

**KATI ATIK YÖNETİMİNDE SIFIR ATIK YAKLAŞIMININ PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİ**

Ongun KOPARAL

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Teknolojisi Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aysun ÖZKAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Nisan 2022

28/04/2022

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ęrencisi Ogun KOPARAL, KATI ATIK YÖNETİMİNDE SIFIR ATIK YAKLAşIMININ PERFORMANS DEęERLENDİRMEēİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımda incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun grlmştir.

Tez Daniřmanı

Prof. Dr. Aysun ÖZKAN

ÖZET

KATI ATIK YÖNETİMİNDE SIFIR ATIK YAKLAŞIMININ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Ongun KOPARAL

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Teknolojisi Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Nisan 2022

Danışman: Prof. Dr. Aysun ÖZKAN

Günümüzde döngüsel ekonomi yaklaşımı ile birlikte hem ulusal hem uluslararası alanda atıkların sıfır atık yaklaşımıyla yönetiminin önemi artmıştır. Sıfır atık yaklaşımıyla birlikte atıklardan en fazla fayda sağlanması amaçlanmaktadır. Bu konuda, atık üreticileri, karar vericiler, atık işleyenler gibi birçok paydaş etkin rol oynamaktadır. Dolayısıyla, sıfır atık yaklaşımının doğru uygulanması ve sistemdeki aksaklıkların giderilmesine yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu noktadan hareketle bu tezde, sıfır atık yönetimi ile ilgili mevcut durum irdelenmiş ve sistemin geliştirilmesine yönelik öneriler sunulmuştur. Öncelikle, ilgili paydaşlardan oluşan bir ekip ile birlikte SWOT analizi yapılmıştır. SWOT analizi çalışmasından elde edilen bulgularla sistemin geliştirilmesine yönelik alternatifler oluşturulmuştur. Söz konusu alternatifler TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle değerlendirilmiştir. En iyi alternatifler “geri dönüşüm sektöründeki lisanssız firmaların ve toplayıcıların lisans almasının sağlanması” ve “lisanslı tesis kurulumu ve atık toplama ekipmanları için teşvik verilmesi” olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sıfır Atık, Atık Yönetimi, SWOT, TOPSIS, VIKOR

ABSTRACT

PERFORMANCE EVALUATION OF THE ZERO WASTE APPROACH IN SOLID WASTE MANAGEMENT

Ongun KOPARAL

Department of Environmental Engineering

Programme in Environmental Technology

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, April 2022

Supervisor: Prof. Dr. Aysun ÖZKAN

Today, with the circular economy approach, the importance of the management of wastes with a zero waste approach has increased both nationally and internationally. With the zero waste approach, it is aimed to get the most benefit from the waste. In this regard, many stakeholders such as waste producers, decision makers and waste processors play an active role. Therefore, it is necessary to implement the zero waste approach correctly and to carry out studies to eliminate the problems in the system. From this point of view, in this thesis, the current situation regarding zero waste management has been examined and suggestions for the development of the system have been presented. First of all, a SWOT analysis was conducted with a team of relevant stakeholders. With the findings obtained from the SWOT analysis study, alternatives were created for the development of the system. The mentioned alternatives were evaluated by TOPSIS and VIKOR methods. The best alternatives were determined as “ensure that unlicensed companies and collectors in the recycling sector obtain licenses” and “incentives for licensed facility installation and waste collection equipment”.

Keywords: Zero Waste, Waste Management, SWOT, TOPSIS, VIKOR

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında, değerli bilgilerini benimle paylaşan ve yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Aysun ÖZKAN'a;

Tez savunma jürimde olmayı kabul ederek çalışmaya destek olan Prof. Dr. Müfide BANAR'a ve Prof. Dr. Gülbin ERDEN'e;

Çalışmam boyunca benden desteğini esirgemeyen arkadaşlarım Caner'e, Tacettin'e ve Özcan'a;

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan destek veren canım aileme, eşim Diğdem'e ve oğlum Uras'a sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ongun KOPARAL

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Ongun KOPARAL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
GÖRSELLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ.....	3
2.1. Sıfır Atık Yönetim Sistemi.....	4
2.1.1. Sıfır atık yönetim sistemi oluşturulması.....	5
2.1.1.1. Odak noktalarının belirlenmesi	5
2.1.1.2. Mevcut durum tespiti	5
2.1.1.3. Planlama	5
2.1.1.4. İhtiyaçların belirlenmesi ve temin.....	5
2.1.1.5. Eğitim ve bilinçlendirme.....	5
2.1.1.6. Uygulama	7
2.1.1.7. Raporlama.....	7
2.2. Ulusal Mevzuat.....	7
2.2.1. Atık Yönetimi Yönetmeliği.....	7
2.2.2. Sıfır Atık Yönetmeliği	10

2.2.3. Atık Ön İşlem Ve Geri Kazanım Tesislerinin Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik	12
2.2.4. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği.....	13
3. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	16
3.1. Sıfır Atık Yönetimi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	16
3.2. SWOT ve MCDM İle Yapılmış Çalışmalar	18
4. MATERYAL METOD	22
4.1. SWOT Analizi	22
4.1.1. SWOT analizinde iç ve dış faktörler.....	23
4.1.1.1. İç çevre faktörleri.....	24
4.1.1.2. Dış çevre faktörleri	24
4.2. TOWS Matrisi Modeli	24
4.3. Alternatiflerin Puanlanması.....	25
4.4. Kriterlerin Belirlenmesi.....	25
4.5. Kriterlerin Ağırlıklandırılması	25
4.5.1. Sıralama yöntemi.....	25
4.5.2. Sıra üs ağırlık yöntemi.....	25
4.5.3. Karşılıklı ağırlıklar yöntemi.....	26
4.5.4. Entropi yöntemi.....	26
4.6. Alternatiflerin Değerlendirilmesi	27
4.6.1. TOPSIS yöntemi.....	27
4.6.2. VIKOR yöntemi.....	29
5. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	31
5.1. SWOT Analizi Uygulaması	31
5.2. TOWS Matrisi Modeli Uygulaması.....	31
5.3. Kriterlerin Belirlenmesi.....	32
5.4. Alternatiflerin Puanlanması.....	33
5.5. Kriterlerin Ağırlıklandırılması	33
5.5.1. Sıralama yöntemi uygulaması	33
5.5.2. Sıra üs ağırlık yöntemi uygulaması	34
5.5.3. Karşılıklı ağırlıklar yöntemi uygulaması	34

5.5.4. Entropi yöntemi uygulaması	34
5.6. Alternatiflerin Değerlendirilmesi	36
5.6.1. TOPSIS yöntemi uygulaması	36
5.6.2. VIKOR yöntemi uygulaması	40
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	43
KAYNAKÇA.....	44
ÖZGEÇMİŞ	



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Atık tipine göre geri kazanım tesislerine gönderilen belediye atık 2020 yılı miktarı (TÜİK, 2021)	3
Tablo 5.1. SWOT analizi uygulaması	31
Tablo 5.2. TOWS matrisi modeli ile alternatiflerin belirlenmesi	32
Tablo 5.3. Kriterler tablosu	32
Tablo 5.4. Alternatiflerin puanlama tablosu	33
Tablo 5.5. Sıralama yöntemi uygulaması.....	33
Tablo 5.6. Sıra üs ağırlık yöntemi uygulaması	34
Tablo 5.7. Karşılıklı ağırlıklar yöntemi uygulaması	34
Tablo 5.8. Karar matrisinin normalizasyonu.....	35
Tablo 5.9. Kriterlere ilişkin entropi değeri.....	35
Tablo 5.10. e_j , d_j ve w_j değerlerinin hesabı	36
Tablo 5.11. Sıralama yöntemi ile ağırlıklandırılmış kriterlere göre TOPSIS uygulaması alternatif sıralaması	39
Tablo 5.12. Kriter ağırlıklandırma yöntemlerine göre TOPSIS uygulama alternatif sıralaması	39
Tablo 5.13. Kriter ağırlıklandırma yöntemlerine göre VIKOR uygulama alternatif sıralaması	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Atık yönetim sistemi hiyerarşisi.....	4
Şekil 4.1. Çalışmada izlenen yol haritası.....	23
Şekil 4.2. SWOT analizi metodu	24



GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 2.1. Sıfır atık toplama kutusu (S.A.S.K., 2021).....	6
Görsel 2.2. Atık getirme merkezi (S.A.S.K., 2021)	6



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
CNG	: Sıkıştırılmış doğalgaz (CNG-Compressed Natural Gas)
m ³	: Metreküp
MCDM	: Çok Kriterli Karar Verme
SWARA	: Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi
SWOT	: Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

11.08.1983 tarih ve 2872 kanun numarası ile yayımlanan Çevre Kanunu'na göre atık; herhangi bir faaliyet sonucunda oluşan, çevreye atılan veya bırakılan her türlü madde olarak ifade edilmiştir. 12.07.2019 tarih ve 30829 sayı ile yayımlanan Sıfır Atık Yönetmeliği'ne göre sıfır atık, “üretim, tüketim ve hizmet süreçlerinde atık oluşumunun önlenmesi/azaltılması, yeniden kullanıma öncelik verilmesi, oluşan atıkların ise kaynağında ayrı biriktirilerek toplanması ve geri dönüşüm ve/veya geri kazanımının sağlanarak bertarafa gönderilecek atık miktarının azaltılması suretiyle çevre ve insan sağlığının ve tüm kaynakların korunmasını hedefleyen yaklaşımı” olarak ifade edilmiştir.

Atık yönetimi, atıkların oluştuğu çevrede azaltılması, niteliklerine göre ayrıştırılması, toplanarak geçici depolama alanlarına nakledilmesi, geri dönüşüm sürecine kazandırılması, bertaraf edilmesi ve nihayetinde kontrolünün sağlanması gibi konuları içermesi bakımından çevre ile ilgili en önemli konular olduğundan bahsedilmiştir (Kunt vd., 2020).

Avrupa Birliği doğal kaynakların tüketiminin artması ve doğrusal ekonominin sonucu olarak çevresel zararların önüne geçebilmek için biyoekonomi stratejisini 2012 yılında yayınlamıştır. Döngüsel ekonomi adı altında geliştirerek 2018 yılında güncellemiştir. Stratejiyi daha kapsamlı hale getirilerek yeşil mutabakat yaklaşımını 2019 yılında duyurmuştur (Maçin, 2021).

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte üretim kapasitelerinde de artış olmuştur. Dolayısıyla üretimdeki hız artışına bağlı olarak kullanılan hammadde ihtiyacı da artmıştır. Kullanılan hammaddeler kıt kaynaklardan oluştuğundan dolayı kaynakların kontrollü kullanılması ve imkan doğrultusunda kullanımının en aza indirilmesi gerekmektedir.

Hammadde ihtiyacında doğal kaynak kullanımının azaltılması için atıkların geri dönüşümü büyük önem kazanmıştır. Atıkların geri dönüşümü için ise atık yönetiminin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Atık yönetimi ile birlikte atıklardan maksimum düzeyde geri kazanım amaçlanmaktadır.

Sıfır atık yönetimi ve döngüsel ekonomi konularında genel olarak belirlenen politika öncelikle atığın oluşmasının önlenmesi üzerinedir. Önlenemeyen kısmın yeniden

kullanılması ve geri kazanılması ve bu şekilde döngünün sürekli olarak devam etmesi gerekmektedir.

26.06.2021 tarih ve 31523 sayı ile Resmi Gazete’de yayımlanan Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’ne göre ülkemizde 2025 yılına kadar ambalaj atıklarının geri dönüşüm oranının %55 ve 2031 yılına kadar da %65 olması gerektiği belirtilmiştir.

Sıfır atık yönetimiyle birlikte atıkların döngüsel ekonomideki yeri de önem kazanmıştır. Atıkların üretimde yeniden kullanılmasının yaygınlaşmasıyla kaynak kullanımları azalmıştır. Avrupa Komisyonu tarafından 2015 yılında Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, 2019 yılında Yeşil Mutabakat Eylem Planı ve 2020 yılında Yeni Döngüsel Eylem Planı hazırlanmıştır.

Türkiye’de 2021 yılında Yeşil Mutabakat Eylem Planı hazırlanmıştır.

Yeşil Mutabakat Eylem Planına göre; sınırda karbon düzenlemeleri, yeşil ve döngüsel bir ekonomi, yeşil finansman, temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı, sürdürülebilir tarım, sürdürülebilir akıllı ulaşım, iklim değişikliği ile mücadele, diplomasi ve Avrupa Yeşil Mutabakatı bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri başlıklarına hedefler içermektedir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2022).

2. KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ

Hızlı nüfus artışı ve aşırı tüketim sonucu meydana gelen katı atıklar üzerinde durulması gereken bir kaynaktır. Katı atıkların sürekliliği bulunduğu ve yönetilmesi gereken bir konu olduğundan katı atık yönetimi geliştirilmiştir. Katı atıkların toplanması, uzaklaştırılması ve düzenli depolanması yerel yönetimlerin sorumluluğundadır. Ülkemizde katı atıkların yönetimi belediyelerin sorumluluğundadır.

Türkiye’de 2020 yılı içerisinde imalat sanayi işyerleri, maden işletmeleri, termik santraller, organize sanayi bölgeleri (OSB), sağlık kuruluşları ve hanehalkları tarafından 30,9 milyon ton tehlikesiz atık olmak üzere 104,8 milyon ton atık meydana gelmiştir (TÜİK, 2021). Bunların içindeki atık hizmeti verilen belediyelerde toplanan 32,3 milyon ton kentsel katı atığın %69,4’ü düzenli depolama tesislerine, %17’si belediye çöplüklerine ve %13,2’si geri kazanım tesislerine gönderilirken, %0,4’ü ise açıkta yakılarak, gömülerek, dereye veya araziye dökülerek bertaraf edilmiştir. Belediyelerde toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,13 kg olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2021).

Belediyeler tarafından geri kazanım tesislerine gönderilen atıklara ait bilgiler Tablo 2.1.de verilmiştir.

