



BÜYÜKŞEHİRLERİN KATI ATIK YÖNETİMİ ETKİNLİĞİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ KULLANILARAK ÖLÇÜLMESİ

Hakan EVİN* **Aydın ÖZDEMİR ****

Öz

Ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından katı atık yönetimi hayati önem taşımaktadır. Çalışma Türkiye’deki büyükşehirlerin katı atık yönetim etkinliklerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda öncelikle katı atık ve katı atık yönetimi kavramları incelenmiştir. Daha sonra otuz büyükşehir ait iki girdi değişkeni (Kişi Başı Toplanan Ortalama Atık Miktarı ve Atık Hizmeti Veren Belediye Sayısı) ve iki çıktı değişkeninden (Düzenli Depolama Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı ve Geri Kazanım Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı) oluşan veri seti Veri Zarflama Analizi ile analiz edilmiştir. Analiz sırasında Veri Zarflama Analizi modellerinden Çıktı Yönelimli BCC (VRS) Modeli kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, yedi büyükşehirin (Adana, Ankara, Gaziantep, İstanbul, Kahramanmaraş, Mardin ve Şanlıurfa) etkin olduğu tespit edilmiştir. Etkin olmayan büyükşehirlerin etkin hale gelebilmeleri için tanımlanan referans kümelerinde en çok İstanbul (20 kez) ve Gaziantep (18 kez) yer almıştır.

Anahtar Kelimeler: Katı atık, veri zarflama analizi, büyükşehir.

* Prof. Dr. Adiyaman Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, hevin@adiyaman.edu.tr

** Öğr. Gör. Dr. Adiyaman Üniversitesi, Besni Ali Erdemoğlu Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, İşletme Yönetimi Programı, aydinozdemir17@gmail.com

MEASURING OF SOLID WASTE MANAGEMENT EFFICIENCY OF METROPOLITANS USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Abstract

Solid waste management is essential In terms of economic and environmental sustainability. The study aims to measure the efficiency of solid waste management of metropolitans in Turkey. In this context, firstly solid waste and solid waste management concepts were investigated. Then, the dataset consisting of two input variables (Average Amount of Waste Collected Per Capita and Number of Municipalities Providing Waste Services) and two output variables (Amount of Waste to Controlled Landfill Sites and Amount of Waste to Recovery Facilities) belonging to thirty metropolitans were analyzed by Data Envelopment Analysis. During the analysis, the BCC (VRS) Output Orientated Model, one of the Data Envelopment Analysis models, was used. According to analysis results, seven metropolitans (Adana, Ankara, Gaziantep, Istanbul, Kahramanmaraş, Mardin ve Sanliurfa) were determined as efficient. Istanbul (20 times) and Gaziantep (18 times) appeared metropolitan in the reference set identified inefficient metropolitans to become efficient.

Keywords: *Solid waste management, data envelopment analysis, metropolitan.*

1. GİRİŞ

Türkiye gibi sürekli artan nüfusa sahip gelişmekte olan ülkeler için sanayileşme ve bu bağlamda ekonomik kalkınmanın sağlanması, refah düzeyinin artırılması önemli hale gelmektedir. Kentleşme ve fert başına gelirdeki hızlı artış, yüksek oranlarda kentsel katı atık üretimine yol açmaktadır. Son zamanlarda, e-atık ve plastik atık da elektronik ve diğer öğelerin kullanımı nedeniyle toplam atık üretimine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Başlangıçta çöp olarak nitelendirilerek yaşam alanlarından uzak tutulmaya çalışılan atıkların başka alanlarda kullanılabilecek ekonomik girdiler olduğunun tespiti ile “çöp” terimi

yerini “katı atık” terimine bırakmış, katı atıklar değerlendirilmesi gereken önemli bir kaynak olarak kabul edilmiştir. Bu gelişmeyle birlikte üretilen toplam atık miktarı içerisinde önemli payı olan katı atıkların nihai bertarafına kadar olan sürece sistematik bir yaklaşımı ifade eden katı atık yönetimi kavramı geliştirilmiştir. Ülke uygulamaları farklılık gösteren katı atıkların yönetimi, çıkarılan yasalarla Türkiye’de yerel yönetim birimlerinden belediyelere verilmiştir.

Bu çalışmanın amacı Türkiye’deki 30 adet büyükşehirin katı atık yönetimi konusunda göreceli etkinliklerini Veri Zarflama Analizi kullanarak değerlendirmektir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

19. yy’da başlayan sanayileşmeye koşut hızlı kentleşme ve tüketici toplumuna doğru evrilme süreci ile birlikte toplum tarafından üretilen atık miktarında da büyük bir artış meydana gelirken, üretilen kentsel atıkların ne yapılacağı, nasıl değerlendirileceği konusu gündeme gelmiştir. En uygun olan atık toplama alanlarının kullanımında sona gelmiş olup, yeni ve daha fazla kullanım olanağı sunan modern yöntemlerle inşa edilmiş alanlara olan gereksinim giderek artmaktadır. Diğer taraftan, yerleşim alanlarına yakın olan bölgelerde, atıkların gelişigüzel toplanmasının meydana getirdiği çevre sorunları çevre ve insan sağlığı yönünden potansiyel tehlike oluşturmaya başlamıştır. Bu bağlamda sanayileşmiş ülkeler başta olmak üzere, pek çok ülkede atıkların oluşturduğu çevre kirliliğinin önlenmesinin yanı sıra atıkların ekonomik değeri; düzenli depolama tesislerinin inşası, atık miktarının azaltımı, geri kazanımının gerçekleştirilmesi ile katı atık nakliye giderlerinin azaltımı ve gerektiğinde uygun teknolojiye sahip aktarma merkezlerinin kullanılmasını içeren katı atık yönetim yaklaşımını ortaya çıkarmıştır. Dünya’da, yılda 2,01 milyar ton kentsel katı atık

üretiliyor ve bunun en az %33'ü çevre açısından güvenli bir şekilde yönetilmiyor. Dünya çapında, günde kişi başına üretilen atık miktarı ortalama 0,74 kg'dır. 2050'ye kadar küresel atıkların 3,40 milyar tona çıkması beklenmektedir (Kaza, Yao, Bhada-Tata, Van Woerden, 2018).

AB'de 2019 yılı verilerine göre yılda ise ortalama kişi başı 502 kg kentsel katı atık üretilmektedir (Eurostat, 2019). ABD'de ise bu rakam 2018 yılında 292,4 milyon ton olup, kentsel katı atık üretimi ise 2,205 kg/kişi-gün'dür (US EPA, 2018). Türkiye'de ise 2019 yılı verilerine göre kişi başı yıllık üretim 424 kg'dır (Eurostat, 2019).

2016 verilerine göre uluslararası düzeyde, en büyük atık kategorisi gıda ve yeşil atık olup, küresel atıkların %44'ünü, kuru ve geri dönüştürülebilir maddeler (plastik, kâğıt ve karton, metal ve cam) olan atıklar %38'ini oluştururken, %18'ini ise diğer atıklar oluşturmaktadır. Atık bertaraf uygulamaları, gelir düzeyine ve bölgeye göre önemli ölçüde değişmekle birlikte dünya genelinde atıkların yaklaşık %40'ı düzenli depolamaya, %30'u vahşi depolamaya tabi tutulmakta, %19'u geri dönüşüm ve kompostlama, %11'i ise yakma yöntemi ile bertaraf edilmektedir (Kaza vd., 2018). AB'de 2019 yılı verilerine göre atıkların 54 milyon tonu katı atık depolama sahasına gönderilmiş, 60 milyon tonu yakılarak bertaraf edilmiş, 68 milyon tonu malzeme geri dönüşümüne tabi tutulmuş, 39 milyon tonu kompostlaştırılmış ve 4 milyon tonu ise diğer yöntemler kullanılarak bertaraf edilmiştir (Eurostat, 2019).

