

Sıfır Atık İndeksi Kullanılarak Türkiye'deki Kentsel Katı Atık Yönetiminde Sıfır Atık Yaklaşımının İncelenmesi

Gamze DOĞDU YÜCETÜRK^{1*}, Seda Nur ALKAN²

¹Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bolu

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul

¹<https://orcid.org/0000-0002-0278-8503>

²<https://orcid.org/0000-0002-3482-5348>

*Sorumlu yazar: gamzedogdu@ibu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 07.08.2023

Kabul tarihi: 29.10.2023

Online Yayınlanma:08.03.2024

Anahtar Kelimeler

Atık yönetimi

Sıfır atık

Sıfır atık indeksi

Geri dönüşüm

Türkiye

ÖZ

Doğal kaynakların hızla tüketilmesi ve iklim değişikliğinin yıkıcı sonuçları, hem kaynak kullanımının hem de atık yönetiminin doğru planlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. SA (SA) kavramı, meydana gelen tüm bu problemlerin çözümüne odaklanan bir strateji sunmaktadır. SA projesinin Türkiye'de yaygınlaşmasıyla, 2035'e kadar geri kazanımın %60'a çıkarılması hedeflenmektedir. Ülkemizin SA ile ilgili hedefleri dikkate alındığında; atık yönetim performansını değerlendirme aracı olan SA indeksi (SAİ)'nin rolü oldukça kritiktir. Bu çalışmada, Türkiye'nin 7 bölgesinin TÜİK 2020 verilerine göre en kalabalık illeri olan Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir, Samsun, Şanlıurfa ve Van seçilerek bu illerin kötümser (atık geri dönüşümü yapılmadan sadece nüfus artışına bağlı) ve iyimser (atık yönetimi 2035 yılı hedefindeki %60 atık dönüşüm verimine dayalı)şema olmak üzere iki farklı senaryoya göre 2035 yılı için SAİ değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler; 2020 yılı kötümser senaryoya göre Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir, Samsun, Şanlıurfa ve Van illeri için sırasıyla 0,27, 0,18, 0,06, 0,16, 0,15, 0,17 ve 0,15 iken 2035 yılındaki kötümser ve iyimser senaryolara göre SAİ değerleri sırasıyla 0,22-0,30; 0,25-0,40; 0,04-0,32; 0,23-0,36;0,24-0,29; 0,25-0,45 ve 0,24-0,31 olarak hesaplanmıştır. Yani sıra, SAİ, kentsel katı atık kaynaklardan kaynak geri kazanımı sayesinde sera gazı, potansiyel enerji ve su tasarrufu tahmininde de kullanılmıştır. Mevcut çalışmada elde edilen veriler dikkate alındığında, SAİ'nin yenilikçi bir araç olarak SA kapsamında atık yönetim performansının iyileştirilmesi ve malzemelerin ikamesinde kullanılabileceği öngörülmektedir.

Examination of Zero Waste Approach in Municipal Solid Waste Management in Türkiye Using Zero Waste Index

Research Article

Article History:

Received: 07.08.2023

Accept: 29.10.2023

Available online: 08.03.2024

Keywords:

Waste management

Zero waste

Zero waste index

Recycling

Türkiye

ABSTRACT

Natural resources rapidly consumptions and the devastating consequences of climate change reveal the necessity of proper planning of both resource use and waste management. The concept of zero waste (ZW) offers a strategy that focuses on solving all these problems. With the spread of the ZW project throughout Turkey, the aim is to increase the recovery rate to 60% by 2035. Considering the targets of our country regarding ZW; the role of the zero waste index (ZWI), which is a waste management performance evaluation tool, is very critical. In this study, Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir, Samsun, Şanlıurfa and Van, which are the most populous provinces of 7 regions of Turkey according to TUIK 2020 data, were selected and these provinces were chosen as pessimistic (only regarding population growth, no waste recycling) and

optimistic (60% of waste recycling as a ZW strategy of 2035). ZWI values were calculated for the year 2035 according to two different scenarios based on pessimistic and optimistic scenarios. The data obtained are 0.27, 0.18, 0.06, 0.16, 0.15, 0.17 and 0.15 for the provinces of Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir, Samsun, Şanlıurfa and Van in pessimistic scenario in 2020, respectively. According to the pessimistic and optimistic scenarios of the year, the ZWI values were obtained as 0.22-0.30; 0.25-0.40; 0.04-0.32; 0.23-0.36, 0.24-0.29; 0.25-0.45 and 0.24-0.31, respectively in 2035. Furthermore, greenhouse gas (GHG), water savings and potential energy which comes from resource recovery of municipal solid wastes are predicted by applying ZWI. Considering the results obtained in the study, it is estimated that ZWI can be applied as a creative tool in the examination of waste management performance and material substitution by a management systems of solid wastes.

To Cite:Doğdu Yüçetürk G, Alkan SN., 2024. Sıfır atık indeksi kullanılarak Türkiye'deki kentsel katı atık yönetiminde sıfır atık yaklaşımının incelenmesi. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1): 60-88.

Giriş

Dünya genelinde aşırı nüfus artışı ve kentleşme; sınırlı doğal kaynakların hızla tüketilerek yetersizleşmesine ve buna bağlı atık oluşumu neticesinde çevresel kaygıların artmasına neden olmaktadır. Küresel ölçekte değerlendirildiğinde, her türlü atığın hızla artışı çevreye olan olumsuz etkileri her geçen gün artırmakta ve sorunun çözümünü zorlaştırmaktadır. Atık yönetimi, tüm bu olumsuz etkilerin azaltılması ve çözüme yönelik adımların atılması aşamasında kritik rol üstlenmektedir.

Atık yönetimi felsefesi ve entegre tasarımın bir kompozisyonu olan sıfır atık (SA), atık miktarını azaltmak, mevcut atıkların geri dönüşüm aşamalarından geçirilerek yeniden kazanmak ve tüm bu süreçleri bir sistem içerisinde değerlendirmek olarak ifade edilir (URL-2). Ülkemizde SA Projesi; 2017 Haziran'da Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Ankara pilot il belirlenerek başlatılmış, konu ile ilgili yasal düzenlemeler; 12.07.2019 tarih ve 30829 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren SA Yönetmeliği ile yapılmış, ilgili yönetmelik 16.10.2021 tarihinde revize edilmiştir(URL-1).Bu kapsamda SA yönetimini ülke genelinde yaygınlaştırmak üzere; mahalli idareler, havalimanları, limanlar, iş merkezi ve ticari plazalar, alışveriş merkezleri, sanayi tesisleri, eğitim kurumları ve yurtlar, konaklama tesisleri, sağlık kuruluşları gibi pek çok alanda uygulama zorunlu hale getirilmiştir.SA kitabı, ülkemizde sürdürülen SA hareketinin 5. yılına atfedilerek 21 makaleden oluşan kapsamlı bir çalışma sunmaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Ülkemizde SA iyi uygulama örnekleri olarak Kepez Belediyesi (Antalya), Haliliye Belediyesi (Şanlıurfa), Kızılcahamam Belediyesi (Ankara), Beykoz Belediyesi (İstanbul), Selçuklu Belediyesi (Konya), Karatay Belediyesi (Konya), Zeytinburnu Belediyesi (İstanbul) sunulmuştur. Yapılan uygulamalar şu şekildedir (URL-3):

- Kepez Belediyesi (Antalya) İsrar Olmasın Mama Olsun Projesi 20/07/2023: Proje kapsamında, belediye hizmet binası yemekhanesi, belediye kreşleri, okullar, hastaneler ve cezaevlerinden kaynaklı yemek atıkları belediye ekiplerince günlük toplanarak kedi ve köpek maması üretimi gerçekleştirildiği; 20 tondan fazla yemek atığı toplanarak yaklaşık 4,5 ton mama üretimi sağlandığı belirtilmiştir.
- Haliliye Belediyesi (Şanlıurfa) SA Teşvik Market Projesi 12/07/2023: Proje kapsamında, ilçede yaşayan vatandaşların atıklarını ayrı biriktirmeleri teşvik edilerek kurulan “Atığın Sıfır Noktası SA Teşvik Market”lerinden atık miktarlarının kilogram karşılıkları belediye tarafından verilen karta puan olarak yüklenmektedir. Proje ile yaklaşık 1.000.000 kg geri kazanılabilir atık toplandığı açıklanmıştır.
- Kızılcahamam Belediyesi (Ankara)Çevre Puan Projesi 20/06/2023:Proje kapsamında, atıkların kaynağında ayrı toplanması teşvik edilmesi amaçlanarak toplanan atık tür ve miktarlarına göre vatandaşlara alışverişlerinde kullanabilecekleri puan yüklenmektedir. Proje sayesinde, SA Bahçesi ile 1 yılda yaklaşık 83 ton geri kazanılabilir atık; Depozito İade Uygulaması ile 10 ayda 121 bin cam şişe, 300 bin pet şişe, 25 bin teneke kutu, 44 ton içecek ambalajı; SA Otobüsü ile 29,5 ton geri kazanılabilir atık toplandığı belirtilmiştir.
- Beykoz Belediyesi (İstanbul)Ardıç Sofrası 31/05/2023: Proje kapsamında, Beykoz ilçesinde biyobozunur atıkların geri kazanılması ile organik atık kaynaklı karbondioksit emisyonu azaltılması amaçlanmıştır. Proje sayesinde, 1.642.331,4 kg biyobozunur atığın geri kazanıldığı açıklanmıştır.
- Selçuklu Belediyesi (Konya)Atık Kumbaram & Geri Dönüşümde Hayat Var 23/05/2023: Atık Kumbaram Projesi kapsamında, vatandaşların atıkları kaynağında ayrı toplaması teşvik edilerek Atık Kumbaram Kartlarına TL yüklemesi yapılmaktadır. Bu proje sayesinde, 10 ayda yaklaşık 202 ton geri kazanılabilir atık toplandığı belirtilmiştir. Geri Dönüşümde Hayat Var projesi kapsamında, Selçuklu Belediyesi sınırları içindeki parklardan çıkan çim, ağaç vb. ile semt pazarı ve toptancı halinden çıkan biyobozunur atıklardan kompost elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu proje sayesinde, 2022 yılında 1.060 ton kompost elde edildiği ifade edilmiştir.
- Karatay Belediyesi (Konya)Atığın Sıfır Noktası 18/05/2023: Proje kapsamında, vatandaşların atıkları kaynağında ayrı toplaması ve karşılığında aldıkları puana göre hediye sunulmaktadır. Bu proje sayesinde, 464.559 kg atık toplandığı açıklanmıştır.

