



**BURSA'DA KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ İÇİN
YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ**

Zehra POROY



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA'DA KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ İÇİN YAŞAM
DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ**

Zehra POROY

Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Zehra POROY tarafından hazırlanan "Bursa'da Kentsel Katı Atık Yönetimi İçin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU

Başkan : Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Doç. Dr. Selnur UÇAROĞLU
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Berna KIRIL MERT
Sakarya Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

20.2.2019

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

08/02/2019

Zehra POROY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BURSA'DA KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

Zehra POROY

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU

Bursa kentinde uygulanan katı atık yönetim modeli, kentin atık yönetim ihtiyaçlarına yanıt verirken, her faaliyet gibi aynı zamanda çevre üzerinde bir yük oluşturmaktadır. Bu çalışmada Bursa'da kentsel katı atık yönetiminden kaynaklanan çevresel yükün analiz edilmesi ve bu yükü azaltmak için yapılması gerekenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında çevresel yük, yaşam döngüsü değerlendirmesi ve deponi gazı etki modellemesi ile analiz edilmiştir. Uygulanan yaşam döngüsü değerlendirmesi sürecinde kentsel katı atığın yönetimi boyunca izlediği toplama, taşıma, aktarma istasyonuna iletilme, düzenli depolama alanında depolanma ve oluşan gazdan enerji eldesi süreçleri sistem sınırlarına dahil edilmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışması için SimaPro 8.5.0 yazılımı, deponi gazının değerlendirilmesi için EPA LandGEM Modeli kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda Bursa'da bir yılda deponi gazından enerji üretim tesisiyle azaltılan toplam emisyonun yaklaşık 0,5 milyon ton karbondioksit eşdeğeri düzeyinde, bir yılda depolama yoluyla bertaraf edilen kentsel atığın küresel ısınmaya katkısının ise yaklaşık 44 milyon ton CO₂ eşdeğeri düzeyinde olduğu görülmüştür. Katı atık yönetiminin kirli sis (smog) oluşumuna katkısı yaklaşık 55 milyon ton O₃ eşdeğeri, ozon tabakasındaki incelmeye katkısı 647 kg CFC-11 eşdeğeri, kanserojen madde oluşumuna katkısı 22,5 CTUh ve solunum etkisi 1732 ton PM10 eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yaşam döngüsü değerlendirmesi, katı atık yönetimi, düzenli depolama.

2019, ix + 58 sayfa.

ABSTRACT

MSc/PhD Thesis

LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT IN BURSA

Zehra POROY

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU

While the solid waste management model applied in the city of Bursa responds to the waste management needs of the city, it creates a burden on the environment at the same time like every activity. The purpose of this study was to analyze the environmental burden arising from municipal waste management in Bursa and to determine the necessary steps to be taken to reduce this burden. Environmental burden was analyzed by using life cycle assessment approach and landfill gas impact modeling. The steps that municipal waste is subjected to throughout its life, namely collection and transport, transport to transfer station, landfilling, energy conversion from landfill gas were included into the system boundaries in life cycle assessment. SimaPro 8.5.0 software was used for the life cycle assessment study, and EPA LandGEM model was employed for the assessment of the impact by landfill gas. The findings of the study showed that the emissions reduced by the landfill gas to energy plant in one year is approximately 0.5 million ton CO₂ equivalent, and the contribution of municipal waste managed with landfilling as the main method to the global warming in one year is approximately 44 million ton CO₂ equivalent. The approximate contribution of municipal landfilled to smog formation was calculated as 55 million ton O₃ equivalent, to depletion of ozone layer as 647 kg CFC-11 equivalent, to carcinogenic substance formation as 22.5 CTUh, and to inhalation impact as 1732 ton PM10 equivalent.

Key words: Life cycle assessment, solid waste management, landfill.

2019, ix + 58 pages.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İnsanoğlunun yerleşik hayata geçmesiyle başlayan katı atık sorunu, günümüzde şehirleşme ile birlikte en önemli çevre sorunu halindedir. Kentsel katı atığın yönetimi bu sorunun çözümünde farklı olanaklar sunmaktadır. Bu çalışmada Bursa’da mevcut katı atık yönetiminin çevresel açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın amacı Bursa’da kentsel katı atık yönetiminden kaynaklanan çevresel yükün analiz edilmesidir. Çalışma kapsamında, Bursa’nın katı atık yönetiminin çevresel yük analizi yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme yapılırken en çok tercih edilen yazılımlardan biri olan SimaPro 8.5.0 (PRe Consultants, Hollanda) yazılımı kullanılmıştır. Etki kategorileri bazında değerlendirme yapılmıştır. Tez çalışmasının her aşamasında her türlü bilgi ve deneyimini paylaşan, yol gösteren ve çalışmama yön veren danışmanım Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU’na (Uludağ Üniversitesi), Doç. Dr. Kamil SALİHOĞLU’na (Uludağ Üniversitesi), envanter oluşturma, destek ve katkılarından dolayı Çevre Mühendisi Erman Özen’e, Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü çalışanlarına, yüksek lisans sürecimdeki manevi desteklerinden dolayı Çevre Mühendisi Gülcan Soyer’e, Çevre Mühendisi Simge Solak’a, beni yetiştirip bugüne getiren ve hayatım boyunca manevi desteğini esirgemeyen anneme ve babama, her zaman yanımda olan ablam Nergis Poroy Durmaz’a, ablam Op. Dr. Ceren Poroy’a ve bu süreçte motivasyonumu yüksek tutmamı sağlayan yeğenim Rüzgar Durmaz’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Zehra POROY
08/02/2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1.Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi	4
2.2.Türkiye’de ve Dünyada Kentsel Katı Atık Yönetimi için yapılmış Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Çalışmaları.....	6
3.MATERYAL ve YÖNTEM.....	9
3.1.Hedef ve Kapsamın Belirlenmesi	9
3.1.1.Sistem sınırının belirlenmesi.....	9
3.1.2. Fonksiyonel birimin belirlenmesi	10
3.2.Yaşam Döngüsü Envanter Oluşturma.....	10
3.3.Yaşam Döngüsü Etki Analizi Yapılması	12
3.4.Yorumlama.....	13
4.BULGULAR ve TARTIŞMA.....	14
4.1.Hedef ve Kapsam	14
4.1.1. Hedef.....	14
4.1.2.Girdi-çıktı analizi	14
4.2.Envanter analizi.....	15
4.2.1.Bursa’da kentsel katı atığın yönetimi.....	15
4.2.2. Analiz	38
4.3.Etki Analizi	39
4.3.1. Sistemin Çevresel Etkileri.....	39
4.3.2. Sistemin Alt Bileşenlerin Çevresel Etkileri	48
4.4.Yorumlama.....	53
5.SONUÇ	54
KAYNAKLAR	58
EKLER.....	62
Ek 1. İlçe Belediyeler ve Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Toplama Taşıma Bilgileri ..	64

Ek 2. İlçe Belediyeler ve Büyükşehir Belediyesi Tarafından Toplanan Atık Miktarı Bilgileri	65
Ek 3. Aylık Düzenli Depolama Bilgileri (Bursa Büyükşehir Belediyesi Yenikent Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi-Hamitler)	66
Ek 4. Depolama Alanı Genel Bilgileri (Bursa Büyükşehir Belediyesi Yenikent Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi-Hamitler)	66
Ek 5. Depolama Alanı İdari Bina ve Laboratuvar Bilgileri	67
Ek 6. Depolama Alanı Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi Bilgileri	68
Ek 7. Deponi Gazından Enerji Üretim Tesisi Bilgileri (Aylık)	69
Ek 8. Deponi Gazından Enerji Üretim Tesisi Genel Bilgileri.....	69
Ek 9. Aktarma İstasyonuna Gelen Atık Bilgileri (Genel).....	70
Ek 10. Aktarma İstasyonuna Gelen Aylık Atık Bilgileri	71
Ek 11. Aktarma İstasyonundan Depolama Alanına Taşınan Aylık Atık Bilgileri.....	72
Ek 12. Aktarma İstasyonundan Depolama Alanına Taşınan Atık Bilgileri (Genel).....	72
Ek 13. Aktarma İstasyonu Aylık Bilgileri	73
ÖZGEÇMİŞ	74

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADD	Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
ANN	Yapay Sinir Ağı
AYY	Atık Yönetimi Yönetmeliği
DNV	Det Norske Veritas
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ISO	International Standards Organization
MBT	Mekanik ve Biyolojik Arıtma Tesisleri
Pre consultants	Product Ecology Consultants
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SimaPro	System for Integrated Environmental Assessment of Products
USEPA	United States Environmental Protection Agency

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1.Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yapısı ve Bölümleri	5
Şekil 2.2.Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin aşamaları ve sınırları.....	6
Şekil 3.1. Bursa Kenti Katı Atık Yönetim Sistemi sınırları.....	9
Şekil 4.1. Bursa Kenti Katı Atık Yönetim Sistemi Bileşenleri Üzerinde Girdi Çıktı Analizi.....	15
Şekil 4.2. Bursa'da toplanan kentsel atığın depolama alanlarına göre dağılımı	16
Şekil 4.3. Yenikent düzenli depolama alanına gelen kentsel atığın ilçelere göre dağılımı	17
Şekil 4.4. Aktarma istasyonuna gelen kentsel atığın ilçelere göre dağılımı	18
Şekil 4.5. Bursa ilçelerinin nüfusu ve toplanan atık miktarları	18
Şekil 4.6. Yenikent Düzenli Depolama Tesisinde Depolanan Atığın Sıcaklıkla İlişkisi	19
Şekil 4.7. Depolama süresince sıcaklık ve yağış koşullarının değişimi.....	19
Şekil 4.8.Bursa'nın atık taşıma haritası	20
Şekil 4.9.Atık taşımacılığında kullanılan konteynır tipleri	21
Şekil 4.10.Bursa'nın ilçelerinde araç tiplerine göre toplanan atığın dağılımı	22
Şekil 4.11.İlçe belediyeler tarafından taşınan atık, alınan yol ve harcanan yakıt miktarları.....	22
Şekil 4.12. Yenikent düzenli depolama alanında vadi yerleşimi	24
Şekil 4.13.Aktarma istasyonuna ait görüntüler: Aktarma binası, atığını boşaltan küçük araç ve transferi sağlayan semitreyler	25
Şekil 4.14. Depolama alanlarından kaynaklanan emisyonlar	27
Şekil 4.15. EPA LandGEM Modeli İle Gaz Üretim Oranları Projeksiyonu.....	29
Şekil 4.16. Deponi Gazı Üretim Projeksiyonu (US EPA Ukrayna Modeli) (Tahmini Gaz Toplama Verimi = %58)	33
Şekil 4.17. Deponi Gazı Üretim Projeksiyonu (US EPA Mexico Modeli) (Tahmini Gaz Toplama Verimi = %67)	33
Şekil 4.18. Yenikent düzenli depolama alanında oluşan deponi gazından elde edilen enerjinin yıllara göre değişimi	34
Şekil 4.19. Yenikent düzenli depolama alanında depolanan atık başına oluşan deponi gazından hacmi ve elde edilen enerjinin miktarı.....	35
Şekil 4.20. Yenikent Düzenli Depolama Alanı Enerji Üretim Tesisini ile Azaltılan Küresel Isınma Potansiyeli Modellemesi	36
Şekil 4.21.Bursa Yenikent düzenli depolama alanı sızıntı suyu arıtma tesisi akım şeması	37
Şekil 4.22. Sızıntı suyu arıtımında harcanan enerjinin debiye göre değişimi.....	38
Şekil 4.23. Bursa Kenti Katı Atık Yönetim Sistemi fonksiyonel birim bazına indirilmiş girdi-çıktı analizi ve sistem sınırı.....	39
Şekil 4.24. Dünyada fosil kaynaklardan enerji üretiminin tarihsel gelişimi (1800-2010)	40
Şekil 4.25. Bursa'da kentsel katı atık yönetiminin çevresel etkilerinin kategorilere göre (%) dağılımı (1 ton kentsel katı atık için)	41

Şekil 4.26. Bursa’da kentsel katı atık yönetiminin çevresel etkilerinin kategorilere göre (%) dağılımı	41
Şekil 4.27. Bursa’da kentsel katı atık yönetiminin insan sağlığı, ekosistemler ve kaynaklar üzerindeki etkisinin dağılımı	43
Şekil 4.28.Bursa’da kentsel atık yönetiminden kaynaklanan çevresel etki (1 ton atık için)	45
Şekil 4.29. Bursa’da kentsel atık yönetiminden kaynaklanan çevresel etki (1 ton atık için) (düşük düzeydeki etkiler)	45
Şekil 4.30. Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki genel (1. Derece) yapılanması	48
Şekil 4.31.Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki 2. Derece detaydaki yapılanması	48
Şekil 4.32.Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen toplama ve taşıma alt bileşeninin yapılanması	49
Şekil 4.33.Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki 3. Derece detaydaki yapılanması	49
Şekil 4.34. Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki 4. Derece detaydaki yapılanması	50
Şekil 4.35 .Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki 5. Derece detaydaki yapılanması	50
Şekil 4.36.Bursa kentsel atık yönetim sistemi alt bileşenlerinin çevresel yüklerinin karşılaştırılması	51
Şekil 4.37 .Bursa kentsel atık yönetim sistemi alt bileşenlerini oluşturan unsurların çevresel yüklerinin karşılaştırılması.....	51
Şekil 4.38.Çevresel etkinin etki kategorilerine göre dağılımında sistem alt bileşenlerinin etkisinin (%) dağılımı.....	52
Şekil 4.39.Bursa kentsel katı atık yönetim sistemi alt bileşenlerinin çevresel yüklerinin karbondioksit eşdeğeri olarak karşılaştırması	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1.Bursa ilçelerine ait atık karakterizasyonu değerleri.....	16
Çizelge 4.2.Atık taşımacılığında kullanılan araç tipleri ve sayıları	21
Çizelge 4.3.Deponi gazından enerji üretim tesisinin temel finansal parametreleri.....	28
Çizelge 4.4. Yenikent düzenli depolama alanında oluşan deponi gazı bileşenlerinin dağılımı	28
Çizelge 4.5. EPA LandGEM Modeline Göre 2018 Yılı İçin Deponi Gazında Bulunan Kirlenici Oranları Tahminleri	31
Çizelge 4.7. Deponi gazı üretim faktörleri.....	34
Çizelge 4.8.Yenilenebilir enerji satış fiyatları.....	35
Çizelge 4.10. Bursa’da depolanan kentsel atık ve toplam çevresel yük	42
Çizelge 4.11. Bursa’da kentsel atık yönetimi alt sistemlerinin oluşturduğu çevresel yük	42
Çizelge 4.12. Bursa’da depolanan kentsel atık ve toplam çevresel yük	43
Çizelge 4.13. Bursa’da kentsel katı atık yönetiminin insan sağlığı, ekosistemler ve kaynaklar üzerindeki yıllık etkisi	44
Çizelge 4.14. Bursa’da kentsel atık yönetiminden kaynaklanan çevresel etkinin eşdeğer birimlerle ifadesi (1 ton atık için).....	44
Çizelge 4.15.Bursa’da yönetilen kentsel atıktan kaynaklanan çevresel etkilerin etki kategorileri temelinde değerlendirilmesi.....	46

1. GİRİŞ

İnsanoğlu tarafından hava, su, toprak ve yer altı zenginlikleri gibi doğal kaynakların bilinçsiz kullanımları sonucunda, küresel ısınma, sera etkisi, ozon tabakasının incelmesi, asit yağmurlarının oluşması, çölleşme ve toprak erozyonu gibi pek çok sorun daha da belirgin hale gelmiştir. Bu etkilere bağlı olarak “sürdürülebilirlik” kavramı daha da önemli bir hale gelmiştir(Sonneman 2004).

Genel olarak sürdürülebilirlik kavramı; gelecek nesillerin de doğadan faydalanma hakkını unutmadan, doğal kaynakların dengesini yok etmeden, faaliyetlerin devam etmesi anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle, ekosistem kapsamında tüm elemanların (su kaynakları, bitki örtüsü vb.) bağlı buldukları ortamlarda sistemin işleyişinde istenmeyen değişiklikler oluşturulmadan, en iyi biçimde gelecek kuşaklara bırakılması prensibini içermektedir(Meriç 2004).

Nüfusun hızlı artışı, değişen sosyal yaşam koşulları, biyo-parçalanabilir olmayan ürünlerin geliştirilmesi ve kullanılması gibi etkenler atık üretiminin artmasına neden olmakta; bu da kentsel katı atık yönetimi için çözümleri gereken problemler ortaya çıkarmaktadır(Asase ve ark. 2009).

Çevresel sürdürülebilirlik kavramı, atık yönetim sistemleri tasarımındaki ana kriterlerden biridir. Böyle bir bağlam içinde depolama teknolojilerinin de çevresel sürdürülebilirliğe katkısının olması beklenmektedir(Cossu ve ark. 1997). Katı atıkların depolama alanına götürülmeden önce, toplama taşıma süreçlerindeki çevresel etkilerinin önemli düzeyde olduğu genel olarak bilinmektedir. Bu alana yanıt vermeyi amaçlayan yeni ve daha çevre-dostu toplama taşıma sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması önemlidir. Katı atıkların yönetiminde karbon ayak izini azaltan uygulamalardan biri olan deponi gazından enerji elde etme teknolojisi de çevresel yük oluşturan unsurlardan biridir.

Potansiyel çevresel etkilerin değerlendirilmesinde en çok uygulanan yöntemlerden biri Yaşam döngüsü değerlendirmesidir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, uluslararası ISO

standardı haline getirilmiştir (Anonim 2006). Yaşam döngüsü değerlendirmesi, kullanılan enerji ve hammaddeden ve çevreye salınan emisyonlardan yola çıkarak, bir ürünün, sürecin veya hizmetin çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılmaktadır ve çevresel etkileri iyileştirmek için yeni yollar bulmayı mümkün hale getirmektedir (Sundqvist 1999).

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin kentsel katı atık yönetim sistemlerinin çevresel performansının değerlendirilmesinde faydalı bir araç olduğu bilinmektedir (Liamsanguan ve ark. 2008). Bu sebeple Bursa'daki katı atık yönetimi için yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi çevresel etkilerinin ölçülmesi için uygulanmıştır. Envanter ve etki analizi aşamalarının sonuçları değerlendirilmiş ve sistemi oluşturan tüm aşamaların hem teker teker, hem de bütünsel olarak çevresel ve ekonomik yükü belirlenmiştir. Bursa'daki katı atık yönetim sürecinde uygulanan işlemlerin yol açtığı olumlu/olumsuz çevresel etkiler nitelik ve nicelik olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada Bursa'da kentsel katı atık yönetiminden kaynaklanan çevresel yükün analiz edilmesi ve bu yükü azaltmak için yapılması gerekenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Bursa kentinin katı atık yönetim modeli için yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılması, elde edilen bulgularla çevresel etkileri daha düşük olan önerilerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Kentsel katı atığın mevcut yönetim modeli içerisindeki toplama, taşıma, düzenli depolama ve enerji eldesi süreçleri sonucunda oluşturduğu çevresel yükler belirlenmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesinde çevresel performans değerleri, etki kategorileri bazında belirlenmiştir.

Doğal, sosyal, ekonomik, coğrafik vb. şartlar atık yönetim modelini etkilemektedir. Bu nedenle yaşam döngüsü değerlendirmesinin alana özgü, gerçek verilerle yapılmasının önemi büyüktür. Atık kompozisyonu, cadde uzunluğu, kullanılan araçlar, benimsenen yönetim modeli vb. tüm faktörler çevresel yükü etkileyecektir. Hatta atık kompozisyonunun mevsimlere, sosyo-ekonomik şartlara, atık toplama ve bertaraf yöntemlerine göre değişmesi de çevresel yük üzerinde etkili olacaktır. Özellikle gelişmekte olan pek çok ülkede gerçek verinin eksik olması veya gerektiği gibi

değerlendirilmemesi nedeniyle, katı atık yönetim modelleri veriye dayalı bir altyapıyla oluşturulmamaktadır. Bu çalışma kapsamında gerçek veriler kullanıldığından, yerel şartlara uygun bir değerlendirme yapılabilmektedir. Çalışma, yerel şartları yansıtmak açısından, literatürde yer alan genelleştirilmiş verilerle yapılmış çalışmalardan daha yüksek düzeyde yerel şartları temsil etmektedir.

Çalışma, ülkemizdeki katı atık yönetimi çalışmalarının çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde bir altyapı oluşturmaya katkı koyacak niteliktedir. Çalışma kapsamında, ülkemizde üretilen benzer özellikteki katı atıkların yönetiminde kullanılacak ve karşılaştırma yapılabilecek bilimsel bir altyapı ve veri tabanı oluşturulmuştur. Çalışmayla, aynı zamanda çevresel etkiler temelinde uluslararası literatürde karşılaştırma ve değerlendirme yapmayı sağlayacak bir veri tabanı oluşturulmuştur.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Çevresel Toksikoloji ve Kimya Derneği (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) (SETAC) yaşam döngüsü değerlendirmesini, “bir faaliyetin, prosesin, hizmetin veya ürünün çevresel yükünü, enerjiyi, kullanılan maddeleri ve çevreye verilen atıkların türlerini ve miktarlarını belirleyerek, çevresel gelişmeleri etkileyecek olanakları değerlendirip uygulayacak objektif bir işlem” olarak tanımlamaktadır (Barton ve ark. 1996).

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, farklı kullanım amaçları için imkan sağlamaktadır. Bu kullanım amaçlarına göre bakıldığında, ürün/proses geliştirme ve maliyet azaltımı öncelikli sırayı alırken; karar verme, çevresel önlemler alma ve müşteri gereksinimleri ikinci planda yer almaktadır (Bishop 2000).