Türkiye'de 2016 yılında belediyeler tarafından toplanan kentsel atık miktarı yaklaşık 31,6 milyon ton iken bu miktar 2018 yılında 32,2 milyon ton'a yükselmiştir. Toplanan bu atığın 2016 yılında 9 milyon tonu (%28,8) belediye çöplüğüne, 19,3 milyon tonu (%61,2) düzenli depolama tesislerine, ayrı toplanan yaklaşık 3 milyon ton (%9,8) "cam, metal, kâğıt, plastik vb." geri kazanılabilir atıklar geri kazanım tesisleri ile biyogaz ve kompost tesislerine

gönderilmiş, %0,2'si de açıkta yakmak, gömmek, derelere veya araziye dökmek suretiyle bertaraf edilmiştir. 2018 yılında ise toplanan atığın %67,2'si düzenli depolama tesislerine, %20,2'si belediye çöplüklerine, %0,4'ü kompost tesislerine, %11,9'u ise diğer geri kazanım tesislerine gönderilmiş, %0,2'si ise diğer bertaraf yöntemleri ile bertaraf edilmeye çalışılmıştır (TÜİK, 2020). Belediyeler tarafından toplanan kentsel atıklar bileşenleri açısından değerlendirildiğinde %40,7'si kâğıt-karton, %30'u plastik, %10,9'u cam, %9,7'si metal, %2'si ahşap ve %6,7'si kompozit malzemeden oluşmaktadır (TMMOB ÇMO, 2018).

Malzemelerin kullanım ömrünü tamamlamasıyla kullanıcıları için değeri kalmayan katı atıkların toplanmasından ayrıştırılmasına, geri kazanımına/dönüştürülmesine kadar geçen bu süreçte tüm maliyet ve sorumluluk dünyada genelde yerel yönetimler tarafından üstlenilmiş olup, Türkiye'de katı atık yönetimi uygulaması belediyeler tarafından gerçekleştirilmektedir.

Katı atık yönetimi uygulaması ile; atık azaltma, yeniden kullanma ve kaynağında ayırma, etkin atık toplama ve taşıma, atıklardan enerji elde etme ve kirleten öder ilkesi getirilerek sürdürülebilir bir ekonomi ve sağlıklı bir çevre garanti edilmektedir.

2.1. Katı Atık Kavramı

“Katı atığın” yasal tanımı aslında fiziksel biçimle hiçbir ilgisi olmayıp, daha ziyade, malzemenin bir “atık” olup olmadığı ile ilgilidir. Kaynak Koruma ve Geri Kazanım Yasası (Resource Conservation and Recovery Act-RCRA) katı atığı; atık su arıtma tesisi, su tedariki arıtma tesisi veya hava kirliliği kontrol tesisinden çıkan çamur ve endüstriyel, ticari, madencilik ve tarımsal faaliyetlerden ve topluluklardan kaynaklanan atılmış herhangi bir çöp veya atık olarak

tanımlamaktadır (US EPA, 2021). Tanım irdelendiğinde katı atık tanımının fiziksel olarak katı atıklarla sınırlı olmadığıdır. Katı atıkların çoğu sıvı, yarı katı veya gaz halindeki maddeler olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda katı atık kavramı atık yönetimi literatüründe yalnızca sıvı, gaz ya da radyoaktif atıklar dışındaki atıklar için kullanılan bir kavram olsa da katı atıkların geri dönüşümü ve yeniden üretime kazandırılması ile birlikte anlam erozyonuna uğrayarak daha çok atık anlamı içermeyen katı veya yarı katı maddeler için de kullanılır olmuştur (Zachary, 2012). Katı atık, en genel anlamıyla evsel, ticari ve endüstriyel faaliyetlerin yan ürünü olan veya kullanıcısı tarafından ömrünü tamamladığı düşüncesiyle atılan ancak çevre ve insan sağlığı açısından düzenli biçimde bertarafı gereken maddeler olarak tanımlanabilir. Başka bir ifadeyle tamamen ortadan kaldırılması gereken maddeler olmaktan ziyade üretim sürecine yeniden dahil edilmesi, geri kazanılması gereken ekonomik değer/ürün olarak da tanımlanabilir. Katı atıkların sınıflandırılmasını atıkların kaynaklarına, türlerine ve oluşumlarına neden olan araçlara göre yapmak mümkündür. Atıkların sınıflandırılmasında kullanılan en yaygın yöntem kaynaklarına göre sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmaya göre atıkları, evsel, ticari, endüstriyel, kurumsal (kentsel), açık alanlardan elde edilen, arıtma tesislerinden gelenler ve tarımsal olmak üzere yedi gruba ayırmak mümkündür (Speight ve Luque, 2015; Tchobanoglous ve Keith, 2002).

Genellikle süprüntü veya çöp olarak bilinen kentsel katı atık kavramı ise genellikle zararlı ve tehlikeli katı atık kapsamında değerlendirilmeyen kâğıt, karton, gıda, bahçe atığı ve plastik gibi organik atıklar ile metal ve cam gibi inorganik atıkları içeren atık kompozisyonu için kullanılmaktadır. Kentsel katı atık, negatif fiyatlı, bol ve esasen yenilenebilir bir hammaddedir ve bileşimi/kompozisyonu bir topluluktan diğerine değişebilir olmakla birlikte genellikle organik atıklar en büyük bileşeni oluşturur. Atıkların bertarafında

kullanılan katı atık yönetim yöntemleri ise; düzensiz ve düzenli depolama, kompostlaştırma, tekrar kullanım, geri kazanım, geri dönüşüm ve yakmadır.

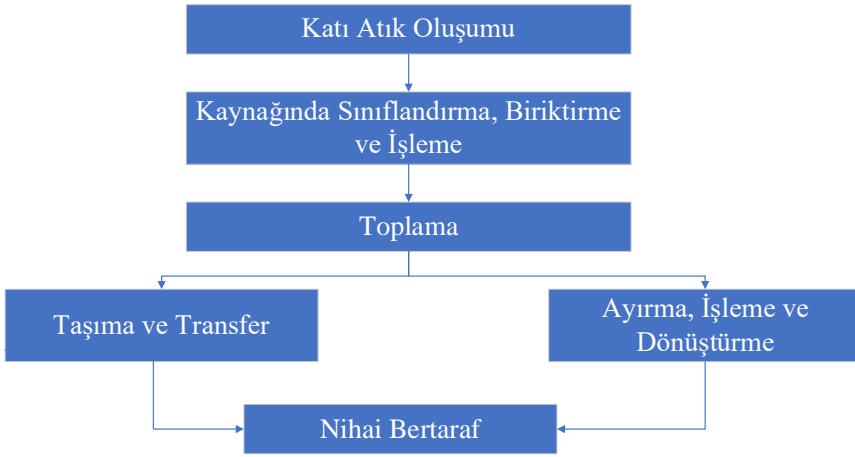
2.2. Katı Atık Yönetimi

Küresel olarak atığın çoğu halihazırda atılmakta veya katı atık depolama alanına bertaraf edilmektedir. Atığın yaklaşık %37'si çöp sahasında bertaraf edilmekte ve bunun %8'i düzenli depolama gazı toplama sistemleri bulunan düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmektedir. Vahşi depolama atığın yaklaşık %31'ini oluştururken, %19'u geri dönüşüm ve kompostlama yoluyla geri kazanılırken ve %11'i ise nihai bertaraf için yakılmaktadır (The World Bank, 2021).