Tablo 2.1. Atık tipine göre geri kazanım tesislerine gönderilen belediye atık 2020 yılı miktarı (TÜİK, 2021)

Atık Tipi	Atık Miktarı (ton)
Karışık metal atıklar	126.011
Cam atıklar	259.721
Kağıt ve karton atıklar	1.004.803
Ömrünü tamamlamış lastikler	7.810
Plastik atıkları	471.351
Odun atıkları	39.114
Tekstil ve deri atıkları	58.382
Pil ve akü atıkları	354
Gıda hazırlama ve ürünlerinin hayvansal ve karışık atıkları	14.118
Gıda hazırlama ve ürünlerinin bitkisel atıkları ve park ve bahçe atıkları	96.498
Evsel ve benzeri atıklar (biyogaz ve kompost tesisine gönderilen)	1.741.300
Karışık ve ayrıştırılamayan atıklar	224.851
Kül ve cüruf	18.085
İri hacimli atıklar	193.721
Diğer (ömrünü tamamlamış araçlar, hurda ekipmanlar ve atık yağları)	7.613
Toplam	4.263.732

Tüm atık yönetim sistemlerinde olduğu gibi kentsel katı atık yönetiminde de en etkili yönetim sırasıyla önleme, azaltma, tekrar kullanım, geri dönüşüm/geri kazanım, enerji geri kazanımı ve en son olarak da enerji geri kazanımından oluşmaktadır.

Katı atık yönetim sistemi hiyerarşisi Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Atık yönetim sistemi hiyerarşisi

İlk aşama olan **önleme**; ürünlerin yeniden kullanılması veya kullanım ömürlerinin uzatılması ile atık miktarının azaltılması, ürün üretiminde zararlı maddelerin azaltımı ve üretilen atığın çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesine ilişkin herhangi bir madde ya da malzeme atık haline gelmeden önce alınacak tedbirleri ifade etmektedir. Atıkların oluşmasının önüne geçilemiyorsa, proses, şekil gibi değişiklikler yapılarak oluşan atık miktarının **azaltılması** gerekir. Sonraki aşama olan **tekrar kullanımda**, ürünlerde ya da üretimde yeniden kullanılabilir olacak şekilde ön işlemden geçirilerek ya da direkt olarak hammadde olarak kullanılması ifade edilmektedir. **Geri dönüşüm** aşamasında atıklar, hammadde yerine ikame edilmek üzere işlenir ve değerli ürünlere dönüştürülür. Geri dönüşüm yöntemlerine uygun olmayan ve kalorifik değeri yüksek olan atıklardan enerji geri kazanımı da bir diğer aşamadır. Son olarak, atık yönetim sistemi hiyerarşisinin en altında yer alan **bertaraf** aşamasında atıklar düzenli depolama sahalarına gönderilir. Bu hiyerarşide aslolan bertarafa giden atık miktarının en aza indirilmesidir.

2.1. Sıfır Atık Yönetim Sistemi

Sıfır Atık Yönetmeliği’nde üretim, tüketim ve hizmet süreçlerinde atık oluşumunun önlenmesi/azaltılması, yeniden kullanıma öncelik verilmesi, oluşan atıkların ise kaynağında ayrı biriktirilerek toplanması ve geri dönüşüm ve/veya geri kazanımının

sağlanarak bertarafa gönderilecek atık miktarının azaltılması suretiyle çevre ve insan sağlığının ve tüm kaynakların korunmasını hedefleyen yaklaşıma sıfır atık denilmektedir.

Sıfır Atık Yönetmeliği'nde atık oluşumunun önlenmesinden başlayarak, atıkların azaltılması, kaynağında ayrı biriktirilmesi, geçici depolanması, ayrı toplanması, taşınması ve işlenmesi süreçlerinin hepsini içine alan, fayda ve maliyet unsurları göz önünde bulundurularak oluşturulan yönetim sistemine sıfır atık yönetim sistemi denilmektedir.

2.1.1. Sıfır atık yönetim sistemi oluşturulması

Firma, kurum veya kuruluşların Sıfır Atık Yönetim Sistemi'ne katılabilmesi için odak noktasının belirlenmesi, mevcut durum tespiti, planlama, ihtiyaçların belirlenmesi ve temin, eğitim ve bilinçlendirme, uygulama ve raporlama olmak üzere 7 adımın uygulanması gerekmektedir (S.A.S.K., 2021).

2.1.1.1. Odak noktalarının belirlenmesi

Kurumlarda sıfır atık yönetim sisteminin kurulmasından, uygulanmasının verimli olmasından, izlenmesinden, bilgi akışının sağlanmasından, raporlamadan sorumlu olacak kişiler belirlenir. Bunlar sıfır atık yönetimini sağlayacak ekibin başında olacak kişilerdir (S.A.S.K., 2021).

2.1.1.2. Mevcut durum tespiti

Sıfır Atık Yönetim Sistemi kurumlarda uygulanırken, atıklar mevcut durumunun belirlenmesi gerekmektedir (S.A.S.K., 2021).

2.1.1.3. Planlama

Mevcut duruma göz önünde bulundurularak planlama yapılır (S.A.S.K., 2021).

2.1.1.4. İhtiyaçların belirlenmesi ve temin

Kurumlarda uygulama yapılırken ofis, yemekhane gibi bütün birimler göz önünde bulundurularak ihtiyaca yönelik gerekli ekipmanlar belirlenir ve temin edilir (S.A.S.K., 2021).

Sıfır atık toplama kutusu ve atık getirme merkezine örnek görseller Görsel 2.1 ve Görsel 2.2'de verilmiştir.

2.1.1.5. Eğitim ve bilinçlendirme

Sistemin içerisinde yer alan kişilere gerekli uygulamalı eğitim ve bilgilendirme çalışmaları yapılır (S.A.S.K., 2021).



Görsel 2.1. Sıfır atık toplama kutusu (S.A.S.K., 2021)



Görsel 2.2. Atık getirme merkezi (S.A.S.K., 2021)

2.1.1.6. Uygulama

İhtiyaca göre temin edilen ekipmanların ve bilgilendirme afişlerinin, belirlenen noktalara kurulumu yapılır. Yerleştirilen her ekipmanın üzerine bilgilendirici etiket bulunması gerekmektedir (S.A.S.K., 2021).

2.1.1.7. Raporlama

Kurulan sistemin etkinliğinin değerlendirilmesi için çalışma ekibi tarafından gerekli tarama yapılır. Eksik yönler ve geliştirilmesi gereken taraflar tespit edilerek gerekli aksiyon alınır (S.A.S.K., 2021).

2.2. Ulusal Mevzuat

1970’li yıllardan itibaren gün geçtikçe artan ve tüm dünyanın ortak sorunu haline gelen çevre problemleri, Türkiye içinde en çok endişe duyulan bir konu haline gelmiştir. Türkiye’nin AB’ye uyum sürecinde en çok güçlük çektiği alanlardan birisinin çevre konusu olduğunu söylemek yanlış bir ifade olmayacaktır (Duru, 2007).

Dünyada sanayinin ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte kentlerde nüfus artışını ve dolayısıyla refah seviyesinin artmasına yol açmıştır. Buna bağlı olarak atık miktarlarında artış meydana gelmiştir. Atık miktarının artmasıyla birlikte daha az atık oluşumunu amaçlayan atık yönetimi yaklaşımı önem kazanmıştır (Dönmez & Değirmen, 2016).

2.2.1. Atık Yönetimi Yönetmeliği

02.04.2015 tarih ve 29314 sayı ile Resmi Gazete’de yayımlanan Atık Yönetimi Yönetmeliği’nin amacı;

- * Atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetiminin sağlanmasına,
- * Atık oluşumunun azaltılması, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı gibi yollar ile doğal kaynak kullanımının azaltılması ve atık yönetiminin sağlanmasına,
- * Çevre ve insan sağlığı açısından belirli ölçütlere, temel şart ve özelliklere sahip, bu Yönetmeliğin kapsamındaki ürünlerin üretimi ile piyasa gözetimi ve denetimine, ilişkin genel usul ve esasların belirlenmesi amaçlanmıştır.

02.04.2015 tarih ve 29314 sayı ile Resmi Gazete’de yayımlanan Atık Yönetimi Yönetmeliği’nin genel esasları;

- * Atık üretiminin ve atığın tehlikelilik özelliğinin;
 - » Doğal kaynakların olabildiğince az kullanıldığı temiz teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılması,
 - » Üretim, kullanım, geri kazanım veya bertaraf aşamalarında çevre ve insan sağlığına en az zarar verecek şekilde ürünlerin tasarlanması, pazarlanması,
 - » Daha dayanıklı, yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir ürünlere odaklanan teknolojiler ile atık üretimine ve atık içerisinde bulunan zararlı maddelere yönelik, ürün çevresel tasarım yaklaşımının oluşturulması suretiyle önlenmesi ve azaltılması esastır.
- * Atık üretiminin kaçınılmaz olduğu durumlarda atıkların; yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve ikincil hammadde elde etme amaçlı diğer işlemler ile geri kazanılması, enerji kaynağı olarak kullanılması veya bertaraf edilmesi esastır.
- * Doğal kaynak ve enerji kullanımının azaltılmasına yönelik olarak geri kazanılmış ürünlerin kullanımının özendirilmesi esastır.
- * Atıkların kaynağında ayrı toplanması, geçici depolanması, taşınması ve işlenmesi sırasında su, hava, toprak, bitki, hayvan ve insanlar için risk yaratmayacak, gürültü, titreşim ve koku yoluyla rahatsızlığa neden olmayacak, doğal çevrenin olumsuz etkilenmesini önleyecek ve böylece çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek yöntem ve işlemlerin kullanılması esastır.
- * Bakanlık, atık işleme tesislerine yönelik temiz üretim teknolojilerinin kullanımını sağlayacak mekanizmaları oluşturur.
- * Farklı türdeki atıkların kaynağında/üretildikleri yerde diğer atıklarla karıştırılmaksızın, sınıflandırılarak ayrı toplanması esastır.
- * Atıkların, Bakanlıkça belirlenen esaslar dışında farklı bir yöntemle toplanması ve ayrılması yasaktır.
- * Mevzuatta lisans alma zorunluluğu getirilen atık türlerini taşıyacak araçlar için taşıma lisansı alınması zorunludur.
- * Serbest bölgelerde kurulu bulunanlar da dâhil olmak üzere, ek-2/A'da ve ek-2/B'de belirtilen faaliyetleri yapan gerçek ve/veya tüzel kişiler Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği doğrultusunda Bakanlık/il müdürlüğünden geçici faaliyet belgesi/çevre izin ve lisansı belgesi almakla, tehlikesiz atık toplama-ayırma tesisi için ise il müdürlüğünden izin almakla yükümlüdürler.
- * Atıklar, üretildikleri yerde geri kazanılabilir.

- * Atıkların toplanması, taşınması, geri kazanılması ve/veya bertaraf edilmesi işlemleri, Bakanlık ve/veya il müdürlüğünden gerekli izin ve/veya çevre lisansı almış tesisler, üretici/yetkilendirilmiş kuruluşlar, atık taşımaya yetkili/lisanslı taşıyıcılar tarafından izinleri/lisansları kapsamında gerçekleştirilir.
- * Atıkların üretildikleri/bulundukları yere en yakın ve en uygun tesise en hızlı şekilde ulaştırılarak, uygun yöntem ve teknolojiler kullanılarak işlenmesi esastır.
- * Atık işleme tesislerinde yapılan faaliyetler hariç, atıklar fiziksel, kimyasal ve biyolojik ön işlemler haricinde kesinlikle doğrudan başka bir madde veya atıkla karıştırılamaz ve/veya seyreltilemez.
- * Atıkların üretiminden ve yönetiminden sorumlu kişi, kurum ve kuruluşlar, atık yönetiminin her aşamasında atıkların çevre ve insan sağlığına zarar vermesini önleyecek tedbirleri almakla yükümlüdür.
- * Bu Yönetmelik veya diğer hukuki düzenlemeler ile atık yönetim planını hazırlama yükümlülüğü verilen gerçek ve/veya tüzel kişi, atık yönetim planını hazırlayarak sunmak ve onaylatmak/uygun görüş almakla yükümlüdür.
- * Atıkların toprağa, denizlere, göllere, akarsulara ve benzeri alıcı ortamlara dökülmesi, doğrudan dolgu yapılması ve depolanması suretiyle çevrenin kirlenmesi yasaktır.
- * Belediye atıklarının yönetimi, iklim, nüfus, atık miktarı, coğrafi koşullar, optimum taşıma mesafesi göz önünde bulundurularak en geniş bölgenin faydalanabileceği şekilde bölgesel düzeyde sağlanır.
- * Belediye atıklarının hacminin azaltılması, kısmen enerji veya maddesel geri kazanımının sağlanması ve nihai bertarafı amacıyla çevre ile uyumlu fiziksel, kimyasal, biyolojik veya termal teknolojilerin kullanılması esastır.
- * Biyo-bozunur atıklar, geri kazanılabilir atıklarla karıştırılmadan ikili toplama sistemiyle kaynağında ayrı toplanır ve ikili toplama sistemi kurulur.
- * Belediye atıklarının, toplanması, taşınması ve bertaraf yükümlülüğü ile yönetimi, ilgili mevzuatta tanımlanan kurum ve kuruluşlarca sağlanır veya sağlattırılır.
- * Atıklar doğrudan kanalizasyon sistemine boşaltılmaz, doğrudan havaya verilmez, düşük sıcaklıklarda yakılmaz, diğer atıklar ile karıştırılmaz.

2.2.2. Sıfır Atık Yönetmeliği

12.07.2019 tarih ve 30829 sayı ile Resmi Gazete’de yayımlanan Sıfır Atık Yönetmeliği’nin amacı;

- * Hammadde ve doğal kaynakların etkin yönetimi ile sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda atık yönetimi süreçlerinde çevre ve insan sağlığının ve tüm kaynakların korunmasını hedefleyen sıfır atık yönetim sisteminin kurulmasına, yaygınlaştırılmasına, geliştirilmesine, izlenmesine, finansmanına, kayıt altına alınarak belgelendirilmesine ilişkin genel ilke ve esasların belirlenmesidir.