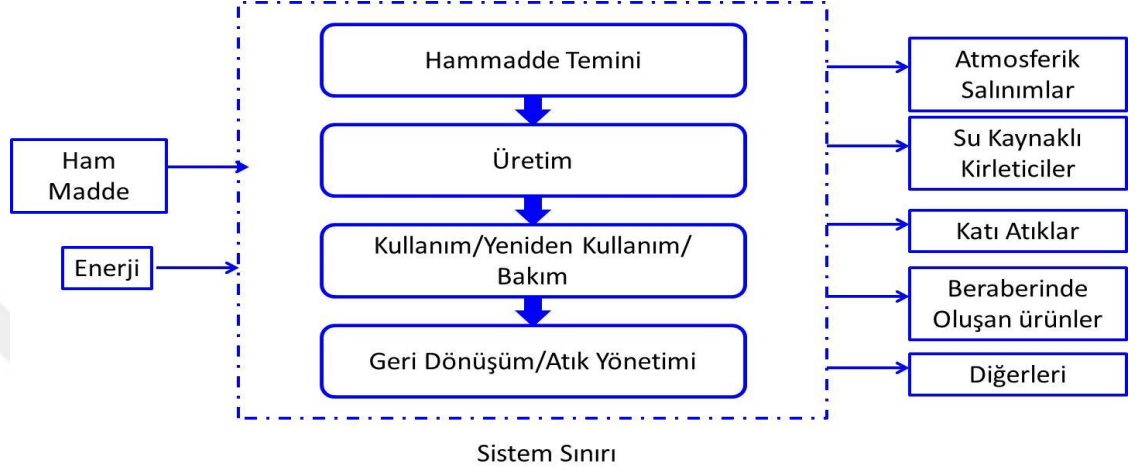
Yaşam döngüsü değerlendirmesi bir hizmetin, prosesin veya ürünün “beşikten mezara” tüm çevresel etkilerini ele alan bir yöntemdir. Beşikten mezara, ‘hammadde eldesinden ortaya çıkan atıkların bertaraf edilmesine kadar’ olan süreci tanımlanmaktadır. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, çevresel etki değerlendirmesi gibi diğer çevresel yönetim metodlarında yer almayan farklı konu başlıklarını değerlendirmek amaçlanarak geliştirilmiştir (Ozeler ve ark. 2006).

Avrupa ülkelerinde yaşam döngüsü değerlendirmesi 1990’lı yıllarda gelişmeye başlamış ve günümüzde hala çalışmalar devam etmektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemlerinin uluslararası standartları tarafından belirlenmiştir. Bu standartların bir alt grubu olan ISO 14040-14044 oluşturulmuştur. Temeli 4 aşamaya dayanmaktadır. Bunlar (Anonim 2006, Demirer 2011):

- 1) Hedef ve kapsamın belirlenmesi
- 2) Yaşam döngüsü envanterinin oluşturulması

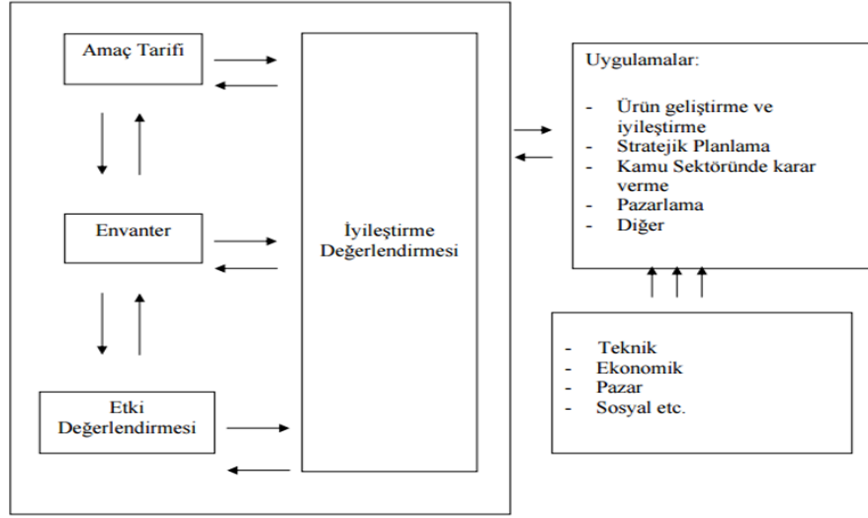
- 3) Yaşam döngüsü etkisinin değerlendirilmesi
- 4) Yorumlama

Yaşam döngüsü değerlendirmesi yapısı ve bölümleri Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yapısı ve Bölümleri (Anonim 2006)

Yaşam döngüsü değerlendirmesi, hem doğrudan (üretim aşamasında oluşan emisyonlar ve kullanılan enerji vs.) hem de dolaylı (hammadde eldesi, ürünün dağıtılması, tüketici tarafından kullanılması ve bertarafı vs.) etkileri belirlemek ve ölçmek için kullanılmaktadır. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin sistematik yaklaşımı Şekil 2.2.'de, belirli bir ürün veya sistemin etkilerinin doğru bir şekilde ölçülmesini sağlar.



Şekil 2.2.Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin aşamaları ve sınırları(Anonim 2006)

2.2. Türkiye’de ve Dünyada Kentsel Katı Atık Yönetimi için yapılmış Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Çalışmaları

Türkiye’de bu alanda sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Ozeler ve ark. (2006) Ankara kenti için kentsel katı atık yönetim senaryoları geliştirmiş ve yaşam döngüsü değerlendirmesi yaparak her senaryonun getireceği çevresel yükü karşılaştırmıştır. Senaryolar kapsamında, atıkların toplanması ve taşınması, kaynakta azaltım, maddesel geri kazanım tesisi/transfer istasyonu, yakma, anaerobik çürütme ve depolama adımları değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler, nüfus projeksiyonu, atık kompozisyonu, atık yönetim uygulamaları ve maliyet hesaplamalarıdır. Çalışmada işleme ait hammadde ve enerji verilerinin yer almadığı görülmektedir.

Banar ve ark. (2009) Eskişehir için optimum kentsel katı atık yönetim stratejisini geliştirmek için yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemini uygulamıştır. Araştırmacılar 5 farklı senaryonun olası çevresel etkilerini karşılaştırmışlardır. Senaryolar kapsamında atıkların toplanması taşınması, maddesel geri kazanım tesisi, geri kazanım, kompostlama, yakma ve depolama süreçlerini ele aldıkları çalışmada gerçek uygulama verilerinin yanısıra literatürden ve yazılımın veri tabanından aldıkları verileri de kullanmışlardır. Yazılımın veri tabanındaki verileri Türkiye’ye uyarlamışlardır.

Yay (2015), Sakarya kenti atık yönetimi için yapmış olduğu yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmasında atıkların toplama, taşıma, maddesel geri kazanım, yakma, kompostlama ve depolama adımlarını değerlendirmiştir. Çalışma kapsamında Sakarya kentindeki alansal verilerden, yazılım ve literatür kaynaklarından faydalandığı belirtilmiştir.

Dünyadaki katı atık alanında yapılmış olan yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmaları da araştırılmıştır. Abdul ve ark. (2011), Tahran'da katı atık yönetim stratejilerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmasında senaryolar ile değerlendirme yapılmıştır. Bu senaryolar düzenli depolama ve kompostlama ile düzenli depolama bir arada olduğu seçeneklerdir. Çalışmadaki amaç, Tahran'daki mevcut katı atık yönetim sistemini iyileştirmek için mevcut kentsel katı atık stratejilerinin çevresel etkilerini karşılaştırmaktır. Çalışma kapsamı; taşıma, düzenli depolama, sızıntı suyu arıtma tesisi ve enerji üretimidir. Ecoindicator 99 metodu kullanılmıştır.

Ripa ve ark. (2016), İtalya'nın Napoli kenti için katı atık yönetiminin yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışması yapılmıştır. Çalışmanın amacı, İtalya'nın Napoli kenti için en çevre dostu atık yönetim sistemini belirlemektir. Çalışmanın sistem sınırı; ayrı toplama, kompostlama, anaerobik çürütme, MBT, düzenli depolama ve geri dönüşümdür. Napoli belediyesi ile ortaklaşa çalışma olarak gerçekleştirilmiştir.

Rajcoomar ve ark. (2016), Mauritius adasındaki katı atık yönetiminin yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmadaki amaç, farklı katı atık yönetim sistemi seçeneklerini karşılaştırmak, değerlendirmek ve çevre bakış açısıyla Mauritius Adası için en uygun katı atık yönetim sistemini belirlemek için yaşam döngüsü değerlendirme aracını kullanmaktır. Çalışmadaki sistem sınırı; toplama, taşıma, yakma, kompost, ve düzenli depolamadır. Çalışmada oluşturulan senaryoların çevresel etkileri karşılaştırılmıştır.

Manfredi ve ark. (2008), katı atık depolama teknolojilerinin çevresel değerlendirmesinin yaşam döngüsü değerlendirmesi vasıtasıyla yapılmıştır. Çalışmanın amacı, yaşam

döngüsü değerlendirmesini kullanarak bu çalışma, altı depolama yönteminin çevresel performansını karşılaştırmaktadır. Çalışmadaki sitem sınırları ise katı atığın taşınması ve düzenli depolama süreçleridir. Çalışmada EASEWASTE yazılım programı aracılığıyla yaşam döngüsü değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.

Pelesaraei ve ark. (2017), İran'ın başkenti Tahran kentsel katı atık yönetimi için yapılmış bir yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmasıdır. Çalışmanın amacı, yakma ve düzenli depolama için kentsel katı atık yönetiminden net bir resim sağlamak için İran'ın başkenti Tahran'daki enerji tüketimini dikkate alarak kentsel katı atıkları yakma ve düzenli depolamanın enerji ve yaşam döngüsünün tahmini ve modellemesi için bir yapay sinir ağı (ANN) geliştirmektir. Çalışmanın sistem sınırı; taşıma, yakma ve düzenli depolamadır. Çalışmada yazılım programı olarak SimaPro ve EASEWASTE kullanılmış olup sonuçlar karşılaştırılmıştır.

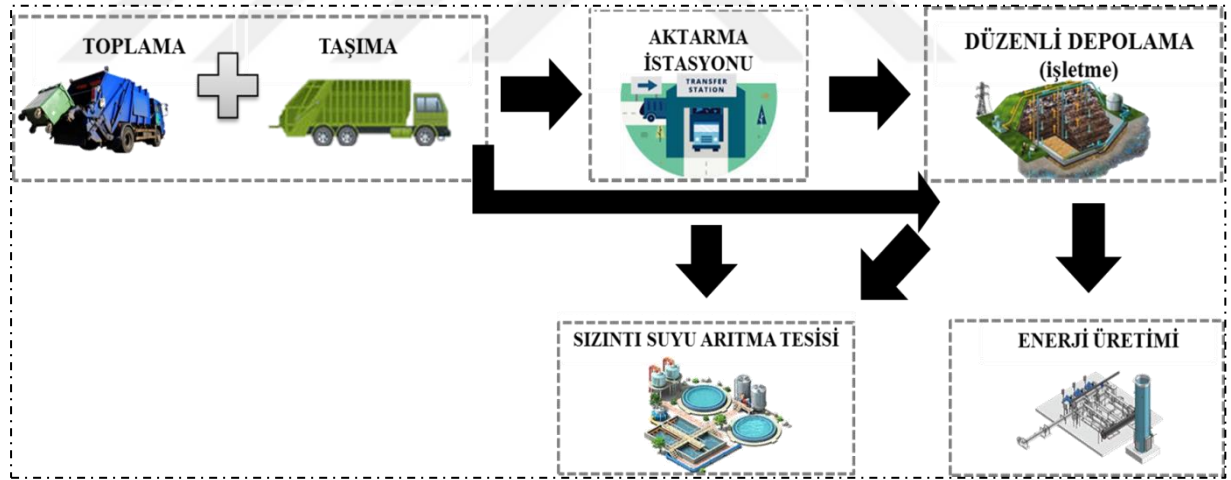
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Hedef ve Kapsamın Belirlenmesi

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin ilk aşaması hedef ve kapsam belirlenmesidir. Bu aşamada katı atık yönetiminin ilgili ortaklarıyla bir araya gelinip hedef ve kapsam belirlenmesinde ortak karar alınmıştır. Çevresel etkilerin ve girdilerin- çıktılarının belirlenmesi, sistemin sınırlarının tespit edilmesi aşamalara dikkat edilmiştir.

3.1.1. Sistem sınırının belirlenmesi

Çalışmada belirlenen Bursa kentinin atık yönetim sisteminin sistem sınırı Şekil 3.1.'de görülmektedir. Çalışma Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi “kapıdan mezara” sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Bursa Kenti Katı Atık Yönetim Sistemi sınırları

Bu çalışmanın sistem sınırları, toplama-taşıma, aktarma istasyonu, düzenli depolama tesisi, sızıntı suyu arıtma tesisi ve enerji üretimi aşamalarını kapsamaktadır. Buna göre Bursa kentinin atık yönetim sistemini oluşturan tüm alt sistemler tek tek ele alınarak çevresel yük ve etki belirlemesi yapılmıştır.

3.1.2. Fonksiyonel birimin belirlenmesi

Fonksiyonel birim kantitatif bir yaşam döngüsü değerlendirmesinin hesaplama temelini oluşturmaktadır. Bu birim üzerinden çevresel yükler hesaplanmaktadır. Fonksiyonel birim sistemin alt bileşenlerinin birbirleriyle kıyaslanmasına fırsat verebildiği gibi farklı aynı fonksiyonel birim üzerinden farklı sistemlerin karşılaştırılmasını da mümkün hale getirmektedir.

Bu çalışma kapsamında fonksiyonel birim, Bursa kentinde üretilen ve yönetilen 1 ton kentsel atık olarak belirlenmiştir. Sistem içerisindeki hammadde ve enerji tüketim oranları fonksiyonel birim bazına indirilerek, girdi ve çıktılarla ilişkilendirilmiştir.

Literatürdeki bazı benzer çalışmalarda fonksiyonel birimler incelendiğinde; Banar ve ark. (2009) çalışmasında, Comobreco ve ark. (1999), Abduli ve ark. (2011) vb. birçok çalışmada 1 ton kentsel atık seçildiği görülmüştür. Bu çalışmada fonksiyonel birim 1 ton kentsel atık olarak kıyaslanmasını ve analiz edilmesini sağlayacak şekilde seçilmiştir.

3.2. Yaşam Döngüsü Envanter Oluşturma

Envanter oluşturulurken Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü ile ortak yürütülen çalışma kapsamında veriler elde edilmiştir. Bursa'nın ilçe belediyeleri ile görüşme gerçekleştirilip anket sorularıyla veriler elde edilmiştir. Anket tabloları Ekler'de bulunmaktadır.

Bu çalışmadaki bulgular, SimaPro Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Çalışmadaki analiz aşamasında belirlenen enerji, su, hammadde kullanımı ile çevresel emisyonların insan sağlığı ve çevresel değerler üzerindeki olası etkileri değerlendirilmiştir. Etki değerlendirmesinde, literatürdeki referans bilgilerin yanı sıra, SimaPro 8.5.0.0 PhD yazılımının veri tabanından faydalanılmıştır.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmalarında en fazla tercih edilen yazılımlardan birisi SimaPro 8.5.0 (PRe Consultants, Hollanda) yazılımıdır. SimaPro, 80'den fazla ülkede endüstriyel ve akademik alanlarda yıllardır güvenle kullanılan bir yaşam döngüsü değerlendirme programıdır (Anonim 2018).

Güvenilir ve sürdürülebilir karar verme süreçlerinde doğru verilere ve bu verilerin doğru şekilde değerlendirilmesine gereksinim duyulmaktadır. SimaPro en yeni veri tabanlarını ve bilimsel temelli yöntem içermektedir. Geniş çeşitlilikte raporlama özellikleri ve yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmalarının analizi yapılırken problemleri tanımlamada ve bilinçli seçimlerle daha etkin bir yöntem belirlemede SimaPro'yu kolay kullanılabilen bir program haline getirmektedir (Anonim 2018)

SimaPro yazılımının tercih edilmesinde etkili olan unsurlar;

- Karmaşık yaşam döngülerini sistematik bir şekilde kolayca analiz edebilmesi ve modellenebilmesi,
- Ürün, hizmetlerin ve proseslerin çevresel etkilerini bütün yaşam döngüsünün aşamaları boyunca ölçülebilmesi,
- Ham maddenin çıkarılmasından üretime, dağıtıma, kullanıma ve bertaraf etmeye kadar tedarik zincirindeki tüm ilişkilerde kritik noktaların tanımlanabilmesidir.

Bu özelliklere ek olarak, SimaPro modern, güncel ve ISO 14040 (Anonim 2006)yaşam döngüsü değerlendirmesi standartlarında olup etkin araçlarla kolay modelleme, birden fazla senaryo analizi, parametrik modelleme ve belirsizlik analizi yapabilmeye imkân sağlamaktadır (Anonim, 2018).

Bu çalışmada SimaPro 8.5.0 yazılımında olan Ecoinvent 3 LCA Food DK ve Agri-footprint veri tabanları kullanılmıştır. ReCiPe ve TRACI metodları uygulanmıştır.

3.3. Yaşam Döngüsü Etki Analizi Yapılması

Yaşam döngüsü envanter analizi aşamasında sisteme giren hammadde, su, enerji vb. bileşenleri ile sistemden çıkan bileşenler fonksiyonel birim bazına indirilerek ilişkilendirilip sonra bu elde edilen verilerin doğal kaynakların tüketimi, insan sağlığı ve çevresel değerler üzerine olan etkileri bu aşamada incelenmiştir.

Bu çalışmada ReCiPe metodu kullanılmıştır. ReCiPe metodu, yaşam döngüsü etki değerlendirmesinde en uyumlu ve güncel gösterge yaklaşımıdır. ReCiPe metodunun temel hedefi, yaşam döngüsü kapsamlı sonuçları belirli sayıda göstergeler ile grafiklere dönüştürmektir. ReCiPe’de etki göstergeleri son nokta ve orta nokta olarak iki noktada hesaplanmaktadır (Anonim 2007).

En kapsamlı orta nokta etki kategorilerine sahip olan ReCiPe metodu dünya çapında etki mekanizmaları ile diğer yaklaşımlara göre avantajlıdır. Diğer yaklaşımlardan (Eco-indicator 99, EPS Yöntemi, LIME ve Etki 2002+) farklı olarak, gelecekteki ekstra aksiyonların etkilerini envanter analizine dahil edildiğini varsaydığı için etki değerlendirmesinde bu tür ekstra ekstra aksiyonlardan kaynaklanabilecek potansiyel etkileri içermemektedir (Anonim 2007).

Bu çalışmada kullanılan ReCiPe metodunda bulunan 16 etki kategorisi orta nokta seviyesinde araştırılmıştır. Bunlar; İklim Değişikliği, Ozon Tabakası İncelmesi, Karasal Asidifikasyon, İnsan Sağlığı Toksisitesi, Fotokimyasal Oksidasyon Oluşumu, Partikül Madde Oluşumu, Karasal Ekotoksiste, İyonlaştırıcı Radyasyon, Kentsel Alan İşgali, Doğal Alan Dönüşümü, Fosil Yakıt Tükenmesi, Metal Tüketimi, Deniz Ekotoksitesi, Ötrofikasyon, Su kaynaklarında Ekotoksiste’dir (Anonim 2007).

Son nokta kategorileri İnsan Sağlığı, Ekosistem Çeşitliliği ve Kaynak Kullanılabilirliği başlıkları altında toplanmaktadır. Bu çalışmadaki İnsan sağlığı son nokta seviyesini oluşturan orta noktalar; fotokimyasal oksidasyon oluşumu, iklim değişikliği, insan

sağlığı toksisitesi, ozon tabakası incelmesi, partikül madde oluşumu ve iyonlaştırıcı radyasyon parametreleridir. Bu çalışmadaki Ekosistem eşitliliği son nokta seviyesini ise; karasal ekotoksosite, deniz ekotoksisitesi, kentsel alan işğali, doğal alan dönüşümü orta noktaları toplanarak oluşturmuşlardır. Bu çalışmada metal tüketimi ve fosil yakıt tükenmesi ise kaynak kullanılabilirliği son noktasını belirleyen göstergelerdir (Anonim 2007).