Sürdürülebilir ve yaşanabilir kentler inşa etmek için atıkları uygun şekilde yönetmek gereklidir, ancak birçok gelişmekte olan ülke ve kent için bu durum bir zorluk olmaya devam etmektedir. Etkili bir atık yönetiminin maliyeti yüksektir ve genellikle belediye bütçelerinin %20-50'sini oluşturur. Toplanmayan atıklar ve yetersiz şekilde bertaraf edilen atıkların önemli sağlık ve çevresel etkileri vardır. Bu etkileri gidermenin maliyeti, basit, yeterli atık yönetimi sistemleri geliştirme ve çalıştırma maliyetinden kat kat daha yüksektir. Bu temel belediye hizmetini işletmek, verimli, sürdürülebilir ve sosyal olarak desteklenen entegre sistemleri gerektirir (The World Bank, 2019).

Katı atık yönetimi, halk sağlığı, koruma, ekonomi, estetik, mühendislik ve diğer çevresel nedenlerle atık üretiminin kontrolü, depolanması, toplanması, taşınması veya aktarılması, işlenmesi ve bertarafı ile ilgili bir disiplin olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda katı atık yönetimi katı atıkların biriktirilmesi, toplanması, taşınması ve değerlendirilmesi sırasında çevreye zarar vermeden miktarında azaltma yapma ve değerlendirme çalışmalarıdır. Bu tanım atık yönetiminin iki ana ilkesi olduğu anlamına gelmektedir. Çağdaş atık yönetiminin

birinci temel ilkesi atık miktarını azaltmaktır. Aslında atık sorununu atıklar çöp haline gelmeden çözmeye çalışmak en doğru yaklaşımdır. Atık yönetiminin ikinci temel ilkesi ise çevreye zarar vermeden bertaraf edilemeyecek maddeleri üretmekten kaçınmaktır. Maliyetleri düşürmek ve atık oluşumunu önlemek için bu mümkün olan en verimli şekilde yapılmalıdır (Evin ve Demiral, 2018). Atık yönetim sisteminin Şekil 1'de görüldüğü gibi ana hatlarıyla altı işlevsel bileşeni vardır.



Şekil 1. Katı Atık Yönetim Sistemi

Kaynak: Kemirtlek, 2007.

Katı atık yönetimi uygulamaları, konut ve endüstriyel üreticiler, kent ve kırsal alanlar ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için farklılık gösterebilmektedir. Büyükşehir alanlarında tehlikeli olmayan atıkların yönetimi yerel yönetim birimlerinin görevi iken, tehlikeli atıkların yönetimi, yerel, ulusal ve uluslararası yönetimlere bağlı olarak, genelde onu üretenlerin sorumluluğundadır.

Yanlış yönetilen katı atıklar insan sağlığı ve çevre için risk oluşturmaktadır. Kontrolsüz boşaltma ve atıkların yanlış işlenmesi, suların kirlenmesine, böceklerin ve kemirgenlerin çoğalmasına ve tıkalı drenaj kanalları veya oluklar

nedeniyle artan sel suları gibi çeşitli sorunlara neden olmaktadır. Ayrıca yangın veya patlamalardan kaynaklanan güvenlik tehditlerine de neden olabilir. Yanlış atık yönetimi aynı zamanda iklim değişikliğine katkıda bulunan sera gazı emisyonlarını da artırır. Atık toplama, taşıma ve bertarafı için kapsamlı bir program planlamak ve uygulamak-atıkları önleme veya geri dönüştürme faaliyetleriyle birlikte-bu sorunları ortadan kaldıracaktır (US EPA, 2002).

Katı atık yönetimi alanında çözümlere daha sistematik ve bütünsel yaklaşımı içeren entegre katı atık yönetimi kapsamlı bir atık önleme, geri dönüşüm, kompostlama ve imha programıdır. Etkili bir entegre katı atık yönetim sistemi, insan sağlığını ve çevreyi en etkili biçimde korumaya yönelik katı atığın nasıl önleneceğini, geri dönüştürüleceğini ve yönetileceğine odaklanırken aynı zamanda, yerel gereksinimlerin ve koşulların değerlendirilmesini ve devamında bu koşullara en uygun olan atık yönetimi faaliyetlerinin belirlenmesini ve birleştirilmesini içerir. Başlıca entegre katı atık yönetim faaliyetleri ise; atık önleme, geri dönüşüm ve kompostlama ile uygun şekilde tasarlanarak inşa edilmiş ve yönetilen depolama alanlarında yakma ve bertaraf etmedir.

2.3. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi

1980’lerde katı atıkların yönetimi sürecini tamamlayıp konuyu ileri boyuta taşıyarak sürdürülebilir atık yönetimi ve atık etiği olgularını tartışan gelişmiş batılı ülkeler karşısında Türkiye’de atık yönetimi alanındaki gelişmeler yavaş bir seyirde gerçekleşirken, atıklar gözlerden uzakta olsun anlayışıyla geleneksel vahşi depolama yöntemiyle bertaraf edilmeye çalışılmış, ancak 1993 yılında İstanbul Ümraniye vahşi depolama alanında gaz sıkışması sonucu yaşanan patlama da 39 kişinin ölümü, katı atıkların bertarafında yeni bir dönemin de kapısını aralamıştır.

Türkiye’de katı atıkların toplanması ve bertarafı işlemleri 1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu kapsamında çıkartılan Mart 1991 tarihinde 20814 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” ve diğer ilgili yönetmelikler “Tıbbi Atıkların, Tehlikeli Atıkların, Ambalaj Atıklarının, Atık Pil ve Akümülatörlerin, Atık Yağların, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği” çerçevesinde yürütülmekte olup, büyükşehir belediyeleri ile belediyeler çevre kanununun 11. maddesi ile evsel katı atık bertaraf tesislerini kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettirmekle yükümlü kılınmıştır. 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu’nun 7. maddesi büyükşehir katı atık yönetim plânını yapmak veya yaptırmak görevini büyükşehir belediyelerine vermiştir. Yine aynı kanunun 7. maddesi ve 5393 sayılı Belediye Kanunu’nun 14 ve 15. maddeleri ile büyükşehir katı atık yönetim plânına uygun olarak katı atıkların kaynakta toplanması, aktarma istasyonlarına transferi sorumluluğu ilçe belediyelerine verilirken; yeniden değerlendirilme, depolama ve bertaraf edilmesi konusundaki hizmetleri ise büyükşehir belediyelerinin sorumluluğuna bırakmıştır. 6360 sayılı “On üç İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Altı İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnemelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” ile il mülki sınırlarının büyükşehir belediyelerinin sınırları olacak şekilde düzenlenmesiyle katı atıkların yeniden değerlendirilmesi ve bertarafı görevi büyükşehirlerde Büyükşehir Belediyelerinin sorumluluğuna verilmiştir.

Atıkların geri dönüşümü, geri kazanımı ve bertaraf aşamalarının bütünleşik olarak gerçekleştirilmesini ifade eden entegre katı atık yönetimi konusunda ise ÇŞB İklim Değişikliği Eylem Planında 2023 yılı sonuna kadar Türkiye’de vahşi depolama alanlarının tamamının kapatılması ve ülke genelinde entegre katı atık işleme tesislerinin kurulması ve kentsel atıkların tamamının bu tesislerde bertaraf edilmesi hedeflenmiştir (ÇŞB, 2012).