12.07.2019 tarih ve 30829 sayı ile Resmi Gazete’de yayımlanan Sıfır Atık Yönetmeliği’nin genel esasları;

- * Üretim, tüketim ve hizmet süreçlerinde kaynakların verimli kullanılması amacıyla;
 - » EK-2’de verilen esaslar da dikkate alınarak atık oluşumunun önlenmesi,
 - » Atık oluşumunun önlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda atıkların azaltılması,
 - » Ürün ve malzemelerin yeniden kullanım olanaklarının değerlendirilmesi esastır.
- * Oluşan atıkların türlerine göre en az ikili biriktirilmesi ve geçici depolanması sırasında çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde gerekli önlemlerin alınması esastır.
- * Ayrı olarak biriktirilen atıkların karıştırılmadan toplanması ve öncelikle geri dönüşüm/geri kazanımlarının sağlanması, mümkün olmaması halinde ise çevre kirliliğine yol açmayacak şekilde nihai bertaraflarının sağlanması esastır.
- * Atıkların maddesel veya enerji geri kazanımı amacıyla kullanılarak ekonomiye kazandırılması yaklaşımının öncelikli tercih edilmesi ve düzenli depolamaya gönderilen atık miktarının azaltılması esastır.
- * Sıfır atık yönetim sistemi için idari, mali ve teknik açıdan verimlilik, sürdürülebilirlik ve halkın katılımı ilkeleri esas alınır.
- * Bakanlık ve il müdürlüğü koordinasyonunda ilgili kurum ve kuruluşların iş birliği içerisinde bulunarak sıfır atık yönetim sisteminin geliştirilmesi,

yaygınlaştırılması, etkin bir şekilde uygulanması amacıyla bilinç ve farkındalık oluşturulması, çevreye duyarlı tutum, davranış ve faaliyetlerin teşvik edilerek desteklenmesi esastır.

- * Sıfır atık yönetim sistemi kapsamındaki faaliyetler ve bu faaliyetlere ilişkin olarak istenen bilgi ve belgeler için Sıfır Atık Bilgi Sistemi kullanılır.
- * Mahalli idareler ile EK-1 listede tanımlı yerler ve gönüllülük esasına dayalı olarak sıfır atık yönetim sistemini kuracaklar tarafından bu Yönetmelikte tanımlanan kriterler doğrultusunda sıfır atık yönetim sisteminin kurulması, işletilmesi, geliştirilmesi ve izlenmesi esastır.
- * Sıfır atık yönetim sistemini kuranlarca, atıkların 2872 sayılı Kanun uyarınca çıkarılan mevzuat hükümlerine uygun olarak kaynağında ayrı biriktirilerek atık işleme tesislerine iletilmesinin sağlanması esastır.
- * Sıfır atık yönetim sistemi kurulan yerlerde bulunan gerçek ve tüzel kişiler, atıklarını dahil oldukları sıfır atık yönetim sistemi kriterlerine uygun olarak biriktirir.
- * Evlerden kaynaklanan atık ilaçlar, ilaç satışı yapılan yerler ile İl Sıfır Atık Yönetim Sistemi Planında toplama noktası olarak belirlenen diğer toplama noktalarında ve atık getirme merkezlerinde toplanır. Atık ilaç biriktirme ekipmanları ilaç satışı yapılan yerler ve toplama noktalarınca temin edilir. Evlerden kaynaklanan atık ilaçların yönetimi mahalli idareler tarafından sağlanır.
- * Sıfır atık yönetim sistemi kapsamında atıkların kaynağında türlerine göre ayrı biriktirilmesi ve kaynağında ayrı biriktirilen atıkların karıştırılmadan ayrı olarak toplanması esastır.
- * Sıfır atık yönetim sistemi kapsamında biriktirilen atıklar, Bakanlıktan geçici faaliyet belgesi/çevre lisansı almış atık işleme tesislerinde işlenir.
- * Kaynağında ayrı biriktirilen evsel atıklar ile benzer ticari ve kurumsal atıkların geri kazanıma veya bertarafa gönderilmek üzere bırakıldığı atık getirme merkezlerinin oluşturulması esastır.

2.2.3. Atık Ön İşlem Ve Geri Kazanım Tesislerinin Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik

09.10.2021 tarih ve 31623 sayı ile Resmi Gazete’de yayımlanan Atık Ön İşlem Ve Geri Kazanım Tesislerinin Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik’in amacı;

- * Atıkların işlenmesi amacıyla faaliyet gösteren atık ön işlem ve geri kazanım tesislerinin teknik kriterlerine ve bu tesislerde bulunması gereken asgari şartlara ilişkin usul ve esasları belirlemektir.

09.10.2021 tarih ve 31623 sayı ile Resmi Gazete’de yayımlanan Atık Ön İşlem Ve Geri Kazanım Tesislerinin Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik’in genel ilkeleri;

- * Atıkların yönetiminden sorumlu kişi, kurum ve kuruluşlar, atık yönetiminin her aşamasında yükümlülükler açısından müteselsilen sorumlu olup atıkların çevre ve insan sağlığına zarar vermesini önleyecek tedbirleri almakla, bu faaliyetler sonucu meydana gelen çevresel zararı azaltmakla, durdurmakla ve gidermekle yükümlüdürler.
- * Atıkların, ekonomiye katkı sağlaması ve nihaî bertarafa gidecek atık miktarının azaltılması amacıyla geri kazanılması esastır.
- * Bu Yönetmeliğin EK-1’de yer almadığı için toplama ayırma tesisine gönderilemeyen atıklar, ilgili mevzuata uygun olarak; ara depolama, geri kazanım veya bertaraf faaliyeti yapan atık işleme tesislerine gönderilir.
- * Geri kazanılamayan atıklar, bu Yönetmelik kapsamındaki geri kazanım faaliyeti gerçekleştiren atık işleme tesislerine kabul edilemez, bu atıklar Atık Yönetimi Yönetmeliğinin EK-2/A’sında belirtilen yöntemlerden biriyle bertaraf edilir.
- * Atık işleme tesislerinin ilgili idarelerden alınmış işyeri açma ve çalışma ruhsatına sahip olmaları zorunludur. Atık işleme tesislerine Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliğine göre verilen geçici faaliyet belgeleri işyeri açma ve çalışma ruhsatı başvurularında çevre izin ve lisans belgesi olarak değerlendirilir.
- * Bakanlık atık işleme tesislerinden, proses yetkinliğinin ispatı amacıyla geçici faaliyet belgesi değerlendirme sürecinde deneme üretimi gerçekleştirilmesini

ve deneme üretimi sonucunda ilgili kurum ve/veya kuruluşlarca hazırlanan sonuç raporunu sunmasını istemeye yetkilidir.

2.2.4. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

26.06.2021 tarih ve 31523 sayı ile Resmi Gazete’de yayımlanan Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’nin amacı;

- * Sürdürülebilir bir şekilde çevrenin korunması ve geliştirilmesi için;
 - » Çevresel açıdan belirli ölçütlere, temel şart ve özelliklere sahip ambalajların üretimine ve piyasaya arzına, ekonomik işletmelerin yükümlülük ve sorumluluklarına,
 - » Ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, önlenemeyen ambalaj atıklarının yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım yöntemleri kullanılarak bertaraf edilecek miktarının azaltılmasına,
 - » Döngüsel ekonomi ve kaynak verimliliği ilkeleri esas alınarak ambalaj ve ambalaj atıklarının depozito yönetim sistemi ve sıfır atık yönetim sistemi dâhil belirli bir yönetim sistemi içinde yönetilmesine,
 - » Depozito yönetim sisteminin uygulanmasına,
 - » Türkiye Çevre Ajansının, ambalaj ve ambalaj atıklarının yönetimindeki görev ve yetkileri doğrultusunda göstereceği faaliyetlere yönelik strateji ve politikalar ile idari, mali ve teknik usul ve esasların belirlenmesidir.

26.06.2021 tarih ve 31523 sayı ile Resmi Gazete’de yayımlanan Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’nin genel ilke ve esasları;

- * Sıfır atık yaklaşımı temelinde doğal kaynakların korunması ve verimli kullanımı ile sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarına uyumlu üretimin sağlanması ve atık miktarının azaltılması amacıyla ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, atık oluşumunun kaçınılmaz olduğu durumlarda ise öncelikle yeniden kullanılması, geri kazanılması ve/veya enerji kaynağı olarak kullanılması sureti ile bertaraf edilecek atık miktarının azaltılması esastır. Ambalaj atıklarının öncelikle maddesel geri dönüşümün sağlanması esas olup maddesel geri dönüşümün ekonomik ve/veya teknik nedenlerle mümkün olmaması durumunda enerji kaynağı olarak kullanımı son tercih olmak üzere diğer geri kazanım işlemleri uygulanır. Geri kazanımı

mümkün olmayan ambalaj atıkları ilgili mevzuat hükümlerine göre bertaraf edilir.

- * Ambalajların üretimi ve kullanımında öncelikle yeniden kullanıma uygun, geri dönüştürülebilir ambalajların tercih edilmesi esastır. Ambalajların tüketimi/kullanılması sonrasında oluşan atıkların sıfır atık yönetim sisteminin genel ilkeleri doğrultusunda yeniden kullanıma veya geri kazanım sürecine dâhil edilmesi ve geri kazanılmış malzemelerin kullanımlarının sağlanarak Ülke ekonomisine kazandırılması esastır.
- * Ambalaj ve ambalaj atıklarının yönetimine yönelik ulusal ölçekli strateji ve politikaların belirlenmesinde ve uygulanmasında genişletilmiş üretici sorumluluğu ilkesi ve kirleten öder ilkesi uygulamalarına uyum sağlanması esas olup ambalaj atıklarının, kullanılan malzemeye ve olduğu kaynağa bakılmaksızın sıfır atık ilkelerine uyumlu olarak yönetilmesi sağlanır. Genişletilmiş üretici sorumluluğu kapsamında ambalaj üreticileri, piyasaya sürenler ve tedarikçiler ile satış noktaları ve ilgili diğer paydaşlar için sorumluluk paylaşımı yapılması esastır.
- * Biyobozunur ambalajlar ve bunların atıklarına yönelik Bakanlıkça belirlenen usul ve esaslara uyulur. Plastik malzemelerin mikro parçalara parçalanmasını katalize eden katkı maddeleri içeren plastik malzemelerden yapılmış olan okso-bozunur plastik ambalajlar biyobozunur ambalaj olarak kabul edilmezler.
- * Ambalaj ve ambalaj atıklarının yönetiminden sorumlu kişi veya kişiler ile kurum/kuruluşlar, bu atıkların çevre ve insan sağlığına zararlı olabilecek etkilerinin azaltılması için gerekli tedbirleri almakla yükümlü olup ambalaj atıklarının yönetiminden kaynaklanan her türlü çevresel zararın giderilmesi amacıyla yapılan harcamalar, bu atıkların yönetiminden sorumlu olan gerçek ve/veya tüzel kişiler tarafından müteselsilen sorumluluk ilkesi çerçevesinde karşılanır.
- * Ambalaj atıklarının temizleme, onarım veya kontrol işlemleri ile tasarlandığı hale getirildiği yeniden kullanıma hazırlama faaliyeti dâhil olmak üzere atık işleme faaliyetleri ilgili mevzuatında belirtilen hükümler doğrultusunda gerçekleştirilir.
- * Ambalajın ve ambalaj atığının içeriğindeki maddelerin miktarının ve çevreye verdiği zararın, ambalajın tasarımından başlayarak üretimi, pazarlanması,

dağıtımı, kullanılması, yeniden kullanıma alınması, piyasaya arzı ve atık haline gelmesinden geri kazanımına veya bertaraf edilmesine kadar tüm süreçlerde temiz ürün ve teknolojiler geliştirilerek çevresel risklerin azaltılmasına yönelik önleme faaliyeti yapılması esastır.

- * Kaynakların verimli yönetimi ve plastik poşetlerden kaynaklanan çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla plastik poşet kullanımının azaltılmasına yönelik ücretlendirme uygulaması yapılır. Ülke genelinde plastik poşet kullanımının, çok hafif plastik poşetler hariç olmak üzere, yıllık kişi başına kullanılan adedin 31/12/2025 tarihine kadar 40 adedi aşmayacak şekilde azaltılmasını sağlayacak önlemlerin alınması ve düzenlemelerde bulunulması esastır.
- * Ücretlendirme uygulamasına tabi tutulan plastik poşetler ile ücretlendirme uygulamasından muaf tutulan plastik poşetlerin kullanımında yedinci fıkrada belirtilen önleme faaliyetleri ile tüketicilerin/kullanıcıların talebinin azaltılmasına yönelik faaliyetlerde bulunulması esastır.
- * 1/1/2022 tarihinden itibaren, tek kullanımlık satış ambalajlarıyla piyasaya sürülen insani tüketim amaçlı içecekler öncelikli olmak üzere ambalajlı ürünlerin zorunlu olarak sadece depozito yönetim sistemi kapsamında piyasaya sürülmesine yönelik değerlendirilmesi esastır. Zorunlu depozito uygulaması kapsamının belirlenmesinde; ambalajın türü ve kullanım özellikleri, piyasaya arz koşulları ve zorunlu depozito uygulamalarının altyapısı ve işletim esasları dikkate alınır.

3. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

3.1. Sıfır Atık Yönetimi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Dünya tarihi boyunca dini, siyasi, askeri, sosyal, kültürel ve ekonomik nedenlere bağlı olarak yönetim yaklaşımları değişikliğe uğramıştır. Reform – rönesans ve sanayi devriminin etkileri ile teknolojinin gelişmesi gibi önemli faktörler sebebiyle günümüze kadar önemli değişimler göstermiştir. Sanayi devriminden önce yönetim yaklaşımları genellikle devlet ve kamu yönetimi olarak görülmektedir. Sanayi devriminden sonra kaynakların kıt olması ve çevre sorunlarından dolayı devlet, kamu, küreselleşme, çok uluslu şirketler, insan ilişkileri ve yönetim, finans, etik ve ahlak kurallarının uygulamasında sorunlar ortaya çıkmıştır. Verimli üretim, kaynakların kullanımı, çevrenin ve geleceğin korunması konularında uluslararası anlaşmalar ve standartlar, sıfır atık hedefleri uygulanmaya başlamıştır. Yapılan çalışma ile, yeryüzünün mevcut düzeninin bozulmaması ve korunmasını amaçlayan, sürdürülebilir gelişme ve çevreye zararının en aza indirilmesini hedefleyen üretim ve tüketim yaklaşımı olan sıfır atık yönetim planı, uygulama yaklaşımları ve eleştirileri yer almaktadır (Ergülen & Atıcı, 2020).