- Zeytinburnu Belediyesi (İstanbul)Atık Kazanç 03/05/2023: Proje kapsamında, vatandaşların atıkları kaynağında ayrı biriktirmesi ve buna karşılık kartlarına yüklenen miktarları alışverişlerinde harcaması hedeflenmiştir. Proje sayesinde, 2,5 yılda yaklaşık 5.700 ton geri kazanılabilir atık toplandığı belirtilmiştir.

Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, belediyelerin SA yönetiminde kritik rol oynadığı ve yapılan projelerle vatandaşların SA konusunda bilinçlendirilirken teşvik edilmesiyle olumlu sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

SA yönetiminin etkilerini değerlendirme noktasında SAİ'nin incelenmesi önemli veriler sağlamaktadır. SAİ, atıklardan geri kazanılan bakir malzeme, enerji, su ve sera gazı emisyonlarının miktarını tahmin eder. Bu açıklamadan yola çıkıldığında SA yönetim sürecinin ve sonuçlarının etkileri ve katkılarının potansiyelini tespit etmede SAİ rolü önemlidir. Zaman ve Lehmann (2013), yaptıkları araştırmada Stockholm, Adelaide ve San Francisco gibi kentlerin SAİ değerlerini sırasıyla 0,17, 0,23 ve 0,51 olarak hesaplamış; SAİ'nin kentlerdeki atık yönetimi performansı ve atık yönetim sistemleri ile malzeme değerlendirilmesi için yenilikçi bir araç olduğunu açıklamışlardır. Yapılan bir araştırmada Endonezya İslam Üniversitesi için SAİ değeri 0,26 olarak hesaplanmıştır (Kasam Iresha ve Prasojo, 2018). Christiady ve ark. (2021), Bandung kenti SAİ'yi 0,05 olarak belirtmişlerdir.

Türkiye'de SA ile ilgili çalışmalar bulunmakla birlikte; SAİ hesaplaması ve değerlendirilmesi ile ilgili çalışmaların ülke genelindeki durumun değerlendirilmesi bakımından sınırlı kaldığı, daha küçük ölçekte değerlendirmeler yapıldığı görülmüştür. Doğdu (2022), yaptığı çalışmada İstanbul ili için SAİ hesaplamasını 2019 yılı atık miktarlarını kullanarak yapmış; 2023 ve 2035 yıllarını iyimser ve kötümser olarak iki farklı senaryoda değerlendirmiştir. Maçin ve Arıkan (2021), yaptıkları çalışmada İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Yerleşkesi için kampüste SA uygulaması yapıldığında SAİ değerini %63 olarak hesaplamış ve SA uygulamasının olumlu sonuçları olacağını belirtmişlerdir.

Geri kazanım oranınının 2035 yılına kadar Türkiye genelinde SA projesinin kapsamlı uygulanmasıyla birlikte 60'a çıkarılması hedeflenmektedir (TÜÇA, 2022). Yapılan literatür taramasında Türkiye için SAİ hesaplanmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın özgün yönü, Türkiye'deki 7 farklı bölgenin en kalabalık illeri için ilk defa SAİ hesaplanması ve 2035 yılı için kaynak dönüşümüne bağlı atık yönetiminin ortaya koyulmasıdır. Bu çalışmada, katı atık yönetim sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında kullanışlı bir araç olabilecek SAİ'nin önemini vurgulayarak etkin kullanımının yaygınlaşmasına katkı sunulmuştur. Çalışmanın amacı, atık yönetiminde bir araç olan SAİ'yi kullanarak Türkiye'de kentsel katı atık yönetiminin mevcut ve gelecekteki SA yaklaşımıyla değerlendirilmesidir. Çalışma,

hâlihazırda yürütülen ve/veya yürütülmesi hedeflenen SA yönetimi politikalarının değerlendirilmesi ve gelecekte atılacak adımları belirlemesine yardımcı olması için bilimsel bir temel oluşturması hedeflemektedir.

Materyal ve Metot

Türkiye'nin jeopolitik açıdan önemli bir konuma sahip, nüfus yoğunluğu fazla bir ülke olduğu dikkate alındığında; atık yönetiminin stratejik bir öneme sahip olduğu açıktır. Bu çalışma kapsamında; TÜİK 2020 (URL-4) verilerine göre Türkiye'nin 7 bölgesinin en kalabalık illeri olan Ankara (İç Anadolu Bölgesi), Antalya (Akdeniz Bölgesi), İstanbul (Marmara Bölgesi), İzmir (Ege Bölgesi), Samsun (Karadeniz Bölgesi), Şanlıurfa (Güneydoğu Anadolu Bölgesi) ve Van (Doğu Anadolu Bölgesi) seçilerek bu illerin 2020 kötümser ve 2035 yılı için de iyimser ve kötümser senaryo olmak üzere iki farklı yaklaşıma göre SAİ'leri hesaplanmıştır. Türkiye sıfır atık projesi uygulamaları çerçevesinde, 2023 yılına kadar en az %35 oranında geri kazanım hedefine ulaşılması beklenirken 2035 yılında bu hedefin %60'lara çıkarılması planlanmaktadır (TÜÇA, 2022). Bu çalışmada, kötümser senaryo kapsamında atık geri dönüşümü yapılmadan yalnızca nüfus artışına bağlı hesaplamalar yapılarak sonuçlar buna göre değerlendirilmiştir. İyimser senaryoda ise, Türkiye sıfır atık projesi uygulamaları çerçevesinde oluşan atıkların 2035 yılında %60'nın geri dönüştürüldüğü kabul edilerek bu hedefe dayalı hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca Türkiye'de iller bazında atık istatistikleri toplu halde güncel olarak en son 2020 yılında TÜİK tarafından yayınlanmış olup (URL-5), 2035 yılı için hesaplamalar yapılırken 2020 yılındaki mevcut verilerden faydalanılmıştır.

SAİ ile atık yönetim sistemleri tarafından ikame edilebilecek bakir malzemelerin potansiyeli ölçülür. Yanı sıra, geri kazanılan malzeme ve miktarına bağlı olarak; enerji, sera gazı ve su tasarrufu sağlanmış olur. Zaman ve Swapan (2016), sera gazı, enerji ve su tasarrufunun yanı sıra malzemelerin ikame verimliliği değerlendirilmesinin de SAİ ile ölçülebileceğini ifade etmişlerdir. SAİ hesaplaması, katı atıklardan geri kazanılabilme potansiyeli olan işlenmemiş malzeme miktarının, yönetilebilen toplam katı atık miktarına bölünmesiyle elde edilir. SAİ, Denklem 1 ve Denklem 2 kullanılarak elde edilmektedir (Zaman ve Lehmann, 2013):

$$SAİ(ZWI) = \frac{\sum \text{kent tarafından yönetilen potansiyel atık miktarı} * \text{sistemler için ikame faktörü}}{\text{kentte oluşan toplam atık miktarı}} \quad (1)$$

$$SAİ (ZWI) = \frac{\sum_1^n MSW_{ij} x SF_{ij}}{\sum_1^n MSW_i} \quad (2)$$

MSW_{ij} =sistem tarafından yönetilebilen atık miktarı ($i= 1,2,3,\dots n=$ cam, karışık, organik, vb.; $j=1,2,3,\dots n=$ kaçınılan, geri dönüştürülebilir, arıtılabilir, atık miktarı).