TÜİK 2016 yılı Belediye atık istatistikleri anket verilerine göre, toplam 1397 belediyenin 1390'ı (Muş, Bingöl ve Yozgat illerindeki bazı belediyeler hariç) atık toplama hizmeti verirken, toplam belediye nüfusunun %92,5'ine atık hizmeti götürülebilmektedir. 2018 yılında ise toplam 1399 belediyenin 1395'inde atık toplama hizmeti verilirken, belediye nüfusunun %98,8'ine atık toplama hizmeti ulaştırılır duruma gelinmiştir. 2016 yılında Türkiye'de 140 atık bertaraf tesisi ve 1558 geri kazanım tesisi olmak üzere toplam 1698 tesis faaliyet gösterirken, 2018 yılında bu rakamlar artarak sırasıyla 166, 2057 ve toplamda 2223'e ulaşmıştır (TÜİK, 2020).

3. ARAŞTIRMANIN SORUNALI

Performans değerlendirme, sürekli iyileştirme için etkin bir araç olup Veri Zarflama Analizi (VZA) performans değerlendirmesi için birçok alanda kullanılan etkin bir analizdir (Zhu, 2014). Bu alanların içerisinde kamu hizmetleri, belediye hizmetleri, çevre, konaklama, yiyecek-içecek perakende, bankacılık, sigortacılık, finansal hizmetler, medya, ulaştırma, bilgi teknolojileri, sağlık vb. yer almaktadır (Emrouznejad ve Cabanda, 2014).

Chen, Chang, Chen ve Tsai (2010), Tayvan'daki 19 büyük ölçekli çöp yakma fırınının katı atık yönetimi etkinliklerini Veri Zarflama Analizi kullanarak incelemiştir. Söz konusu çalışmada, İşlem Maliyeti, Elektrik Tüketimi, Yakılan Kentsel Katı Atık Miktarı, İşlem Süresi ve Çalışmayı Durdurma Süresinin girdi değişkenleri; Nox, Sox, Cox, HCl, Askıdaki Katı Atık, Opasite, Yakma Fırını Külü ve Dioksin Salımın çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır.

Tavzar, Giriginer ve Işıklı (2014), Eskişehir'deki beş hastanenin 2010-2012 yılları arasındaki tıbbi atık harcamalarındaki etkinlikler, Veri Zarflama Analiz kullanarak incelemiştir. Söz konusu çalışmada yatarak tedavi olan hasta sayısı, ameliyat

olan hasta sayısı ve atık miktarı girdi değişkenleri; atık maliyetleri ise çıktı değişkeni olarak yer almıştır.

Taşdoğan, Mollavelioğlu ve Mıhçı (2014), Türkiye'deki illerin kentsel çevresel sürdürülebilirliklerini, illeri İktisadi ve çevresel etkenler açısından en iyi performansa sahip 25 il ve Kalkınmada Öncelikli Yörelere Kapsamında yer alan en iyi iktisadi performans sahip 25 il olarak iki kategoriye ayırıp Kategorik Veri Zarflama Analizi ile incelemiştir. Söz konusu çalışmada Su Tüketimi, Elektrik Tüketimi, Akaryakıt Tüketimi, Toplam Çevresel Kamu Harcamaları, Kişi Başı Düşen Motorlu Araç girdi değişkenleri; Kişi Başı GYSİH, 1/SO₂, 1/PM₁₀ Ortalaması, 1/Atık Su ve 1/ Katı Atık çıktı değişkenleri olarak yer almıştır.

Albores, Petridis ve Dey (2016), Çin'deki 20 çöp yakma tesisinin katı atık yönetimi etkinliklerini Veri Zarflama Analizi kullanarak incelemiştir. Söz konusu çalışmada Kapasite ve Yatırım kontrol edilebilen girdi değişkenleri olarak yer alırken Alt Islı Değer ve Yanmaz sabit (kontrol edilemeyen) girdi değişkenleri olarak tanımlanmıştır. Üretilen Elektrik Miktarı ise çalışmanın çıktı değişkenini temsil etmektedir.

Yang, Fu, Liu ve Cheng (2018), Çin'deki 34 belediyenin katık atık yönetimi etkinliklerini Üç aşamalı Veri Zarflama Analizi kullanarak incelemiştir. Söz konusu çalışmada Kentsel Çevresel Temizlik İçin Tasarlanmış Araç ve Ekipman Sayısı ve Kentsel Çevresel Temizlik Kamu Tesislerindeki Sabit Varlık Yatırımları olmak üzere iki adet girdi değişkeni; Toplanan ve Taşınan Kentsel Çevresel Atık Miktarı ve Kentsel Katık Atık Zararsız Hale Getirme Oranı olmak üzere iki adet çıktı değişkeni; Patent Yetkisinin Miktarı, Sosyal Tüketici Mallarının Toplam Perakende Satışları ve Mükemmel Kentsel Hava Kalitesi Oranı olmak üzere üç adet çevresel değişken kullanılmıştır.

Atıcı (2020), Türkiye'deki altı katı atık toplama tesisinin etkinliği Veri Zarflama Analiz kullanılarak değerlendirilmiştir. Söz konusu çalışmada, Yıllık Personel Sayısı ve Yıllık Toplama Katı Atık Miktarı girdi değişkenleri; Yıllık Faydalı Atık Miktarı ise çıktı değişkeni olarak yer almıştır.

Şaşmaz, Avcı ve Aladağ (2020), Türkiye'deki istatistiki bölge birimleri sınıflamasına göre 1. düzeyde yer alan belediyelerin katı atık yönetimi etkinliklerini Veri Zarflama Analiz kullanarak incelemiştir. Söz konusu çalışmada, Ortalama Kişi Başı Atık Miktarı, Belediye Sayısı ve Belediye Çevresel Harcamaları girdi değişkenleri; Çöp Depolama Sahaalarına Bertaraf Edilen Atık Miktarı ve Belediye Çevresel Gelirleri çıktı değişkenleri olarak yer almıştır.

Yukarıdaki açıklamalar çerçevesinde bu araştırmada Türkiye'deki 30 büyükşehirin katı atık yönetimi etkinliklerini Veri Zarflama Analiz kullanarak incelemiştir. Çalışmada, ilerleyen bölümlerde detayları verilecek olan iki adet girdi ve iki adet çıktı değişkeni kullanılmıştır.

4. METODOLOJİ

4.1. Veri Zarflama Analizi (VZA)

İşletmeler, hastaneler, kamu kuruluşları, belediyeler, okullar, vb. ortak girdi ve çıktılara sahip olan Karar Verme Birimlerinin (KVB) etkinliğini ölçen ve parametrik olmayan bir yöntem (Ray, 2004) olarak tanımlanan Veri Zarflama Analizinde (VZA), Karar Verme Birimlerinin (KVB) göreceli etkinlikleri karşılaştırılmakta olup (Tone, 2017), kullanılan temel etkinlik ölçümü toplam çıktılarının toplam girdilere oranına dayanır (Ramanathan, 2003).

Veri Zarflama Analizinin iki modelinden birincisi olan CCR (CRS) Modelinde sanal girdi ve sanal çıktılar ağırlıklarıyla birlikte üretilirken, ikinci model olan BCC (VRS)

Modelinde ise KVB'lerin dışbükey bir zarfı çevrelenen üretim sınırları vardır (Cooper, Seiford, Tone, 2006). CCR Modelinde Toplam Teknik Etkinlik değerlendirilirken BCC Modelinde Saf Teknik Etkinlik değerlendirilir (Avkiran, 2011). Belirli bir miktardaki çıktıyı daha az girdi ile elde etmeye odaklanan yaklaşıma Girdi Yönelimli VZA; belirli bir miktardaki girdiyle daha fazla çıktı elde etmeye odaklanan yaklaşıma ise Çıktı Yönelimli VZA denir (Ramanathan, 2003).