Günümüzde teknolojinin gelişmesi, nüfusun hızlı artışı, bilginin ulaşılabilir olması gibi birçok alanda yaşanan değişim toplumsal refahın artmasıyla birlikte, sağlık hizmetlerine yapılan başvuru sayısının artışına da neden olmaktadır. Ayrıca, sağlık sisteminde koruyucu yöntemler yerine tedavi edici yöntemlere yönelim ile sağlık talebindeki artışa neden olmaktadır. Dolayısıyla sağlık talebindeki artışa bağlı olarak çevre için risk oluşturan tıbbi atık sorununu ortaya çıkarmaktadır. Yapılan çalışma ile sağlık kurumlarında tıbbi atıkların yönetimi ve oluşan atıkların çevre sağlığına dikkat edilerek uygun bir şekilde bertaraf edilmesi konusunda yeni bir yaklaşım olan sıfır atık projesi kapsamında ele alınarak, güncel yasal düzenlemeler ile birlikte değerlendirilme yapılması amaçlanmıştır (Baykara Mat & Baykal, 2020).

Sıfır atık uygulamaları bütün dünyada hızla artmaktadır. Sıfır Atık Yönetmeliği ile birçok kamu kurum ve kuruluşlar için sıfır atık uygulamalarını zorunlu hale getirmiştir. Ülkemizdeki mevcut uygulamalar genel olarak düzenli depolama tesislerinden atıkların uzaklaştırılması üzerinde durulmaktadır. Bertaraf tesislerine gönderimi yapılan atıkların miktarlarının azaltılması önemli olsa da bu durumun çevresel etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmada; İstanbul Teknik Üniversitesi'nde atığın çevresel etkilerini değerlendirmek için atık yönetiminde sıfır atık endeksi ile

hesaplama yapılmıştır. Sıfır atık endeksi hesaplamasında potansiyel geri dönüştürülebilecek ve gerçekte dönüştürülebilen atık miktarları kullanılmaktadır. İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü'ndeki yapılan çalışma ile kampüsteki atıklar ile çalışma yapılmıştır. Üniversite yıllık faaliyet raporlarında belirtilen kişi sayısı bilgileriyle birlikte kişi başına düşen atık üretim değerleri hesaplanmıştır. Sıfır atık endeksi sonuçlarına göre hammadde ikame oranının %31-36 arasında değişiklik gösterdiği görülmüştür. Dünya ortalamasının %12 olduğu ve San Francisco hariç literatürdeki diğer çalışmaların üzerinde olduğu görülmüştür. Sıfır atık uygulamasının kampüste uygulanması durumunda sıfır atık endeksinin %63 olacağı hesaplanarak öngörülmüştür. Buna bağlı olarak sıfır atık uygulamasının önemli bir şekilde fayda sağlayacağı görülmektedir. Kampüste sıfır atık yönetim adımlarının düzenli bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Ayrıca atıkların önlenmesi ve azaltılması konusunda paydaşların katılımı ve eğitimleri, sıfır atık toplama kutularının uygun bir şekilde yerleştirilmesi, koordineli bir şekilde iş akışının sağlanmasıyla birlikte atıkların uygun tesislere yönlendirilmesi önerilmektedir (Maçın & Arıkan, Sıfır Atık Yönetimi'nin Çevresel Etkileri: İTÜ Ayazağa Kampüsü'nün Sıfır Atık Endeksi, 2021).

Dünya'da üretimi yapılan gıdaların üçte biri atık haline gelmektedir. Avrupa Birliği doğal kaynakların tüketiminin artması ve doğrusal ekonominin sonucu olarak çevresel zararların önüne geçebilmek için biyoekonomi stratejisini 2012 yılında yayınlamıştır. Döngüsel ekonomi adı altında geliştirerek 2018 yılında güncellemiştir. Stratejiyi daha kapsamlı hale getirilerek yeşil mutabakat yaklaşımını 2019 yılında duyurmuştur. İsrafla mücadele eden ülkelerin içerisinde Türkiye de yer almaktadır. 2019 yılında Sıfır Atık Yönetmeliği yayımlanmış olup özellikle belediye atıklarına odaklanılmıştır. Türkiye'de oluşan gıda atıklarının incelenmesi sonucunda konut ve iş yerlerinden 17,7 milyon ton gıda atığı, tarım sektöründen 62,2 milyon ton ve çiftliklerden de 109,9 milyon ton atık oluşmaktadır. Böyle bir durum karşısında gıda atıklarının yönetiminde daha bütüncül bir yönetim anlayışına ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan çalışmada; Türkiye'de oluşan gıda atıklarının yönetiminin incelenmesi, eksikliklerin bulunması ve yeşil mutabakat, biyoekonomi stratejileri ve sıfır atık açısından paydaşların sorumlulukları hakkında öneriler sunmayı amaçlanmıştır. İlk olarak Avrupa Birliği'nin çevresel politika ve stratejileri, sonrasında mevcut durumu değerlendirebilmek için; ulusal planlar, yerel raporlar ve akademik yayınlar incelenmiştir. Sonuç olarak; biyoekonomi planının uygulanabilmesi ve devamlılığının sağlanabilmesi için paydaşların görevlerinin önceden

belirlenmesinin ve oluşturulacak yasal düzenlemelerin buna göre yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır (Maçin, 2021).

3.2. SWOT ve MCDM İle Yapılmış Çalışmalar

İran’da nüfus artışı ve endüstrinin gelişmesine bağlı olarak enerjinin arzında sıkıntı yaşanmıştır. Bundan dolayı İran yenilenebilir enerji kaynaklarına daha çok yatırım yapmak zorunda kalmıştır. İran’ın birçok yerinde önemli rüzgar, güneş ve jeotermal potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Dolayısıyla ülkede en iyi yenilenebilir enerji üretim yönteminin belirlenmesi için SWOT analizi, çok kriterli karar verme yaklaşımlarıyla birlikte kombinasyonlar kullanılmıştır. Kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlıklandırılmasında Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi (SWARA) yöntemi uygulanmıştır. Çevre üzerindeki etki, kaynak potansiyeli ve elektrik üretim maliyeti sırasıyla 0,218, 0,182 ve 0,145 ağırlıkları ile önemli alt kriterler olarak kabul edilmiştir. SWOT analizi faktörleri olan güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditleri sıralamak için Gri Katkı Oranı Değerlendirmesi (ARAS-Gri) yöntemi kullanılmıştır. Oyun teorisi ve bulanık Shapley değeri kullanılarak yenilenebilir enerji stratejilerinin en iyi kombinasyonu (1.72, 0.58, 0.3) değeri ile SO1 ST3 WO1 WT1 olarak belirlenmiştir. Verimi yüksek olan rüzgar ve güneş teknolojilerinin geliştirilmesi ve hidrojen üretimi ile batarya bankaları gibi enerji depolama yöntemleriyle birlikte oluşabilecek dalgalanmalarının ve kayıplarının minimuma indirilmesi, İran'da yenilenebilir enerji gelişimi için en iyi strateji kombinasyonu olarak belirlenmiştir (Almutairi vd., 2021).

İran CNG pazarının büyümesini teşvik etme stratejilerine öncelik verilerek, SWOT (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler) analizi uygulayarak, İran'daki CNG endüstrisinin iç ve dış durumunun değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. SWOT analizine dayalı olarak dokuz strateji önerilmiştir. İran'da doğalgaz ekonomisinin gelişmesini teşvik etmek için strateji önceliklendirmesi, tipik birçok kriterli karar verme (MCDM) problemidir. Karar vericilerin ön yargılarıyla ilgili oluşacak belirsizlikle başa çıkmak için, kararların belirsizliklerinin bulanık sayılara çevrildiği bir değerlendirme aracı olarak değiştirilmiş bir Bulanık Hedef Programlama kullanılmıştır. Önerilen teknikle yalnızca İran ile sınırlı kalmayıp, diğer ülkelerdeki doğalgaz pazarını değerlendirmek için de uygulanabilecek bir genel uygulama olduğu görülmüştür (Khan, 2017).

Tarımsal ve organik atıkların besin içeriğinin yüksek olduğu biyogübreye dönüştürmek için bakteri ve mantarlarla birlikte solucanların da kullanılması bitkileri

hastalıklardan korumak da dahil olmak üzere çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. İran Kermanshah eyaletindeki solucan gübresi uygulayıcı ile gelişen teknolojinin güçlü yanlarını, zayıf yanlarını, fırsatlarını ve tehditlerinin (SWOT) belirlenmesi amacıyla anket çalışması yapıldı. Sonuç olarak tarım politikası yapımcıları ve çeşitlendirilmiş gelir kaynakları arayan çiftçiler için faydalı sonuçları olduğu görülmüştür. Solucan gübresi uygulayıcıları ve akademisyenlerin Analitik Ağ Süreci (ANP) ve SWOT analizi ile diğer tarımsal türlerin de değerlendirilebileceği sonucuna varmışlardır (Zarafshani, Sahraee, & Helms, 2015).

Pakistan son yıllarda ciddi bir enerji kriziyle karşılaşmış ve hükümet bu sorunu henüz çözmemiştir. Sindh ve Baluchistan şehirlerinde elektrik üretiminde fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada Sindh ve Baluchistan şehirlerinde yenilenebilir enerji teknolojilerini etkileyen iç ve dış faktörleri değerlendirmek için SWOT analizi uygulanmıştır. Çok yönlü yaklaşımda (ekonomik, çevresel, teknik ve sosyo-politik kriterler) Bulanık Hiyerarşi Süreci Yöntemi kullanılmıştır. Yapılan çalışmada, alternatif olarak dört kriter, on yedi alt kriter ve güneş, rüzgar ve biyokütle olmak üzere üç yenilenebilir enerji kaynağı değerlendirilmiştir. Ekonomik ve sosyo-politik kriterlerin en önemli ilk iki kriter olduğu tespit edilmiştir. Diğer sonuçlara göre, rüzgarın her iki şehirde de elektrik üretme potansiyelinin olduğunu, güneş ve biyokütle enerjisinin sırasıyla ikinci ve üçüncü sırada olduğu görülmüştür. Sonuç olarak hükümetin enerji sorunun çözümü için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanması önerilmiştir (Wang, Xu, & Solangi, 2020).

Sürdürülebilir enerji planlamasında enerji stratejilerini değerlendirmek için SWOT analizine, Analitik Hiyerarşi Sürecine (AHP) ve İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sipariş Performansı için Bulanık Tekniğe (F-TOPSIS) dayalı entegre bir metodoloji önerilmektedir. Sürdürülebilir enerji planlaması için gerekli faktörleri ve alt faktörleri belirlemek için SWOT analizi kullanılmıştır. Her bir faktör ve alt faktörün ağırlıklarını belirlemek için Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) yöntemi olan AHP kullanılmıştır. Sonuç olarak, Pakistan'ın sürdürülebilir enerji planlamasına ulaşması için vaka çalışması kapsamında 13 enerji stratejisini sıralamak için F-TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları, konut, ticaret ve sanayi sektörlerine (WO5) düşük maliyetli ve sürdürülebilir elektrik sağlamanın yüksek öncelikli enerji stratejisi olduğunu ortaya koymuştur. Kömür kaynaklarının kullanılarak elektriğe dönüştürülmesi (WO2) en az

tercih edilen enerji stratejisi olarak belirlenmiştir. Sonuçların duyarlılık analizi, çalışmanın sağlamlığını doğrulamıştır. Bu çalışma ile Pakistan'ın sürdürülebilir enerji politikasını planlaması için enerji stratejileri geliştirmesi ve değerlendirmesi önerilmiştir (Solangi vd., 2019).

Biyogaz, yalnızca düşük karbon geçişinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesine değil, aynı zamanda küresel iklim değişikliği politikası hedeflerine ulaşılmasına da önemli ölçüde katkıda bulunması beklenen önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Özel yatırımlar biyogaz sektörünün beklenen rolünü yerine getirmesi için kritik bir faktör olarak tanımlanmaktadır. Bu makalede Çin'deki biyogaza aktif katılımın artırılması için özel paydaşların yatırım kriterlerinin belirlenmesine vurgu yapılmaktadır. Yapılan çalışmada, birincil paydaşlar olarak bankalar, sigorta şirketleri, emeklilik fonları, özel sermaye fonları ve iş adamlarına odaklanılmıştır. Paydaşların güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditlerinin SWOT analizi ile belirlendiği ve sonrasında analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanılarak önceliklendirildiği bir SWOT-AHP-TOWS analizi uygulanmıştır. Son olarak, TOWS matrisiyle Çinli politika yapımcıların biyogaz sektöründe özel yatırımları teşvik etmeleri için özel yatırım stratejilerinin geliştirilmesini desteklemektedir. Stratejilerin en önemlileri: (1) Bankalar için hacim, faiz oranı ve süre açısından finansal olarak uyarlanmış biyogaz ürünlerinin teşvik edilmesi; (2) Doğrudan biyogaz sermayesine yatırım yapan sigorta şirketlerine ve emeklilik fonlarına izin verilmesi; (3) Kamu-özel sektör ortaklıklarının teşvik edilmesi; (4) Profesyonel rehberlik sunarak proje iş birliğini geliştirmek olduğu bulunmuştur (Gottfried vd., 2018).