3.4. Yorumlama

Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler sonucunda envanter oluşturulmuş; istatistiki olarak, LandGEM ve SimaPro yazılım programı ile çevresel etki analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları Bulgular ve Tartışma bölümünde yer almaktadır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

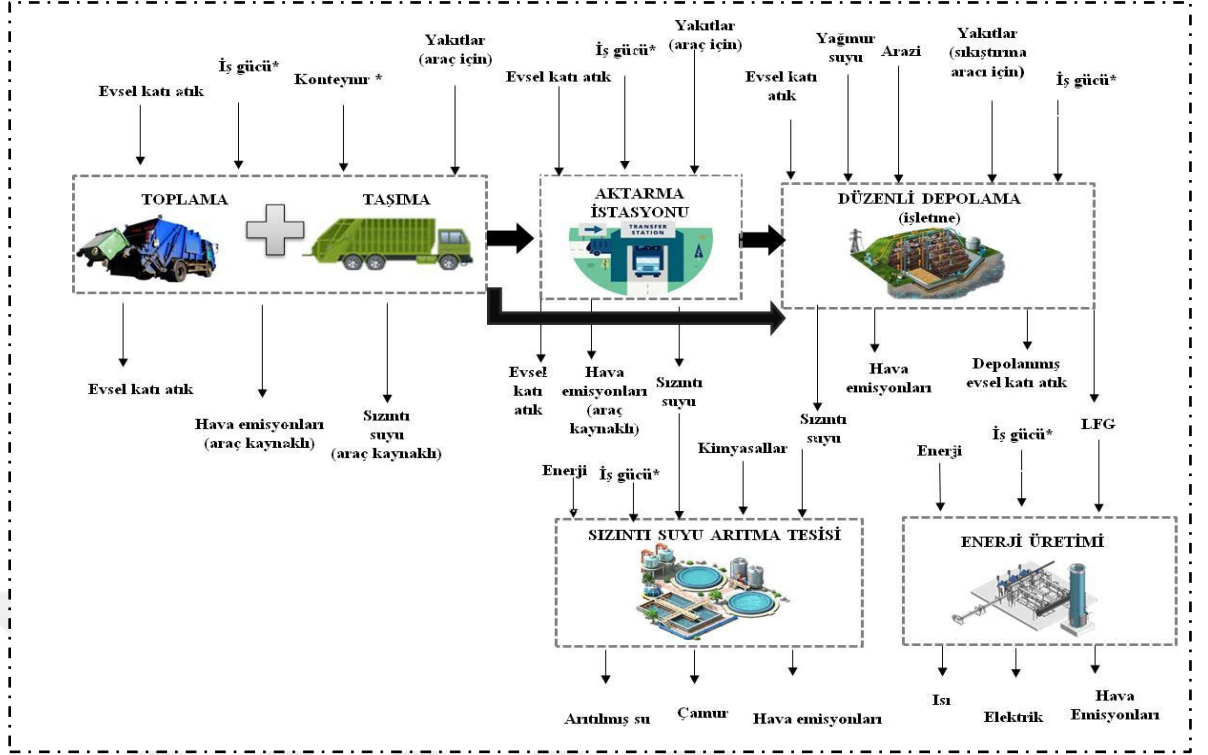
4.1. Hedef ve Kapsam

4.1.1. Hedef

Bu çalışmanın öncelikli hedefi Bursa'daki oluşan kentsel atığın oluşumundan nihai bertarafına kadar tüm yaşamı boyunca çevreye verdiği etkileri ortaya çıkarmak ve bu etkileri azaltmaktır.

4.1.2. Girdi-çıkıı analizi

Çalışma kapsamında kentsel atık yönetim sisteminin aşamaları için detaylı bir girdi-çıkıı analizi yapılmıştır. Sistemi oluşturan bileşenler karşılaştırılabilecek bir düzleme getirilmiştir. Aşamalar üzerinde yapılan girdi-çıkıı analizinde Bursa kentinin atık yönetim sisteminin alt sistemleri analiz edilmiştir. İlk aşamada alt sistemlerin işleyişinde kullanılan hammadde ve doğal kaynaklar kalitatif olarak belirlenmiştir. Bursa kenti için katı atık yönetim sistemi bileşenleri üzerinde girdi-çıkıı analizi Şekil 4.1'de görölmektedir.



Şekil 4.1. Bursa Kenti Katı Atık Yönetim Sistemi Bileşenleri Üzerinde Girdi Çıktı Analizi

4.2. Envanter analizi

4.2.1. Bursa'da kentsel katı atığın yönetimi

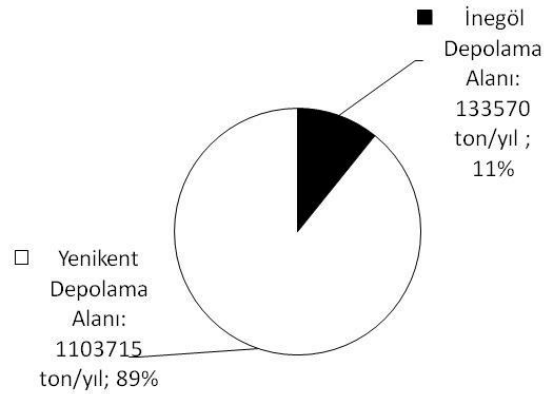
Kentsel katı atık, belediyenin atık tesislerinde bertaraf edilen atık anlamında kullanılmaktadır. Kentsel katı atığın kaynağı büyük oranda evsel olmakla birlikte, endüstri ve işyerlerinden çıkan tehlikesiz atıklar da kentsel atık olarak kabul edilmektedir. Kentsel katı atıklar çeşitli malzemelerin karışımı olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Kâğıt, plastik, ahşap, gıda atıkları, bahçe atıkları, cam, metal, seramik, elektronik malzeme gibi bileşenler kentsel katı atık yığınları içerisinde belli oranlarda bulunabilmektedir. Bu çalışma kapsamında Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (ADD, 2010) kapsamında II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi lisansına sahip olan Yenikent düzenli depolama alanında bertaraf edilen atıklar üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Kentsel atığını Yenikent düzenli depolama alanına

göndererek bertaraf eden ilçelere ait atık kompozisyonlarının ortalama yüzdeleri Çizelge 4.1.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1.Bursa ilçelerine ait atık karakterizasyonu değerleri (Anonim 2015)

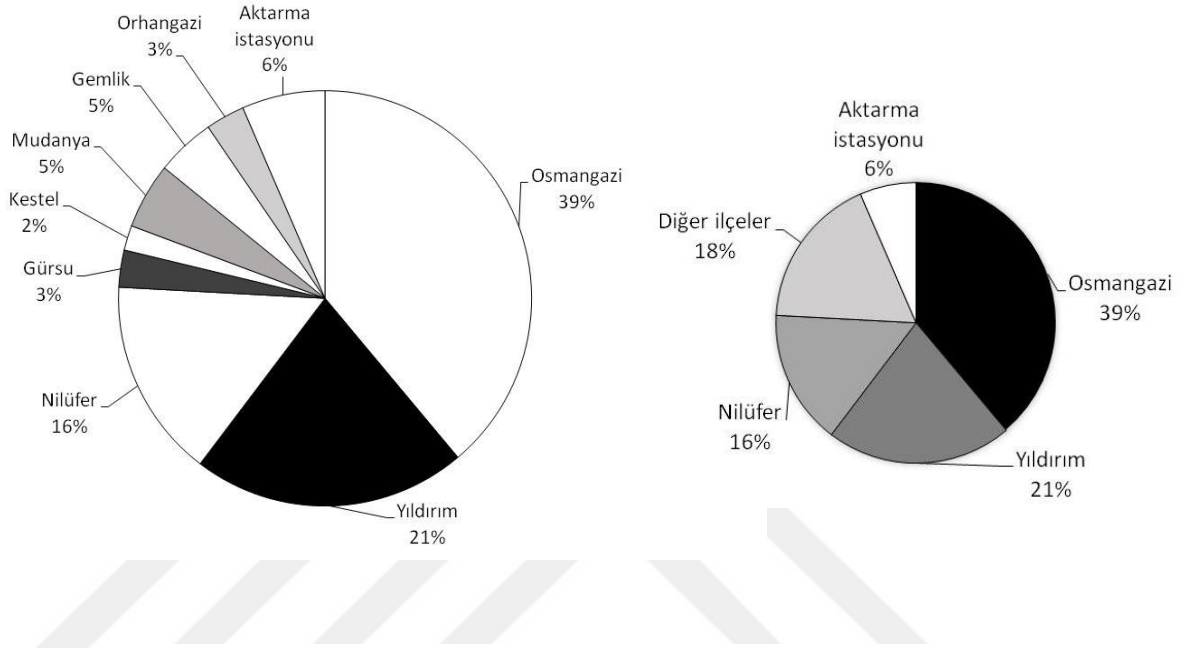
Materyal	Ağırlık(%)	Ortalama (%)
Kağıt - Karton	3,15-11,38	6,47
Cam	0,95-5,71	2,71
Pet	0,17-2,39	0,81
Poşet	4,89-2,39	8,37
Plastik	1,055-3,56	2,18
Metal	0,21-2,33	0,83
Organik Atık	32,9-63,63	50,09
Elektrik-Elektronik	0,01-0,465	0,17
Tehlikeli Atıklar	0,02-0,64	0,30
Kompozit	0,09-0,84	0,49
Tekstil	0,99-7,78	4,45
Çocuk Bezi	0,49-6,85	3,55
Diğer Yanabilir	4,28-10,44	7,90
Diğer Yanmayan	3,24-26,29	11,68

Bursa kentinde üretilen atıkların %89'u Yenikent düzenli depolama alanında, %11'lik kısmı ise İnegöl depolama alanında bertaraf edilmektedir (Şekil 4.2.).



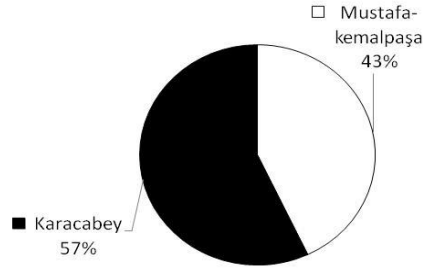
Şekil 4.2. Bursa'da toplanan kentsel atığın depolama alanlarına göre dağılımı (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2018)

Yenikent düzenli depolama alanına gelen kentsel atığın ilçelere göre dağılımı Şekil 4.3.'de görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi Yenikent düzenli depolama alanına gelen atığın %76'sı ilçe belediyelerden taşınmaktadır.



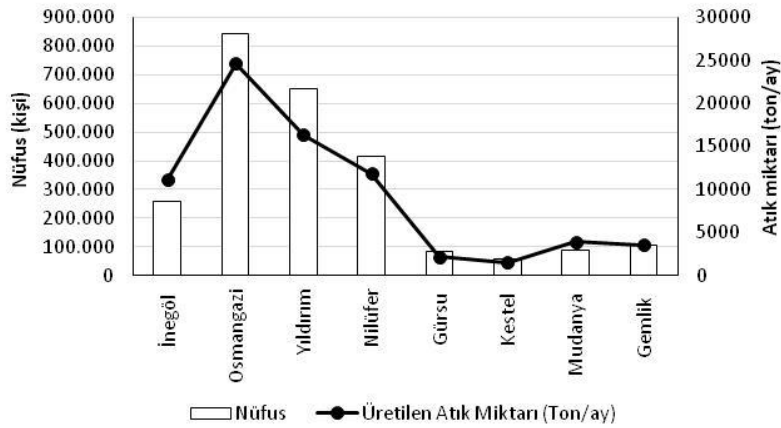
Şekil 4.3. Yenikent düzenli depolama alanına gelen kentsel atığın ilçelere göre dağılımı

Mustafakemalpaşa ve Karacabey ilçeleri atıklarını Bursa Büyükşehir belediyesi tarafından işletilen aktarma istasyonu aracılığıyla Yenikent düzenli depolama alanına ulaştırmaktadır. Şekil 4.4.'de aktarma istasyonuna gelen kentsel atığın ilçelere göre dağılımı verilmektedir.



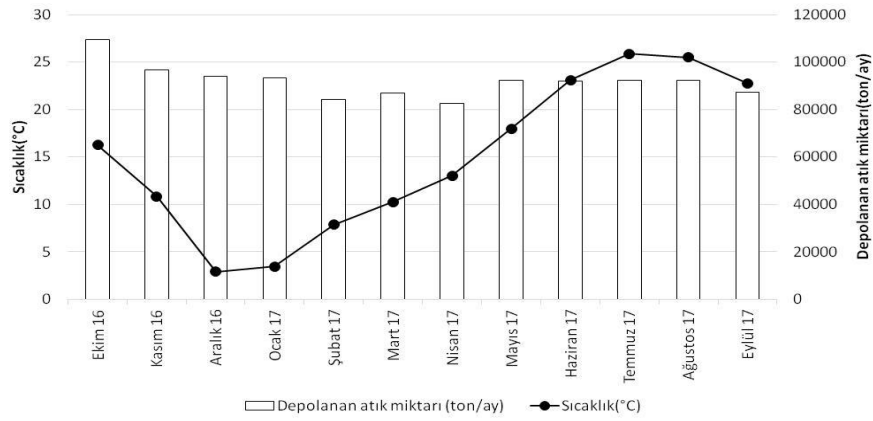
Şekil 4.4. Aktarma istasyonuna gelen kentsel atığın ilçelere göre dağılımı (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2018)

Yenikent düzenli depolama alanına atık gönderen ilçelerde farklı miktarlarda atık üretilmektedir. Üretilen atık miktarındaki en önemli faktör ilçenin nüfusu olmaktadır. Şekil 4.5.'te Yenikent düzenli depolama alanına doğrudan atık gönderen ilçelerin nüfusu ve ürettikleri atık miktarları (ton/ay) görülmektedir.

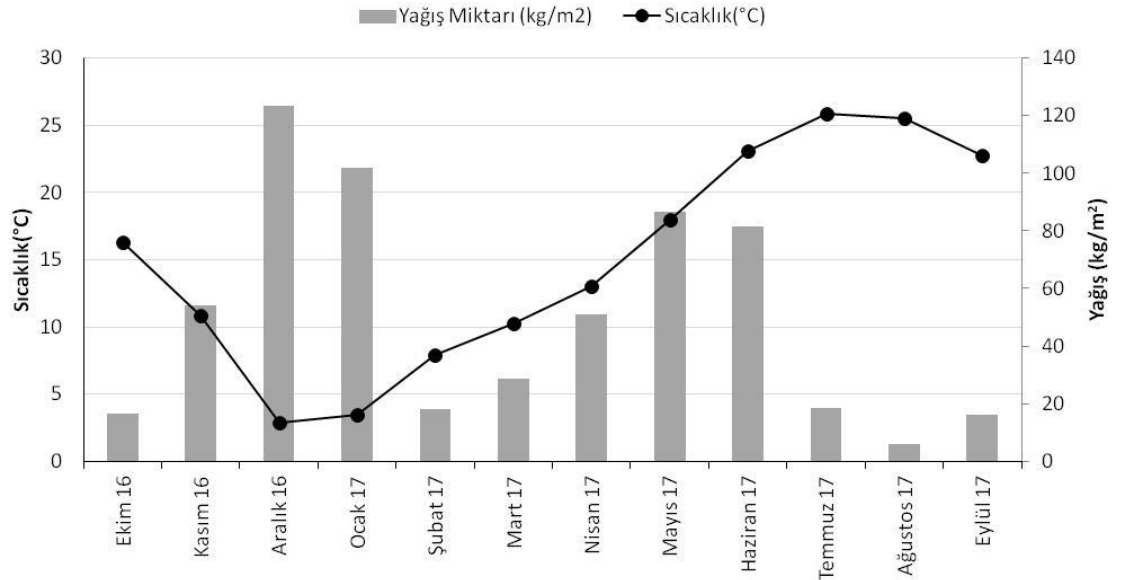


Şekil 4.5. Bursa ilçelerinin nüfusu ve toplanan atık miktarları (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2018)

Sıcaklık ve yağış durumunun depolanan atık miktarını etkileme durumu araştırıldığında istatistiki anlamda önemli bir korelasyon bulunmadığı ($R= 0,05$, $p<0.05$, Pearson) görülmüştür. Şekil 4.6.'da depolanan atığın sıcaklıkla ilişkisi ve Şekil 4.7.'de çalışmanın kapsadığı süre boyunca sıcaklık ve yağış oranlarının değişimi görülmektedir.



Şekil 4.6. Yenikent Düzenli Depolama Tesisinde Depolanan Atığın Sıcaklıkla İlişkisi (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2018)

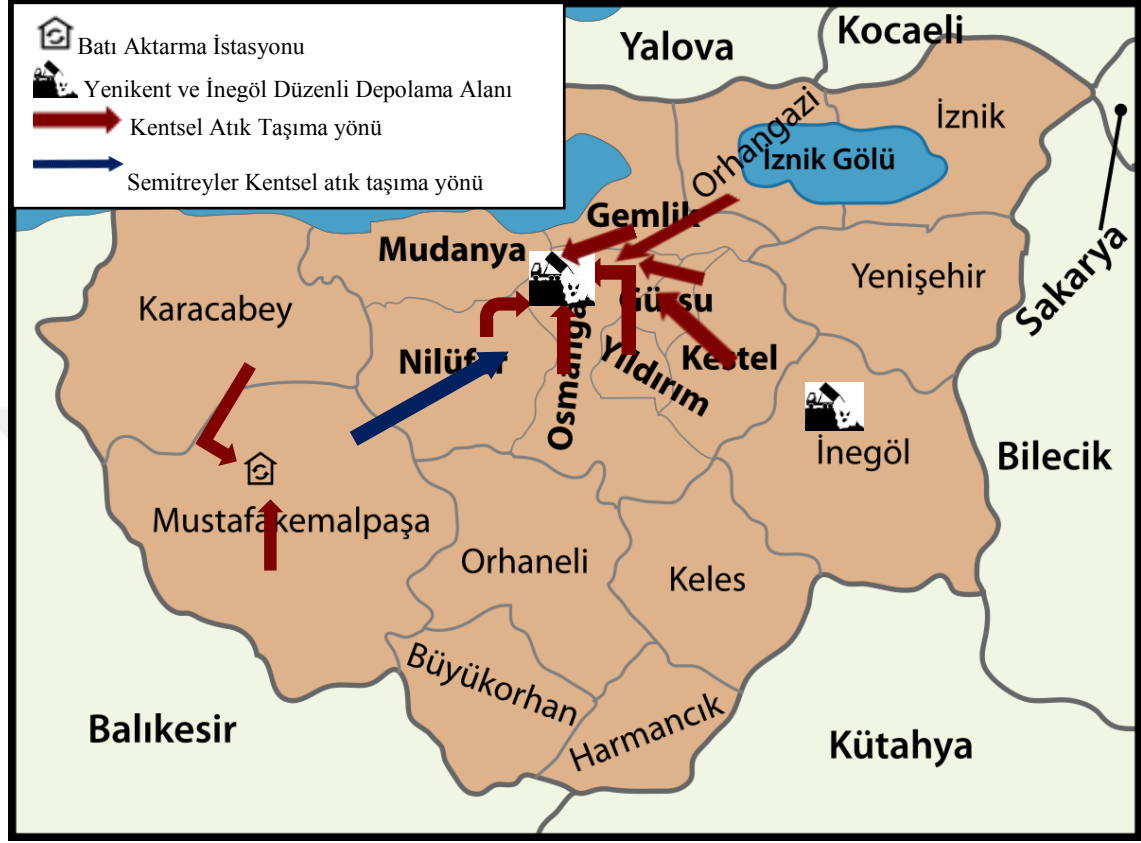


Şekil 4.7. Depolama süresince sıcaklık ve yağış koşullarının değişimi (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2018)

Atık Taşımacılığı

Nilüfer, Osmangazi ve Yıldırım ilçelerinden toplanan atık Yenikent düzenli depolama tesisine taşınmakta; Kemalpaşa ve Karacabey ilçelerinden toplanan atık Aktarma istasyonuna taşınmaktadır. Aktarma istasyonundan atıklar semitreyler ile Yenikent




düzenli depolama alanına taşınmaktadır. Kentsel atığın toplanma haritası Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Bursa'nın atık taşıma haritası

Yenikent düzenli depolama alanında depolanan atığın % 82'si merkez ilçelerden (Nilüfer, Osmangazi, Yıldırım) ve aktarma istasyonundan (Mustafakemalpaşa ve Karacabey) gelmektedir. Bu atıkların taşıma işi 114 adet hacmi 6-10 m³ olan, 108 adet hacmi 13-18 m³ olan ve 1 adet de hacmi 20-22 m³ olan araçlarla gerçekleştirilmektedir. Çizelge 4.2.'de atıkların %82'sini taşıyan araç tipleri ve sayıları verilmektedir. Atık taşımacılığında kullanılan konteynır tipleri Şekil 4.9.'da görülmektedir.

Çizelge 4.2.Atık taşımacılığında kullanılan araç tipleri ve sayıları (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2018)

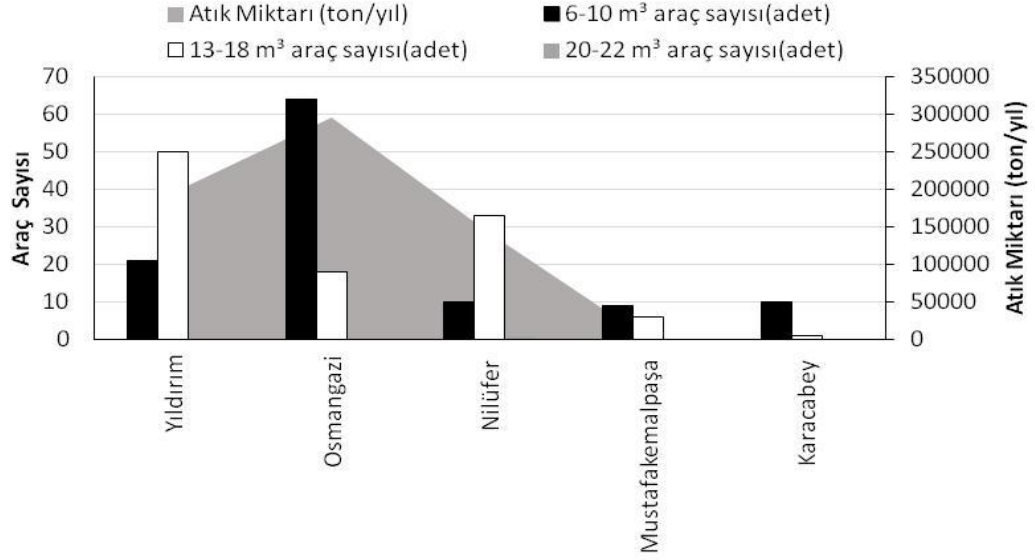
	Hacmi 6-10 m ³ olan araç sayısı	Hacmi 13-18 m ³ olan araç sayısı	Hacmi 20-22 m ³ olan araç sayısı
			
Yıldırım	21	50	
Osmangazi	64	18	
Nilüfer	10	33	1
Mustafakemalpaşa	9	6	
Karacabey	10	1	
Toplam	114	108	1

Ayrıca aktarma istasyonundan Yenikent düzenli depolama alanına atık taşıyan 55 m³ hacimli 5 semitreler çalıştırılmaktadır. Bu araçlar Mustafakemalpaşa ve Karacabey'den aktarma istasyonuna gelen atıkları Yenikent düzenli depolama alanına ulaştırmaktadırlar.