SF_{ij} = sistem tarafından yönetilebilen atık miktarı için ikame faktörü ($i= 1,2,3,\dots n=$ cam, karışık, organik vb.; $j=1,2,3,\dots n=$ kaçınılan, geri dönüştürülebilir, arıtılabilir, atık miktarı).

MSW_i = yönetilebilen toplam kentsel katı atık miktarı($i= 1,2,3,\dots n=$ cam, karışık, organik, vb).

SAİ için atık yönetim sistemlerinden gelen kaynağın ikame değerleri; malzeme, enerji, sera gazları (GHG) emisyonları ve su olarak Tablo 1’de gösterilmiştir (Zaman, 2014).

Tablo 1. SAİ için atık yönetim sistemlerinden gelen kaynağın ikame değerleri(Zaman, 2014)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Bakir malzeme ikame verimliliği (ton)	Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)	Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)	Su tasarrufu (kL/ton)
Geri Dönüşüm	Kâğıt	0,84-1,00	6,33-10,76	0,60-3,20	2,91
	Cam	0,90-1,00	6,07-6,85	0,18-0,62	2,30
	Metal	0,79-0,96	36,09-191,42	1,40-17,8	5,97-181,77
	Plastik	0,90-0,97	38,81-64,08	0,95-1,88	-11,37
Kompostlama	Karışık	0,25-0,45	5,00-15,00	1,15	2,0-10
	Organik	0,60-0,65	0,18-0,47	0,25-0,75	0,44
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	0,00	0,00-0,84 ^b	(-)0,42-1,2	0,00

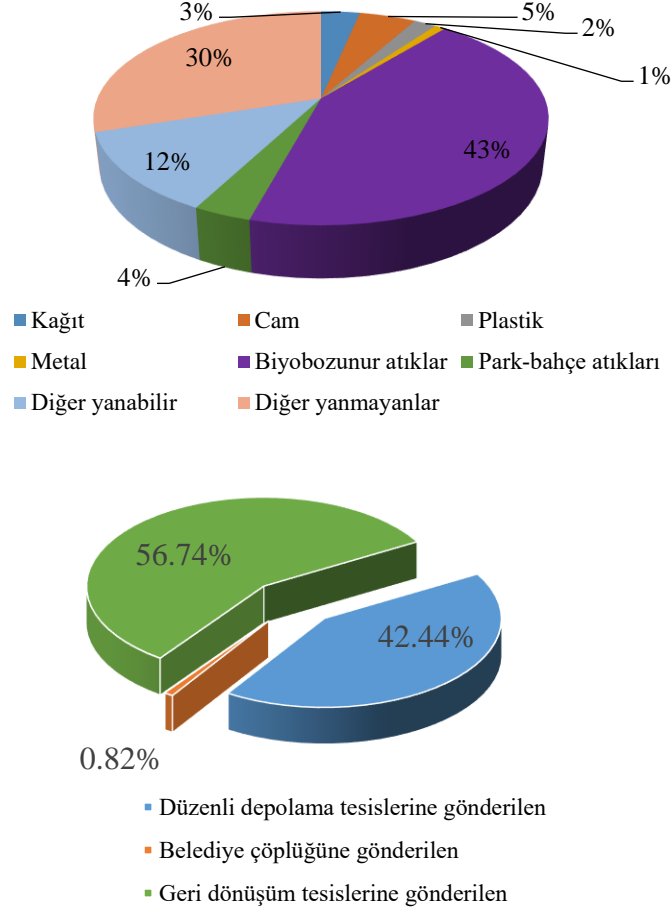
Pozitif bir değer tasarrufları, negatif bir değer ise talebi veya tükenmeyi ifade eder.

^a Kentsel atığın ortalama bileşimi (MW)

^c Depolama tesisinden gelen enerji.

Vaka Çalışması: Türkiye İçin SAİ Model Önerisi

İç Anadolu Bölgesi’nde bulunan başkentimiz Ankara’nın 2020 kentsel atık kompozisyonu ve atık yönetimi Şekil 1-a ve Şekil 1-b’de sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 1(a). Ankara'nın 2020 yılı kentsel atık kompozisyonu (URL-6), (b) Ankara 2020 yılı atık yönetimi (URL-5)

2020 ve 2035 yıllarına ait Ankara'daki atık miktarlarına göre SAİ hesaplarının yer aldığı bilgiler Tablo 2, 3 ve 4'te gösterilmiştir.

Tablo 2. Ankara ilinin 2020 yılı kötümser senaryoya ait SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	39808	0,84	33439	6,33	251985	0,60	23885	2,91	115841
	Cam	58264	0,90	52438	6,07	353665	0,18	10488	2,30	134008
	Metal	10857	0,79	8577	36,09	391819	1,40	15199	5,97	64815
	Plastik	22920	0,90	20628	38,81	889516	0,95	21774	-11,37	-260598
	Karışık	552125	0,25	138031	5,00	2760625	1,15	634944	2,0	1104250
Kompostlama	Organik	522329	0,60	313398	0,18	94019	0,25	130582	0,44	229825
Düzenli depolama	Kentsel Atık (MW ^a)	902282	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-378959	0,00	0,00
Toplam değer		2108585		566510		4741628,642		457913		1388141,164
Kişi başına yıllık fayda		0,37		0,10		0,84		0,08		0,25
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,27								

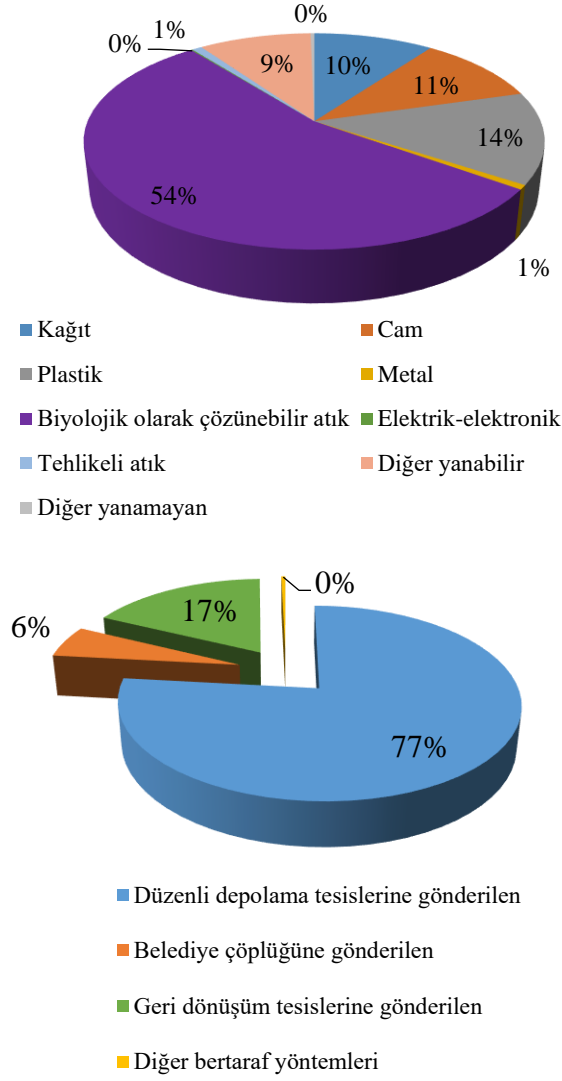
Tablo 3. Ankara ilinin 2035 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	39808	0,84	33439	6,33	251985	0,60	23885	2,91	115841
	Cam	58264	0,90	52438	6,07	353665	0,18	10488	2,30	134008
	Metal	10857	0,79	8577	36,09	391819	1,40	15199	5,97	64815
	Plastik	22920	0,90	20628	38,81	889516	0,95	21774	-11,37	-260598
	Karışık	552125	0,25	138031	5,00	2760625	1,15	634944	2,0	1104250
Kompostlama	Organik	522329	0,60	313398	0,18	94019	0,25	130582	0,44	229825
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	1317713	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-553439	0,00	0,00
Toplam değer		2524016		566510		4741629		283432		1388141
Kişi başına yıllık fayda		0,38		0,08		0,71		0,04		0,21
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,22								

Tablo 4. Ankara ilinin 2035 yılı iyimser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	49976	0,84	41979	6,33	316345	0,60	29985	2,91	145429
	Cam	73146	0,90	65831	6,07	443996	0,18	13166	2,30	168236
	Metal	13630	0,79	10767	36,09	491895	1,40	19082	5,97	81369
	Plastik	28774	0,90	25896	38,81	1116710	0,95	27335	-11,37	-327158
	Karışık	552608	0,25	138152	5,00	2763040	1,15	635499	2,0	1105216
Kompostlama	Organik	796277	0,60	477766	0,18	143330	0,25	199069	0,44	350362
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	1009606	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-424035	0,00	0,00
Toplam değer		2524016		760393		5275316,862		500101,9437		1523453,581
Kişi başına yıllık fayda		0,38		0,11		0,78		0,07		0,23
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,30								

Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Antalya'nın 2020 kentsel atık kompozisyonu ve atık yönetimi Şekil 2-a ve Şekil 2-b'de sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 2. (a)Antalya'nın' 2020 yılı kentsel atık kompozisyonu (URL-7) , (b) Antalya 2020 yılı atık yönetimi (URL-5)

2020 ve 2035 yıllarına ait Antalya'daki atık miktarlarına göre SAİ hesaplarının yer aldığı bilgiler Tablo 5, 6 ve 7'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Antalya ilinin 2020 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakir malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	22775	0,84	19131	6,33	144166	0,60	13665	2,91	66275
	Cam	23761	0,90	21385	6,07	144232	0,18	4277	2,30	54651
	Metal	1479	0,79	1169	36,09	53395	1,40	2071	5,97	8833
	Plastik	31159	0,90	28043	38,81	1209273	0,95	29601	-11,37	-354276
	Karışık	1116103	0,25	279026	5,00	5580513	1,15	1283518	2,0	2232205
Kompostlama	Organik	123335	0,60	74001	0,18	22200	0,25	30834	0,44	54267
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	1015332	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-426439	0,00	0,00
Toplam değer		2333944		422755		7153778,661		937527		2061955,960
Kişi başına yıllık fayda		0,92		0,17		2,81		0,37		0,81
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,18								

Tablo 6. Antalya ilinin 2035 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

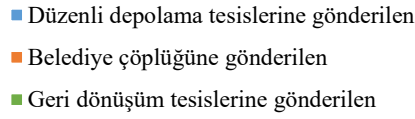
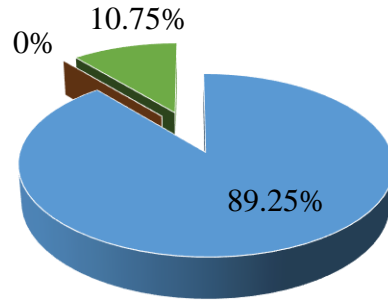
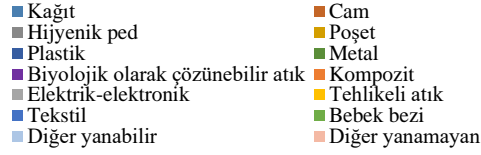
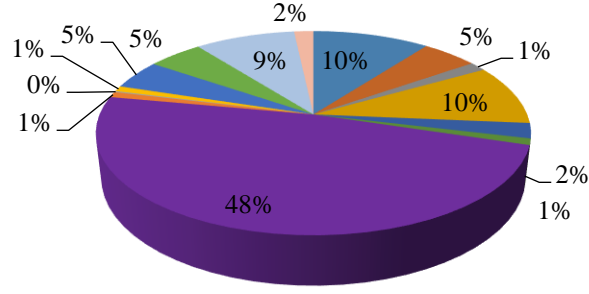
Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakir malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	22775	0,84	19131	6,33	144166	0,60	13665	2,91	66275
	Cam	23761	0,90	21385	6,07	144232	0,18	4277	2,30	54651
	Metal	1479	0,79	1169	36,09	53395	1,40	2071	5,97	8833
	Plastik	31159	0,90	28043	38,81	1209273	0,95	29601	-11,37	-354276
	Karışık	1116103	0,25	279026	5,00	5580513	1,15	1283518	2,0	2232205
Kompostlama	Organik	123335	0,60	74001	0,18	22200	0,25	30834	0,44	54267
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	395584	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-166145	0,00	0,00
Toplam değer		1714196		422755		7153779		1197821		2061956
Kişi başına yıllık fayda		0,52		0,13		2,16		0,36		0,62
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,25								

Tablo 7. Antalya ilinin 2035 yılı iyimser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	104497	0,84	87778	6,33	661468	0,60	62698	2,91	304087
	Cam	109023	0,90	98121	6,07	661769	0,18	19624	2,30	250753
	Metal	6788	0,79	5363	36,09	244987	1,40	9504	5,97	40526
	Plastik	142964	0,90	128668	38,81	5548431	0,95	135816	-11,37	-1625500
	Karışık	99355	0,25	24839	5,00	496774	1,15	114258	2,0	198710
Kompostlama	Organik	565890	0,60	339534	0,18	101860	0,25	141473	0,44	248992
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	685678	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-287985	0,00	0,00
Toplam değer		1714196		684302		7715289,265		195387,4949		-582433,0797
Kişi başına yıllık fayda		0,52		0,21		2,33		0,06		-0,18
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,40								

Marmara Bölgesi'nde bulunan İstanbul'un 2020 kentsel atık kompozisyonu ve atık yönetimi Şekil 3-a ve Şekil 3-b'de sırasıyla gösterilmiştir.

2020 ve 2035 yıllarına ait İstanbul'daki atık miktarlarına göre SAİ hesaplarının yer aldığı bilgiler Tablo 8, 9 ve 10'da gösterilmiştir.



Şekil 3. (a) İstanbul'un 2020 yılı kentsel atık kompozisyonu (URL-8) , (b) İstanbul 2020 yılı atık yönetimi (URL-

5)

Tablo 8. İstanbul ilinin 2020 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	77657	0,84	65232	6,33	491571	0,60	46594	2,91	225983
	Cam	36884	0,90	33195	6,07	223883	0,18	6639	2,30	84832
	Metal	7481	0,79	5910	36,09	270005	1,40	10474	5,97	44664
	Plastik	17806	0,90	16025	38,81	691044	0,95	16916	-11,37	-202452
	Karışık	247935	0,25	61984	5,00	1239675	1,15	285125	2,0	495870
Kompostlama	Organik	360381	0,60	216229	0,18	64869	0,25	90095	0,44	158568
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	6211337	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-2608762	0,00	0,00
	Toplam değer	6959481	398575	2981047,301	-2152918	807464,595				
Kişi başına yıllık fayda	SA indeksi (SAİ=v/iv)	0,45	0,03	0,19	-0,14	0,05				
	SA indeksi (SAİ=v/iv)	0,06								

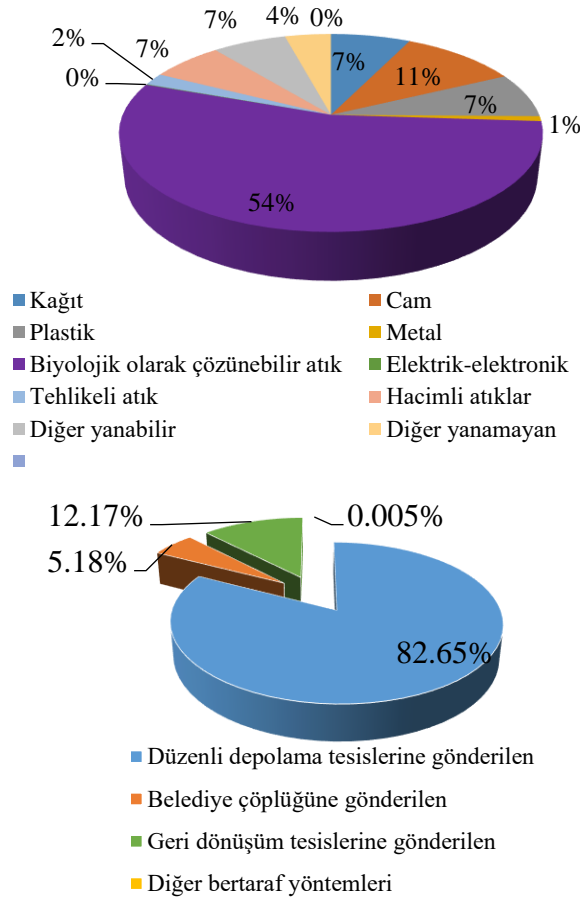
Tablo 9. İstanbul ilinin 2035 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	77657	0,84	65232	6,33	491571	0,60	46594	2,91	225983
	Cam	36884	0,90	33195	6,07	223883	0,18	6639	2,30	84832
	Metal	7481	0,79	5910	36,09	270005	1,40	10474	5,97	44664
	Plastik	17806	0,90	16025	38,81	691044	0,95	16916	-11,37	-202452
	Karışık	247935	0,25	61984	5,00	1239675	1,15	285125	2,0	495870
Kompostlama	Organik	360381	0,60	216229	0,18	64869	0,25	90095	0,44	158568
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	8253638	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-3466528	0,00	0,00
	Toplam değer	9001782	398575	2981047	-3010684	807465				
Kişi başına yıllık fayda	SA indeksi (SAİ=v/iv)	0,45	0,02	0,15	-0,15	0,04				
	SA indeksi (SAİ=v/iv)	0,04								

Tablo 10. İstanbul ilinin 2035 yılı iyimser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	560631	0,84	470930	6,33	3548794	0,60	336379	2,91	1631436
	Cam	266273	0,90	239645	6,07	1616275	0,18	47929	2,30	612427
	Metal	54011	0,79	42668	36,09	1949246	1,40	75615	5,97	322444
	Plastik	128545	0,90	115691	38,81	4988849	0,95	122118	-11,37	-1461562
	Karışık	1789914	0,25	447479	5,00	8949572	1,15	2058402	2,0	3579829
Kompostlama	Organik	2601695	0,60	1561017	0,18	468305	0,25	650424	0,44	1144746
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	3600713	0,00	0,00	0,00	0,00	(-),0,42	-1512299	0,00	0,00
Toplam değer		9001782		2877430		21521041,47		1778566,732		5829320,126
Kişi başına yıllık fayda		0,45		0,14		1,08		0,09		0,29
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,32								

Ege Bölgesi'nde bulunan İzmir'in 2020 kentsel atık kompozisyonu ve atık yönetimi Şekil 4-a ve Şekil 4-b'de sırasıyla gösterilmiştir.