Enerji planlamasının yapılması alternatif enerji stratejilerinin sürekli yeniden değerlendirme sürecini kapsamaktadır. Enerji planlaması ve yönetiminden sorumlu olan yetkililer, stratejilerini sürdürülebilirlik kriterlerine dayalı olarak yeni ve geliştirilmiş alternatif çözümlere göre düzenlemek zorundadır. Yapılan çalışma ile enerji stratejisi alternatiflerini ve önceliklerini belirlemek ve bütünsel olarak analiz etmek için SWOT analizi, ANP ve TOPSIS kullanarak Türkiye'nin enerji sektörünün analizi için entegre bir hibrit metodoloji uygulanmıştır. Yapılan çalışmada önerilen metodoloji, SWOT analizi kullanarak ilgili kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesi olmuştur. Daha sonra, her bir SWOT faktörünün ve alt faktörlerinin ağırlıklarını belirlemek için ANP yaklaşımı kullanılmıştır. Son olarak, alternatif enerji stratejilerine öncelik vermek için bulanık TOPSIS metodolojisi kullanılmıştır. Uzun vadeli alternatif enerji stratejilerinin

geliştirilmesi için sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuç olarak jeostratejik konumun etkin bir şekilde kullanılarak ülkenin bir enerji merkezi haline getirilmesinin en önemli öncelik olduğunu bulunmuştur. Diğer taraftan, enerji tedarik stratejileri içerisinde nükleer enerji teknolojilerinin kullanılması en az tercih edilen öncelik olarak bulunmuştur (Çayır Ervural vd., 2018).



4. MATERYAL METOD

Tez çalışmasında katı atık yönetiminde ülkemizdeki sıfır atık yaklaşımının değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmaya ait akış şeması Şekil 4.1’de verilmiştir. Öncelikle ilgili paydaşlar ile birlikte 17.03.2022 tarihinde toplantı yapılmıştır. Toplantıya katılım sağlayanların tamamı çevre mühendisliği bölümü mezunu olup, aktif olarak sektörde görevlerini sürdürmektedirler. Toplantıda, 3 kişi çevre danışmanlık sektöründe, 3 kişi toplama/ayırma tesisinde, 3 kişi kamuda, 2 kişi belediyede, 1 kişi üniversitede ve 1 kişi de fabrikada çevre mühendisi olmak üzere toplam on üç kişiyle görüşülmüştür. Yapılan toplantıda katı atık yönetiminde sıfır atık yaklaşımı konusunda görüşülerek, bir SWOT analizi çalışması yapılmıştır. SWOT analizi yapıldıktan sonra TOWS matrisi modeli ile stratejiler geliştirilerek değerlendirilecek alternatifler ve kriterler oluşturulmuştur. Katılımcılar arasında belirlenmiş olan kriterlerin kendi içerisinde önem sırasına göre sıralama yapılması istenmiştir. Katılımcılara belirlenen alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilerek 1’den 9’a kadar puan verilmesi istenmiştir. Anket sonucuna cevapların ortalamaları alınarak puanlama tablosu yapılmıştır.

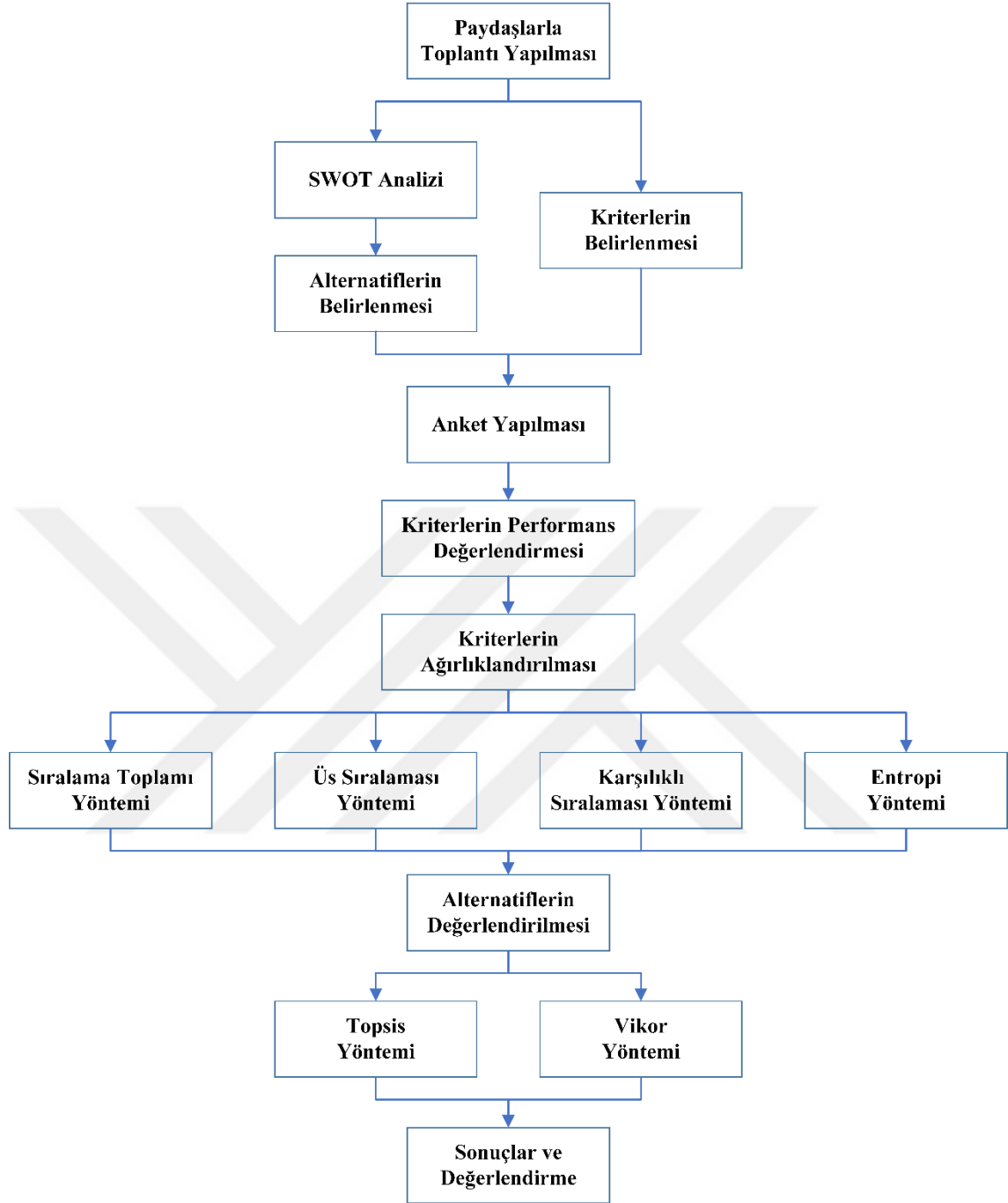
Kriterlerin ağırlıklandırılması aşamasında objektif yöntem olarak Entropi yöntemi kullanılmıştır. SWOT çalışması sırasında kendi içinde sıralanmış olan kriterlerin ağırlıklandırılabilmesi için ise, öncelikle subjektif sonuçların sayısallaştırılması gerekmektedir. Bunun için 3 farklı yöntem kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler sırasıyla; Sıralama (Rank Sum) Yöntemi, Sıra Üs Ağırlık (Rank Exponent) Yöntemi ve Karşılıklı Ağırlıklar (Rank Reciprocal) Yöntemidir.

Alternatiflerin değerlendirilmesi için ise, Topsis ve Vikor Yöntemi kullanılmış ve yapılan hesaplamalar sonucunda alternatiflerin önceliklendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

4.1. SWOT Analizi

SWOT analizi, ürün veya hizmet endüstrisinin güçlü ve zayıf yönlerini ve dış ortamın fırsat ve tehditleriyle birlikte değerlendirilerek kullanılan bir araçtır (Pasonen vd., 2000).

SWOT analizi, işletmenin başarısında en önemli role sahip faktörlerin belirlenerek, önemli kararlara varılacak şekilde yorumlanması sürecidir. Bu süreçte işletme ve çevresi ile ilgili önemli faktörler belirlenerek rekabet üstünlüğü için izlenebilecek stratejik seçenekler ortaya çıkmaktadır (Dinçer, 2004).

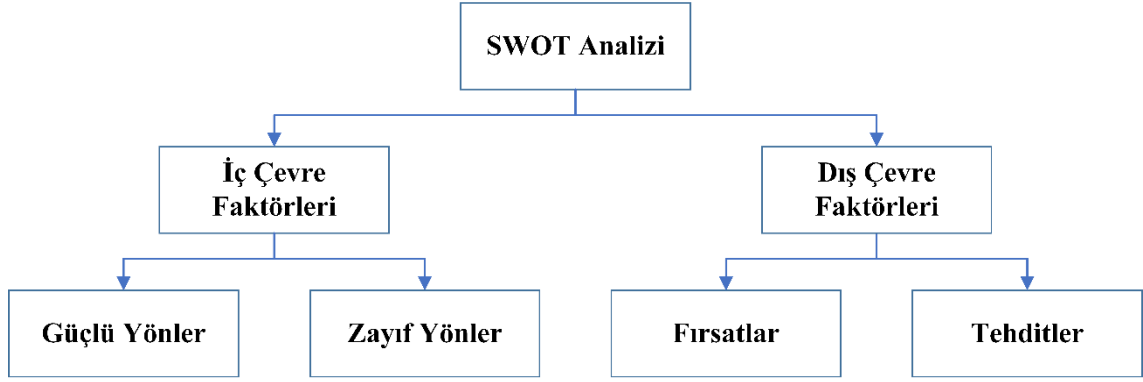


Şekil 4.1. Çalışmada izlenen yol haritası

SWOT analizi ile işletmenin güçlü ve zayıf yönlerini ve bunlarla ilgili olarak fırsat ve tehditleri belirlenerek stratejik durumunun değerlendirilmesine olanak tanıyan bir yaklaşım tekniğidir (Demirdöğen, 1997).

4.1.1. SWOT analizinde iç ve dış faktörler

SWOT analizi metodu Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. SWOT analizi metodu

4.1.1.1. İç çevre faktörleri

İşletmenin hedeflerini ve stratejilerini ortaya çıkarabilmesi, dış çevrenin ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesine bağlıdır. Ancak bu hedeflere ulaşabilmek ve uygun stratejiyi seçebilmek için, işletmenin kendi durumunu ve kapasitesinin de belirlenmesi, güçlü ve zayıf yönlerinin bilinmesi gerekmektedir. İşletmenin güçlü ve zayıf yönlerinin bilinmesi ve analiz edilmesi, yönetimin işletmenin amaçlarına uygun stratejiyi seçmesini kolaylaştırmaktadır (Fidan, 1994).

SWOT analizinin iç çevre faktörleri güçlü yönler ve zayıf yönlerden oluşmaktadır.

4.1.1.2. Dış çevre faktörleri

Dış çevre faktörleri oluşturulurken çevresel faktörlerin işletme için ne gibi fayda (fırsat) sağlayacağı ve zarar (tehdit) oluşturacağı incelenir. Yapılan analiz sonucunda yalnızca mevcut durum tespit edilmez; aynı zamanda ilerisi ile ilgili de senaryolar oluşturulur (Cebecioğlu, 2006).

SWOT analizinin dış çevre faktörleri fırsatlar ve tehditlerden oluşmaktadır.

4.2. TOWS Matrisi Modeli

Alternatif stratejiler oluşturmak için SWOT'un bir sonraki basamağı olarak TOWS Matrisini geliştirilmektedir. TOWS matrisi ile güçlü yönler veya zayıf yönler ile fırsatlar veya tehditler ile ilgili faktörlerin kombinasyonlarına dayalı stratejiler geliştirmesini sağlar. TOWS matrisi ile stratejiler oluşturmak için dört stratejik grup tanımlanır: SO (Güçlü Yönler-Fırsatlar), ST (Güçlü Yönler-Tehditler), WO (Zayıf Yönler-Fırsatlar) ve WT (Zayıf Yönler-Tehditler) (Wehrich, 1982).

TOWS modeli metodu Şekil 4.3'te verilmiştir.

	Güçlü Yönler (S)	Zayıf Yönler (W)
Fırsatlar (O)	(SO) Fırsatları en üst düzeye çıkarmak için kullanılan stratejiler	(WO) Fırsatlardan yararlanılarak zayıflıkları en aza indiren stratejiler
Tehditler (T)	(ST) Tehditleri en aza indirmek için güçlü yönleri kullanan stratejiler	(WT) Zayıflıkları en aza indiren ve tehditleri önleyen stratejiler

Şekil 4.3. TOWS modeli metodu

4.3. Alternatiflerin Puanlanması

Katılımcılara belirlenen alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilerek 1’den 9’a kadar puan verilmesi istenmiştir. Anket sonucuna cevapların ortalamaları alınarak karar matrisi tablosu yapılmıştır.

4.4. Kriterlerin Belirlenmesi

Sektör paydaşları ile birlikte alternatiflerin değerlendirileceği kriterler belirlenmiştir.

4.5. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

4.5.1. Sıralama yöntemi

Sıralama yöntemi ile ağırlıklar Eşitlik (4.1) formülüne göre hesaplanır (Roszkowska, 2013).

$$w_j(RS) = \frac{n - p_j + 1}{\sum_{k=1}^n n - p_k + 1} \quad (4.1)$$

p_j : j. Kriterin sıralamasıdır.

$j=1,2, \dots, n$

4.5.2. Sıra üs ağırlık yöntemi

Sıra üs ağırlık yöntemi ile ağırlıklar Eşitlik (4.2) formülüne göre hesaplanır (Roszkowska, 2013).

$$w_j(RE) = \frac{(n - r_j + 1)^p}{\sum_{k=1}^n (n - p_k + 1)^p} \quad (4.2)$$

r_j : j. kriterin sıralamasıdır.

p : ağırlıkları tanımlayan parametredir.

$$j=1,2, \dots, n$$

4.5.3. Karşılıklı ağırlıklar yöntemi

Karşılıklı ağırlıklar yöntemi ile ağırlıklar Eşitlik (4.3) formülüne göre hesaplanır (Roszkowska, 2013).

$$w_j(RR) = \frac{1/p_j}{\sum_{k=1}^n (1/p_k)} \quad (4.3)$$

p_j : j. kriterin sıralamasıdır.

$$j=1,2, \dots, n$$

4.5.4. Entropi yöntemi

Entropi yöntemi ile ağırlıkların hesaplama adımları verilmiştir (Shannon, 1948).