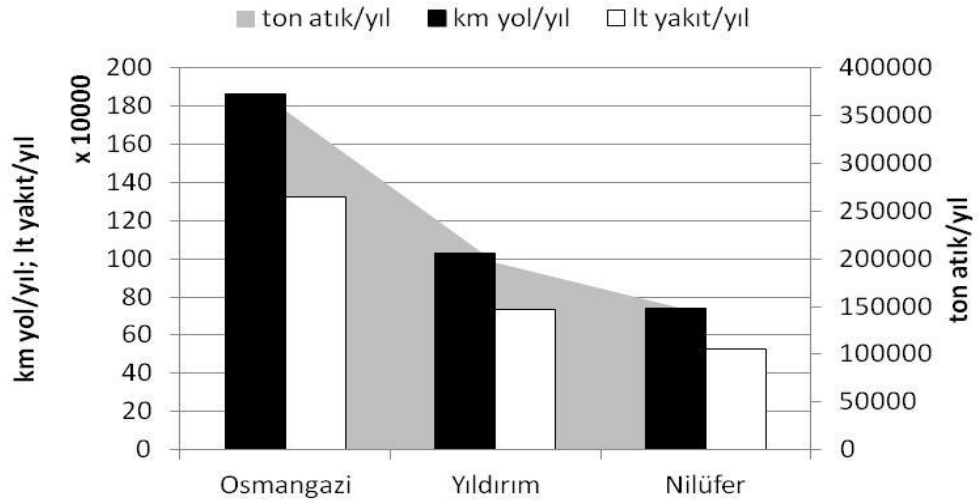


Şekil 4.9.Atık taşımacılığında kullanılan konteynir tipleri

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen araç tipleri, taşınan atık miktarları, ilçelere göre değişen araç sayıları Şekil 4.10.'da, taşınan atık, alınan yol ve harcanan atık miktarları Şekil 4.11.'de görülmektedir.



Şekil 4.10. Bursa'nın ilçelerinde araç tiplerine göre toplanan atığın dağılımı (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2018)

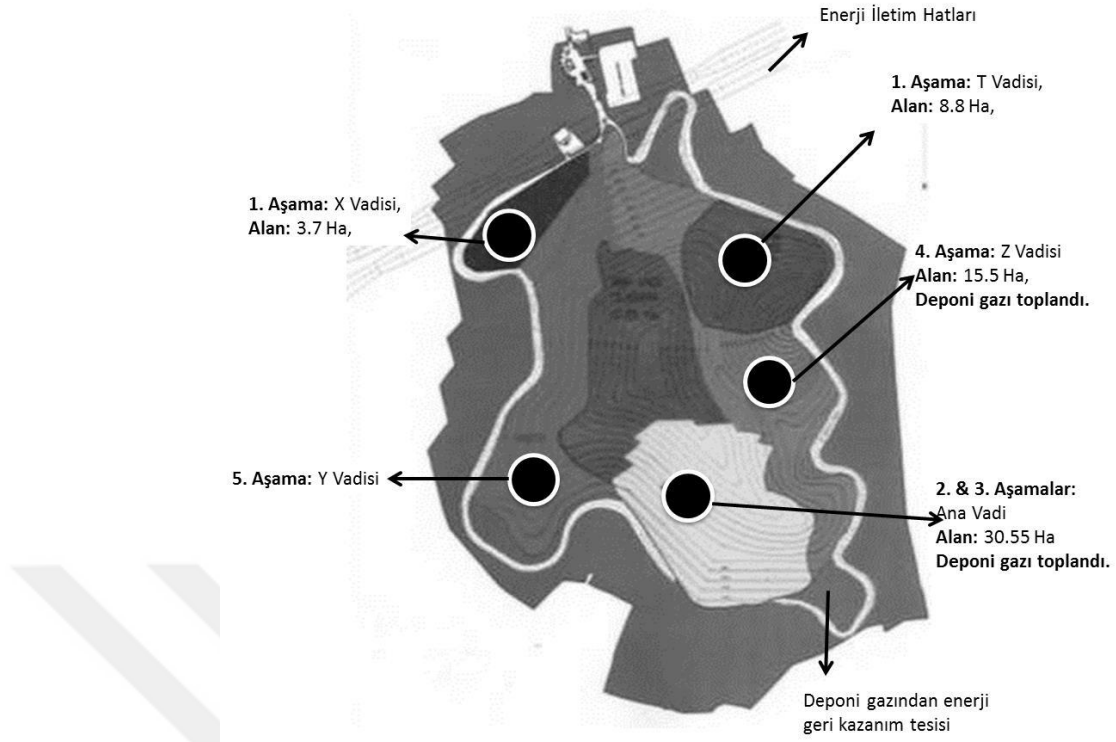


Şekil 4.11. İlçe belediyeler tarafından taşınan atık, alınan yol ve harcanan yakıt miktarları (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2018)

Düzenli Depolama

Düzenli depolama alanına getirilen atıklar, alanda sıkıştırılmaktadırlar. Ham durumdaki kentsel katı atığın yoğunluğu 150-200 kg/m³ arasında değişmektedir. Kompaktörlerin birkaç kez geçerek sıkıştırmasından sonra yoğunluk 700-800 kg/m³'e ulaşmaktadır. Sıkıştırılan atığın toprak örtü tabakası ile kapatılması önemlidir. Depolama alanlarında genellikle günlük örtü tabakası uygulanmaktadır. Hafriyat atığı gibi inert atıkların da örtü malzemesi olarak kullanılabilirdiği bilinmektedir.

Yenikent düzenli depolama alanı ve işletme tesisleri yasal mevzuata göre II. Sınıf evsel katı atık depolama alanı olarak sınıflandırılmaktadır. 1995 yılında faaliyetine başlayan depolama alanının 2025 yılına kadar kullanılması hedeflenmektedir. 83,09 hektarlık atık döküm alanı bulunan Yenikent düzenli depolama alanı, koruma bandı ile birlikte 156,18 hektarlık bir arazi üzerine kurulmuştur. Depolama alanında evsel atıklar ile birlikte tehlikeli olmayan sanayi atıklarının bertarafı sağlanmaktadır. Alana günlük olarak kabul edilen atık miktarı ortalama 2084 ton düzeyindedir. Düzenli depolama alanındaki vadi yerleşimi Şekil 4.12. 'te görülmektedir.



Şekil 4.12. Yenikent düzenli depolama alanında vadi yerleşimi

Aktarma İstasyonu

Aktarma istasyonları, atıkların depolama sahası veya geri kazanım tesisi gibi nihai bertaraf alanlarına aktarılması için, küçük boyuttaki toplama araçlarından daha büyük nakliye araçlarına aktarıldığı önemli bir atık yönetim sistem bileşeni olarak tanımlanabilir (Washburn 2011). ABD Çevre Koruma Ajansı (Anonim 2002), aktarma istasyonlarının kurulmasının temel nedenini atıkların bertaraf tesislerine taşınma maliyetini azaltmak olarak göstermektedir. Ayrıca transfer istasyonları, bertaraf öncesi atıkları izleme olanağı sunmakta ve yerel yönetimler için kolay hizmet verme imkanı sağlamaktadır (Anonim 2002).

Atık Yönetimi Yönetmeliği'nde (AYY, 2015) aktarma istasyonlarının sistem içindeki görevleriyle ilgili olarak, "Belediye atıklarının taşınmasının ekonomik olmasının sağlanması amacıyla taşıma hattında trafik yüküne neden olmayacak şekilde çevresel önlemler alınarak uygun yerlerde aktarma istasyonları kurulabilir. Bu istasyonlarda

toplanan atıkların atık işleme tesislerine taşınması sağlanır. Aktarma istasyonlarının koku, toz, gürültü ve görünüş yönünden çevreyi kirletmemesi için, boşaltma işleminin yapıldığı yerlerin, kapalı olarak inşa edilmesi zorunludur’’ hükümleri bulunmaktadır.

Bursa'da Mustafakemalpaşa ve Karacabey ilçelerinin atıkları, Mustafakemalpaşa ilçesinde bulunan 8173 m² alan üzerine inşa edilmiş 170 ton/gün kapasiteli Batı Bölgesi Aktarma İstasyonu aracılığıyla yaklaşık 85 km mesafede bulunan Yenikent düzenli depolama alanına nakledilmektedir. Aktarma istasyonu ile evsel atıkların küçük kapasiteli araçlardan kendinden sıkıştırımlı yarı romork tipi semitreyler tipi araçlara nakli sağlanmaktadır. Bu şekilde depolama alanına giden araç sayısı azaltılmakta, yakıt, işgücü ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır. 1696 m² taban alanına sahip aktarma binası içerisinde 4 adet katı atık aktarma bunkeru bulunmaktadır. Tesise ait fotoğraflar Şekil 4.13.'de görülmektedir.



Şekil 4.13.Aktarma istasyonuna ait görüntüler: Aktarma binası, atığını boşaltan küçük araç ve transferi sağlayan semitreyler

Deponi Gazı Üretimi

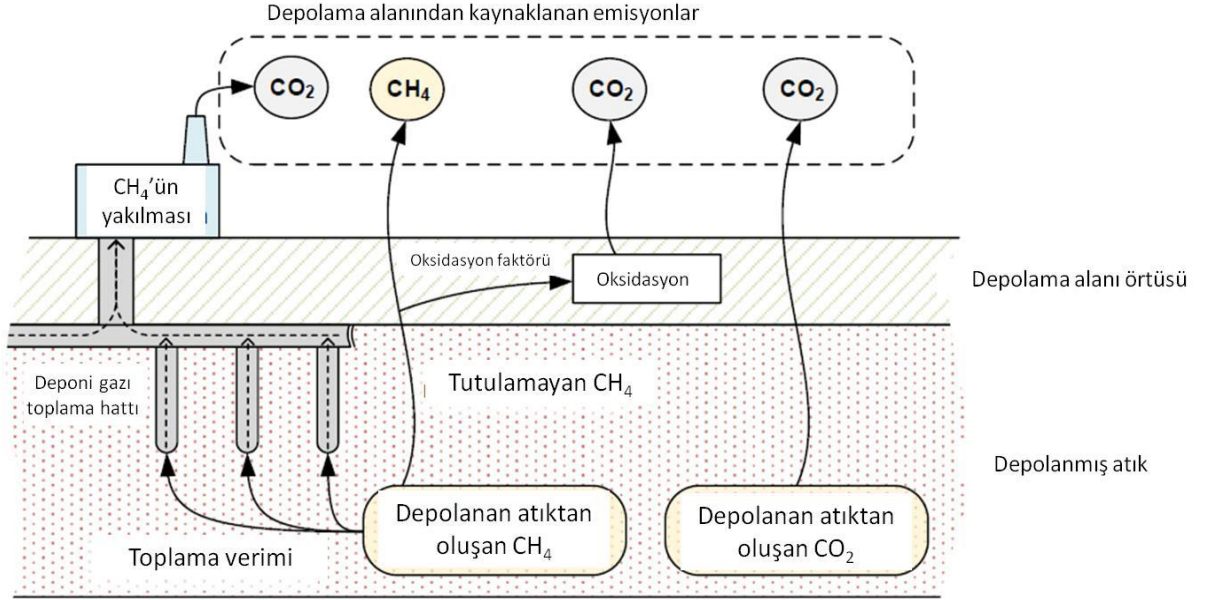
Katı atık depolama alanlarından kaynaklanan depo gazı, katı atığın içerisindeki organik bileşenlerin anaerobik ortamda ayrışması sonucu oluşan doğal bir yan üründür. Bileşiminde metan, karbondioksit gazı ve azot bileşikleri, organik kükürt, oksijen, su buharı gibi az miktarda organik bileşikler ile inorganik bileşikler bulunmaktadır.

Depo gazı içerisindeki metan gazının, karbondioksit gazına oranla 21 kat daha fazla zararlı etki göstererek sera gazı etkisine neden olduğu, hava içinde %5-15 arasındaki orana ulaşınca patlamalara sebep olduğu, sonrasında yangın riskini artırdığı çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir. Çevre için bir tehdit unsuru olan depo gazı, kontrol edilip uygun bir şekilde yönetildiği zaman değerli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkabilmektedir. Depo gazının içinde bulunan metan gazı, enerji üretim tesisinin tasarımına ve verimliliğine bağlı olarak değişen oranlarda tutulabilmekte ve su ile karbondioksit formuna dönüştürülebilmektedir.

Gazın toplanmasında çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Tercih edilen en yaygın yöntem, katı atığın içinde düşey kuyular açılarak gazın yatay borularla vakum sistemlerine aktarılmasıdır. Yaşayan ve derin olan depolama alanlarında daha etkili olduğu bilinen diğer bir yöntem ise depolama alanı içerisinde yatay hatların açıldığı borulama sistemlerinin kullanılmasıdır. Bazı sistemlerde ise hem yatay hem de düşey toplayıcılar kullanılmaktadır. Bu şekilde sahadan toplanan gaz, safsızlıklardan arındırıldıktan sonra kompresörler ile sıkıştırılmakta, yanma odasında içten yanmalı motorlarda yakılmakta ve türbinlerde elde edilen mekanik enerji, jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisine çevrilmektedir.

Metan gazının karbondioksit gazına oranla yüksek küresel ısınma potansiyeli nedeniyle, bu gazın geri kazanım oranı küresel ısınma açısından ayrıca önem taşımaktadır. Şekil 4.14.'de depolama alanında atıkların parçalanmasından kaynaklanan deponi gazının izleyebileceği yollar gösterilmektedir: 1) Metan gazının geri kazanım sistemi içerisinde yakılması sonucu karbondioksit gazı oluşumu, 2) Toplanamayan metan emisyonları, 3) Depolama üst örtüsü içerisinde okside edilen metandan kaynaklanan karbondioksit

emisyonları, 4) Atıkların parçalanmasından kaynaklanan karbondioksit gazı. Gazın bu dört yol içerisindeki dağılım oranı, deponi gazı içerisindeki metan oranına, deponi gazı toplama verimine ve metan oksidasyon faktörüne bağlı olarak değişmektedir (Aghdam ve ark. 2018; Lee ve ark. 2017).



Şekil 4.14. Depolama alanlarından kaynaklanan emisyonlar (Lee ve ark. 2017)

Deponi gazı içerisindeki metanın enerjiye dönüştürülebilmesi için yatay ve dikey gaz toplama kuyuları açılmakta ve toplama hatları döşenmektedir. Gaz kalitesinin düşük olduğu veya gaz debisinin yeterli olmadığı durumlarda deponi gazı yakılarak karbondioksit'e dönüştürülmek yoluyla atmosfere verilmektedir. Gaz toplama veriminin belirlenmesi, daha yüksek oranda gaz toplayabilmek için gaz toplama sisteminin optimizasyonu açısından önemlidir (Aghdam ve ark. 2018).

Yenikent düzenli depolama alanında oluşan deponi gazından enerji elde edilmektedir. Enerji üretim tesisinin kuruluş aşamasında belirtilen temel finansal göstergeler Çizelge 4.3.'te verilmektedir.

Çizelge 4.3.Deponi gazından enerji üretim tesisinin temel finansal parametreleri
(Anonim 2012)

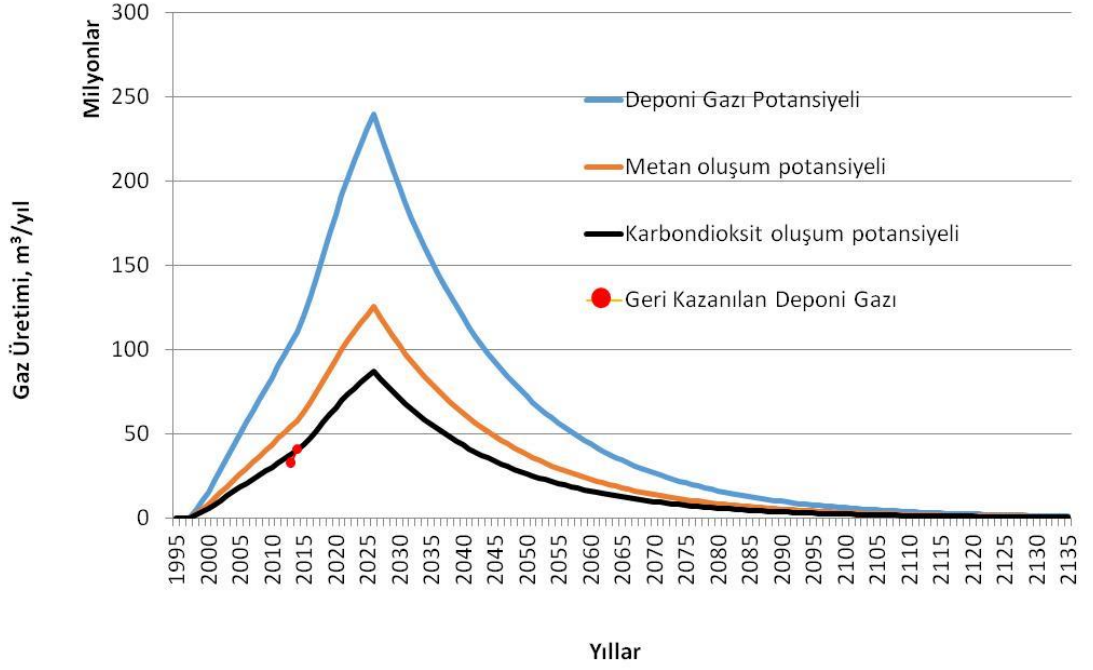
Parametre	Birim	Değer
Toplam yatırım maliyeti	\$	17 432 000
Kurulu güç	MW	9.8
Yıllık elektrik üretimi	GWh/year	68.6
Yıllık işletim giderleri	\$	1 764 000
Belediyenin payı	%	41

Elde edilen deponi gazı bileşenlerinin ortalama düzey ve minimum-maksimum aralıkları Çizelge 4.4.'te verilmektedir.

Çizelge 4.4. Yenikent düzenli depolama alanında oluşan deponi gazı bileşenlerinin dağılımı

	% CH₄	% CO₂	% O₂	% İz Gazlar
Ort	52,2	36,3	0,2	11,4
Mak	60,0	42,7	1,4	27,4
Min	44,6	25,2	-0,8	0,9
Std	1,6	1,0	0,0	2,6

Yenikent düzenli depolama alanında oluşan gazın gelecekteki oluşma projeksiyonu ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilen LandGEM gaz emisyon modeliyle (versiyon 3.02) araştırılmıştır. Yapılan projeksiyona göre elde edilen grafik Çizelge 4.13'te görülmektedir.



Şekil 4.15. EPA LandGEM Modeli İle Gaz Üretim Oranları Projeksiyonu

LandGEM Modeli 1. dereceden kinetik bozunma reaksiyonunu temel almaktadır. Reaksiyon aşağıdaki gibidir:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_o \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}}$$

Q_{CH_4} = Hesaplama yılına ait yıllık metan üretimi ($m^3/yıl$)

i = 1-yıllık artış

n = (hesaplanan yıl) - (atık kabulünün başladığı yıl)

j = 0.1-yıllık artış

k = metan retim oranı ($yıl^{-1}$)

L_o = Potansiyel metan üretim kapasitesi (m^3/Ton)

M_i = i . yılda kabul edilen atık kütlesi (Ton)

t_{ij} = i . yılda kabul edilen M_i atık kütlesinin j . bölümünün yaşı

LandGEM modeli kullanılarak, deponi gazı içerisinde bulunması beklenen kirletici tür ve miktarları da hesaplanmıştır. Buna göre Çizelge 4.5.'te 2018 yılı için tahmin edilen kirletici düzeyleri verilmektedir.