**Şekil 4.** (a) İzmir'in 2020 yılı kentsel atık kompozisyonu (URL-9), (b) İzmir 2020 yılı atık yönetimi (URL-5)

2020 ve 2035 yıllarına ait İzmir'deki atık miktarlarına göre SAİ hesaplarının yer aldığı bilgiler Tablo 11, 12 ve 13'te gösterilmiştir.

Tablo 11. İzmir ilinin 2020 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	20676	0,84	17368	6,33	130882	0,60	12406	2,91	60168
	Cam	30147	0,90	27132	6,07	182993	0,18	5426	2,30	69339
	Metal	2304	0,79	1820	36,09	83141	1,40	3225	5,97	13753
	Plastik	20932	0,90	18839	38,81	812386	0,95	19886	-11,37	-238001
	Karışık	2108291	0,25	527073	5,00	10541453	1,15	2424534	2,0	4216581
Kompostlama	Organik	154604	0,60	92762	0,18	27829	0,25	38651	0,44	68026
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	1931492	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-811227	0,00	0,00
Toplam değer		4268446		684995		11778682,42		1692901		4189865,540
Kişi başına yıllık fayda		0,97		0,16		2,68		0,39		0,95
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,16								

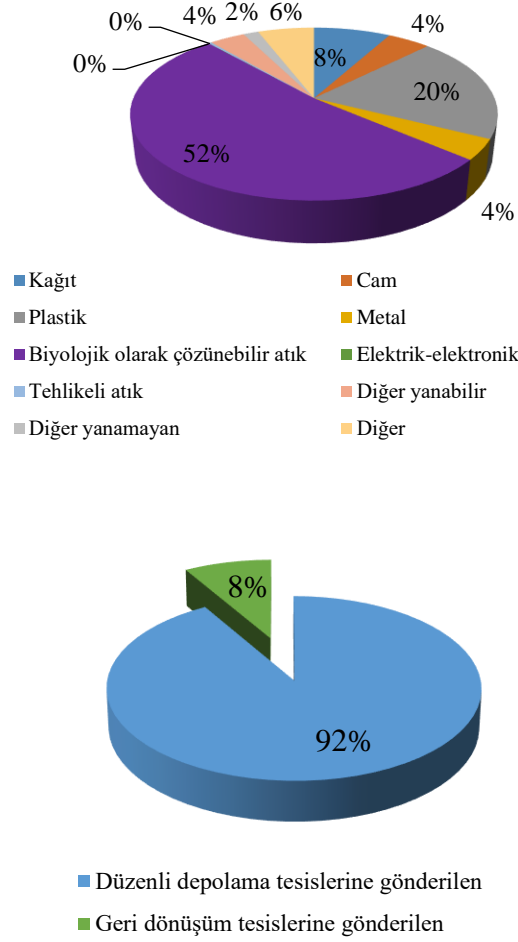
Tablo 12. İzmir ilinin 2035 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	20676	0,84	17368	6,33	130882	0,60	12406	2,91	60168
	Cam	30147	0,90	27132	6,07	182993	0,18	5426	2,30	69339
	Metal	2304	0,79	1820	36,09	83141	1,40	3225	5,97	13753
	Plastik	20932	0,90	18839	38,81	812386	0,95	19886	-11,37	-238001
	Karışık	2108291	0,25	527073	5,00	10541453	1,15	2424534	2,0	4216581
Kompostlama	Organik	154604	0,60	92762	0,18	27829	0,25	38651	0,44	68026
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	701086	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-294456	0,00	0,00
Toplam değer		3038040		684995		11778682		2209672		4189866
Kişi başına yıllık fayda		0,53		0,12		2,06		0,39		0,73
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,23								

Tablo 13. İzmir ilinin 2035 yılı iyimser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakir malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	132519	0,84	111316	6,33	838847	0,60	79512	2,91	385631
	Cam	193219	0,90	173897	6,07	1172841	0,18	34779	2,30	444405
	Metal	14765	0,79	11664	36,09	532864	1,40	20671	5,97	88146
	Plastik	134160	0,90	120744	38,81	5206744	0,95	127452	-11,37	-1525398
	Karışık	357274	0,25	89318	5,00	1786368	1,15	410865	2,0	714547
Kompostlama	Organik	990887	0,60	594532	0,18	178360	0,25	247722	0,44	435990
Düzenli depolama	Karışık									
	Kentsel Atık (MW ^a)	1215216	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-510391	0,00	0,00
Toplam değer		3038040		1101472		9716024,407		410609,3609		543321,8937
Kişi başına yıllık fayda		0,53		0,19		1,70		0,072		0,10
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,36								

Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Samsun'un 2020 kentsel atık kompozisyonu ve atık yönetimi Şekil 5-a ve Şekil 5-b'de sırasıyla gösterilmiştir. 2020 ve 2035 yıllarına ait Samsun'daki atık miktarlarına göre SAİ hesaplarının yer aldığı bilgiler Tablo 14, 15 ve 16'da gösterilmiştir.



Şekil 5. (a) Samsun'un 2020 yılı kentsel atık kompozisyonu (URL-10) , (b) Samsun 2020 yılı atık yönetimi (URL-5)

Tablo 14. Samsun ilinin 2020 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)		
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	
Geri Dönüşüm	Kâğıt	2411	0,84	2025	6,33	15262	0,60	1447	2,91	7016	
	Cam	1349	0,90	1214	6,07	8186	0,18	243	2,30	3102	
	Metal	1151	0,79	909	36,09	41523	1,40	1611	5,97	6869	
	Plastik	5923	0,90	5330	38,81	229853	0,95	5626	-11,37	-67339	
Kompostlama	Karışık	366536	0,25	91634	5,00	1832679	1,15	421516	2,0	733072	
Düzenli depolama	Organik	15580	0,60	9348	0,18	2804	0,25	3895	0,44	6855	
	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	361512	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-151835	0,00	0,00	
Toplam değer		754460		110460		2130307,862		282502		689574,537	
Kişi başına yıllık fayda		0,56		0,08		1,57		0,21		0,51	
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,15									

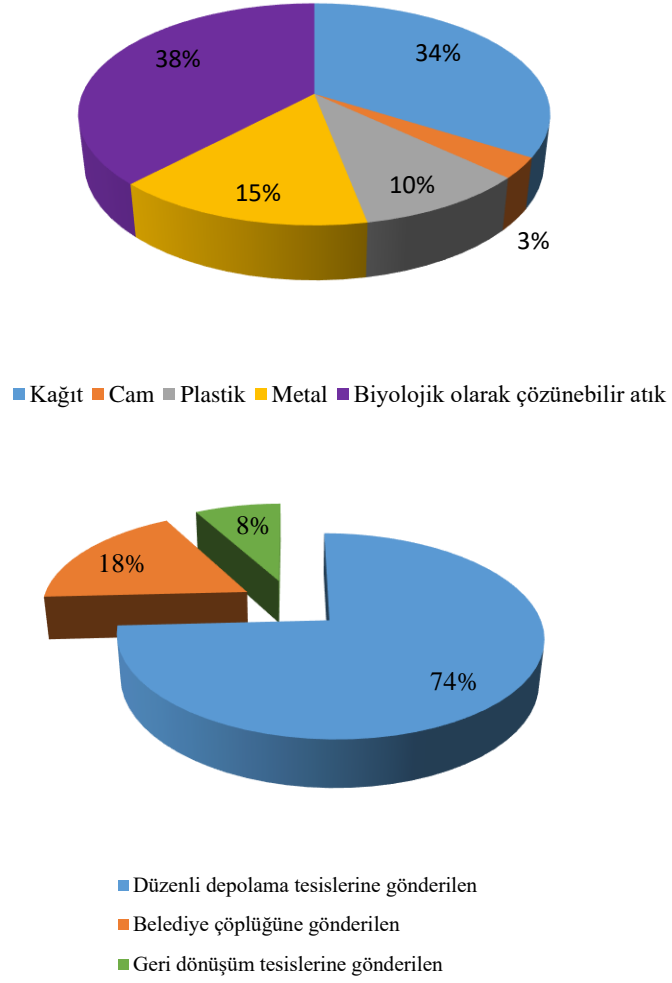
Tablo 15. Samsun ilinin 2035 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakir malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	2411	0,84	2025	6,33	15262	0,60	1447	2,91	7016
	Cam	1349	0,90	1214	6,07	8186	0,18	243	2,30	3102
	Metal	1151	0,79	909	36,09	41523	1,40	1611	5,97	6869
	Plastik	5923	0,90	5330	38,81	229853	0,95	5626	-11,37	-67339
	Karışık	366536	0,25	91634	5,00	1832679	1,15	421516	2,0	733072
Kompostlama	Organik	15580	0,60	9348	0,18	2804	0,25	3895	0,44	6855
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	58942	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-24756	0,00	0,00
Toplam değer		451890		110460		2130308		409582		689575
Kişi başına yıllık fayda		0,29		0,07		1,37		0,26		0,44
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,24								