Adım-1: Karar matrisinin normalizasyonu

Karar matrisinin normalizasyon formülü Eşitlik (4.4)'e göre hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^j x_{ij}} \quad (4.4)$$

i : alternatif değeri

j : kriter değeri

x_{ij} : i.alternatif j.kriter için verilen fayda değeri

Adım-2: Entropi değerinin hesaplanması

Entropi değeri Eşitlik (4.5)'e göre hesaplanır.

$$e_j = -k \sum_{j=1}^m r_{ij} \ln(r_{ij}) \quad (4.5)$$

k : entropi katsayısı

r_{ij} : normalize edilmiş değerler

e_j : entropi değeri

k entropi katsayısı Eşitlik (4.6)'ya göre hesaplanır.

$$k = \frac{1}{m} \quad (4.6)$$

Adım-3: Ağırlık değerlerinin hesaplanması

Ağırlık değerleri Eşitlik (4.7) ve Eşitlik (4.8)'e göre hesaplanır.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_1^m (1 - e_j)} \quad (4.7)$$

$$\sum_1^m w_j = 1 \quad (4.8)$$

w_j : ağırlık değeri

e_j : entropi değeri

4.6. Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Belirlenen alternatiflerin değerlendirilmesinde TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır.

4.6.1. TOPSIS yöntemi

TOPSIS yönteminde, seçilen alternatifin ideal çözüme en yakın olması beklenirken, ideal çözüm olamayan alternatife en uzak olması beklenir. TOPSIS Yönteminde hesaplama adımları aşağıdaki gibidir (Supçiller & Çapraz, 2011).

Adım-1: Amaçların belirlenmesi ve değerlendirme kriterlerinin tanımlanması

Adım-2: Karar (D) matrisinin oluşturulması: Karar matrisinden alternatifler ($a_1, a_2, \dots, a_n$) alt alta sıralanır, her bir alternatife karşılık gelen kriter özellikler ($y_{1k} \dots y_{nk}$) olarak Eşitlik (4.9)'a göre matris oluşturulur.

$$D = \begin{bmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & \cdots & y_{nk} \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

Adım-3: Normalleştirilmiş karar matrisinin (N) oluşturulması: Karar matrisindeki kriterlere ait özelliklerin kareleri toplamının karekökü alınarak Eşitlik (4.10)'a göre matris normalize edilir ve Eşitlik (4.11)'e göre R matrisi oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}} \quad (4.10)$$

$$i = 1, 2, \dots, k \quad ; \quad j = 1, 2, \dots, k$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nk} \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

Adım-4: Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin (V) oluşturulması: w_j : her bir j.kriterin ağırlığı olmak üzere, amaca göre normalize edilmiş karar matrisinin elemanlarının kriterlere verilen önemler doğrultusunda göreceli ağırlık değerleri bulunur ve Eşitlik (4.12)'ye göre V matrisi oluşturulur.

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & \dots & v_{nk} \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

Adım-5: İdeal (A^*) ve negatif (A^-) çözümlerinin oluşturulması: Eşitlik (4.13) ve Eşitlik (4.14)'e göre pozitif ideal çözüm ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin en iyi performans değerlerinden oluşurken negatif ideal çözüm en kötü değerlerinden oluşur.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in I \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right) \right\} \quad (4.13)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in I \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right) \right\} \quad (4.14)$$

$$I: \text{fayda (max)} \quad ; \quad f: \text{maliyet (min)}$$

Adım-6: Ayrım ölçülerinin hesaplanması: Alternatifler arasındaki ayırım (mesafe) ölçülür.

Her alternatifin pozitif-ideal çözümden olan mesafesi Eşitlik (4.15)'e göre hesaplanır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (4.15)$$

Her alternatifin negatif-ideal çözümden olan mesafesi Eşitlik (4.16)'e göre hesaplanır.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (4.16)$$

Adım-7: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması: İdeal çözüme göreli yakınlık (C_i^*) Eşitlik (4.17)'e göre hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^*}{S_i^- + S_i^*} \quad (4.17)$$

$$0 \leq C_i^* \leq 1$$

Adım-8: Alternatifler ideal çözüme göreli yakınlık (C_i^*) değerlerine göre sıralanır. Maksimum (C_i^*) değerine sahip olan alternatif en idealdir.

4.6.2. VIKOR yöntemi

n kriter ($j=1,2,\dots,n$) ve m ($i=1,2,\dots,m$) alternatiften oluşan karar verme problemlerinde VIKOR yöntemi kullanılmaktadır (Opricovic & Tzeng, 2004).

VIKOR yönteminde hesaplama adımları aşağıdaki gibidir.

Adım-1: En iyi ve en kötü kriterin belirlenmesi: Oluşturulan karar matrisi içerisinde en iyi f_j^* ve en kötü f_j^- değerleri hesaplanır. Bu değerler hesaplanırken kriterin fayda özelliği göz önünde bulundurulmalı, faydalı ise f_j^* , fayda değeri yok ise f_j^- değeri dikkate alınır.

Adım-2: Normalizasyon işlemi: VIKOR yönteminde kullanılan normalizasyon lineer tipidir. M alternatif ve n kriterden oluşan karar problemi $m \times n$ tipinde R normalizasyon matrisine Eşitlik (4.18)'e göre dönüştürülür.

$$R_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* + f_j^-} \quad (4.18)$$

Adım-3: Normalize matrisinin ağırlıklandırılması: Elde edilen R matrisinin sütunlarını, w_j ağırlıkları ile çarpılır ve ağırlıklandırılmış normalize matrisi olan V , Eşitlik (4.19)'a göre elde edilir.

$$v_{ij} = r_{ij} \times W_{ij} \quad (4.19)$$

Adım-4: S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması: S_i ve R_i değerleri kriterler ($j=1,2,\dots,n$) için Eşitlik (4.20) ve Eşitlik (4.21)'e göre hesaplanır. S_i i . Alternatif için ortalama skoru, R_i ise en kötü skoru göstermektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (4.20)$$

$$R_i = \max(w_j) \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (4.21)$$

Adım-5: Q_i değerlerinin hesaplanması: Bu adımda daha önce hesaplanan S_i ve R_i değerleri kullanılarak $S^* = \min(S_i)$, $S^- = \max(S_i)$, $R^* = \min(R_i)$, $R^- = \max(R_i)$ değerleri Eşitlik (4.22)'e göre hesaplanır.

$$Q_i = v \frac{(S_i - S^*)}{(S^- - S^*)} + (1 - v) \frac{(R_i - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (4.22)$$

Adım-6: Alternatiflerin sıralanması ve koşulların denetlenmesi: Q_i , S_i ve R_i değerleri ayrı ayrı sıralanıp alternatiflere ait üç farklı sıralı liste elde edilir. Bu işlemin ardından sıralamanın doğruluğunu kontrol etmek amacıyla Q_i değerine sahip alternatifin şu iki koşulu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir;

Koşul-1: Kabul Edilebilir Avantaj: Q_i değerlerine göre sıralanan alternatiflerden 1. Sırada yer alan alternatif A_x ve ikinci sırada yer alan alternatif A_y olmak üzere, kabul edilebilir avantaj Eşitlik (4.23) ile gösterilir.

$$Q(A_y) - Q(A_x) \geq DQ \quad (4.23)$$

$$DQ = \frac{1}{m - 1}$$

m: alternatif sayısı

Koşul-2: Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu: Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığında; S , R değerlerine göre minimum değeri alan en iyi alternatiftir. Bu durumda uzlaşık çözüm karar vermede istikrarlıdır.

5. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

5.1. SWOT Analizi Uygulaması

Paydaşlar ile birlikte gerçekleştirilen SWOT analizi sonuçları Tablo 5.1’de verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere, ülkemizdeki sıfır atık uygulamaları ile 8 güçlü yön, 9 zayıf yön, 6 fırsat ve 9 tehdit belirlenmiştir.

Tablo 5.1. SWOT analizi uygulaması

Güçlü Yönler (Strengths) (S)	Zayıf Yönler (Weaknesses) (W)
» Geri dönüşebilir atıklardan gelir elde edilmesi » Lisanslı tesis sayısının artırılması » Düzenli depolama alanlarına giden atık miktarının azalması » Entegre atık yönetim yaklaşımının benimsenmesi ve entegre tesislere ihtiyaç duyulması » Yeni iş alanları oluşması » Geri dönüşüm için daha yüksek kaliteli malzeme toplanması » Sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunulması » Mevzuatların uluslararası standartlarla uyumunun sağlanması ve AB uyum çalışmaları	» Sanayici için çevre konusunun geri planda kalması » Planlama ve operasyon kontrolü gerekmesi » Entegre tesislerin kurulum ve işletme maliyetinin olması » Mevzuatların sık değişmesi ve uygulamada farklılıklar olması » Atıkların ayrı toplanması için ekipmana ihtiyaç duyulması » Vatandaşların sıfır atık konusunda yeterli bilince sahip olmaması » Sıfır atık konusunda eğitimlerin yetersiz olması » Lisanssız tesislerin ve toplayıcıların sayısının fazla olması » Atık yönetiminin sosyal sorumluluk olarak görülmesi
Fırsatlar (Opportunities) (O)	Tehditler (Threats) (T)
» Geri dönüşüm sektörünün istihdam yaratması » Düzenli depolama maliyetlerinin azalması » Atıkların geri dönüşümü ile doğal kaynak tüketiminin azaltılması ve sanayide üretim maliyetlerinin azalması » Kayıt altına alınan atık miktarının artması » Devlet tarafından teşvik verilmesi » Vatandaşların sıfır atık konusunda desteğinin olması ve toplumsal dayanışmanın artması	» Sistem kurulumlarının maliyetli olması » Kayıt dışı lisanssız firmaların ve toplayıcıların bulunması » Göçe bağlı kayıt dışı istihdamın artması » Sıfır atık sisteminin kurulumunda vatandaşların düşük katılımı ve bilinçlendirme çalışmaları » Göç, beklenmeyen nüfus artışı ve plansız yerleşme » Atık toplama personelinin olumsuz tepkilerinin olması » İşletmelerin beklenmeyen giderlerinin olması » Mesleki eğitilmiş ve kalifiye personelin bulunmaması » Ekonomik krizlere duyarlılık

5.2. TOWS Matrisi Modeli Uygulaması

SWOT analizi yapıldıktan sonra, TOWS matrisi modeli ile aşağıda belirtilen stratejiler oluşturulmuştur. Söz konusu stratejiler çalışmanın alternatiflerini oluşturmuştur. Oluşturulan alternatifler Tablo 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. TOWS matrisi modeli ile alternatiflerin belirlenmesi

A1	Geri dönüşüm sektöründe atıklardan elde edilen kazançla ilgili olarak istihdamın artması
A2	Lisanslı tesis sayısının artışına bağlı olarak geri kazanılan ürün miktarının artırılması
A3	Geri dönüşemeyen atık miktarının azalmasına bağlı olarak, tesis işletme maliyetlerinin azaltılması
A4	Geri dönüşüm sektöründeki lisanssız firmaların ve toplayıcıların lisans almasının sağlanması
A5	Vatandaşlara sıfır atık konusunda eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları yapılarak, sistemin verimli bir şekilde çalışmasının sağlanması
A6	Lisanslı tesis kurulumu ve atık toplama ekipmanları için teşvik verilmesi
A7	İdari yetkililerin çevre konusunda yetkinliği bulunan personel istihdam etmesi ve sıfır atık yönetim sistemi kurulumunda gerekli plan, kurulum ve desteklerin sağlanması
A8	Sanayicinin üretimde hammadde olarak geri dönüştürülmüş malzeme kullanmasının ve ürünlerin çevre duyarlı olacak şekilde üretilmesinin sağlanması
A9	Kayıt altına alınan atık miktarı arttığından dolayı planlamanın verimli yapılması
A10	Mevzuatlarla sıfır atık yönetiminin kalıcı hale getirilmesi

5.3. Kriterlerin Belirlenmesi

Paydaşlar ile birlikte alternatiflerin değerlendirileceği kriterler belirlenmiştir. Kriterlerin tablosu Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3. Kriterler tablosu

C1	Stratejinin gerçekleştirilmesi için gerekli süre
C2	Stratejinin gerçekleştirilme olasılığı
C3	Stratejinin gerçekleştirilmesi için yatırım maliyeti
C4	Stratejinin gerçekleştirilmesi için gerekli kaynaklar
C5	Stratejinin potansiyel faydaları
C6	Ekonomik sistem üzerindeki etkileri

Sektör paydaşları ile yapılan değerlendirme sonucunda kriterlerin öncelik sıralaması aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$C4 > C6 > C3 > C5 > C2 > C1$$

5.4. Alternatiflerin Puanlanması

Katılımcılara belirlenen alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilerek 1'den 9'a kadar puan verilmesi istenmiştir. Anket sonucuna cevapların ortalamaları alınarak puanlama tablosu yapılmıştır. Puanlama tablosu Tablo 5.4'te verilmiştir. Söz konusu tablo, kriterlerin ağırlıklandırmasında entropi yönteminde ve alternatiflerin değerlendirilmesinde karar matrisi olarak kullanılmıştır.