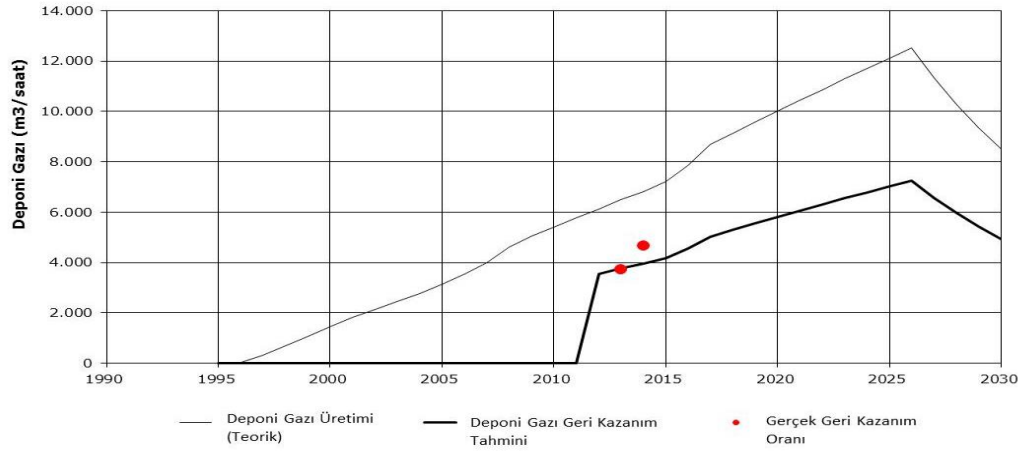
Çizelge 4.5. EPA LandGEM Modeline Göre 2018 Yılı İçin Deponi Gazında Bulunan Kirlenici Oranları Tahminleri

Gaz / Kirlenici	Emisyon Oranı	
	(ton/yıl)	(m ³ /yıl)
Toplam Deponi Gazı	1,949E+05	1,560E+08
Metan	5,205E+04	7,801E+07
Karbondioksit	1,428E+05	7,801E+07
NMOC (Metan dışı organik bileşikler)	2,237E+03	6,241E+05
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	4,156E-01	7,489E+01
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	1,198E+00	1,716E+02
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	1,541E+00	3,745E+02
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	1,258E-01	3,121E+01
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	2,633E-01	6,397E+01
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	1,320E-01	2,809E+01
2-Propanol (isopropyl alcohol) – VOC	1,950E+01	7,801E+03
Acetone	2,638E+00	1,092E+03
Acrylonitrile - HAP/VOC	2,169E+00	9,830E+02
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	9,631E-01	2,965E+02
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	5,576E+00	1,716E+03
Bromodichloromethane – VOC	3,296E+00	4,837E+02
Butane - VOC	1,886E+00	7,801E+02
Carbon disulfide - HAP/VOC	2,866E-01	9,050E+01
Carbon monoxide	2,545E+01	2,184E+04
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	3,993E-03	6,241E-01
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	1,910E-01	7,645E+01
Chlorobenzene - HAP/VOC	1,826E-01	3,901E+01
Chlorodifluoromethane	7,295E-01	2,028E+02
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	5,443E-01	2,028E+02
Chloroform - HAP/VOC	2,324E-02	4,681E+00
Chloromethane – VOC	3,932E-01	1,872E+02
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	2,003E-01	3,277E+01
Dichlorodifluoromethane	1,255E+01	2,496E+03
Dichlorofluoromethane – VOC	1,737E+00	4,057E+02
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	7,717E+00	2,184E+03
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) – VOC	3,145E+00	1,217E+03
Ethane	1,737E+02	1,389E+05
Ethanol – VOC	8,074E+00	4,213E+03
Ethyl mercaptan (ethanethiol) – VOC	9,274E-01	3,589E+02
Ethylbenzene - HAP/VOC	3,169E+00	7,177E+02
Ethylene dibromide - HAP/VOC	1,219E-03	1,560E-01
Fluorotrichloromethane – VOC	6,776E-01	1,186E+02
Hexane - HAP/VOC	3,691E+00	1,030E+03
Hydrogen sulfide	7,962E+00	5,617E+03
Mercury (total) – HAP	3,775E-04	4,525E-02

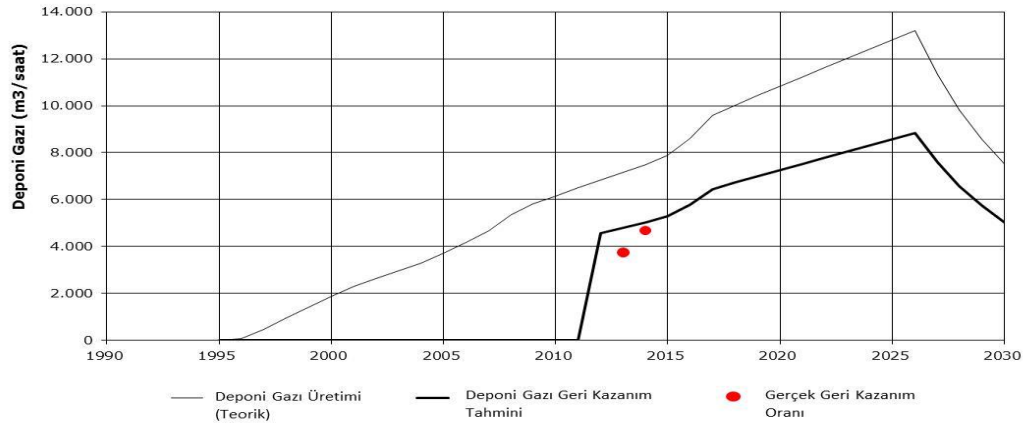
Çizelge 4.5. EPA LandGEM Modeline Göre 2018 Yılı İçin Deponi Gazında Bulunan Kirlenici Oranları Tahminleri (devam)

Gaz / Kirlenici	Emisyon Oranı	
	(ton/yıl)	(m ³ /yıl)
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	3,323E+00	1,108E+03
Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	1,235E+00	2,965E+02
Methyl mercaptan – VOC	7,805E-01	3,901E+02
Pentane – VOC	1,545E+00	5,149E+02
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	3,982E+00	5,773E+02
Propane – VOC	3,147E+00	1,716E+03
t-1,2-Dichloroethene – VOC	1,762E+00	4,369E+02
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	2,332E+01	6,085E+03
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	1,016E+02	2,652E+04
Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	2,388E+00	4,369E+02
Vinyl chloride - HAP/VOC	2,961E+00	1,139E+03
Xylenes - HAP/VOC	8,267E+00	1,872E+03

Gaz toplama verimi sistemden sisteme farklılık göstermektedir. Buna göre ABD Çevre Koruma Ajansı'nın LandGEM modeli ülkelere göre farklı olarak geliştirilmiştir. Sırasıyla Şekil 4.16.'da ve Şekil 4.17.'de Ukrayna ve Mexico için geliştirilmiş modellere göre yapılan hesaplamalar grafik olarak verilmektedir. Yenikent düzenli depolama alanında elde edilen gaz üretim değerleri modelde yerine konduğunda Ukrayna modelinde elde edilen değerlere yakın bir verim elde edildiği görülmektedir. Bu modelde gaz toplama verimi %58 olarak kabul edilmektedir.



Şekil 4.16. Deponi Gazı Üretim Projeksiyonu (US EPA Ukrayna Modeli) (Tahmini Gaz Toplama Verimi = %58)



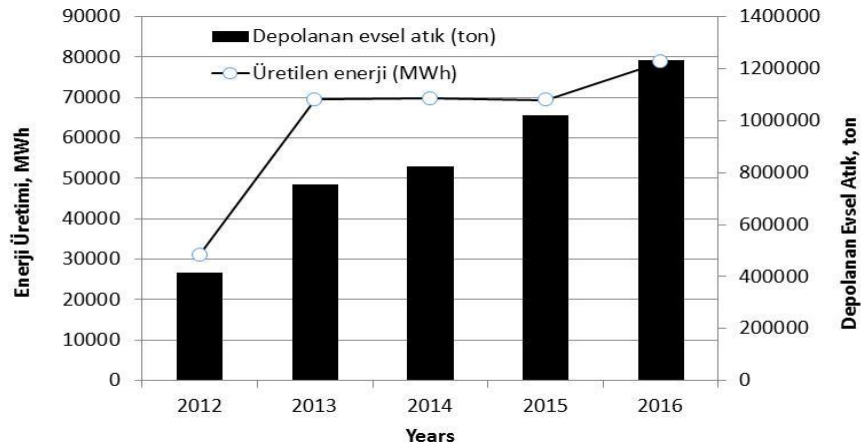
Şekil 4.17. Deponi Gazı Üretim Projeksiyonu (US EPA Mexico Modeli) (Tahmini Gaz Toplama Verimi = %67)

Bursa Yenikent düzenli depolama alanı verilerine dayanılarak elde edilen gaz üretim faktörlerinin literatür değerleriyle kıyaslanması Çizelge 4.6. 'de verilmektedir.

Çizelge 4.6. Deponi gazı üretim faktörleri (Salihoglu 2018)

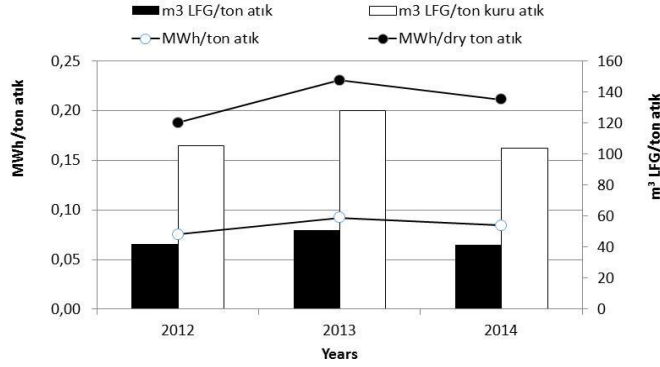
m ³ deponi gazı/ton atık	MWh/ton atık	Veri kaynağı	Referans
45	0.08	Yenikent düzenli depolama alanı ölçümü	(Salihoglu, 2018)
40	0.14	Tahmin	(Idehai and Akujize, 2015; Taherzadeh, 2009)
133	0.23	Tahmin	(Johari et al., 2012; Tsai, 2007)
79.8-88.2		Tahmin	(Scarlat et al., 2015)
86-100		Alan ölçümü	(Themelis and Ulloa, 2007)
26.8	0.03	Alan ölçümü	(Berenyi, 1999; Themelis and Ulloa, 2007)

Yenikent düzenli depolama alanında oluşan deponi gazından elde edilen enerjinin yıllara göre değişimi Şekil 4.18'de verilmektedir. Atık miktarı arttıkça üretilen enerji miktarının da artmış olduğu şekilden görülebilmektedir. Enerji verileri, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik kapsamında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na beyan edilen Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) verilerinden temin edilmiştir.



Şekil 4.18. Yenikent düzenli depolama alanında oluşan deponi gazından elde edilen enerjinin yıllara göre değişimi (Salihoglu 2018)

Yenikent düzenli depolama alanında depolanan atık başına oluşan gaz ve elde edilen enerji düzeyleri Şekil 4.19.'da görülmektedir.



Şekil 4.19. Yenikent düzenli depolama alanında depolanan atık başına oluşan deponi gazından hacmi ve elde edilen enerjinin miktarı (Salihoglu 2018)

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik'e göre üretilen yenilenebilir enerji için, tanımlanmış fiyatlarla enterkonnekte sisteme satılmaktadır. EPDK tarafından belirlenmiş satış fiyatları Çizelge 4.7. 'de görülmektedir.

Çizelge 4.7. Yenilenebilir enerji satış fiyatları

Tesis tip	Uygulanan ücret (\$ cent/kWh)
Hidroelektrik	7.3
Rüzgar	7.3
Jeotermal	10.5
Biyomas (deponi gazı dahil)	13.3
Güneş enerjisi	13.3

Deponi gazından enerji eldesi, küresel ısınma katkı potansiyeli yüksek olan metan gazının küresel ısınma açısından daha az zararlı hale getirilmesi anlamına gelmektedir. Bu şekilde hem doğrudan hem de dolaylı olarak önemli bir oranda seragazı emisyonundan kaçınılmaktadır. Yenikent düzenli depolama alanında bulunan deponi gazından enerji üretim tesisinin kurulu gücü dikkate alınarak yapılan modelleme

çalışmasına göre, enerji üretim tesisiyle azaltılan toplam emisyon 0,4970 milyon ton karbondioksit eşdeğeri/yıl düzeyindedir (Şekil 4.20.). Bu değerlerin hesaplanmasında ABD Çevre Koruma Ajansı'nın model programı kullanılmıştır.



Emission Reductions and Environmental and Energy Benefits for Landfill Gas Energy Projects



Instructions: This calculator estimates the direct methane, avoided carbon dioxide and total GHG reductions attributable to an LFG energy project for the current year, calculated from the project size entered by the user. Estimates can be calculated for two types of LFG energy projects: (1) Electricity and (2) Direct-use. For electricity projects, users may either select the AVERT region where the project is located or use the national average value. Additional information about the AVERT regions and national average value as well as equations and references for all calculations in this tool are available in the final two tabs of this file.

For electricity generation projects, enter megawatt (MW) capacity: - OR - For direct-use projects, enter landfill gas utilized by project: million standard cubic feet per day (mmscfd) or standard cubic feet per minute (scfm)

Select the AVERT region for the location of the electricity project. As an alternative, you may use the national average value. (See 'CO₂ Emission Factors' tab for map and names of AVERT regions.):

Direct Equivalent Emissions Reduced <small>[Reduction of methane emitted directly from the landfill]</small>		Avoided Equivalent Emissions Reduced <small>[Offset of carbon dioxide from avoiding the use of fossil fuels]</small>		Total Equivalent Emissions Reduced <small>[Total = Direct + Avoided]</small>		
MMTCO ₂ E/yr <small>million metric tons of carbon dioxide equivalents per year</small>	tons CH ₄ /yr <small>tons of methane per year</small>	MMTCO ₂ E/yr <small>million metric tons of carbon dioxide equivalents per year</small>	tons CO ₂ /yr <small>tons of carbon dioxide per year</small>	MMTCO ₂ E/yr <small>million metric tons of carbon dioxide equivalents per year</small>	tons CH ₄ /yr <small>tons of methane per year</small>	tons CO ₂ /yr <small>tons of carbon dioxide per year</small>
0,4428	19,522	0,0543	59,818	0,4970	19,522	59,818
Equivalent to any one of the following annual benefits:		Equivalent to any one of the following annual benefits:		Equivalent to any one of the following annual benefits:		
<u>Environmental Benefits</u>		<u>Environmental Benefits</u>		<u>Environmental Benefits</u>		
• Carbon sequestered by __ acres of U.S. forests in one year: 520,898		• Carbon sequestered by __ acres of U.S. forests in one year: 63,844		• Carbon sequestered by __ acres of U.S. forests in one year: 584,742		
• CO ₂ emissions from __ railcars' worth of coal burned: 2,417		• CO ₂ emissions from __ railcars' worth of coal burned: 296		• CO ₂ emissions from __ railcars' worth of coal burned: 2,713		
• CO ₂ emissions from __ gallons of gasoline consumed: 49,821,491		• CO ₂ emissions from __ gallons of gasoline consumed: 6,106,346		• CO ₂ emissions from __ gallons of gasoline consumed: 55,927,837		

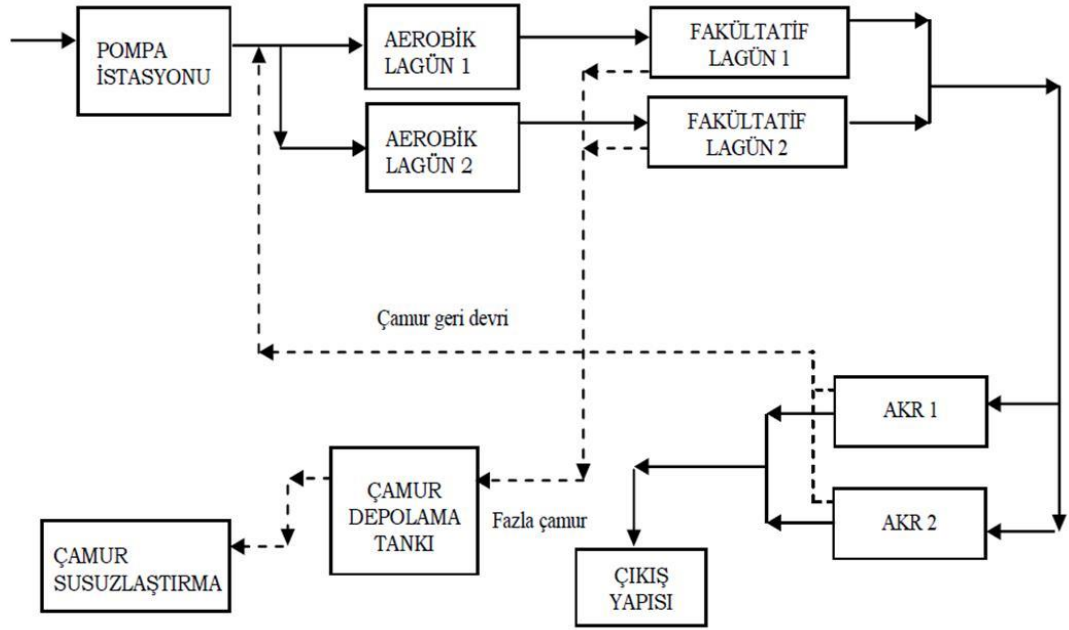
Energy Benefits (based on project size entered):
• Powering __ homes: 5,866

[View Calculations and References](#)

Şekil 4.20. Yenikent Düzenli Depolama Alanı Enerji Üretim Tesisi ile Azaltılan Küresel Isınma Potansiyeli Modellemesi

Sızıntı Suyu Arıtımı

Bursa Yenikent düzenli depolama alanında oluşan sızıntı suları 2004 yılında inşa edilen 500 m³/gün kapasiteli, aerobik ve fakültatif lagün ve ardışık kesikli aktif çamur sistemlerini içeren paralel 2 hattan oluşan 3 kademeli bir ön-arıtma tesisi ile arıtılmaktadır. Tesisin akım şeması Şekil 4.21.'de görülmektedir.



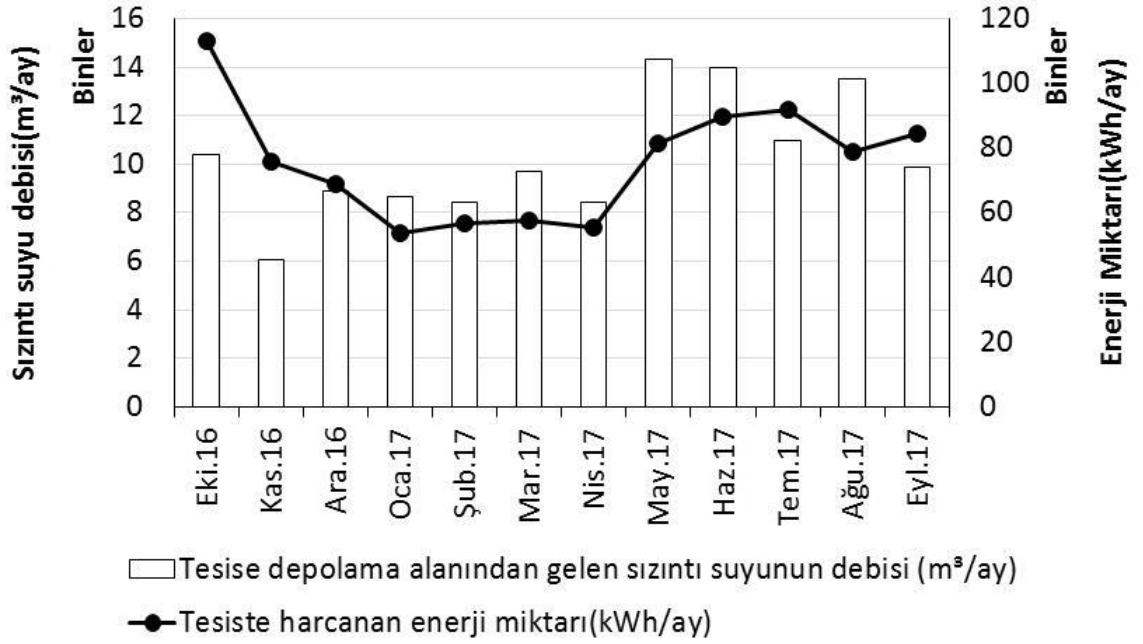
Şekil 4.21.Bursa Yenikent düzenli depolama alanı sızıntı suyu arıtma tesisi akım şeması

Tesisi oluşturan üniteler aşağıdaki gibidir:

- 1) Giriş Yapısı
- 2) Giriş Pompa İstasyonu
- 3) Aerobik Lagünler
- 4) Fakültatif Lagünler
- 5) Ardışık Kesikli Reaktörler
- 6) Çamur Susuzlaştırma Üniteleri
- 7) Trafo Binası

Tesise pompa istasyonu ile alınan sızıntı suyu önce tam karışimli aerobik lagünlere ve daha sonra üst tarafı aerobik, alt tarafı anaerobik koşullarda çalışacağı düşünülerek tasarlanmış fakültatif lagünlere alınmaktadır. Sızıntı suyu buradan cazibe ile ardışık kesikli reaktörlere iletilmektedir. Sırasıyla dolum/havalandırma/çöktürme/deşarj/çamur atımı fazlarında çalıştırılan ardışık kesikli reaktörlerde aerobik olarak arıtılan sızıntı suyudeşarj edilmektedir. Aerobik ve fakültatif lagünlerin amacı sızıntı suyundaki organik maddenin giderimi ve üretilen fazla çamurun anaerobik stabilizasyonudur. Ardışık kesikli reaktörlerle aerobik ve fakültatif lagünlerde giderilemeyen organik maddenin nihai arıtımı hedeflenmiştir. Tesisin, aylık ortalama çıkış KOİ değerinin 3000

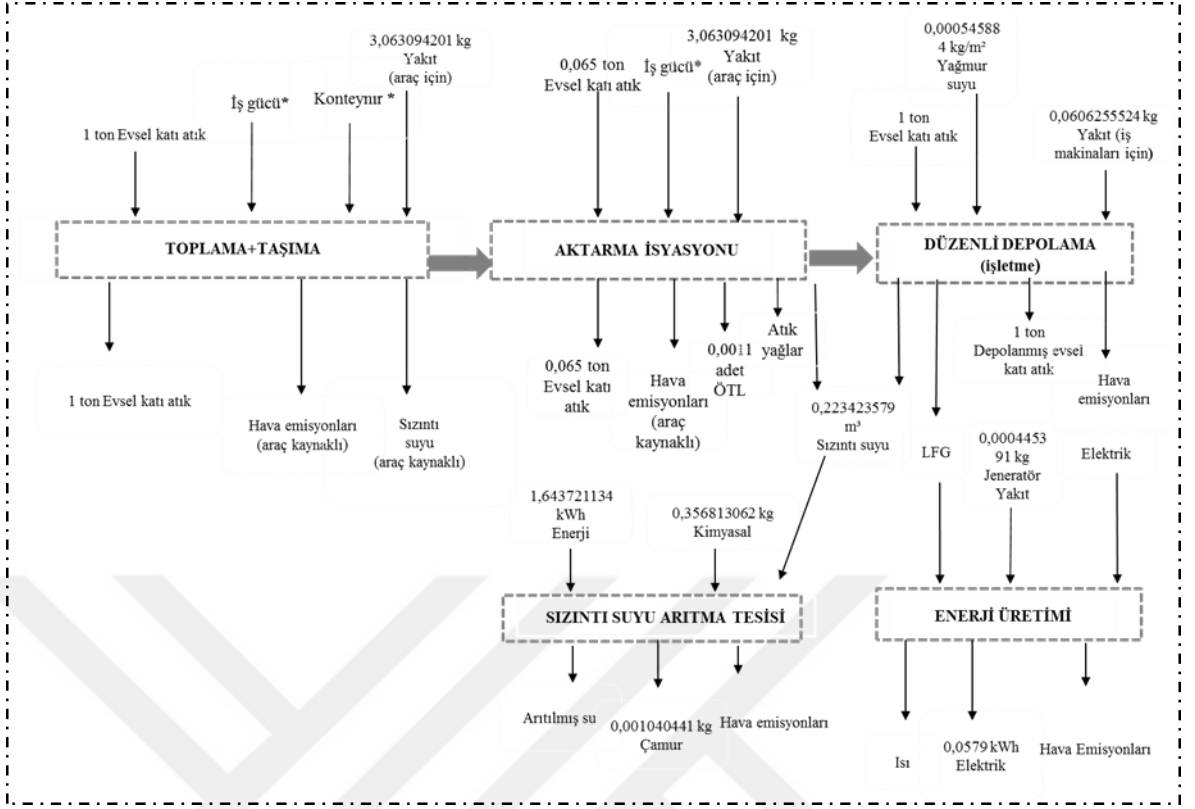
mg/l' nin altında olacak şekilde işletildiği belirtilmektedir. Arıtılan sızıntı suyu kanalizasyona deşarj edilerek Batı Atıksu Arıtma Tesisi'ne iletilmektedir. Sızıntı suyu arıtımında harcanan enerjinin sızıntı suyu debisine göre değişimi Şekil 4.22.'de görülmektedir.