Tablo 16. Samsun ilinin 2035 yılı iyimser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakir malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	20796	0,84	17469	6,33	131639	0,60	12478	2,91	60516
	Cam	11632	0,90	10468	6,07	70604	0,18	2094	2,30	26753
	Metal	9924	0,79	7840	36,09	358140	1,40	13893	5,97	59243
	Plastik	51082	0,90	45974	38,81	1982480	0,95	48528	-11,37	-580799
	Karışık	162464	0,25	40616	5,00	812318	1,15	186833	2,0	324927
Kompostlama	Organik	15238	0,60	9143	0,18	2743	0,25	3809	0,44	6705
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	180756	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-75918	0,00	0,00
Toplam değer		451890		131509		3357923,827		191716,8528		-102654,4062
Kişi başına yıllık fayda		0,29		0,08		2,15		0,12		-0,07
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,29								

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Şanlıurfa'nın 2020 kentsel atık kompozisyonu ve atık yönetimi Şekil 6-a ve Şekil 6-b'de sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 6. (a)Şanlıurfa'nın 2020 yılı kentsel atık kompozisyonu (URL-11) , (b) Şanlıurfa 2020 yılı atık yönetimi (URL-5)

2020 ve 2035 yıllarına ait Şanlıurfa'daki atık miktarlarına göre SAİ hesaplarının yer aldığı bilgiler Tablo 17, 18 ve 19'da gösterilmiştir.

Tablo 17. Şanlıurfa ilinin 2020 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakir malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	16740	0,84	14062	6,33	105965	0,60	10044	2,91	48714
	Cam	1477	0,90	1329	6,07	8966	0,18	266	2,30	3397
	Metal	7385	0,79	5834	36,09	266538	1,40	10340	5,97	44091
	Plastik	4924	0,90	4431	38,81	191084	0,95	4677	-11,37	-55981
	Karışık	566211	0,25	141553	5,00	2831055	1,15	651143	2,0	1132422
Kompostlama	Organik	18710	0,60	11226	0,18	3368	0,25	4677	0,44	8232
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	455431	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-191281	0,00	0,00
Toplam değer		1070877		178435		3406975,071		489866		1180874,816
Kişi başına yıllık fayda		0,51		0,08		1,61		0,23		0,56
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,17								

Tablo 18. Şanlıurfa ilinin 2035 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

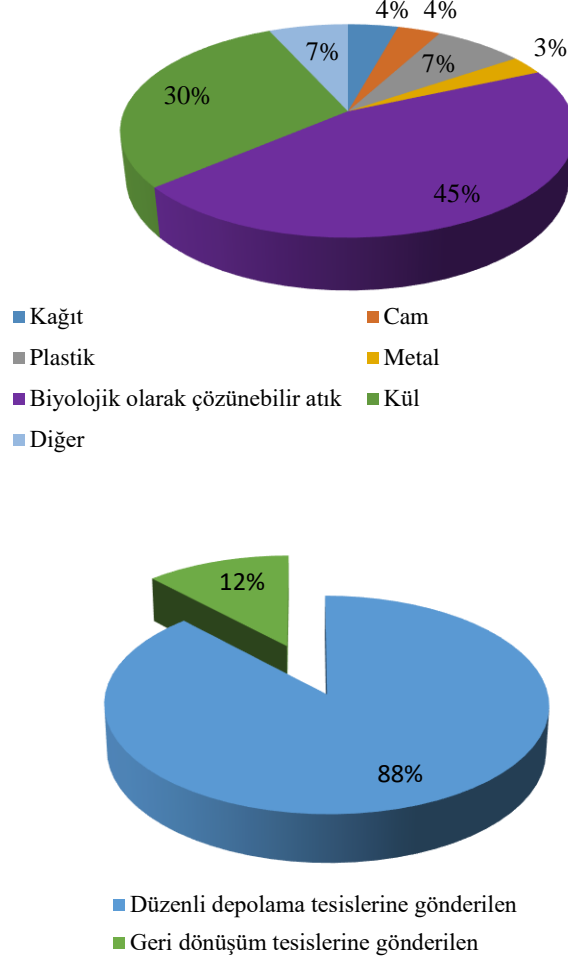
Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakir malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	16740	0,84	14062	6,33	105965	0,60	10044	2,91	48714
	Cam	1477	0,90	1329	6,07	8966	0,18	266	2,30	3397
	Metal	7385	0,79	5834	36,09	266538	1,40	10340	5,97	44091
	Plastik	4924	0,90	4431	38,81	191084	0,95	4677	-11,37	-55981
	Karışık	566211	0,25	141553	5,00	2831055	1,15	651143	2,0	1132422
Kompostlama	Organik	18710	0,60	11226	0,18	3368	0,25	4677	0,44	8232
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	92317	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-38773	0,00	0,00
Toplam değer		707764		178435		3406975		642374		1180875
Kişi başına yıllık fayda		0,29		0,07		1,40		0,26		0,49
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,25								

Tablo 19. Şanlıurfa ilinin 2035 yılı iyimser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-5)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	144384	0,84	121282	6,33	913949	0,60	86630	2,91	420157
	Cam	12740	0,90	11466	6,07	77330	0,18	2293	2,30	29301
	Metal	63699	0,79	50322	36,09	2298887	1,40	89178	5,97	380281
	Plastik	42466	0,90	38219	38,81	1648099	0,95	40343	-11,37	-482836
	Karışık	0,00	0,25	0,00	5,00	0,00	1,15	0,00	2,0	0,00
Kompostlama	Organik	161370	0,60	96822	0,18	29047	0,25	40343	0,44	71003
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	283105	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-118904	0,00	0,00
Toplam değer		707764		318111		4967312,166		139882,4187		417906,1573
Kişi başına yıllık fayda		0,29		0,13		2,04		0,06		0,17
SA indeksi (SAİ=v/iv)		0,45								

Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Van'ın 2020 kentsel atık kompozisyonu ve atık yönetimi Şekil 7-a ve Şekil 7-b'de sırasıyla gösterilmiştir.

2020 ve 2035 yıllarına ait Van'daki atık miktarlarına göre SAİ hesaplarının yer aldığı bilgiler Tablo 20, 21 ve 22'de gösterilmiştir.



Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)		
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	
Geri Dönüşüm	Kâğıt	2696	0,84	2265	6,33	17068	0,60	1618	2,91	7846	
	Cam	2306	0,90	2075	6,07	13995	0,18	415	2,30	5303	
	Metal	1843	0,79	1456	36,09	66520	1,40	2580	5,97	11004	
	Plastik	4754	0,90	4279	38,81	184522	0,95	4517	-11,37	-54059	
Kompostlama	Karışık	502494	0,25	125623	5,00	2512469	1,15	577868	2,0	1004988	
Düzenli depolama	Organik	28657	0,60	17194	0,18	5158	0,25	7164	0,44	12609	
	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	477621	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-200601	0,00	0,00	
Toplam değer		1020372		152893		2799733,347		393562		987691,501	
Kişi başına yıllık fayda		0,89		0,13		2,44		0,34		0,86	
SA indeksi (SAI=v/iv)		0,15									

Tablo 21. Van ilinin 2035 yılı kötümser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-6)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	2696	0,84	2265	6,33	17068	0,60	1618	2,91	7846
	Cam	2306	0,90	2075	6,07	13995	0,18	415	2,30	5303
	Metal	1843	0,79	1456	36,09	66520	1,40	2580	5,97	11004
	Plastik	4754	0,90	4279	38,81	184522	0,95	4517	-11,37	-54059
	Karışık	502494	0,25	125623	5,00	2512469	1,15	577868	2,0	1004988
Kompostlama	Organik	28657	0,60	17194	0,18	5158	0,25	7164	0,44	12609
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	81413	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-34193	0,00	0,00
Toplam değer		624163		152893		2799733		559969		987692
Kişi başına yıllık fayda		0,47		0,12		2,12		0,42		0,75
SAİ indeksi (SAİ=v/iv)		0,24								

Tablo 22. Van ilinin 2035 yılı iyimser senaryoya ilişkin SA indeksi (URL-6)