Hem Girdi Yönelimli VZA'da hem de Çıktı Yönelimli VZA'da bir KVB'nin etkinlik değeri (skoru) 1'e eşit ise söz konusu KVB etkin olarak değerlendirilirken, Girdi Yönelimli VZA'da etkinlik skoru 1'den küçük olan KVB'lerin etkin olmadıkları, Çıktı Yönelimli VZA'da ise skoru 1'den büyük olan KVB'lerin etkin olmadıkları yönünde değerlendirmede bulunulur (Özcan, 2009; Özcan, 2014).

CCR-Girdi Yönelimli (1), CCR-Çıktı Yönelimli (2), BCC-Girdi Yönelimli(3) ve BCC Çıktı Yönelimli (4) Veri Zarflama Analizi modellerine ait formüller aşağıdaki gibidir (Emrouznejad ve Cabanda, 2014).

$$Eff = \min_{u_r, v_i} \sum_i V_i X_{ij_0}$$

s.t.

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad ; \forall j$$

$$\sum_r u_r y_{rj_0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad ; \forall r, \forall i.$$

(1)

$$Eff = \max_{u_r, v_i} \sum_r u_r y_{rj_0}$$

s.t.

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad ; \forall j$$

$$\sum_i v_i x_{ij_0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad ; \forall r, \forall i.$$

(2)

$$\min_{\lambda, \emptyset, S_i^-, S_r^+} \emptyset$$

s.t.

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} + S_i^- = \emptyset_{x_{ij_0}} \quad \forall i$$

$$\sum_j \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = y_{rj_0} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

$$s_i^-, s_i^+ \geq 0 \quad \forall i, \forall r$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j.$$

(3)

$$\max_{\lambda, \emptyset, S_i^-, S_r^+} \theta$$

s.t.

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} + S_i^- = x_{ij_0} \quad \forall i$$

$$\sum_j \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = \theta y_{rj_0} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

$$s_i^-, s_i^+ \geq 0 \quad \forall i, \forall r$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j.$$

(4)

4.2. Çalışmanın Örneklemi, Veriseti ve Kapsamı

Bu çalışma, Türkiye'deki büyükşehir olan 30 ili kapsamaktadır.

Karar Verme Birimi (KVB); benzer girdileri kullanarak benzer çıktıları üretmek için çaba gösteren birimlerdir (Cooper vd., 2006).

Çalışmaya Türkiye'deki büyükşehir olan 30 ilin tamamının dahil edilmesi, Golany ve Roll (1989)'ın Karar Verme Birimlerinin (KVB) homojenliği ile ilgili öne sürdüğü üç kriteri de karşılamaktadır. Bu kriterler aşağıda özetlenmiştir;

- ✓ KVB'lerin aynı amaçlarla benzer görevler yürütmesi,
- ✓ Bütün KVB'lerinin benzer pazar koşulları altında faaliyette bulunması,
- ✓ KVB'lerin aynı girdi ve aynı çıktı bileşimini kullanması.

Etkinlik ölçümleri, kritik bir biçimde esnek girdi-çıkıtı bileşimlerinin nasıl oluşturulduğuna bağlıdır (Ray, 2004). Araştırmanın iki girdi değişkeni (İ1:Kişi Başı toplana Ortalama Atık Miktarı ve İ2: Atık Hizmeti Veren Belediye Sayısı (Büyükşehir, İlçe ve Belde Belediyeleri Toplamı) ile iki çıktı değişkeni (O1: Düzenli Depolama Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı ve O2: Geri Kazanım Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı) bulunmaktadır.

Analizde kullanılan KVB'ler, girdi/çıkıtı değişkenleri ve veri seti TÜİK 2018 Yılı Belediye İstatistiklerinden (TÜİK, 2019) elde edilmiş olup Tablo 2'de yer almaktadır.

VZA'da kullanılacak KVB sayısının girdi ve çıktıların sayısından daha fazla olması gerektiğini ve mümkünse KVB sayısının girdi ve çıktı sayılarının toplamının 2 veya 3 katı olmasının tatminkar olacağını belirtmektedir (Ramanathan, 2003).

Araştırma kapsamında 30 (otuz) KVB'nin görelî etkinlikleri 2 (iki) girdi değişkeni ve 2 (iki) çıktı değişkeni kullanılarak ölçüldüğünden (Ramanathan, 2003)'in koşulu sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri Chen vd. (2010), Tavzar vd. (2014), Taşdoğan vd. (2014), Yang vd. (2018), Albores vd. (2016), Şaşmaz vd. (2020) ve Atcı (2020) ile büyük ölçüde benzerlikler göstermekte olup söz konusu girdi ve çıktı değişkenlerine ait minimum, maksimum ve ortalama değerler Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Girdi ve Çıktı Değişkenlerine Ait Minimum, Maksimum ve Ortalama Değerler

Girdiler	Min	Max	Ort.
İ1	0,7547	1,9454	1,1109
İ2	10,00	40,00	18,30
Çıktılar	Min	Max	Ort.
O1	0,00	6.410.020,00	623.013,00
O2	2.500,00	1.344.290,00	124.232,00

Tablo2'ye göre; Kişi Başı Toplanan Ortalama Atık Miktarı (İ1) ortalaması (1,1109), Atık Hizmeti Veren Belediye Sayısı (İ2) ortalaması (18,30), Düzenli Depolama Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı (O1) Ortalaması (623.013,00), Geri Kazanım Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı (O2) ortalaması (124.232,00) olarak tespit edilmiştir.

4.3. Verilerin Analizi

Analiz kapsamında ele alınan büyükşehirler için karar verme birimlerinin çıktılar üzerindeki kontrol gücü dikkate alınarak çıktı yönelimli BCC modelleri tercih edilmiştir. Bir başka ifadeyle; KVB'ler için değişken getiri varsayımı altında çalışan BCC modelinin, çıktıları maksimize etmeye çalışan çıktı yönelimli versiyonu kullanılarak Saf Teknik Etkinlik Değerleri hesaplanmıştır (Avkiran,

2011). Etkin olmayan KVB'lerin etkin hale gelebilmeleri için Referans Kümeleri oluşturulmuş ve İyileştirme Seçenekleri (girdilerin azaltılması ve/veya çıktıların artırılması) hesaplanmıştır.

Tüm analizler açık kaynak kodlu istatistiksel hesaplama ve grafik yazılı olan R Project üzerinde “dear” kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Coll-Serrano vd., 2018).

5. BULGULAR

Analiz sonucunda elde edilen Saf Teknik Etkinlik Değerleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Karar Verme Birimleri, Girdi/Çıktı Değişkenleri, Saf Teknik Etkinlik Değerleri ve Veri Seti

KVB	Saf Teknik Etkinlik Değeri	i1	i2	O1	O2
Adana	1,00000	0.9800535054	16	243228.000	547584.12880
Ankara	1,00000	1.1751972354	26	921844.000	1344290.35600
Antalya	2,22638	1.4839393704	20	1014640.000	154515.25740
Aydın	6,85739	1.2211325570	18	313208.090	26776.88700
Balıkesir	6,12019	1.4871168309	21	395790.000	61122.56200
Bursa	2,00083	1.0816785085	18	1073448.000	93337.43500
Denizli	10,57707	1.0776591789	20	239694.570	18232.22900
Diyarbakır	45,61281	1.0794754991	18	0.000	15498.39500
Erzurum	10,97691	0.8490222475	21	138686.000	2500.00000
Eskişehir	5,10618	1.0492985877	15	229138.000	56790.50000
Gaziantep	1,00000	0.8811116140	10	597888.716	53095.58700
Hatay	2,50042	1.2139611552	16	704009.000	6847.81000
Mersin	2,34625	1.0843079326	14	556793.240	65582.48800
İstanbul	1,00000	1.2805354469	40	6410020.370	632565.09045
İzmir	2,54845	1.3551684538	31	1805887.000	188910.29900
Kayseri	5,13528	0.9480975220	17	354414.000	18832.76000
Kocaeli	1,76856	1.0246341285	13	641144.300	71829.64750