Şekil 4.22. Sızıntı suyu arıtımında harcanan enerjinin debiye göre değişimi (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2018)

4.2.2. Analiz

Çalışmada Bursa kentinin katı atık yönetim sisteminin her alt sistemin çevre üzerinde oluşturduğu yükler kalitatif olarak belirlenmiştir. Sistemin girdi verileri ve programdan elde edilen çıktılar fonksiyonel birim olan 1 ton kentsel katı atık bazında hesaplama yapıp sonuca varılmıştır. Yaşam döngüsü değerlendirilmesi çalışmasının sistem sınırları ve Bursa kentinin katı atık yönetiminin çevresel performansının belirlenebilmesi için envanter analizi verileri Şekil 4.23.'de görülmektedir.



Şekil 4.23. Bursa Kenti Katı Atık Yönetim Sistemi fonksiyonel birim bazına indirilmiş girdi-çıkı analiz ve sistem sınırı

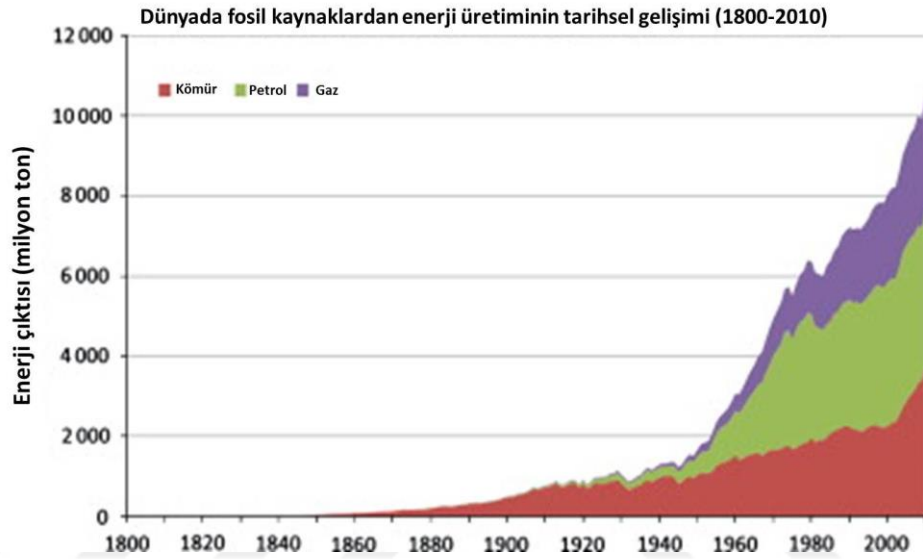
Çalışma kapsamında veriler Ekim 2016- Eylül 2017 tarihleri arasında girdi-çıkı olarak kullanılarak yazılım için gerekli envanter verilerinden yararlanılmıştır.

4.3. Etki Analizi

4.3.1. Sistemin Çevresel Etkileri

Bursa'da üretilen kentsel katı atığın yönetiminden kaynaklanan çevresel etkiler hesaplandığında en büyük etkinin iklim değişikliği ve ardından fosil kaynak tüketimi yönünde olduğu görülmüştür.

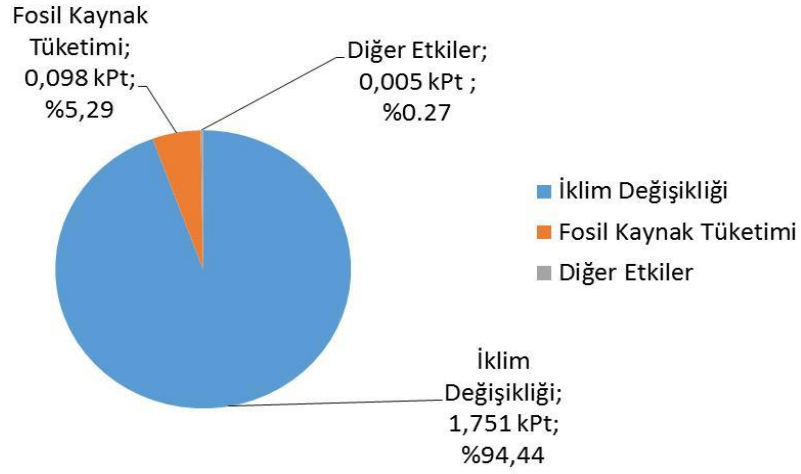
Dünyada seragazi emisyonlarının, özellikle karbondioksitin artışıdaki en büyük etkenin enerji üretiminden kaynaklandığı bilinmektedir. Buradaki temel faktör ise fosil yakıtların tüketimidir. Endüstriyel devrimin başlangıcından beri, fosil yakıtlar endüstrileşen dünyanın ve ekonomik büyümenin itici gücü olmuşlardır. 1800’lerde, yıllık çıktısı önemsiz düzeyde olan fosil enerji günümüzde yaklaşık 10.000 milyon ton petrol eşdeğeri düzeylere yükselmiş durumdadır (Şekil 4.24.) (Hook ve ark. 2013).



Şekil 4.24. Dünyada fosil kaynaklardan enerji üretiminin tarihsel gelişimi (1800-2010) (Hook ve ark. 2013)

Günümüzde dünyadaki başlıca enerji kaynaklarının yaklaşık %80’i fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Petrol bu oranın %32,8’ini, kömür %27,2’sini ve doğal gaz da %20,9’unu oluşturmaktadır (IEA, 2011). Fosil enerjiden sonra, sırasıyla yanabilir biyomas ve atık %10,2, nükleer güç %5,8, hidroelektrik santraller %2,3 küresel enerjiye katkı koymaktadır. Ancak birincil enerji üretiminin küçük bir yüzdesini oluşturmaktadırlar (Anonim 2010, 2011). Dünyadaki enerjinin yalnızca % 0,8’lik kısmı jeotermal, rüzgar veya diğer alternatif enerji kaynaklarından temin edilmektedir (Hook ve ark. 2013).

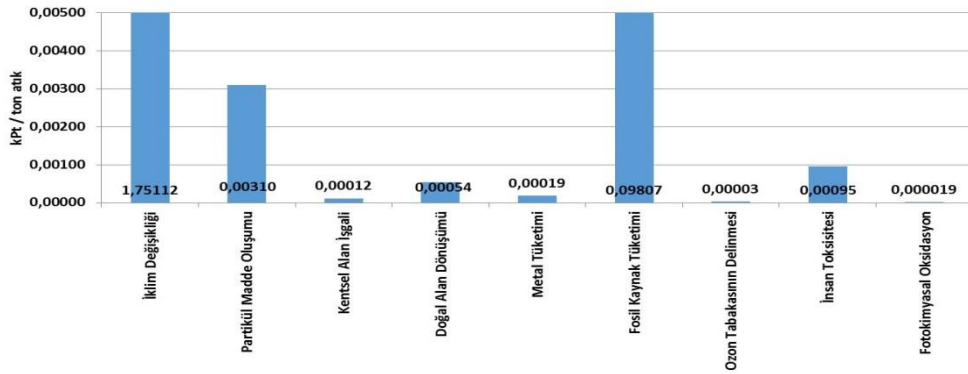
Bursa’da kentsel katı atık yönetiminin çevresel etkilerinin kategorilere göre (%) dağılımı Şekil 4.25.’de gösterilmektedir. Şekle göre etkinin yaklaşık % 94’lük kısmı iklim değişikliği, % 5’lik kısmı da fosil kaynak tüketimi üzerinde olmaktadır.



Şekil 4.25. Bursa’da kentsel katı atık yönetiminin çevresel etkilerinin kategorilere göre (%) dağılımı (1 ton kentsel katı atık için)

(Yöntem: ReCiPe Endpoint (H) V1.13 / World ReCiPe H/A / Single score)

Çevresel etkinin diğer etki kategorilerine göre dağılımı Şekil 4.26’da görülmektedir.



Şekil 4.26. Bursa’da kentsel katı atık yönetiminin çevresel etkilerinin kategorilere göre (%) dağılımı

(Depolamanın doğal kaynak tüketimi etkisi göz önünde bulundurulduğunda)
(Yöntem: ReCiPe Endpoint (H) V1.13 / World ReCiPe H/A / Single score)

Burada yapılan hesaplamada, uluslararası alanda kabul görmüş bir analitik yöntem olan ReCiPe yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde bütün etkiler ağırlıklandırılmakta, points (Pt) veya kilopoints (kPt) cinsinden ifade edilmektedir. Bir kPt, batı dünyasında

yaşayan 1 kişinin 1 yılda çevreye verdiği yük olarak tanımlanmaktadır. Burada kişinin tüm üretim ve tüketim faaliyetleri dikkate alınmaktadır. 1 ton kentsel atıkla çevreye verilen etki toplamı 1,85 kPt olarak bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle 1 ton kentsel atığın verdiği yük 1,85 kişinin yıllık çevresel yüküne eşit olmaktadır. Bunu Bursa’da bir yılda üretilen tüm kentsel atıklar için yorumladığımızda, Bursa’da 1 yılda üretilen ve depolanan kentsel atıkla bağlantılı çevresel etkinin 2288979 kişinin 1 yıllık tüm üretim ve tüketim faaliyetlerinin çevresel etkisine denk olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. Bursa’da depolanan kentsel atık ve toplam çevresel yük

Depolama Alanları	Depolanan Toplam Atık (ton/yıl)	Çevresel Etki (kPt/yıl)
İnegöl	133570	247105
Yenikent	1103715	2041873
Toplam	1237286	2288979

Bu etkinin en büyük kısmı kentsel atıkların geri kazanım yerine depolama yöntemiyle yönetiliyor oluşundan kaynaklanmaktadır. Atıkların depolanıyor olmasından kaynaklanan etkiyi dışarıda bıraktığımızda, yalnızca toplama-taşıma, depolama alanı işletimi ve sızıntı suyu arıtımından kaynaklanan etkiyi dikkate aldığımızda Çizelge 4.9.’daki değerler karşımıza çıkmaktadır.

Çizelge 4.9. Bursa’da kentsel atık yönetimi alt sistemlerinin oluşturduğu çevresel yük

Tüm Toplam* (kPt/ton atık)	Toplama & taşıma + Deponi Alanı İşletimi + Sızıntı Suyu Arıtımı (kPt/ton atık)	Toplama & taşıma + Deponi Alanı İşletimi + Sızıntı Suyu Arıtımı + Deponi Gazından Enerji eldesi (kPt/ton atık)
1,85	0,12	0,08

*Atıkların depolanıyor oluşundan kaynaklanan çevresel etki dâhil edildiğinde

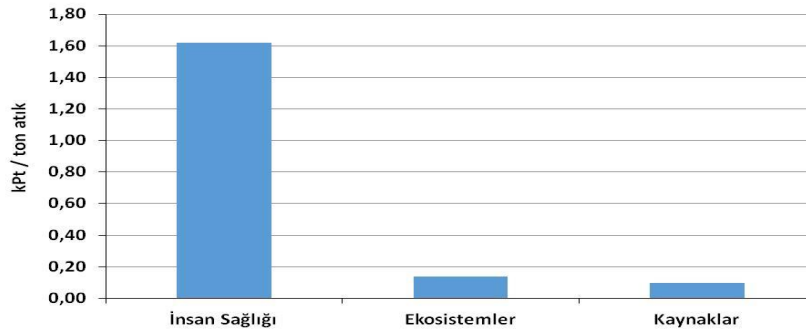
Verileri Bursa’da bir yılda üretilen tüm kentsel atıklar için yorumladığımızda Çizelge 4.10.’deki veriler elde edilmektedir.

Çizelge 4.10. Bursa’da depolanan kentsel atık ve toplam çevresel yük

Depolama Alanları	Toplama & taşıma + Deponi Alanı İşletimi + Sızıntı Suyu Arıtımı (kPt/yıl)	Toplama & taşıma + Deponi Alanı İşletimi + Sızıntı Suyu Arıtımı + Deponi Gazından Enerji eldesi (kPt/yıl)
İnegöl	16028	10686
Yenikent	132446	88297
Toplam	148474	98983

Atıkların depolanıyor olmasından kaynaklanan etkiyi dışarıda bıraktığımızda, yalnızca 1 yıl içerisinde kentsel atıkların toplama ve taşıma, depolama alanı işletimi ve sızıntı suyu arıtımından kaynaklanan etkiyi hesapladığımızda bu etkinin boyutunun 148 474 kişinin 1 yıllık çevresel etkisine eşdeğer olduğunu görmekteyiz. Deponi gazından enerji elde ediliyor olması bu etkiyi azaltmaktadır. Deponi gazının enerjiye dönüştürülmesinden kaynaklanan olumlu etkiye de hesaba kattığımızda toplam etkinin 98 983 kişinin 1 yıllık etkisine doğru gerilediğini görmekteyiz (Çizelge 4.10.).

Çevresel etkinin son nokta kategorilerine göre değerlendirmesi Şekil 4.27.’da verilmektedir. En yüksek etkinin insan sağlığı üzerine olduğu şekilde görülmektedir.



Şekil 4.27. Bursa’da kentsel katı atık yönetiminin insan sağlığı, ekosistemler ve kaynaklar üzerindeki etkisinin dağılımı

(Depolamanın doğal kaynak tüketimi etkisi göz önünde bulundurulduğunda) (Yöntem: ReCiPe Endpoint (H) V1.13 / World ReCiPe H/A / Single score)

Çizelge 4.11. Bursa’da kentsel katı atık yönetiminin insan sağlığı, ekosistemler ve kaynaklar üzerindeki yıllık etkisi

Depolama Alanları	İnsan Sağlığı üzerindeki Çevresel Etki (kPt/yıl)	Ekosistemler Çevresel Etki (kPt/yıl)	Kaynaklar üzerindeki Çevresel Etki (kPt/yıl)
İnegöl	216251	18166	13090
Yenikent	1786915	150105	108164
Toplam	2003166	168271	121254

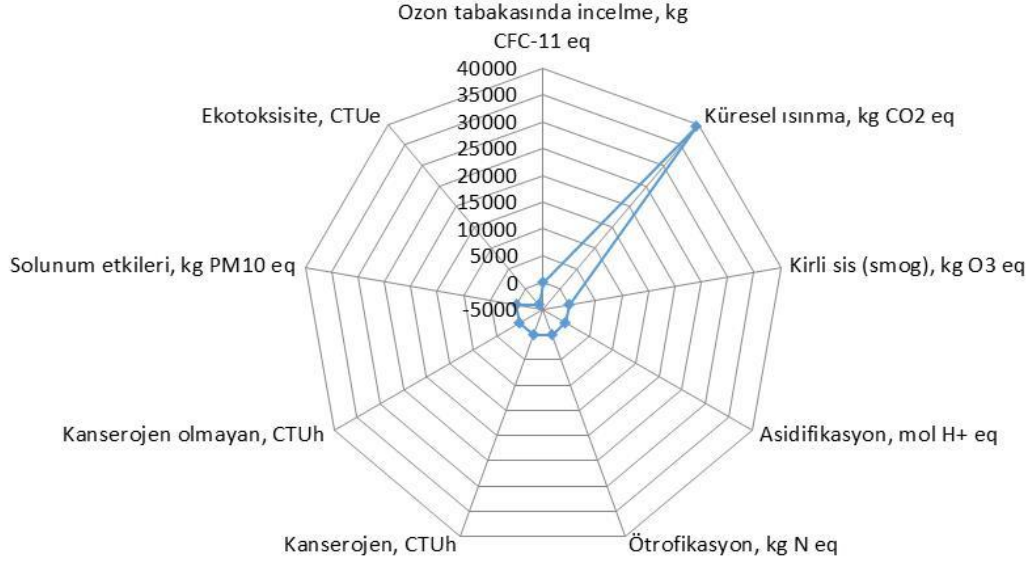
Bursa’da bir yılda depolama yoluyla bertaraf edilen atığın insan sağlığı üzerindeki etkisinin yaklaşık 2 milyon insanın 1 yılda oluşturduğu etkiye eşdeğer olduğu hesaplanmıştır. (Çizelge 4.11.)

Etkiler TRACI 2 V4.01 yöntemine göre değerlendirildiğinde etkileri kendi eşdeğer birimleriyle hesaplamak mümkün olmuştur. Buna göre etki kategorileri temelinde elde edilen değerler Çizelge 4.12.’de görülmektedir.

Çizelge 4.12. Bursa’da kentsel atık yönetiminden kaynaklanan çevresel etkinin eşdeğer birimlerle ifadesi (1 ton atık için)

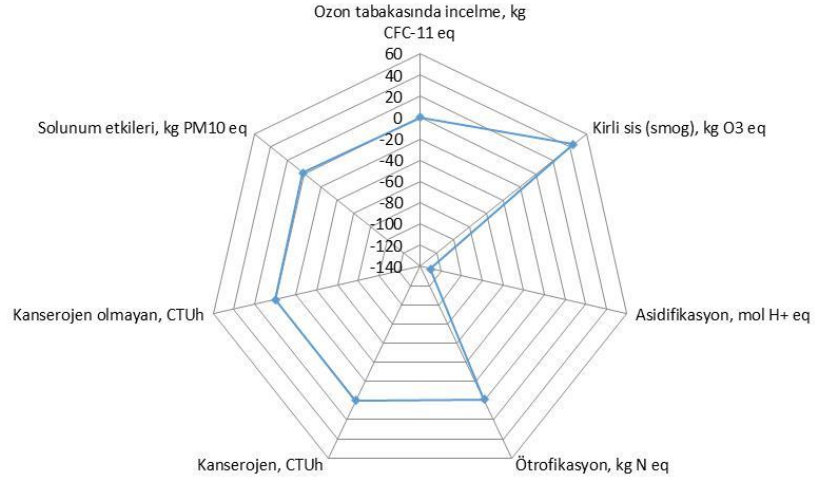
(Yöntem: TRACI 2 V4.01 / Characterization)

Etki kategorisi	Birim	Toplam/ton atık
Ozon incelmesi	kg CFC-11 eq	0,000523053
Küresel ısınma	kg CO ₂ eq	39530,581
Kirli sis (smog)	kg O ₃ eq	44,524296
Asidifikasyon	mol H ⁺ eq	-130,20032
Ötrofikasyon	kg N eq	-1,102877
Kanserojen	CTUh	1,82E-05
Kanserojen olmayan	CTUh	-5,07E-05
Solunum etkileri	kg PM10 eq	1,3998841
Ekotoksosite	CTUe	-3817,3475



Şekil 4.28.Bursa’da kentsel atık yönetiminden kaynaklanan çevresel etki (1 ton atık için)

En düşük ve en yüksek etkinin dışarıda tutulmasıyla 1 ton atık için elde edilen çevresel etki grafiği Şekil 4.28’de ve Şekil 4.29’da verilmektedir.



Şekil 4.29. Bursa’da kentsel atık yönetiminden kaynaklanan çevresel etki (1 ton atık için) (düşük düzeydeki etkiler)

Çevresel etkileri Bursa’da bir yılda üretilen tüm kentsel atıklar için yorumladığımızda Çizelge 4.13.’teki değerler karşımıza çıkmaktadır.

