaması". *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(3), 95-110, 2011.
- [20] Andersen P, Petersen N C. "A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis". *Management Science*, 39(10), 1261-1264, 1993.
- [21] Erpolat S. *Veri Zarflama Analizi (Ağırlık Kısıtlamasız, Ağırlık Kısıtlamalı, Şans Kısıtlı, Bulanık) Türkiye'deki Özel Bütçeli İdarelerin Etkinlik Analizi*, 1. Basım, İstanbul, Türkiye, Evrim Yayınevi, 2011.
- [22] Hwang C L, Yoon K, *Multiple attributes decision making methods and applications*, Berlin, 1981.
- [23] Koyuncu O, Özcan M. "Personel seçim sürecinde analitik hiyerarşi süreci ve topsis yöntemlerinin karşılaştırılması: otomotiv sektöründe bir uygulama". *H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(2), 195-218, 2014.
- [24] Özdemir M. *TOPSIS, Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, 1. Basım, Bursa, Türkiye, Dora Basım-Yayın Dağıtım, 133-153, 2014.
- [25] Yayar R, Baykara H. "TOPSIS yöntemi ile katılım bankalarının etkinliği ve verimliliği üzerine bir uygulama". *Business and Economics Research Journal*, 3(4), 21-42, 2012.
- [26] Akdoğan A, Güleç S. "Sürdürülebilir katı atık yönetimi ve belediyelerde yöneticilerin katı atık yönetimiyle ilgili tutum ve düşüncelerinin analizine yönelik bir araştırma". *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 39-69, 2007.
- [27] Balaban Y, Baki B. "Analitik ağ süreci yaklaşımıyla uygun katı atık bertaraf sisteminin belirlenmesi: Trabzon ili örneği". *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(3), 183-197, 2010.
- [28] Özkan A, Banar M, Acar I, Sipahioğlu A. "Application of the ELECTRE III method for a solid waste management system". *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 12(1), 11-23, 2011.
- [29] Solak S G, Pekküçükşen S. "Türkiye'de kentsel katı atık yönetimi: karşılaştırmalı bir analiz". *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(3), 2018.
- [30] Tüzüner Z., Alp, İ. "Comparison of solid waste management performances of turkey and eu countries associated with malmquist index". *Politeknik Dergisi*, 21(1), 75-81, 2018.