Tablo 5.4. Alternatiflerin puanlama tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	3	9	8	6	7	5
A2	6	5	7	4	8	9
A3	5	6	8	4	9	7
A4	4	5	7	9	6	8
A5	7	8	4	6	9	5
A6	4	5	9	8	7	6
A7	7	8	4	6	9	5
A8	6	8	5	4	7	9
A9	8	9	4	5	7	6
A10	8	7	4	6	9	5

5.5. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

5.5.1. Sıralama yöntemi uygulaması

Sıralama yöntemine göre hesaplanan ağırlıklandırma Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5. Sıralama yöntemi uygulaması

Kriterler		Sıralama	$n-p_j+1$	Normalizasyon $W_j (RS) = (n-p_j+1) / \sum$
C1	Stratejinin gerçekleştirilmesi için gerekli süre	6	1	0,048
C2	Stratejinin gerçekleştirilme olasılığı	5	2	0,095
C3	Stratejinin gerçekleştirilmesi için yatırım maliyeti	3	4	0,190
C4	Stratejinin gerçekleştirilmesi için gerekli kaynaklar	1	6	0,286
C5	Stratejinin potansiyel faydaları	4	3	0,143
C6	Ekonomik sistem üzerindeki etkileri	2	5	0,238

5.5.2. Sıra üs ağırlık yöntemi uygulaması

Sıra üs ağırlık yöntemine göre hesaplanan ağırlıklandırma Tablo 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.6. Sıra üs ağırlık yöntemi uygulaması

Kriterler		Sıralama	$(n-p_j+1)^2$	Normalizasyon $W_j (RE) = (n-p_j+1)^2 / \sum$
C1	Stratejinin gerçekleştirilmesi için gerekli süre	6	1	0,011
C2	Stratejinin gerçekleştirilme olasılığı	5	4	0,044
C3	Stratejinin gerçekleştirilmesi için yatırım maliyeti	3	16	0,176
C4	Stratejinin gerçekleştirilmesi için gerekli kaynaklar	1	36	0,396
C5	Stratejinin potansiyel faydaları	4	9	0,099
C6	Ekonomik sistem üzerindeki etkileri	2	25	0,275

5.5.3. Karşılıklı ağırlıklar yöntemi uygulaması

Karşılıklı ağırlıklar yöntemine göre hesaplanan ağırlıklandırma Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7. Karşılıklı ağırlıklar yöntemi uygulaması

Kriterler		Sıralama	$1/p_j$	Normalizasyon $W_j (RR) = (1/p_j) / \sum$
C1	Stratejinin gerçekleştirilmesi için gerekli süre	6	0,167	0,068
C2	Stratejinin gerçekleştirilme olasılığı	5	0,200	0,082
C3	Stratejinin gerçekleştirilmesi için yatırım maliyeti	3	0,333	0,136
C4	Stratejinin gerçekleştirilmesi için gerekli kaynaklar	1	1,000	0,408
C5	Stratejinin potansiyel faydaları	4	0,250	0,102
C6	Ekonomik sistem üzerindeki etkileri	2	0,500	0,204

5.5.4. Entropi yöntemi uygulaması

Entropi yönteminde alternatiflerin puanlaması sonucu oluşturulan tablo karar matrisi olarak kullanılmıştır.

Adım-1: Karar matrisinin normalizasyonu Tablo 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5.8. Karar matrisinin normalizasyonu

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	0,0517	0,1286	0,1333	0,1034	0,0897	0,0769
A2	0,1034	0,0714	0,1167	0,0690	0,1026	0,1385
A3	0,0862	0,0857	0,1333	0,0690	0,1154	0,1077
A4	0,0690	0,0714	0,1167	0,1552	0,0769	0,1231
A5	0,1207	0,1143	0,0667	0,1034	0,1154	0,0769
A6	0,0690	0,0714	0,1500	0,1379	0,0897	0,0923
A7	0,1207	0,1143	0,0667	0,1034	0,1154	0,0769
A8	0,1034	0,1143	0,0833	0,0690	0,0897	0,1385
A9	0,1379	0,1286	0,0667	0,0862	0,0897	0,0923
A10	0,1379	0,1000	0,0667	0,1034	0,1154	0,0769

Adım-2: Entropi değerinin hesabı Tablo 5.9’da verilmiştir.

Tablo 5.9. Kriterlere ilişkin entropi değeri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	-0,1532	-0,2637	-0,2687	-0,2347	-0,2164	-0,1973
A2	-0,2347	-0,1885	-0,2507	-0,1844	-0,2336	-0,2738
A3	-0,2113	-0,2106	-0,2687	-0,1844	-0,2492	-0,2400
A4	-0,1844	-0,1885	-0,2507	-0,2891	-0,1973	-0,2578
A5	-0,2552	-0,2479	-0,1805	-0,2347	-0,2492	-0,1973
A6	-0,1844	-0,1885	-0,2846	-0,2732	-0,2164	-0,2199
A7	-0,2552	-0,2479	-0,1805	-0,2347	-0,2492	-0,1973
A8	-0,2347	-0,2479	-0,2071	-0,1844	-0,2164	-0,2738
A9	-0,2732	-0,2637	-0,1805	-0,2113	-0,2164	-0,2199
A10	-0,2732	-0,2303	-0,1805	-0,2347	-0,2492	-0,1973

Adım-3: Ağırlık değerlerinin hesaplanması

Ağırlık değerleri Tablo 5.10’da verilmiştir.

Tablo 5.10. e_j , d_j ve w_j değerlerinin hesabı

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
e_j	0,9813	0,9891	0,9782	0,9840	0,9958	0,9878
d_j	0,0187	0,0109	0,0218	0,0160	0,0042	0,0122
w_j	0,2228	0,1301	0,2602	0,1912	0,0498	0,1459
Sıralama	2	5	1	3	6	4

5.6. Alternatiflerin Değerlendirilmesi

5.6.1. TOPSIS yöntemi uygulaması

Her bir kriter ağırlıklandırma yönteminden elde edilen sonuçlarla TOPSIS uygulaması gerçekleştirilmiş ve sıralama yöntemi ile ağırlıklandırılmış kriterlere göre yapılan çalışmalar detaylı olarak verilmiş olup, diğer yöntemlerde de benzer adımlar izlenmiştir.

Adım-1 ve Adım-2: Sıralama yöntemi ile belirlenmiş kriterlere göre D matrisi Eşitlik (5.1)’de verilmiştir.

$$D = \begin{bmatrix} 3 & 9 & 8 & 6 & 7 & 5 \\ 6 & 5 & 7 & 4 & 8 & 9 \\ 5 & 6 & 8 & 4 & 9 & 7 \\ 4 & 5 & 7 & 9 & 6 & 8 \\ 7 & 8 & 4 & 6 & 9 & 5 \\ 4 & 5 & 9 & 8 & 7 & 6 \\ 7 & 8 & 4 & 6 & 9 & 5 \\ 6 & 8 & 5 & 4 & 7 & 9 \\ 8 & 9 & 4 & 5 & 7 & 6 \\ 8 & 7 & 4 & 6 & 9 & 5 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Adım-3: Normalize edilmiş R matrisi Eşitlik (5.2)’de verilmiştir.

$$R = \begin{bmatrix} 0,1572 & 0,3970 & 0,4020 & 0,3154 & 0,2811 & 0,2365 \\ 0,3145 & 0,2205 & 0,3518 & 0,2102 & 0,3213 & 0,4257 \\ 0,2621 & 0,2646 & 0,4020 & 0,2102 & 0,3614 & 0,3311 \\ 0,2097 & 0,2205 & 0,3518 & 0,4730 & 0,2410 & 0,3784 \\ 0,3669 & 0,3529 & 0,2010 & 0,3154 & 0,3614 & 0,2365 \\ 0,2097 & 0,2205 & 0,4523 & 0,4205 & 0,2811 & 0,2838 \\ 0,3669 & 0,3529 & 0,2010 & 0,3154 & 0,3614 & 0,2365 \\ 0,3145 & 0,3529 & 0,2513 & 0,2102 & 0,2811 & 0,4257 \\ 0,4193 & 0,3970 & 0,2010 & 0,2628 & 0,2811 & 0,2838 \\ 0,4193 & 0,3088 & 0,2010 & 0,3154 & 0,3614 & 0,2365 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

Adım-4: Normalize edilmiş karar matrisinin elemanları kriterlere verilen ağırlıklar doğrultusunda göreceli ağırlık değerleri bulunmuş ve V matrisi Eşitlik (5.3)'te verilmiştir.

$$V = \begin{bmatrix} 0,0075 & 0,0378 & 0,0766 & 0,0901 & 0,0402 & 0,0563 \\ 0,0150 & 0,0210 & 0,0670 & 0,0601 & 0,0459 & 0,1014 \\ 0,0125 & 0,0252 & 0,0766 & 0,0601 & 0,0516 & 0,0788 \\ 0,0100 & 0,0210 & 0,0670 & 0,1352 & 0,0344 & 0,0901 \\ 0,0175 & 0,0336 & 0,0383 & 0,0901 & 0,0516 & 0,0563 \\ 0,0100 & 0,0210 & 0,0861 & 0,1201 & 0,0402 & 0,0676 \\ 0,0175 & 0,0336 & 0,0383 & 0,0901 & 0,0516 & 0,0563 \\ 0,0150 & 0,0336 & 0,0479 & 0,0601 & 0,0402 & 0,1014 \\ 0,0200 & 0,0378 & 0,0383 & 0,0751 & 0,0402 & 0,0676 \\ 0,0200 & 0,0294 & 0,0383 & 0,0901 & 0,0516 & 0,0563 \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

Adım-5: İdeal (A^*) ve negatif (A^-) çözümleri Eşitlik (5.4) ve Eşitlik (5.5)'te verilmiştir.

$$A^* = \{0,0200 \quad , \quad 0,0378 \quad , \quad 0,0861 \quad , \quad 0,1352 \quad , \quad 0,0516 \quad , \quad 0,1014\} \quad (5.4)$$

$$A^- = \{0,0075 \quad , \quad 0,0210 \quad , \quad 0,0383 \quad , \quad 0,0601 \quad , \quad 0,0344 \quad , \quad 0,0563\} \quad (5.5)$$

Adım-6: Ayrım ölçülerinin hesaplanması:

Her alternatifin pozitif-ideal çözümden olan mesafesi Eşitlik (5.6)'da verilmiştir.

$$S_i^* = \left\{ \begin{array}{l|l} A1 & 0,0666 \\ A2 & 0,0797 \\ A3 & 0,0803 \\ A4 & 0,0342 \\ A5 & 0,0798 \\ A6 & 0,0434 \\ A7 & 0,0798 \\ A8 & 0,0853 \\ A9 & 0,0847 \\ A10 & 0,0801 \end{array} \right\} \quad (5.6)$$

Her alternatifin negatif-ideal çözümden olan mesafesi Eşitlik (5.7)'de verilmiştir.

$$S_i^- = \left\{ \begin{array}{l|l} A1 & 0,0518 \\ A2 & 0,0551 \\ A3 & 0,0481 \\ A4 & 0,0872 \\ A5 & 0,0382 \\ A6 & 0,0779 \\ A7 & 0,0382 \\ A8 & 0,0487 \\ A9 & 0,0287 \\ A10 & 0,0377 \end{array} \right\} \quad (5.7)$$

Adım-7: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması:

İdeal çözüme göreli yakınlık (C_i^*) Eşitlik (5.8)'de verilmiştir.

$$C_i^* = \left\{ \begin{array}{l|l} A1 & 0,4374 \\ A2 & 0,4091 \\ A3 & 0,3745 \\ A4 & 0,7182 \\ A5 & 0,3235 \\ A6 & 0,6423 \\ A7 & 0,3235 \\ A8 & 0,3633 \\ A9 & 0,2531 \\ A10 & 0,3202 \end{array} \right\} \quad (5.8)$$

Adım-8: Alternatifler ideal çözüme göreli yakınlık (C_i^*) değerlerine göre sıralanmıştır. Buna göre alternatiflerin tercih sıralaması Tablo 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.11. Sıralama yöntemi ile ağırlıklandırılmış kriterlere göre TOPSIS uygulaması alternatif sıralaması

Tercih Sırası	Alternatif Adı	Alternatif Açıklaması
1	A4	Geri dönüşüm sektöründeki lisanssız firmaların ve toplayıcıların lisans almasının sağlanması
2	A6	Lisanslı tesis kurulumu ve atık toplama ekipmanları için teşvik verilmesi
3	A1	Geri dönüşüm sektöründe atıklardan elde edilen gelir ile istihdamın artırılması
4	A2	Lisanslı tesis sayısının artışına bağlı olarak geri kazanılan ürün miktarının artırılması
5	A3	Geri dönüşemeyen atık miktarının azaltılarak, tesis işletme maliyetlerinin azaltılması
6	A8	Sanayicinin üretimde hammadde olarak geri dönüştürülmüş malzeme kullanmasının ve ürünlerin çevre duyarlı olacak şekilde üretilmesinin sağlanması
7	A5	Vatandaşlara sıfır atık konusunda eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları yapılarak, sistemin verimli bir şekilde çalışmasının sağlanması
7	A7	İdari yetkililerin çevre konusunda yetkinliği bulunan personel istihdam etmesi ve sıfır atık yönetim sistemi kurulumunda gerekli plan, kurulum ve desteklerin sağlanması
9	A10	Mevzuatlarla sıfır atık yönetiminin kalıcı hale getirilmesi
10	A9	Kayıt altına alınan atık miktarı arttığından dolayı planlamanın verimli yapılması

Kriter ağırlıklandırma yöntemlerine göre alternatiflerin TOPSIS yöntemiyle değerlendirildiğinde karşılaştırmalı sıralama tablosu Tablo 5.12’de verilmiştir.