Çizelge 4.13.Bursa’da yönetilen kentsel atıktan kaynaklanan çevresel etkilerin etki kategorileri temelinde değerlendirilmesi

Etki kategorisi	Birim	İnegöl’de 1 yılda depolanan atıktan kaynaklanan etki	Yenikent’te 1 yılda depolanan atıktan kaynaklanan etki	Bursa’da 1 yılda depolanan kentsel atık toplamından kaynaklanan etki
Ozon tabakasında incelme	kg CFC-11 eq	69,86414	577,301	647,1657
Küresel ısınma	kg CO ₂ eq	5,28E+09	4,36E+10	4,89E+10
Kirli sis (smog)	kg O ₃ eq	5947110	49142133	55089288
Asidifikasyon	mol H ⁺ eq	-1,7E+07	-1,4E+08	-1,6E+08
Ötrofikasyon	kg N eq	-147311	-1217262	-1364574
Kanserojen maddeler	CTUh	2,433425	20,10787	22,54131
Kanserojen olmayan maddeler	CTUh	-6,76597	-55,9085	-62,6745
Solunum etkileri	kg PM10 eq	186982,5	1545073	1732057
Ekotoksosite	CTUe	-5,1E+08	-4,2E+09	-4,7E+09

Buna göre Bursa’da 1 yılda depolama yoluyla bertaraf edilen kentsel atığın küresel ısınmaya katkısı yaklaşık 48,9 milyon ton CO₂ eşdeğeridir. Kirli sis (smog) oluşumuna katkısı yaklaşık 55 milyon ton O₃ eşdeğeri, ozon tabakasındaki incelmeye katkısı 647 kg CFC-11 eşdeğeri, kanserojen madde oluşumuna katkısı 22,5 CTUh ve solunum etkisi 1732 ton PM10 eşdeğeri düzeyindedir.

CTUh, insanlar için karşılaştırmalı toksisite birimi olarak kullanılmaktadır ve maruz kalınan kimyasal madde emisyonunun kilogramı başına insan nüfusunda görülen hastalık oranını (morbidite) ifade etmektedir.

Stratosferdeki ozon, insanlarda deri kanseri ve katarakt sıklığının artmasına neden olabilecek radyasyondan korunmayı sağlamaktadır. Ozonun aynı zamanda bitkiler, deniz canlıları üzerinde etkisinin olduğu bilinmektedir. Stratosferik ozon tabakasının incelmeye neden olan maddeler kloroflorokarbonlar (CFCs) birimiyle ifade edilmektedir. Bu maddeler soğutucularda, köpük kırıcı maddelerde, solventlerde, yangın söndürücü olarak kullanılan halonlarda bulunmaktadır. Bu nedenle yaşam

döngüsü değerlendirmesi yapılırken TRACI 2 yönteminde ozon tabakasındaki incelmeye katkı CFC-11 eşdeğeri olarak ifade edilmektedir.

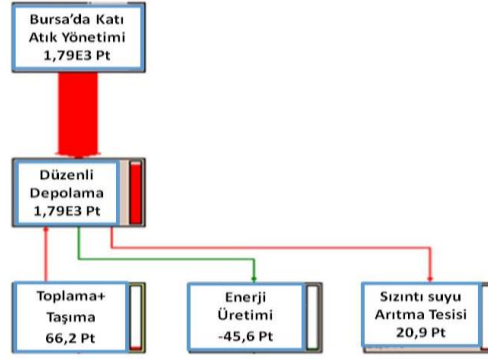
Partikül madde, dış ortam havasındaki küçük partiküllerin toplamını ifade etmektedir. Bu partiküllerin solunum yolları rahatsızlıkları ve ölüm gibi insan sağlığı üzerinde çeşitli olumsuz etkileri olabilmektedir. Ortamdaki partikül madde seviyesinin ölüm oranını artırdığı çeşitli bilimsel çalışmalarda gösterilmiştir. Partikül maddeler partikül olarak salındıkları gibi havadaki kimyasal reaksiyonların ürünü olarak da salınabilirler (ikincil partikül maddeler). İkincil partikül maddelerin en yaygın öncülleri kükürdioksitler (SO₂) ve azotoksitler (NO_x) olarak bilinmektedirler. Birincil ve ikincil partikül maddelerin en yaygın kaynakları fosil yakıtların yakılması, ahşap yakılması, yol ve arazilerden kalkan tozlardır. Partikül maddeler iki grupta toplanmaktadır: Solunamayan kaba partiküller (çapları 2.5 µm- 10 µm arasında olan), ince partiküller (çapları 2.5 µm ve daha küçük olan). Kaba partiküller daha çok yollardan kaynaklanan tozlardan kaynaklanırken ince partiküller yanma ürünleri olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Çocuklar, yaşlılar ve astımı olan insanlar partikül maddelere karşı diğer insanlara göre daha fazla hassasiyet göstermektedir. Bu nedenle yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılırken TRACI 2 yönteminde solunum etkisi partikül madde 10 (PM10) eşdeğeri olarak ifade edilmektedir.

Zemin seviyesindeki ozon, güneş ışığı varlığında azotoksitler ve uçucu organik bileşikler arasında gerçekleşen çeşitli kimyasal reaksiyonlardan kaynaklanmaktadır. İnsan sağlığı üzerinde bronşit, astım, anfiyem gibi çeşitli solunum yolu rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Ozona uzun süre maruz kalındığında kalıcı akciğer hasarı ortaya çıkabilmektedir. Çeşitli ekosistemler üzerinde ekolojik tahribata ve bitkilerde hasara yol açabilmektedir. Ozon öncüllerinin başlıca kaynakları arasında motorlu araçlar, elektrik güç tesisleri ve endüstriyel faaliyetler bulunmaktadır. Bu nedenle yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılırken TRACI 2 yönteminde kirli sis (smog) oluşumuna katkı O₃ (ozon) eşdeğeri olarak ifade edilmektedir.

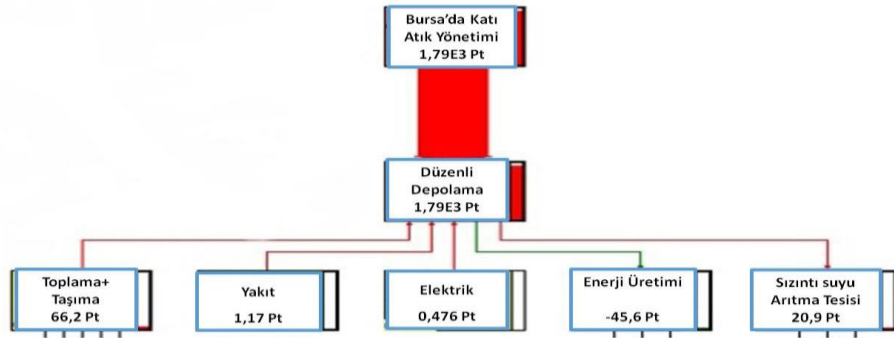
4.3.2. Sistemin Alt Bileşenlerin Çevresel Etkileri

Bursa kentsel katı atık yönetiminin yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılırken, sistem hem bir bütün olarak hem de alt bileşen detayında değerlendirilmiştir. Buna göre yapılanma ağaçları oluşturulmuş ve her bileşenin bağımsız etkisi Pt olarak hesaplanmıştır.

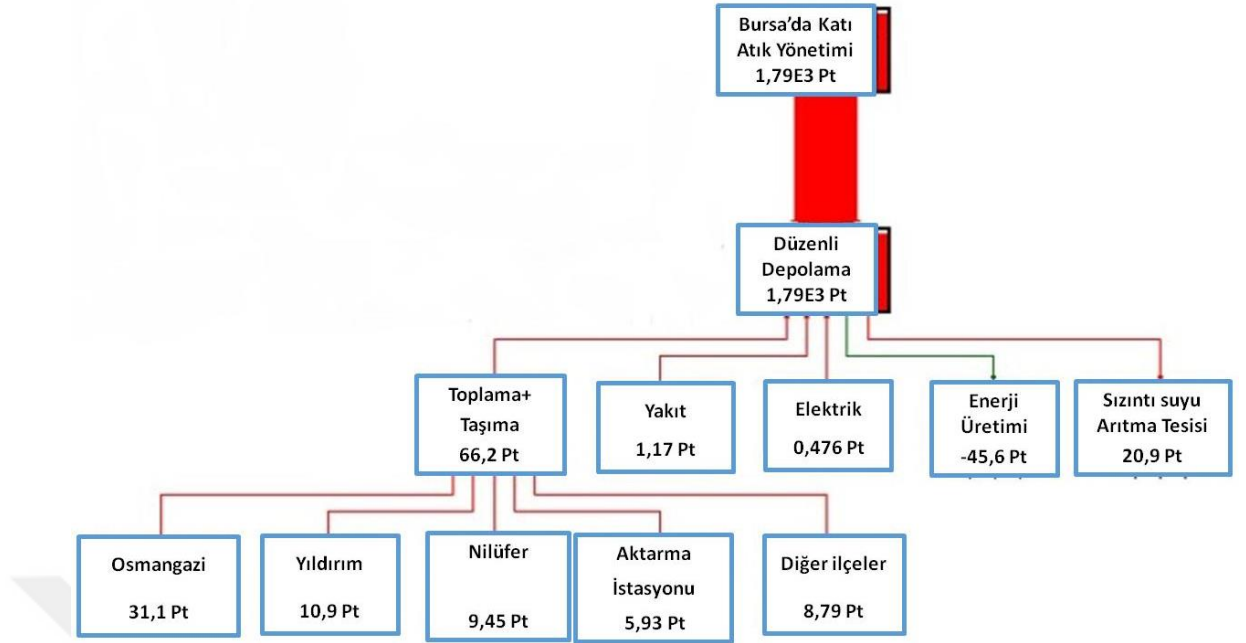
Sırasıyla Şekil 4.30. , Şekil 4.31. , Şekil 4.32. , Şekil 4.33. , Şekil 4.34. ve Şekil 4.35. bütünden detaya doğru yapılandırma modeli görülmektedir. Şekillerdeki kırmızı çizgiler sistem üzerine eklenen çevresel yükü ifade ederken yeşil çizgiler de sistemin çevresel yükünü azaltan etkiler olarak yorumlanmalıdır.



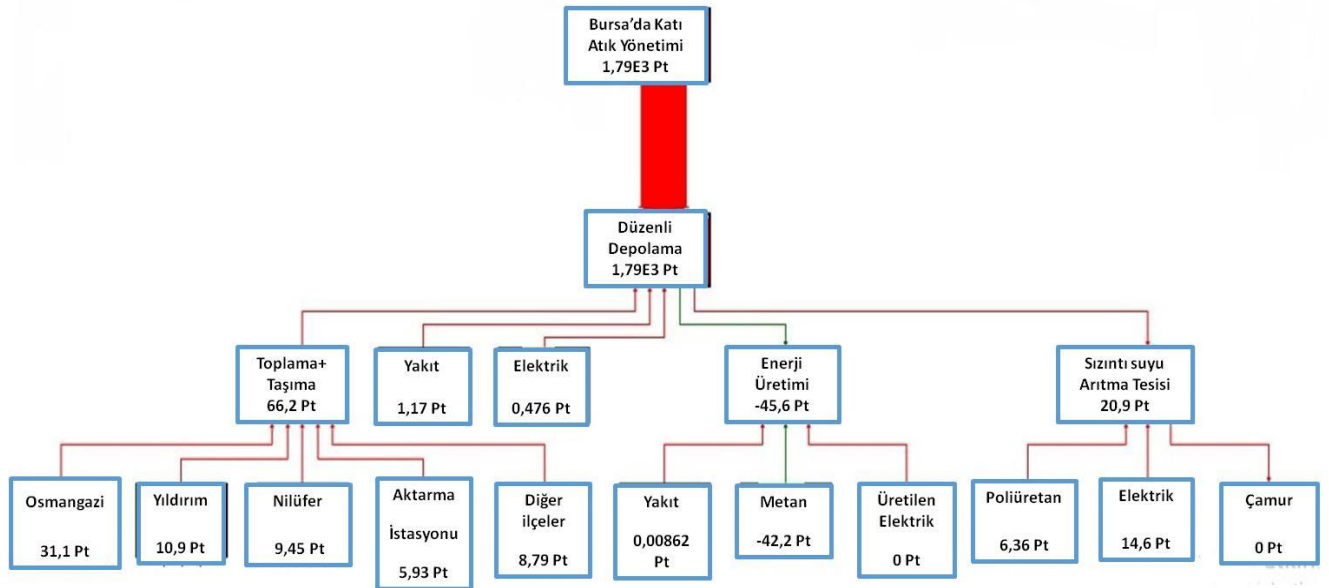
Şekil 4.30. Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki genel (1. Derece) yapılanması



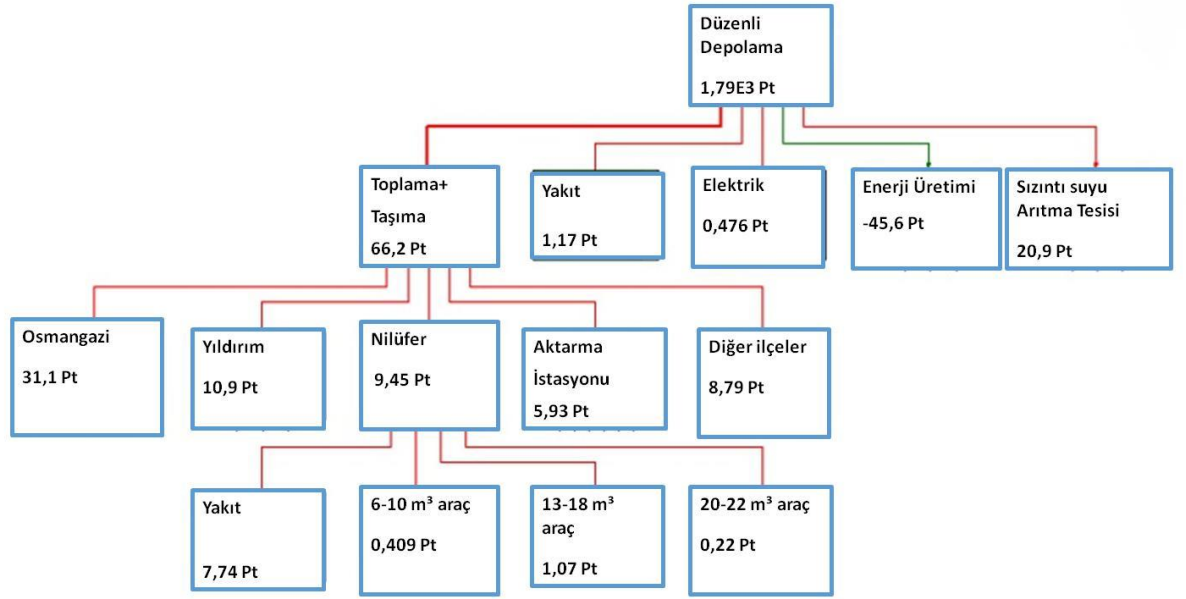
Şekil 4.31. Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki 2. Derece detaydaki yapılanması



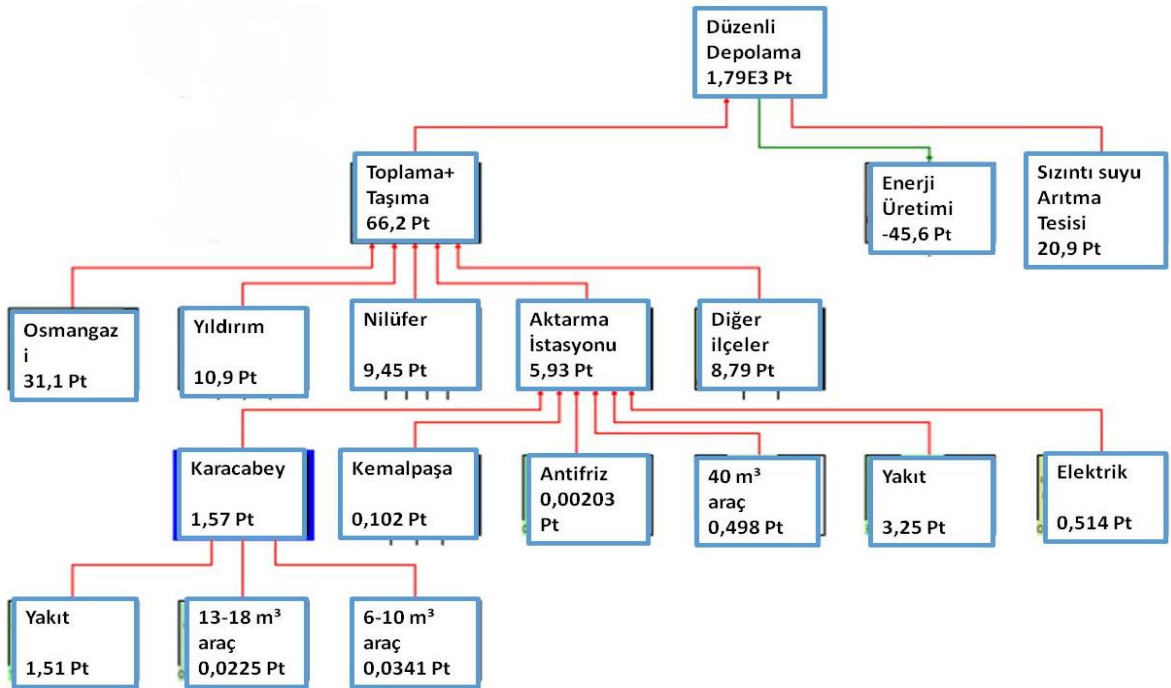
Şekil 4.32. Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen toplama ve taşıma alt bileşenin yapılanması



Şekil 4.33. Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki 3. Derece detaydaki yapılanması

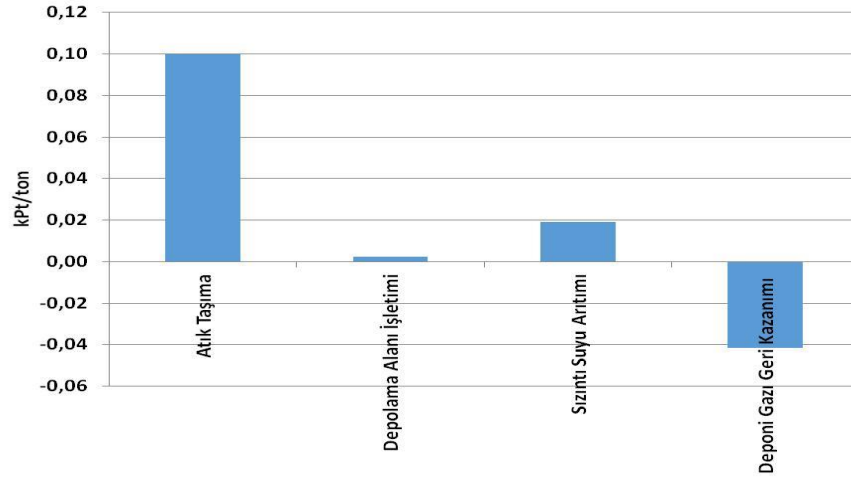


Şekil 4.34. Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki 4. Derece detaydaki yapılanması

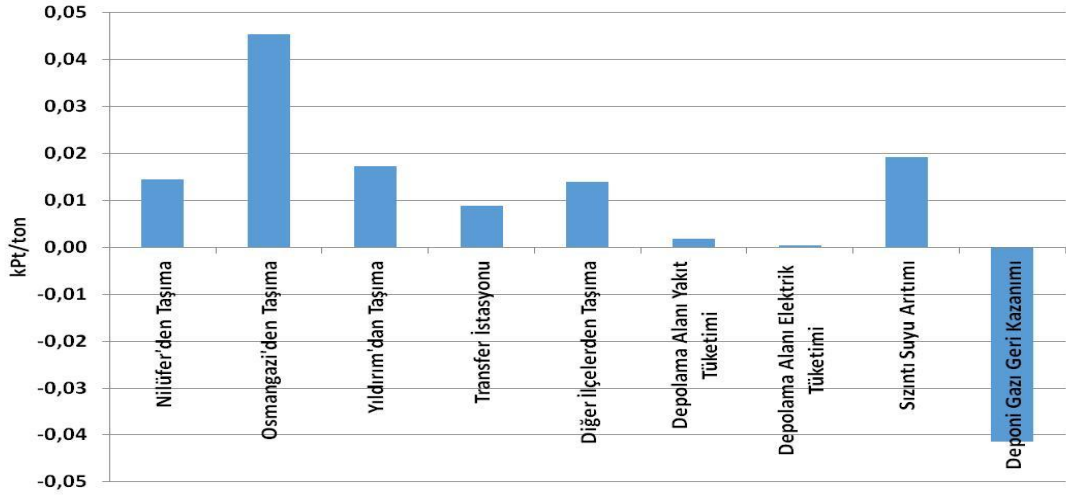


Şekil 4.35 .Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırlarına dâhil edilen alt bileşenlerin SimaPro yazılımındaki 5. Derece detaydaki yapılanması

Alt bileşenlerin oluşturduğu çevresel yük birbirleriyle kıyaslandığında atık taşımadan kaynaklanan çevresel yükün diğer alt bileşenlerden yüksek olduğu görülmüştür. Sistem alt bileşenlerinin çevresel yük açısından karşılaştırılması Şekil 4.36 ve Şekil 4.37’de görülmektedir. Deponi gazının elektrik enerjisi olarak geri kazanımı sistemdeki toplam yükü azaltmaktadır.