Atık yönetim sistemi	Atık kategorisi	Yönetilen toplam atık (ton) (iv)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)		Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)		Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)		Su tasarrufu (kL/ton)	
			Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel	Verim	Potansiyel
Geri Dönüşüm	Kâğıt	15504	0,84	13024	6,33	98142	0,60	9303	2,91	45117
	Cam	13257	0,90	11932	6,07	80471	0,18	2386	2,30	30492
	Metal	10598	0,79	8373	36,09	382492	1,40	14838	5,97	63272
	Plastik	27338	0,90	24605	38,81	1061002	0,95	25971	-11,37	-310837
	Karışık	143021	0,25	35755	5,00	715104	1,15	164474	2,0	286042
Kompostlama	Organik	164779	0,60	98867	0,18	29660	0,25	41195	0,44	72503
Düzenli depolama	Karışık Kentsel Atık (MW ^a)	249665	0,00	0,00	0,00	0,00	(-)0,42	-104859	0,00	0,00
Toplam değer		624163		192555		2366871,505		153307,1441		186588,0369
Kişi başına yıllık fayda		0,47		0,15		1,79		0,12		0,14
SAİ indeksi (SAİ=v/iv)		0,31								

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada, Türkiye’den seçilen 7 ilin TÜİK 2020 verileri dikkate alınarak kötümser senaryoya göre 2020 yılı, iyimser ve kötümser senaryoya göre de 2035 yılı için SAİ değerleri bulunmuştur. Kötümser senaryo kapsamında değerlendirildiğinde, artan nüfusakarşın ülke atık yönetim hedeflerinin gerçekleştirilemediği kabul edildiğinde SAİ 2020 ve 2035 yılları değerlendirilmesi Tablo 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 20, 21’de yer almaktadır.

İyimser senaryo kapsamında, 2020 yılı bulunan SAİ değeriyle karşılaştırıldığında, nüfus artışıyla birlikte atık yönetimi hedeflerindeki %60 atık dönüşüm verimine dayalı (Tablo 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22) SAİ hesaplaması yapılmıştır. Denklem 1-2 ve Tablo 1 kullanılarak seçilen 7 il için hesaplanan SAİ değerleri Tablo 23’de verilmiştir. Buna göre en düşük SAİ değeri İstanbul 0,06, en yüksek SAİ değeri ise Ankara için 0,27 olarak bulunurken ortalama SAİ değeri 7 il için 0,16 hesaplanmıştır. Bu durum, kaynakların İstanbul ili için yaklaşık %6’sının, Ankara için %27’sinin ve 7 il ortalamasına göre %16’sının atık yönetim sistemlerinden üretilen atık miktarından geri kazanılabildiğini ifade eder. 2020 yılı SAİ ortalama değeri dikkate alındığında Van, Samsun ve İstanbul illeri için SAİ değerleri sırasıyla 0,15, 0,15 ve 0,06 olarak elde edilmiş olup her üç il de ortalama değerin altında kalmıştır. 2035 yılı kötümser senaryo için en yüksek SAİ değerlerine sahip iller Antalya (0,25) ve Şanlıurfa (0,25) olarak elde edilmiştir. 2035 kötümser senaryo için 7 ilin SAİ değeri ortalaması 0,21 olarak hesaplanmıştır. Ortalama değerin altında kalan tek il İstanbul (0,04)’dur. 2035 iyimser senaryo için SAİ değeri en yüksek olan 0,45 ile Şanlıurfa olurken 7 ilin ortalama değeri 0,35 olarak hesaplanmıştır. Ortalama değerin altında kalan iller Ankara (0,30), İstanbul (0,32), Samsun (0,29) ve Van (0,31) olarak tespit edilmiştir. Antalya, İzmir ve Şanlıurfa her üç senaryo için de ortalama değerin üzerinde hesaplanmıştır (Tablo 23). Buna karşılık İstanbul her üç durum için de ortalama SAİ değerinin altında hesaplanmıştır. Bu durum dikkate alındığında, İstanbul ili için 2020 yılı %6, 2035 yılında ise kötümserde %4 ve 2035 iyimser senaryoya göre ise %32 geri kazanıldığı görülmektedir. Bu durumda İstanbul ili için atık yönetim sisteminde geri dönüşüm payının hızlı nüfus artışı da göz önünde bulundurularak hızla artırılması gerekmektedir.

Tablo 23. Türkiye’deki 7 il için SAİ değerleri

İl	2020 Kötümser senaryo için SAİ	2035 Kötümser senaryo için SAİ	2035 İyimser senaryo için SAİ
Ankara	0,27	0,22	0,30
Antalya	0,18	0,25	0,40
İstanbul	0,06	0,04	0,32
İzmir	0,16	0,23	0,36
Samsun	0,15	0,24	0,29
Şanlıurfa	0,17	0,25	0,45
Van	0,15	0,24	0,31
ORTALAMA	0,16	0,21	0,35

Tablo 24’de Türkiye’deki 7 il için 3 farklı durumda kişi başına düşen fayda değerleri gösterilmektedir. 2020 yılı için bakır malzeme verimliliği en yüksek olan il 0,17 ton ile Antalya, en düşük olan il ise 0,03 ton ile İstanbul’dur. Yani Antalya ilinde birey kaynaklı kentsel katı atığın %18’i (170 kg) geri kazanılırken İstanbul ilinde birey kaynaklı üretilen

kentsel katı atığın %6'sı (30 kg) geri kazanılabilmektedir. 2035 yılı kötümser senaryosunda bakır malzeme en yüksek 0,13 ton ile Antalya, en düşük 0,2 ton ile İstanbul'dur. 2035 yılı iyimser senaryoda en yüksek değer 0,21 ton ile Antalya, en düşük 0,08 ton ile Samsun'dur. Atıklar, enerjinin tüketilmesine neden olan unsurlardandır. Atıklardan kaynakların geri kazanılabilmesi, büyük miktarda enerji tasarrufu sağlayan potansiyellerdendir. Kötümser senaryo dikkate alındığında, enerji tasarrufu en yüksek il olan Antalya için 2020'den 2035 yılına gelindiğinde 2,81 GJ'den 2,16 GJ'e kadar gerilerken enerji tasarrufu en düşük il olan İstanbul için 0,19 GJ'den 0,15 GJ'e gerilemiştir. İyimser senaryoya göre, 2035 yılında, Antalya 2,33 GJ ile en yüksek miktarda enerji talebini atık yönetim sistemlerinde geri kazanılan kaynaklardan yerine koymuştur. Çevresel sorunların başlıcalarından biri, atıkların yakılması nedeniyle sera gazı (GHG) emisyonu konsantrasyonlarını artırıp küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır. Her kişi 2020 yılında en düşük değere sahip İstanbul ilinde 140 kg CO₂e, en yüksek değere sahip İzmir'de 390 kg CO₂e emisyon azaltımına neden olmuştur. Kötümser senaryoda bu miktar 2035 yılında İstanbul için 150 kg CO₂e emisyon artışına neden olurken, en yüksek değere sahip olan Van için 420 kg CO₂e azaltımı sağlamıştır. İyimser senaryoda ise her kişi 2035 yılında en düşük değere sahip Antalya ve Şanlıurfa illerinde 60 kg CO₂e emisyonu ve en yüksek değere sahip Samsun ve Van illerinde ise 120 kg CO₂e emisyonu azaltımına yol açacaktır. Atmosfere salınan emisyonlar, atıkların düzenleme depolama ve atıklardan kaynak geri kazanımı sayesinde azalacaktır.

Tablo 24. Türkiye'deki 7 il için kişi başına düşen yıllık fayda değerleri

İl	2020 yılı Kötümser senaryo				2035 Kötümser senaryo				2035 İyimser senaryo			
	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)	Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)	Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)	Su tasarrufu (kL/ton)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)	Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)	Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)	Su tasarrufu (kL/ton)	Bakır malzeme ikame verimliliği (ton) (v)	Enerji ikame verimliliği (GJLHV/ton)	Sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması (CO ₂ e/ton)	Su tasarrufu (kL/ton)
Ankara	0,10	0,84	0,08	0,25	0,08	0,71	0,04	0,21	0,11	0,78	0,07	0,23
Antalya	0,17	2,81	0,37	0,81	0,13	2,16	0,36	0,62	0,21	2,33	0,06	-0,18
İstanbul	0,03	0,19	-0,14	0,05	0,02	0,15	-0,15	0,04	0,14	1,08	0,09	0,29
İzmir	0,16	2,68	0,39	0,95	0,12	2,06	0,39	0,73	0,19	1,70	0,07	0,10
Samsun	0,08	1,57	0,21	0,51	0,07	1,37	0,26	0,44	0,08	2,15	0,12	-0,07
Şanlıurfa	0,08	1,61	0,23	0,56	0,07	1,40	0,26	0,49	0,13	2,04	0,06	0,17
Van	0,13	2,44	0,34	0,86	0,12	2,12	0,42	0,75	0,15	1,79	0,12	0,14

Su ve atık ilişkisi, hammaddelerin işlenmesinde fazla miktarda tatlı su kullanımı gerektirdiği için kaynak geri kazanımında önemli bir yere sahiptir. Her kişi 2020 yılında en düşük orana sahip İstanbul ilinde 50L su tasarrufu sağlarken, kötümser senaryoda 2035 yılında