Konya	20,68319	1.0690321252	32	114299.000	33995.30100
Malatya	6,90483	0.9421405035	14	197253.000	19434.74500
Manisa	6,56995	1.2456675595	18	302175.000	40353.70900
Kahramanmaraş	1,00000	0.7704687717	12	233210.000	3770.45100
Mardin	1,00000	0.8175832472	11	127018.490	13374.14100
Muğla	4,17371	1.9453994943	14	284568.870	46927.25570
Ordu	27,79145	1.0055373930	20	0.000	27932.26000
Sakarya	6,80191	1.0813141680	17	273375.550	32603.82460
Samsun	5,71577	0.9808409744	18	365163.830	36838.39600
Tekirdağ	2,05312	1.3300408881	12	479935.540	19583.61800
Trabzon	4,99541	0.8113457694	19	219319.080	12173.62900
Şanlıurfa	1,00000	0.7547244826	14	454249.000	8764.00000
Van	5,25045	1.2992141948	14	0.000	72899.40000

Tablo 2'ye göre; Adana, Ankara, Gaziantep, İstanbul, Kahramanmaraş, Mardin ve Şanlıurfa'nın saf teknik etkilik skorlarının 1 olduğu ve görece etkinliğe sahip oldukları görülmektedir.

Tablo 3'te etkin olmayan 23 büyükşehirin etkin hale gelebilmeleri için oluşturulan Referans Kümeleri yer almaktadır.

Tablo 3. Etkin Olmayan Büyükşehirlerin Referans Kümeleri ve Referans Ağırlıkları

KVB	Adana	Ankara	Gaziantep	İstanbul	Kahramanmaraş	Mardin
Antalya	0	0.0995	0.6202	0.2802	0	0
Aydın	0	0	0.7333	0.2667	0	0
Balıkesir	0	0.1105	0.5818	0.3077	0	0
Bursa	0	0	0.7333	0.2667	0	0
Denizli	0	0	0.6667	0.3333	0	0
Diyarbakır	0.8	0.2	0	0	0	0
Erzurum	0	0	0	0.1793	0	0
Eskişehir	0	0.1429	0.7667	0.0905	0	0
Hatay	0	0	0.8	0.2	0	0

Mersin	0	0.0239	0.8555	0.1206	0	0
Izmir	0	0.0231	0.2892	0.6877	0	0
Kayseri	0	0	0.6402	0.2139	0	0
Kocaeli	0	0.0163	0.8924	0.0913	0	0
Konya	0	0.3842	0	0.2905	0	0
Malatya	0	0.0039	0.8648	0.1313	0	0
Manisa	0	0.0585	0.7060	0.2354	0	0
Muğla	0	0.0667	0.8355	0.0978	0	0
Ordu	0.0404	0.5599	0	0	0.3997	0
Sakarya	0	0.0341	0.0341	0.0341	0	0
Samsun	0	0.0081	0.6936	0.2568	0.0414	0
Tekirdağ	0	0	0.9333	0.0667	0	0
Trabzon	0	0	0	0.1077	0	0
Van	0.6667	0	0.3333	0	0	0

Tablo 3'e göre;

- ✓ Antalya'nın referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Aydın'ın referans kümesi; Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Balıkesir'in referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Bursa'nın referans kümesi; Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Denizli'nin referans kümesi; Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Diyarbakır'ın referans kümesi; Adana ve Ankara'dan oluşmaktadır.
- ✓ Erzurum'un referans kümesi; İstanbul ve Şanlıurfa'dan oluşmaktadır.
- ✓ Eskişehir'in referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Hatay'ın referans kümesi; Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Mersin'in referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ İzmir'in referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.

- ✓ Kayseri'nin referans kümesi; Gaziantep, İstanbul ve Şanlıurfa'dan oluşmaktadır.
- ✓ Kocaeli'nin referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Konya'nın referans kümesi; Ankara, İstanbul ve Şanlıurfa'dan oluşmaktadır.
- ✓ Malatya'nın referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Manisa'nın referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Muğla'nın referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Ordu'nun referans kümesi; Adana, Ankara ve Kahramanmaraş'tan oluşmaktadır.
- ✓ Sakarya'nın referans kümesi; Ankara, Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Samsun'un referans kümesi; Ankara, Gaziantep, İstanbul ve Şanlıurfa'dan oluşmaktadır.
- ✓ Tekirdağ'ın referans kümesi; Gaziantep ve İstanbul'dan oluşmaktadır.
- ✓ Trabzon'un referans kümesi; İstanbul ve Şanlıurfa'dan oluşmaktadır.
- ✓ Van'ın referans kümesi; Adana ve Gaziantep'ten oluşmaktadır.

Etkin olmayan büyükşehirler için iyileştirme Seçenekleri (girdilerin azaltılması ve/veya çıktıların artırılması) Tablo 4'te sunulmuştur..

Tablo 4. Etkin Olmayan Büyükşehirler için İyileştirme Seçenekleri

KVB	İ1	İ2	O1	O2
Antalya	-0.461618243	0.000000	0.0000002032249	0.000000
Aydın	-0.233507921	0.000000	0.000000	24001.19
Balıkesir	-0.450593808	0.000000	0.0000004781476	0.000000

Bursa	-0.094053872	0.000000	0.000000	20868.14
Denizli	-0.063406287	0.000000	0.000000	53408.55
Diyarbakır	-0.060393248	0.000000	378951.20	0.000000
Erzurum	0.000000000	-2.337218	0.000000	93192.82
Eskişehir	-0.090036189	0.000000	0.000000	0.000000
Hatay	-0.252964775	0.000000	0.000000	151867.10
Mersin	-0.147999035	0.000000	0.0000009596197	0.000000
Izmir	-0.192586311	0.000000	0.0000005667224	0.000000
Kayseri	0.000000000	0.000000	0.000000	73851.03
Kocaeli	-0.102260219	0.000000	0.0000005643987	0.000000
Konya	0.000000000	-5.836199	0.000001358106	0.000000
Malatya	-0.007455822	0.000000	0.000000	0.000000
Manisa	-0.253297175	0.000000	0.0000005988213	0.000000
Muğla	-1.005625221	0.000000	0.000001322577	0.000000
Ordu	0.000000000	0.000000	619171.60	0.000000
Sakarya	-0.104241841	0.000000	0.0000002937838	0.000000
Samsun	0.000000000	0.000000	0.00000002598984	0.000000
Tekirdağ	-0.422301019	0.000000	0.000000	51519.41
Trabzon	0.000000000	-2.200223	0.000000	15124.96
Van	-0.352141320	0.000000	361448.2	0.000000
Antalya	-0.461618243	0.000000	0.0000002032249	0.000000

Tablo 4 incelendiğinde;

- ✓ Kişi Başı Toplanan Ortalama Atık Miktarı (i1) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan büyükşehirin Muğla olduğu,
- ✓ Atık Hizmeti Veren Belediye Sayısı (i2) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan büyükşehirin Konya olduğu,
- ✓ Düzenli Depolama Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı (O1) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan büyükşehirin Ordu olduğu,
- ✓ Geri Kazanım Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı (O2) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan büyükşehirin Hatay olduğu görülmektedir.