Tablo 5.12. Kriter ağırlıklandırma yöntemlerine göre TOPSIS uygulama alternatif sıralaması

Sıralama Yöntemi		Sıra Üs Ağırlık Yöntemi		Karşılıklı Ağırlıklar Yöntemi		Entropi Yöntemi	
Tercih Sırası	Alternatif Adı	Tercih Sırası	Alternatif Adı	Tercih Sırası	Alternatif Adı	Tercih Sırası	Alternatif Adı
1	A4	1	A4	1	A4	1	A6
2	A6	2	A6	2	A6	2	A4
3	A1	3	A1	3	A1	3	A2
4	A2	4	A2	4	A10	4	A3
5	A3	5	A8	5	A7	5	A1
6	A8	6	A5	5	A5	6	A10
7	A5	6	A7	7	A2	7	A9
7	A7	8	A10	8	A8	8	A5
9	A10	9	A3	9	A9	8	A7
10	A9	10	A9	10	A3	10	A8

5.6.2. VIKOR yöntemi uygulaması

Adım-1: En iyi ve en kötü kriterin belirlenmesi:

Oluşturulan karar matrisi Eşitlik (5.1)'de verilmiştir. İçlerinde en iyi fj^* ve en kötü fj^- değerleri Eşitlik (5.9) ve Eşitlik (5.10)'da verilmiştir.

$$f_i^* = \{8, 9, 9, 9, 9, 9\} \quad (5.9)$$

$$f_i^- = \{3, 5, 4, 4, 6, 5\} \quad (5.10)$$

Adım-2: Normalizasyon işlemi: Normalizasyon (R) matrisi Eşitlik (5.11)'de verilmiştir.

$$R = \begin{bmatrix} 1,000 & 0,000 & 0,200 & 0,600 & 0,667 & 1,000 \\ 0,400 & 1,000 & 0,400 & 1,000 & 0,333 & 0,000 \\ 0,600 & 0,750 & 0,200 & 1,000 & 0,000 & 0,500 \\ 0,800 & 1,000 & 0,400 & 0,000 & 1,000 & 0,250 \\ 0,200 & 0,250 & 1,000 & 0,600 & 0,000 & 1,000 \\ 0,800 & 1,000 & 0,000 & 0,200 & 0,667 & 0,750 \\ 0,200 & 0,250 & 1,000 & 0,600 & 0,000 & 1,000 \\ 0,400 & 0,250 & 0,800 & 1,000 & 0,667 & 0,000 \\ 0,000 & 0,000 & 1,000 & 0,800 & 0,667 & 0,750 \\ 0,000 & 0,500 & 1,000 & 0,600 & 0,000 & 1,000 \end{bmatrix} \quad (5.11)$$

Adım-3: Normalize matrisinin ağırlıklandırılması: Ağırlıklandırılmış normalize (V) matrisi Eşitlik (5.12)'de verilmiştir.

$$V = \begin{bmatrix} 0,0476 & 0,0000 & 0,0381 & 0,1714 & 0,0952 & 0,2381 \\ 0,0190 & 0,0952 & 0,0762 & 0,2857 & 0,0476 & 0,0000 \\ 0,0286 & 0,0714 & 0,0381 & 0,2857 & 0,0000 & 0,1190 \\ 0,0381 & 0,0952 & 0,0762 & 0,0000 & 0,1429 & 0,0595 \\ 0,0095 & 0,0238 & 0,1905 & 0,1714 & 0,0000 & 0,2381 \\ 0,0381 & 0,0952 & 0,0000 & 0,0571 & 0,0952 & 0,1786 \\ 0,0095 & 0,0238 & 0,1905 & 0,1714 & 0,0000 & 0,2381 \\ 0,0190 & 0,0238 & 0,1524 & 0,2857 & 0,0952 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,1905 & 0,2286 & 0,0952 & 0,1786 \\ 0,0000 & 0,0476 & 0,1905 & 0,1714 & 0,0000 & 0,2381 \end{bmatrix} \quad (5.12)$$

Adım-4: S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması: S_i ve R_i değerleri Eşitlik (5.13) ve Eşitlik (5.14)'te verilmiştir.

$$S_i = \left\{ \begin{array}{l|l} A1 & 0,1288 \\ A2 & 0,1129 \\ A3 & 0,1254 \\ A4 & 0,0600 \\ A5 & 0,1447 \\ A6 & 0,0833 \\ A7 & 0,1447 \\ A8 & 0,1274 \\ A9 & 0,1577 \\ A10 & 0,1465 \end{array} \right\} \quad (5.13)$$

$$R_i = \left\{ \begin{array}{l|l} A1 & 0,0567 \\ A2 & 0,0816 \\ A3 & 0,0816 \\ A4 & 0,0204 \\ A5 & 0,0567 \\ A6 & 0,0425 \\ A7 & 0,0567 \\ A8 & 0,0816 \\ A9 & 0,0653 \\ A10 & 0,0567 \end{array} \right\} \quad (5.14)$$

Adım-5: Q_i değerlerinin hesaplanması:

$S^* = \min(S_i)$, $S^- = \max(S_i)$, $R^* = \min(R_i)$, $R^- = \max(R_i)$ Eşitlik (5.15) ve Q_i değerleri Eşitlik (5.16)'da verilmiştir.

$$S^* = 0,0600 \quad , \quad S^- = 0,1577 \quad , \quad R^* = 0,0204 \quad , \quad R^- = 0,0816 \quad (5.15)$$

$$Q_i = \left\{ \begin{array}{l|lllll} & v(0,00) & v(0,25) & v(0,50) & v(0,75) & v(1,00) \\ A1 & | & 0,5926 & 0,6205 & 0,6484 & 0,6763 & 0,7042 \\ A2 & | & 1,000 & 0,8854 & 0,7709 & 0,6563 & 0,5418 \\ A3 & | & 1,000 & 0,9173 & 0,8347 & 0,7520 & 0,6694 \\ A4 & | & 0,000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ A5 & | & 0,5926 & 0,6611 & 0,7296 & 0,7981 & 0,8666 \\ A6 & | & 0,3611 & 0,3306 & 0,3000 & 0,2695 & 0,2390 \\ A7 & | & 0,5926 & 0,6611 & 0,7296 & 0,7981 & 0,8666 \\ A8 & | & 1,0000 & 0,9226 & 0,8451 & 0,7677 & 0,6903 \\ A9 & | & 0,7333 & 0,8000 & 0,8667 & 0,9333 & 1,0000 \\ A10 & | & 0,5926 & 0,6657 & 0,7389 & 0,8120 & 0,8852 \end{array} \right\} \quad (5.16)$$

Adım-6: Alternatiflerin sıralanması ve koşulların denetlenmesi:

Koşul-1: Kabul Edilebilir Avantaj: Q_i değerlerine göre sıralanan alternatiflerden 1. Sırada yer alan alternatif A_x ve ikinci sırada yer alan alternatif A_y olmak üzere, kabul edilebilir avantaj,

DQ değeri Eşitlik (5.17)'de verilmiştir.

$$DQ = \frac{1}{10 - 1} = 0,111 \quad (5.17)$$

v (0,00) için; hesaplama Eşitlik (5.18)'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} Q(A6) - Q(A4) &\geq 0,111 \\ 0,3611 - 0,0000 &\geq 0,111 \\ 0,3611 &\geq 0,111 \end{aligned} \quad (5.18)$$

Koşul-1 sağlanmıştır.

Koşul-2: Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu:

v (0,00) için; A4 alternatifi S ve R değerleri arasında minimum değeri aldığından dolayı en iyi alternatiftir. Dolayısıyla Koşul-2 de sağlanmıştır.

VIKOR yöntemine göre en iyi alternatif A4'tür. İkinci en iyi alternatif A6'dır.

Asdas

Tablo 5.13. Kriter ağırlıklandırma yöntemlerine göre VIKOR uygulama alternatif sıralaması

Sıralama Yöntemi		Sıra Üs Ağırlık Yöntemi		Karşılıklı Ağırlıklar Yöntemi		Entropi Yöntemi	
Tercih Sırası	Alternatif Adı	Tercih Sırası	Alternatif Adı	Tercih Sırası	Alternatif Adı	Tercih Sırası	Alternatif Adı
1	A4	1	A4	1	A4	1	A6
2	A6	2	A6	2	A6	2	A4

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Tez çalışmasında katı atık yönetiminde ülkemizdeki sıfır atık yaklaşımının değerlendirilerek oluşturulan alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilerek en iyi alternatifin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Öncelikle ilgili paydaşlar ile birlikte 17.03.2022 tarihinde toplantı yapılmıştır. SWOT analizi çalışması yapılmıştır ve Tablo 5.1’de verilmiştir. SWOT analizi yapıldıktan sonra TOWS matrisi modeli ile stratejiler geliştirilerek değerlendirilecek alternatifler ve kriterler oluşturulmuştur. Oluşturulan alternatifler Tablo 5.2’de ve kriterler Tablo 5.3’te verilmiştir. Katılımcılar arasında belirlenmiş olan kriterlerin kendi içerisinde önem sırasına göre sıralaması yapılmıştır ve Tablo 5.4’te verilmiştir.

Kriterlerin ağırlıklandırılması;

Kendi içinde sıralanmış olan kriterler ağırlıklandırılabilmesi öncelikle subjektif sonuçların sayısallaştırılması için dört farklı yöntem kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlere göre ağırlıklandırma yapılmıştır ve Tablo 5.5, Tablo 5.6, Tablo 5.7 ve Tablo 5.10’da verilmiştir.

Alternatiflerin puanlanması;

Oluşturulan alternatifler TOPSIS ve VIKOR yöntemi ile değerlendirilerek en iyi alternatif seçimi yapılmıştır. TOPSIS yöntemine göre sonuçlar Tablo 5.12’de verilmiştir. VIKOR yöntemine göre sonuçlar Tablo 5.13’te verilmiştir.

Yapılan değerlendirmeye göre en iyi alternatifler “geri dönüşüm sektöründeki lisanssız firmaların ve toplayıcıların lisans almasının sağlanması” ve “lisanslı tesis kurulumu ve atık toplama ekipmanları için teşvik verilmesi” olarak belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Almutairi, K., Dehshiri, S., Dehshiri, S., Mostfaeipour, A., Hoa, A., & Techato, K. (2021). Determination of optimal renewable energy growth. *Energy Research*, 1-24.
- Baykara Mat, S., & Baykal, Ü. (2020). Sağlık Kuruluşlarında Tıbbi Atık Yönetimi ve Sıfır Atık Yaklaşımı. *Sağlık ve Hemşirelik Yönetimi Dergisi*, 441-449.
- Cebecioğlu, C. (2006). *SWOT Analizi ve Bir İşletme Üzerine Uygulama*. Gebze: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çayır Ervural, B., Zaim, S., Demirel, O., Aydın, Z., & Delen, D. (2018). An ANP and fuzzy TOPSIS-based SWOT analysis for Turkey's energy planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1538-1550.
- Demirdöğen, O. (1997). SWOT Analizi ile Üretim Stratejilerinin Geliştirilmesi. *Verimlilik Dergisi*, 113-124.
- Dinçer, Ö. (2004). *Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası*. İstanbul: Alfa Yayınları.
- Dönmez, E., & Değirmen, N. (2016). Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye'deki Atık Yönetimi Uygulamalarının. *Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu*, (s. 249-258). Alanya.
- Duru, B. (2007). Avrupa Birliği Çevre Politikası. *Avrupa Birliği Politikaları*.
- Ergülen, A., & Atıcı, F. (2020). Toplam Kalite, Çevre ve Sıfır Atık Yönetimi; Yaklaşımlar, Kazanımlar ve Eleştiriler. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 299-328.
- Fidan, Y. (1994). *Hizmet İşletmelerinde Strateji Geliştirme ve Bir Özel Finans Kurumu Uygulaması*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi.
- Gottfried, O., Clercq, D., Blair, E., Weng, X., & Wang, C. (2018). SWOT-AHP-TOWS analysis of private investment behavior in the Chinese biogas sector. *Journal of Cleaner Production*, 632-647.

- Karaer, A. (2019). *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Araştırma Laboratuvarlarında Atık Yönetimi*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Khan, M. (2017). Evaluating the strategies of compressed natural gas industry using an integrated SWOT and MCDM approach. *Journal of Cleaner Production*, 1035-1052.
- Kunt, M., Gürbüzler, D., Erkal, İ., & Yıldırım, K. (2020). *6.Türkiye Çevre Durum Raporu*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Maçın, K. (2021). Yeşil Mutabakat, Biyoekonomi Stratejisi ve Sıfır Atık Perspektifinden Türkiye’de Gıda Atıkları. *14.Ulusal Tarım Ekonomi Kongresi* (s. 1-15). Aydın: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü.
- Maçın, K., & Arıkan, O. (2021). Sıfır Atık Yönetimi'nin Çevresel Etkileri: İTÜ Ayazağa Kampüsü'nün Sıfır Atık Endeksi. *14. Ulusal 2. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi 2021 Bildiri* (s. 271-277). Çevre Mühendisleri Odası.
- Odu, & G.O. (2019). Weighting Methods for Multi-Criteria Decision Making Technique. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.*, 1449-1457.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. (2004). Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis Of VIKOR And TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 445-455.
- Özkan, A. (2008). *Kentsel Katı Atık Yönetim Sistemlerinin Oluşturulmasında Farklı Karar Verme Tekniklerinin Kullanımı*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Özköse, H., Arı, S., & Çakır, Ö. (2013). Uzaktan Eğitim Süreci için SWOT Analizi. *Middle Eastern & African Journal of Educational Research*, 41-55.
- Pasonen, M., Kurttila, M., Kangas, J., Kajanus, M., & Heinonen, P. (2000). Assessing the priorities using A'WOT among resource management strategies at the Finnish forest and park servise. *Forest Science*, 534-541.
- Roszkowska, E. (2013). Rank Ordering Criteria Weighting Methods-A Comparative Overview. *Optimum Studia Ekonomiczne*, 20-21.

- Shannon, C. (1948). A Mathematical Theory Of Communucation. *The Bell System Technical Journal*, 379-423.
- Sıfır Atık Sistem Kurulumu. (2021, 12 30). <https://sifiratik.gov.tr/SistemKurulumu> adresinden alındı
- Solangi, Y., Tan, Q., Mirjat, N., & Ali, S. (2019). Evaluating the strategies for sustainable energy planning in Pakistan: An integrated SWOT-AHP and Fuzzy-TOPSIS approach. *Journal of Cleaner Production*, 1-14.
- Supçiller, A., & Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 1-22.
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2022, Nisan). *Yeşil Mutabakat Eylem Planı*. Ankara: T.C. Ticaret Bakanlığı. Ticaret Bakanlığı. adresinden alındı
- Tu, Q., Zhu, C., & McAvoy, D. (2015). Converting campus waste into renewable energy – A case study for the University of Cincinnati. *Waste Management*, 258-265.
- TÜİK. (2021, 12 23). *Atık İstatistikleri 2020*. [tuik.gov.tr: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198) adresinden alındı
- Wang, Y., Xu, L., & Solangi, Y. (2020). Strategic renewable energy resources selection for Pakistan: Based on SWOT-Fuzzy AHP approach. *Sustainable Cities and Society*, 1-14.
- Wehrich, H. (1982). The TOWS matrix - A tool for situational analysis. *Long Range Planning*, 54-66.
- Yürekli, A. (2019). Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, 1-12.
- Zaman, A., & Lehmann, S. (2013). The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a 'zero waste city'. *Journal of Cleaner Production*, 123-132.

Zarafshani, K., Sahraee, M., & Helms, M. M. (2015). Strategic Potential of the Vermicompost Agribusiness in Iran: A SWOT Analysis. *J. Agr. Sci. Tech.*, 1393-1408.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ogun KOPARAL

EĞİTİM

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Akdeniz Üniversitesi / Çevre Müh.	2011

İŞ DENEYİMİ

Yıl	İşletme	Görev
2015-Halen	Dorlion Çevre	Şirket Ortağı
2011-2015	Özel Sektör	Çevre Mühendisi