40 L'ye düşmüştür. 2020 yılında kişiler en yüksek orana sahip İzmir ilinde 950 L su tasarrufu sağlarken kötümser senaryoda en yüksek değere sahip Van ilinin 750 L su tasarrufu sağlayacağı görülmektedir. 2035 yılı iyimser senaryoda ise, en düşük değer olan Antalya ilinde 180 L su ihtiyaç talebi meydana gelirken en yüksek il olan İstanbul için 290 L su tasarrufu sağlanacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Zaman ve Lehmann (2013), Stockholm, Adelaide ve San Francisco gibi şehirlerin SAI değerlerini sırasıyla 0,17, 0,23 ve 0,51 olarak, Christiady ve ark. (2021), Bandung kenti SAI'sini 0,05 olarak hesaplamışlardır. Bu değerler dikkate alındığında, bu çalışmadaki elde edilen sonuçlara göre Türkiye'de 7 ilin ortalama SAI değeri 2020 yılında 0,16, 2035 kötümser senaryoda 0,21, 2035 iyimser senaryoda ise 0,35 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, Türkiye'nin 2035 yılı SA hedefi kapsamında %60 geri dönüşümün sağlanması gerçekleştirildiğinde elde edilen SAI değeri literatürdeki şehirlere yaklaşmaktadır. Ancak, SA kapsamında atık yönetiminde özellikle geri dönüşüm payında ciddi düzenlemelerin yapılmasının gerekliliği açıktır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, "SA İndeksi" aracına dayalı atık yönetiminin Türkiye'nin 7 bölgesinden 2020 TÜİK verilerine göre en kalabalık 7 ilinin 2020 ve 2035 yılları için bir zaman serisi ölçümüdür. Ankara ili için SAI değeri 2020 yılından 2035 yılına kadar kötümser senaryoda yaklaşık %19 düşüş gösterirken İstanbul ili için ise %30 düşüş göstermiştir. Buna karşın, SAI değeri diğer illerde ortalama %50 artış göstermiştir. İyimser senaryoda 2035 yılı kötümser senaryoya kıyasla 7 il için yaklaşık %150'lik SAI değeri artışı görülmektedir. Buradaki değer artışının nedeni, iyimser senaryoda geri dönüşüm ve atık yönetimi yüzdesinin %60'lara yükseltileceği hedeflenmesi kaynaklıdır. Bu çalışma kapsamında belediye atıkları 6 kategoride (karışık, organik, plastik, cam, kağıt ve metal) dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Buna göre elde edilen bu sonuçların Türkiye'deki sıfır atık projesine katkı sağlaması, politika yapıcı ve uygulayıcılar, hükümet ajansları ve atık yönetimi hizmet sağlayıcılarına yol göstermesi amacıyla aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Çalışmada bahsedilen Stockholm, Adelaide, San Francisco, Bandung gibi kentler için literatürde yer alan SAI değerleriyle bu çalışma kapsamında hesaplanan 7 ilin ortalama SAI değerleri karşılaştırıldığında %60 oranında geri dönüşümün ülke çapında sağlanması gerekliliği açıktır.

- Ülke genelinde detaylı bir SAİ geliştirilebilmesi için atıkların denemeye alınması daha kapsamlı verilerle incelemelerin yapılması gereklidir. Politika geliştirme ve karar alma süreçleri dikkate alındığında güvenilir atık verilerinin elzem olduğu görülmüştür.
- SA projesi kapsamında başlatılan atık yönetimi ve bilinçlendirme çalışmalarının bireysel ölçekten başlayarak geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Yapılan SAİ hesaplamaları sonucu, özellikle nüfusun kalabalık olduğu iller için yerel yönetimlerce geri dönüştürülebilir atıkların toplanması, sınıflandırılması, kayıtlarının tutulması kritik bir role sahiptir.
- Türkiye genelinde yürütülen SA projesi kapsamında belediyelerin atık kayıtlarını sağlıklı ve kapsamlı bir şekilde toplayabilmesi ve muhafaza edebilmesi için merkezi atık veri toplama sistemi geliştirilmelidir.
- Türkiye'deki seçilen en kalabalık 7 ile göre, atık yönetiminde geri dönüşüm payının az olduğu özellikle İstanbul gibi biyobozunur içeriği yüksek illerde, bu atıkların ekonomik yönden atık yönetiminin planlanması, kompost olarak maksimum geri dönüşüm ve geri kazanımının yapılması hem enerji hem de maddesel kayıpları ortadan kaldıracığı ön görülmektedir.
- Sürdürülebilir politika ve stratejilerin belirlenmesi ve uygulanması, koordineli bir şekilde düşünülerek ve döngüsel ekonomi ilkeleri de göz önünde bulundurularak mümkün olacaktır.
- Küresel ve yerel bağlamda tüm paydaşların aktif katılımıyla optimum bir sıfır atık stratejisi geliştirilmesi gerekmektedir. Türkiye'de gelecekteki sıfır atık stratejileri için kapasite geliştirme, piyasa yapıları, atık yönetimi politikası ve stratejisi geliştirmenin kilit rol oynayacağı ön görülmektedir.
- Çalışma kapsamında SAİ hakkında yapılan literatür araştırmasında hem ulusal hem de uluslararası literatürde oldukça kısıtlı verinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Christiady J, Widyarsana IMW, Sutadian AD, Sundana EJ., 2021. Improvement of municipal waste management using dynamics systemand zero waste index approaches in Bandung City. Sanitation Value Chain, 5(1): 43.

Doğdu G., 2022. SA indeksi kullanılarak İstanbul İli katı atık yönetim performansının değerlendirilmesi. 1. Uluslararası Çevre, Enerji Ve Ekonomi Kongresi (INTECongress). 20-22 Ekim 2022, p: 88-89, Giresun. E-ISBN: 978 - 975 - 2481 - 27 – 5.

KasamIresha FM, Prasojo SA., 2018. Evaluation of solid waste management at campus using the“Zero Waste Index”: Thecase on campus of Islamic University of Indonesia. The 2nd International Conference on Engineering and Technology forSustainable Development MATEC Web of Conferences, 154.

Maçın KE, Arıkan OA., 2021. SA yönetimi'nin çevresel etkileri: İTÜ Ayazağa Kampüsü'nün SA Endeksi. 14. Ulusal 2. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi. 9-11 Aralık 2021, s: 271-277.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022. SA Kitabı. <https://sifiratik.gov.tr/sifir-atik/sifir-atik-kitabi#2816> (Erişim tarihi: 07.08.2023).

Türkiye Çevre Ajansı (TÜÇA), (2022). Yeşil kalkınma yolunda Türkiye istişare toplantısı sonuç bildirgesi. <https://tuca.gov.tr/haber/yesil-kalkinma-yolunda-turkiye-istisare-toplantisi-sonuc-bildirgesi/20> (Erişim tarihi: 17.10.2023).

URL-1. <https://ankara.csb.gov.tr/sifir-atik-i-86166>. Erişim tarihi: 27.07.2023.

URL-2. SA - Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. <https://sifiratik.gov.tr/> Erişim Tarihi: 10.12.2018.

URL-3. <https://sifiratik.gov.tr/kutuphane/sifir-atik-iyi-uygulama-ornekleri#5923>. Erişim tarihi: 27.07.2023.

URL-4. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları 2020. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210>. Erişim tarihi: 04.02.2021.

URL-5. Atık İstatistikleri. 2020. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198>. Erişim tarihi:23.12.2021.

URL-6 Ankara 2020. Çevre Durum Raporu, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2020_ankara--cdr-20210728144247.pdf. Erişim Tarihi: 5.08.2023.

URL-7 Antalya 2020 Çevre Durum Raporu, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/antalya_2020_-cdr-20210812095503.pdf (Erişim Tarihi: 5.08.2023).

URL-8 İstanbul 2020 Çevre Durum Raporu, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/-istanbul_2020_-cdr-20220110121837.pdf (Erişim Tarihi: 5.08.2023).

URL-9 İzmir 2020 Çevre Durum Raporu, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2020_-zm-r_cdr-20210622145856.pdf (Erişim Tarihi: 5.08.2023).

URL-10 Samsun 2020 Çevre Durum Raporu, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/samsun_-cdr2020-20220128095202.pdf (Erişim Tarihi: 5.08.2023).

URL-11 Şanlıurfa 2020 Çevre Durum Raporu, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/sanl-urfa_-cdr2020-20211118131834.pdf (Erişim Tarihi: 5.08.2023).

URL-12 Van 2020 Çevre Durum Raporu, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/van_2020_-cdr-20220118151334.pdf (Erişim Tarihi: 5.08.2023).

Zaman AU, Lehmann S., 2013. The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a 'zero waste city'. *Journal of Cleaner Production*, 50(1): 123-132.

Zaman AU., 2014. Measuring waste management performance using the 'Zero Waste Index': the case of Adelaide, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 66(2014):407-419. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.032>.

Zaman AU, Swapan MSH., 2016. Performance evaluation and benchmarking of global waste management systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 114: 32-41.