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye’de bulunan 30 büyükşehirin katı atık yönetim etkinlikleri, performans değerlendirilme en sık kullanılan tekniklerden birisi olan Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılarak incelenmiştir. Etkin değerlendirilmesi Veri Zarflama Analizi modellerinden ölçeğe göre değişken getiri esasına dayanan BCC Modeli ve karar verme birimlerinin çıktılar üzerindeki kontrol gücü dikkate alınarak alınarak Çıktı Yönelimli VZA kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analize göre 30 büyükşehirden 7’sinin (Adana, Ankara, Gaziantep, İstanbul, Kahramanmaraş, Mardin ve Şanlıurfa) saf teknik etkinlik skorlarının 1 olduğu ve göreceli etkinliğe sahip oldukları, bununla birlikte geri kalan 23’ünün etkin olmadıkları tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Şaşmaz vd. (2020)’nin Düzey-1 bölgeleri üzerinde yaptığı ve çalışmamızda etkin olarak tespit edilen büyükşehirlerin yer aldıkları Düzey-1 bölgelerinin etkin bölgeler arasında tespit edildiği çalışmanın sonuçları ile büyük ölçüde örtüşmektedir.

Etkin olmayan büyükşehirlerin etkin hale gelebilmeleri için oluşturan referans kümelerinde en çok İstanbul (20 kez) ve Gaziantep’in (18 kez) yer aldığı, bununla birlikte Mardin’in hiçbir referans kümesinde yer almadığı görülmüştür. Bu durumu, Gaziantep ve İstanbul’da sanayileşme ve endüstriyel faaliyetlerin gelişmiş olması ve bunun doğal bir sonucu katı atık yönetimiyle ilgili söz konusu büyükşehirlerin öğrenilmiş becerilerinin yüksek olması ile açıklamak mümkündür.

Etkin olmayan büyükşehirler için hesaplanan iyileştirme seçeneklerine (girdilerin azaltılması ve/veya çıktıların artırılması) bakıldığında;

Kişi Başı Toplanan Ortalama Atık Miktarı (i1) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (girdi azaltılması) ihtiyaç duyan büyükşehirin Muğla olduğu görülmüştür. Bu durum, Muğla'nın turizm açısından cazip bir şehir olması ve bunun sonucu olarak şehri ziyaret eden yerli ve yabancı turistlerin katı atık miktarını arttırması ancak kişi başı atık miktarı hesaplanırken turistlerin etkisiyle artan toplam atık miktarının Muğla'nın yerleşik nüfusuna bölünmesi nedeniyle kişi başı atık miktarının yüksek görünmesi olgusu ile açıklanabilir.

Atık Hizmeti Veren Belediye Sayısı (i2) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (girdi azaltılması) ihtiyaç duyan büyükşehirin Konya olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun Konya'nın İstanbul'dan sonra en çok ilçeye sahip (31 adet) büyükşehir olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Düzenli Depolama Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı (O1) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (çıkıtı arttırılması) ihtiyaç duyan büyükşehirin Ordu olduğu görülmektedir. Bu durumun araştırmanın verilerinin alındığı TÜİK 2018 Yılı Belediye İstatistiklerinde Ordu için Düzenli Depolama Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı değişkenine ait verinin bulunmaması nedeniyle (0,000) olarak kabul edilmesi nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Geri Kazanım Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı (O2) değişkeni açısından en çok iyileştirmeye (çıkıtı arttırılması) ihtiyaç duyan büyükşehirin Hatay olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun Hatay'ın girdilerinin yaklaşık olarak etkin olan büyükşehirle aynı düzeyde olmasına rağmen söz konusu çıkıtı değişkeni bazında etkin büyükşehirlerin gerisinde kalmasından dolayı kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları itibarıyla büyükşehirlerdeki katı atık yönetimiyle ilgilenen birimlere daha etkin ve verimli katı atık yönetim faaliyeti yürütmeleri açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu katkıların en önemlisinin etkin

olmayan büyükşehirlerin kendileri için oluşturulan referans kümelerindeki büyükşehirlerin uygulamalarını inceleyip benchmarking (kıyaslama) yoluyla deneyerek öğrenme maliyetine katlanmadan etkin hale gelebilmesi olduğu düşünülmektedir.

Son olarak, katı atık yönetimi alanında çalışan araştırmacıların yeni çıktı ve girdi bileşimleri modele dahil edecekleri ve Bulanık Veri Zarflama Analizi ile sonuçları analiz edecekleri yeni araştırmalar yaparak çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından oldukça önem arz eden katı atık yönetimi disiplinine yeni ufuklar kazandırmaları önerilmektedir.

Çıkar Çatışması Bildirimi:

Bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve yayınlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Destek/Finansman Bilgileri:

Yazarlar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve / veya yayınlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır.

Etik Kurul Kararı:

Bu araştırmada ikincil veri (TÜİK Veriler) kullanıldığı için etik kurul kararına ihtiyaç bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Albores, P., Petridis, K. ve Dey, P. K. (2016). "Analysing efficiency of waste to energy systems: Using data envelopment analysis in municipal solid waste management". *Procedia Environmental Sciences*, 35, 265–278. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.007>
- Atcı, F. (2020). *Çevre ve Atık Yönetiminde Sıfır Atık Uygulamaları Kapsamında Atık Toplama Tesislerinin Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Avkiran NK. (2011). *Applications of Data Envelopment Analysis in the Service Sector*. In: Cooper WW, Seiford LM, Zhou J, eds. *Handbook on Data Envelopment Analysis*. 2.Edt. Springer Science+Business Media.
- Chen, H.-W., Chang, N.-B., Chen, J.-C. ve Tsai, S.-J. (2010). "Environmental performance evaluation of large-scale municipal solid waste incinerators using data envelopment analysis" *Waste Management*, 30(7), 1371–1381. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.002>
- Coll-Serrano V., Benítez R. ve Bolós V. (2018). *Data Envelopment Analysis with deaR*. Published online 2018.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. ve Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: With DEA-solver software and references*. New York: Springer.
- ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) (2012). İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011-2023, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara. Erişim Tarihi: 17.02.2021, https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/file/eylem%20planlari/Iklim%20Degisikligi%20Eylem%20Plani_TR.pdf
- Emrouznejad, A. ve Cabanda, E. (2014). *Managing service productivity using data envelopment analysis*. In A. Emrouznejad ve E. Cabanda (Eds.),

- Managing Service Productivity (Vol. 215, pp. 1–17). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-43437-6_1
- Eurostat (2018). Municipal waste statistics. Erişim Tarihi: 17.02.2021, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics
- Evîn, H. ve Demîral, B. (2018). “Malatya’da Katı Atık Yönetimi: Kentleşmenin Yerel Çevre Politikaları Üzerine Etkisi” Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi, 7 (2), 277-295. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ssrj/issue/37241/426715>
- Golany, B. ve Roll, Y. (1989). “An application procedure for DEA. Omega”, 17(3), 237–250. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(89\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0305-0483(89)90029-7)
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P. ve Van Woerden, F. (2018). “What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050. Washington, DC: World Bank”. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kemirtlek, A. (2007). “Entegre Atık Yönetim”i. Erişim Tarihi: 17.02.2021, https://istac.istanbul/contents/44/cevre-makaleleri_130838592910380265.pdf
- Kreith, F. ve Tchobanoglous, G. (2002). *Handbook of solid waste management* (2nd ed). New York: McGraw-Hill.
- Ozcan YA. (2009). *Quantitative Methods in Health Care Management: Techniques and Applications*. (2th ed). John Wiley & Sons, Inc
- Ozcan, Y. A. (2014). *Health care benchmarking and performance evaluation*. Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7472-3>
- Ramanathan R. (2003). *An Introduction to Data Envelopment Analysis A Tool for Performance Measurement*. Nee Delhi: SAGE Publications.

- Ray, S. C. (2004). *Data envelopment analysis: Theory and techniques for economics and operations research* (1st ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511606731>
- Speight, J. G. (2015). "Waste gasification for synthetic liquid fuel production. In *Gasification for Synthetic Fuel Production* (pp. 277–301)" Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-85709-802-3.00012-6>
- Şaşmaz, E., Avcı, S. ve Aladağ, Z. (2020). "İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflaması'na Göre Türkiye'deki 1. Düzey Bölge Belediyelerinin Katı Atık Yönetiminin Değerlendirilmesi". *Veri Bilimi*, 3(1), 33-40.
- Taşdoğan C., Mollavelioğlu, M.Ş. ve Mıhçı, H. (2014). "Türkiye'nin kentsel çevresel sürdürülebilirliğinin kategorik veri zarflama analiziyle değerlendirilmesi" *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 69(1), 141-164. doi:10.1501/SBFder_0000002306
- Tavzar, İ., Girginer, N. Ve Işıklı, B. (2014). *Tıbbi Atık Harcamalarındaki Etkinliğin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi: Eskişehir İli Hastaneleri Uygulaması*. International Conference in Economics, 03-05 September 2014, Prague, Czech Republic.
- The World Bank (2019). Solid Waste Management. Erişim Tarihi: 17.02.2021, <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>
- The World Bank (2021). Trends in Solid Waste Management. Erişim Tarihi: 17.02.2021, https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html
- TMMOB-ÇMO, 2018, Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu, Haziran 2018. Erişim Tarihi: 17.02.2021, http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/706bcdeaf887efa_ek.pdf?tipi=72&turu=X&sube=0

- Tone K. (2017). *Radial DEA Models*. In: Tone K, ed. *Advances in DEA Theory and Application* Ramanathan R. An Introduction to Data Envelopment Analysis.
- TÜİK. (2019). *Belediye İstatistikleri, 2018*. Haber Bülteni. Sayı: 30666. 01 Ekim 2019
- TÜİK. (2020). *İstatistiklerle Çevre, 2018*. Erişim Tarihi: 17.02.2021, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistiklerle-Cevre-2018-33675>
- US EPA (United States Environmental Protection Agency) (2002). *What Is Integrated Solid Waste Management?*. Erişim Tarihi: 17.02.2021, <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1000L3W.PDF?Dockey=P1000L3W.PDF>
- US EPA (United States Environmental Protection Agency) (2018). *National Overview: Facts and Figures on Materials, Wastes and Recycling*, Erişim Tarihi: 17.02.2021, <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials>
- US EPA (United States Environmental Protection Agency), (2021). *Criteria for the Definition of Solid Waste and Solid and Hazardous Waste Exclusions*. Erişim Tarihi: 17.02.2021, <https://www.epa.gov/hw/criteria-definition-solid-waste-and-solid-and-hazardous-waste-exclusions>
- Yang, Q., Fu, L., Liu, X. ve Cheng, M. (2018). "Evaluating the efficiency of municipal solid waste management in china" *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2448. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112448>
- Zachary, A. S. (2012). *The Environmental Policy Paradox*. (5th ed). New Jersey: Routledge.

Zhu, J. (2014). *Quantitative models for performance evaluation and benchmarking*. Cham: Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-06647-9>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Solid waste can be defined as substances that are a by-product of domestic, commercial, and industrial activities or that are disposed of by the user with the thought that they have completed their life, but that requires regular disposal in terms of environment and human health (Speight ve Luque, 2015: 281-283; Tchobanoglous ve Keith, 2002: 52). Solid waste management is defined as a discipline related to the control, storage, collection, transportation or transfer, processing, and disposal of waste products for public health, conservation, economy, aesthetics, engineering, and other environmental reasons (Evin ve Demiral, 2018; 279).

The study aims to measure the efficiency of solid waste management of metropolitans in Turkey.

Method

This study covers 30 metropolitan cities in Turkey. Within the scope of the analysis, output-oriented BCC models were employed considering the control power of the decision-making units over the outputs.

The inputs used in the study are presented as follows;

Input-1 (i1); the Amount of municipal waste collected per capita, Input-2 (i2); the Number of municipalities providing waste services

The outputs used in the study are presented as follows;

Output-1 (O1); the Waste amount delivered to controlled landfill sites, Output-2 (O2); the Waste delivered to recovery facilities.

Decision Making Units (DMUs) used in this study consist of 30 metropolitans in Turkey. TURKSTAT Municipal Statistics in 2018 was as a database in the Data Envelopment Analysis.

Pure technical efficiency scores were calculated using BCC (VRS) Output Orientation DEA model. A reference set and improvement options were identified for each inefficient metropolitan to become efficient.

Findings (Results)

Seven metropolitans (Adana, Ankara, Gaziantep, İstanbul, Kahramanmaraş, Mardin ve Sanliurfa) were determined as efficient.

According to the results, a reference set was identified for each inefficient DMUs to become efficient. The reference sets are shown below.

- ✓ The reference set of Antalya consists of Ankara, Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of Aydın consists of Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of Balıkesir consists of Ankara, Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of Bursa consists of Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of Denizli consists of Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of Diyarbakir consists of Adana and Ankara.
- ✓ The reference set of Erzurum consists of İstanbul and Sanliurfa.
- ✓ The reference set of Eskisehir consists of Ankara, Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of Hatay consists of Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of Mersin consists of Ankara, Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of İzmir consists of Ankara, Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of Kayseri consists of Gaziantep, İstanbul and Sanliurfa.
- ✓ The reference set of Kocaeli consists of Ankara, Gaziantep and İstanbul.
- ✓ The reference set of Konyasists of Ankara, İstanbul and Sanliurfa.
- ✓ The reference set of Malatya consists of Ankara, Gaziantep and İstanbul.

- ✓ The reference set of Manisa consists of Ankara, Gaziantep and Istanbul.
- ✓ The reference set of Mugla consists of Ankara, Gaziantep and Istanbul.
- ✓ The reference set of Ordu consists of Adana, Ankara and Kahramanmaras.
- ✓ The reference set of Sakarya consists of Ankara, Gaziantep and Istanbul.
- ✓ The reference set of Samsun consists of Ankara, Gaziantep, Istanbul and Sanliurfa.
- ✓ The reference set of Tekirdag consists of Gaziantep and Istanbul.
- ✓ The reference set of Trabzon consists of Istanbul and Sanliurfa.
- ✓ The reference set of Eskisehir consists of Adana and Gaziantep.

According to the results, improvement options for inefficient countries are shown below;

- ✓ The metropolitan that needs the most improvement in terms of the Amount of municipal waste collected per capita (i1) is Mugla.
- ✓ The metropolitan that needs the most improvement in terms of the Number of municipalities providing waste services (i2) is Konya.
- ✓ The metropolitan that needs the most improvement in terms of the Waste amount delivered to controlled landfill sites (O1) is Ordu.
- ✓ The metropolitan that needs the most improvement in terms of the Waste delivered to recovery facilities (O2) is Hatay.

Istanbul (20 times) and Gaziantep (18 times) appeared metropolitan in the reference set identified inefficient metropolitans to become efficient.

Conclusion and Discussion

It is thought that the results of this study will contribute to the units dealing with solid waste management in metropolitans in terms of carrying out more efficient solid waste management activities. It is considered that the most

important of these contributions is that the inefficient metropolitans can become efficient without incurring the cost of learning by examining the applications of the metropolitans in the reference clusters formed for them and testing them through benchmarking.

Finally, it is recommended that researchers conduct research with Fuzzy Data Envelopment Analysis, which also includes new output and input combinations.