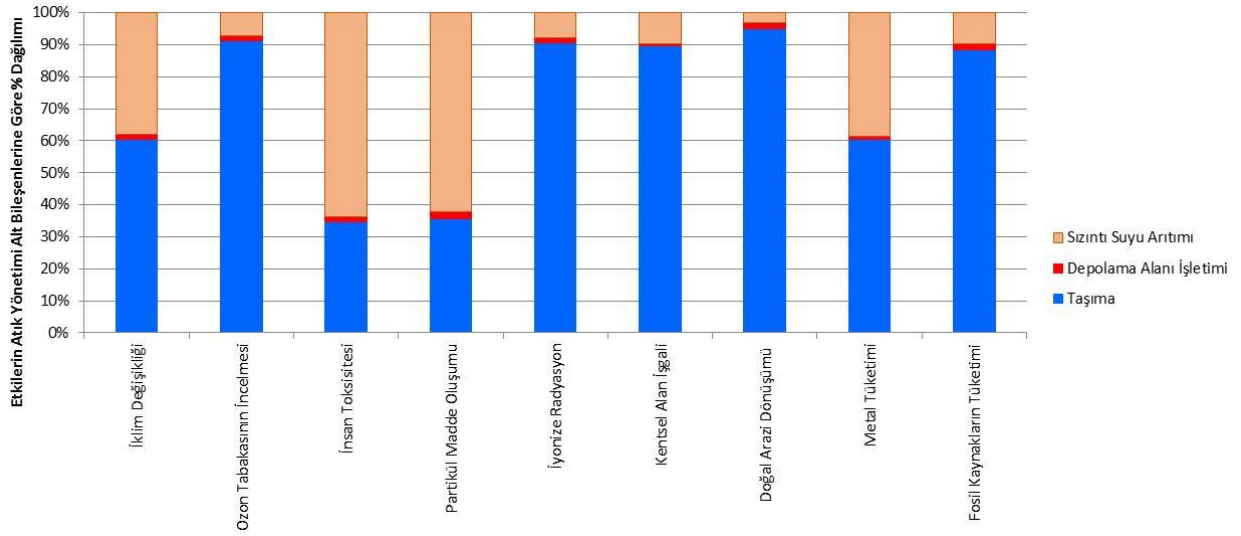


Şekil 4.36.Bursa kentsel atık yönetim sistemi alt bileşenlerinin çevresel yüklerinin karşılaştırılması



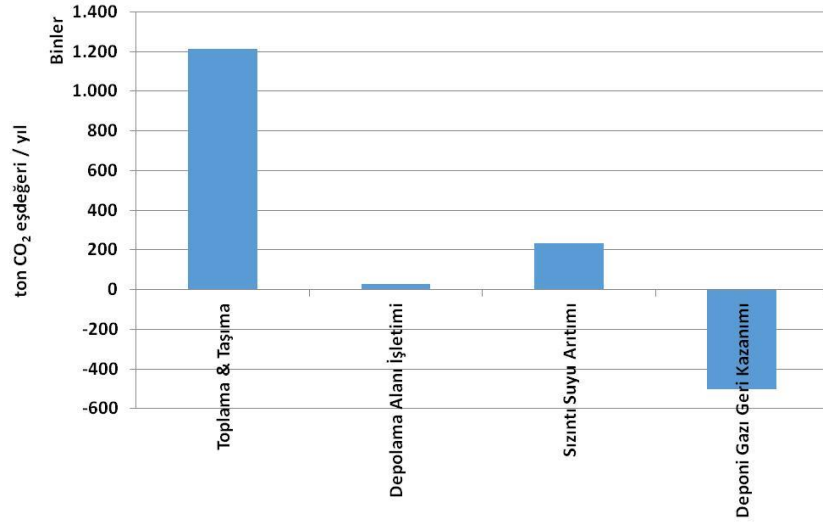
Şekil 4.37 .Bursa kentsel atık yönetim sistemi alt bileşenlerini oluşturan unsurların çevresel yüklerinin karşılaştırılması

Çevresel etkinin etki kategorilerine göre dağılımında sistem alt bileşenlerinin etkisinin (%) dağılımı Şekil 4.38.'de görülmektedir. Şekilde, atıkların depolanıyor olmasının etkisi değerlendirme dışı bırakıldığında, sistemin alt bileşenleri üzerinden yapılan değerlendirmede, iklim değişikliğine neden olan en büyük etkinin toplama ve taşıma alt bileşeni olduğu görülmektedir. Bunu sızıntı suyu arıtımının etkisi izlemektedir. Depolama alanı işletiminden kaynaklanan etkilerin diğer alt bileşenlerin neden olduğu etkilerden daha düşük bir yüzdeyi oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 4.38.Çevresel etkinin etki kategorilerine göre dağılımında sistem alt bileşenlerinin etkisinin (%) dağılımı

Bursa kentsel katı atık yönetim sistemi alt bileşenlerinin çevresel yüklerinin karbondioksit eşdeğeri olarak karşılaştırması Şekil 4.39.'da verilmektedir.



Şekil 4.39.Bursa kentsel katı atık yönetim sistemi alt bileşenlerinin çevresel yüklerinin karbondioksit eşdeğeri olarak karşılaştırması

4.4. Yorumlama

Bu çalışma kapsamında Bursa'nın kentsel katı atık yönetiminin yaşam döngüsü değerlendirmesi istatistiki olarak, LandGEM ve SimaPro yazılım programı ile çevresel etki analizi yapılmıştır. Elde edilen istatistik ve yazılım çıktılarının değerlendirilmesi Sonuç bölümünde yapılmıştır.

5. SONUÇ

Bursa kentinde uygulanan katı atık yönetim modeli, kentin atık yönetim ihtiyaçlarına yanıt verirken, her faaliyet gibi aynı zamanda çevre üzerinde bir yük oluşturmaktadır. Bu çalışmada Bursa'da kentsel katı atık yönetiminden kaynaklanan çevresel yükün analiz edilmesi ve bu yükü azaltmak için yapılması gerekenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kentsel katı atığın mevcut yönetim modeli içerisindeki toplama, taşıma, düzenli depolama ve enerji eldesi süreçleri sonucunda oluşturduğu çevresel yükler belirlenmiştir. Bu çalışmada SimaPro 8.5.0 yazılımı; ReCiPe etki analiz ve TRACI metodu, Bursa kentindeki katı atık yönetiminde hangi aşamada çevresel yüklerin ortaya çıktığı kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır.

Bursa'da Yenikent düzenli depolama alanında depolanan atığın % 82'si merkez ilçelerden (Nilüfer, Osmangazi, Yıldırım) ve aktarma istasyonundan (Mustafakemalpaşa ve Karacabey) gelmektedir. Bu atıkların taşıma işi 114 adet hacmi 6-10 m³ olan, 108 adet hacmi 13-18 m³ olan ve 1 adet de hacmi 20-22 m³ olan araçlarla gerçekleştirilmektedir. Bu araçların yönetimi, toplama ve taşımadan kaynaklanan çevresel etkiler için belirleyici unsur olmaktadır.

Yenikent düzenli depolama alanında oluşan gazın gelecekteki oluşma projeksiyonu ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilen LandGEM gaz emisyon modeliyle (versiyon 3.02) araştırılmıştır. LandGEM modeli kullanılarak, deponi gazı içerisinde bulunması beklenen kirletici tür ve miktarları da hesaplanmıştır. Yapılan modelleme çalışmasında teorik gaz oluşumunun yaklaşık yarısı kadar deponi gazının toplanabildiği görülmüştür.

Gaz toplama verimi sistemden sisteme farklılık göstermektedir. Buna göre ABD Çevre Koruma Ajansı'nın LandGEM modeli ülkelere göre farklı olarak geliştirilmiştir. Yenikent düzenli depolama alanında elde edilen gaz üretim değerleri farklı ülkeler için geliştirilen gaz toplama modellerinde yerine konduğunda Ukrayna modelinde elde edilen değerlere yakın bir verim elde edildiği görülmektedir. Bu modelde gaz toplama verimi %58 olarak kabul edilmektedir.

Bursa Yenikent düzenli depolama alanı verilerine dayanılarak elde edilen gaz üretim faktörlerinin literatür değerleriyle kıyaslanma sonucunda, depolanan kentsel katı atık başına toplanabilen gaz hacminin literatür verilerinden genelde düşük olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeninin gaz toplama sistemi olduğu düşünülmektedir. Gaz toplama sisteminin verimini artırabilecek hususlardan biri de geçici örtü tabakasının günlük olarak ve standart bir kalınlıkta uygulanmasıdır.

Yenikent düzenli depolama alanında bulunan deponi gazından enerji üretim tesisinin kurulu gücü dikkate alınarak yapılan modelleme çalışmasına göre, enerji üretim tesisiyle azaltılan toplam emisyon 0,497 milyon ton karbondioksit eşdeğeri/yıl düzeyindedir.

Bursa'da üretilen kentsel katı atığın yönetiminden kaynaklanan çevresel etkiler hesaplandığında en büyük etkinin iklim değişikliği ve ardından fosil kaynak tüketimi yönünde olduğu görülmüştür. Çevresel etkinin yaklaşık %94'lük kısmı iklim değişikliği, %5'lik kısmı da fosil kaynak tüketimi üzerinde olmaktadır.

Bursa'da 1 yılda üretilen ve depolanan kentsel atıkla bağlantılı çevresel etkinin 2288979 kişinin 1 yıllık tüm üretim ve tüketim faaliyetlerinin çevresel etkisine denk olduğu görülmüştür. Bu etkinin en büyük kısmı kentsel atıkların geri kazanım yerine depolama yöntemiyle yönetiliyor oluşundan kaynaklanmaktadır.

Atıkların depolanıyor olmasından kaynaklanan etkiyi dışarıda bıraktığımızda, yalnızca 1 yıl içerisinde kentsel atıkların toplama-taşıma, depolama alanı işletimi ve sızıntı suyu arıtımından kaynaklanan etkiyi hesapladığımızda bu etkinin boyutunun 148474 kişinin 1 yıllık çevresel etkisine eşdeğer olduğu görülmüştür. Deponi gazından enerji elde ediliyor olması bu etkiyi azaltmaktadır. Deponi gazının enerjiye dönüştürülmesinden kaynaklanan olumlu etki hesaba katıldığında toplam etkinin 98983 kişinin 1 yıllık etkisine gerilemektedir.

Bursa'da 1 yılda depolama yoluyla bertaraf edilen kentsel atığın küresel ısınmaya katkısı yaklaşık 48,9 milyon ton CO₂ eşdeğeridir. Kirli sis (smog) oluşumuna katkısı yaklaşık 55 milyon ton O₃ eşdeğeri, ozon tabakasındaki incelmeye katkısı 647 kg CFC-11 eşdeğeri, kanserojen madde oluşumuna katkısı 22,5 CTUh ve solunum etkisi 1732 ton PM10 eşdeğeri düzeyindedir.

Alt bileşenlerin oluşturduğu çevresel yük birbirleriyle kıyaslandığında atık taşımadan kaynaklanan çevresel yükün diğer alt bileşenlerden yüksek olduğu görülmüştür. Deponi gazının elektrik enerjisi olarak geri kazanımı sistemdeki toplam yükü azaltmaktadır.

Çevresel etkinin son nokta kategorilerine göre değerlendirmesi yapıldığında en yüksek etkinin insan sağlığı üzerine olduğu görülmüştür. Çevresel etkinin en büyük kısmı (>%99) üretilen kentsel atığın depolama alanlarında depolanıyor oluşundan kaynaklanmaktadır. Yenikent düzenli depolama alanında depolanan yıllık atığın çevresel yükü yaklaşık 44 milyon ton CO₂ eşdeğeri/yıl iken bunun yalnızca yaklaşık 1,5 milyon ton CO₂ eşdeğeri/yıl olan kısmı toplama ve taşıma, saha işletimi ve sızıntı suyu arıtımından kaynaklanmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma anlayışına hizmet eden bir katı atık yönetiminde geri kazanılabilir atıkların depolanması gibi bir kavram bulunmamaktadır. Atıklar içerisindeki geri kazanılabilecek malzemelerin depolanması, bu malzemeler elde edilirken harcanan doğal kaynakların ve enerjinin de tamamen kaybedilmesi anlamına gelmektedir. Depolamaya gönderilen her birim atık kütlesi için, depolamayla kısa vadeli bir çözüm bulunurken bir başka problem ortaya çıkmakta, süreç iyi yönetilmediğinde ise daha yüksek maliyet ve karmaşıklıkta yeni bir problemle karşı karşıya kalınmaktadır. Atığın oluşturulması, toplama ve taşıma, depolama alanı işgali, depolama alanı işletimi, sızıntı suyu arıtımı vb. çevresel ve ekonomik yüklerini de beraberinde getirmektedir. Ancak mekanik-biyolojik işleme tesislerinde (MBT) işlem görmüş atıklardan kalan fraksiyonun depolanması söz konusu olmalıdır. Kent yönetimlerine düşen temel görev, atık hiyerarşisi çerçevesinde, bireylerin atık oluşturmaya yönelik davranış modellerinde değişikliklere neden olabilecek atık önleme

projeleri geliştirmek, atığın kaynağında azaltılmasını desteklemek ve geri d6nüşüm-geri kazanım sistemlerinin altyapısını oluşturmak olmalıdır.



KAYNAKLAR

Abduli, M. A. , N.A., Yonesi, M., Akbari A. , 2011. Life cycle assessment (LCA) of solid waste management strategies in Tehran: landfill and composting plus landfill. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4):487–498.

Aghdam, E.F., Fredenslund, A.M., Chanton, J., Kjeldsen, P., Scheutz, C., 2018. Determination of gas recovery efficiency at two Danish landfills by performing downwind methane measurements and stable carbon isotopic analysis. *Waste Management* 73: 220-229.

Anonim, 2002. USEPA, Waste Transfer Stations: a Manual for Decision-making. United States Environmental Protection Agency (EPA).

Anonim, 2006. ISO 14044: Environmental Management -Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines. International Organisation for Standardisation, Geneva, Switzerland.

Anonim, 2007. ISO 14040:Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework.

Anonim, 2010. IEA International Energy Agency, CO₂ emissions from fuel combustion—2010 edition. <http://www.iea.org>.

Anonim, 2011. IEA International Energy Agency, Key World Energy Statistics 2011. <http://www.iea.org>.

Anonim, 2012. DNV, Gold Standard Validation Report, Bursa-Hamitler Landfill Gas Collection and Energy Utilization Project(ID: 103000000001862), DET NORSE VERITAS.REPORTNO.20129757,https://mer.markit.com/brreg/public/project.jsp?project_id=103000000001862.

Anonim, 2015. İSTAÇ Bursa Entegre Katı Atık Yönetim Planı, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, İSTAÇ A.Ş., Ekim 2015, Bursa.

Anonim, 2018. SimaPro tanıtımı ve özellikleri.<http://www.simapro.co.uk/>.

Asase, M., Yanful, E.K., Mensah, M., Stanford, J., Amponsah, S., 2009. Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: A case study of the cities of London, Ontario, and Kumasi, Ghana. *Waste Management* 29: 2779-2786.

- Banar, M., Cokaygil, Z., Ozkan, A., 2009.** Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. *Waste Management* 29:54-62.
- Barton, J.R., Dalley, D., Patel, V.S., 1996.** Life cycle assessment for waste management. *Waste Management* 16: 35-50.
- Berenyi, E., 1999.** Methane recovery from landfills yearbook. 5th ed. Westport, CT: Governmental Advisory Associates; 1999.
- Bishop, P., 2000.** Pollution Prevention: Fundamentals and Practice.
- Comobreco V. , H.R., Barlaz M., Repa E., Felker M., Rousseau C., 1999.** Life-cycle inventory of a modern municipal solid waste landfill. *Waste Management & Research*, 394±408.
- Cossu, R., Muntoni, A., 1997.** Biogas emission measurement using static and dynamic flux chambers and infrared method. . Proceedings Sardinia 97, Sixth International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari, Italy.
- Demirer, G. 2011.** Yaşam Döngüsü Analizi-Pratik Yaşam Döngüsü Analizi Kılavuzu AB Sürecinde İşletmeler ve Kamu için Yaşam Döngüsü Analizi Yöntem ve Örnekleri. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Hook, M., Tang, X., 2013.** Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change-A review. *Energy Policy* 52:797-809.
- Idehai, I.M., Akujieze, C.N., 2015.** Estimation of landfill gas and its renewable energy potential in Lagos, Nigeria. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 6: 329-343.
- Johari, A., Ahmed, S.I., Hashim, H., Alkali, H., Ramli, M., 2012.** Economic and environmental benefits of landfill gas from municipal solid waste in Malaysia. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 16: 2907-2912.
- Lee, U., Han, J., Wang, M., 2017.** Evaluation of landfill gas emissions from municipal solid waste landfills for the life-cycle analysis of waste-to-energy pathways. *Journal of Cleaner Production* 166:335-342.
- Liamsanguan, C., Gheewala, S.H., 2008.** LCA: A decision support tool for environmental assessment of MSW management systems. *Journal of Environmental Management* 87:132-138.
- Manfredi S., C.T.H., 2008.** Environmental assessment of solid waste landfilling technologies by means of LCA-modeling. *Waste Management* 29: 32–43.

- Meriç, B.T., 2004.** Water Resources Management and Turkey, *Geological Engineering*, p. 28.
- Ozeler, D., Yetis, U., Demirer, G.N., 2006.** Life cycle assesment of municipal solid waste management methods: Ankara case study. *Environment International* 32: 405-411.
- Pelesaraei A. N., B.R., Bandbafha H. H., Afrasyabi H., Chau K., 2017.** Modeling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill systems of municipal solid waste management - A case study in Tehran Metropolis of Iran. *Journal of Cleaner Production* 148: 427-440.
- Rajcoomar A., Ramjeawon T., 2016.** Life cycle assessment of municipal solid waste management scenarios on the small island of Mauritius. *Waste Management & Research* 35(3):313–324.
- Ripa M., F.G., Vacca V., Ulgiati S., 2016.** The relevance of site-specific data in Life Cycle Assessment (LCA). The case of the municipal solid waste management in the metropolitan city of Naples (Italy). *Journal of Cleaner Production* 142: 445-460.
- Salihoglu, N.K., 2018.** Electricity Generation from Landfill Gas in Turkey. *Journal of Air and Waste Management Association* 68: 1126-1137.
- Scarlat, N., Motola, V., Dallemand, J.F., Monforti-Ferrario, F., Mofor, L., 2015.** Evaluation of energy potential of Municipal Solid Waste from African urban areas. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 50: 1269-1286.
- Sonneman G, Castells F, Schuhmacher M., 2004.** Integrated life-cycle and risk assessment for industrial processes, Boca Raton, USA, Lewis Publishers, 392 s.
- Sundqvist, J.O., 1999.** Life cycles assessments and solid waste– Guidelines for solid waste treatment and disposal in LCA. *Swedish Environmental Protection Agency, AFR-REPORT 279, ISSN 1102-6944, 169 pages.*
- Taherzadeh, M.J., 2009.** Waste to wealth. *Vetenskap för Profession* 10: 73-78.
- Themelis, N.J., Ulloa, P.A., 2007.** Methane generation in landfills. *Renewable Energy* 32:1243-1257.
- Tsai, W.T., 2007.** Bioenergy from landfill gas (LFG) in Taiwan. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 11:331-344.
- Washburn, B., 2011.** Avian use of solid waste transfer stations. *Landscape and Urban Planning* 104:388-394.

Yay, A.S.E., 2015. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. *Journal of Cleaner Production* 94:284-293.



EKLER

- EK 1.** İlçe Belediyeler ve Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Toplama Taşıma Bilgileri
- EK 2.** İlçe Belediyeler ve Büyükşehir Belediyesi Tarafından Toplanan Atık Miktarı Bilgileri
- EK 3.** Aylık Düzenli Depolama Bilgileri (Bursa Büyükşehir Belediyesi Yenikent Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi-Hamitler)
- EK 4.** Depolama Alanı Genel Bilgileri (Bursa Büyükşehir Belediyesi Yenikent Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi-Hamitler)
- EK 5.** Depolama Alanı İdari Bina ve Laboratuvar Bilgileri
- EK 6.** Depolama Alanı Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi Bilgileri
- EK 7.** Deponi Gazından Enerji Üretim Tesisi Bilgileri (Aylık)
- EK 8.** Deponi Gazından Enerji Üretim Tesisi Genel Bilgileri
- EK 9.** Aktarma İstasyonuna Gelen Atık Bilgileri (Genel)
- EK 10.** Aktarma İstasyonuna Gelen Aylık Atık Bilgileri
- EK 11.** Aktarma İstasyonundan Depolama Alanına Taşınan Aylık Atık Bilgileri
- EK 12.** Aktarma İstasyonundan Depolama Alanına Taşınan Atık Bilgileri (Genel)
- EK 13.** Aktarma İstasyonu Aylık Bilgileri

Ek 1. İlçe Belediyeler ve Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Toplama Taşıma Bilgileri

	Yıldırım Belediyesi		Osmangazi Belediyesi		Nilüfer Belediyesi
	Sentez Çevre	Lider (M.N.A.)	Gintem	Ortem	Karacan
Hizmet edilen Nüfus (kişi)					
Toplanan konteyner sayısı (adet)					
6-10 m ³ araç sayısı(adet)					
6-10 m ³ araç sefer sayısı(adet/ay)					
6-10 m ³ aracın çöp suyu hacmi (m ³)					
6-10 m ³ aracın kullandığı yakıt türü(benzin/mazot)					
6-10 m ³ aracın emisyon değeri(Euro3,Euro4,Euro5,...)					
13-18 m ³ araç sayısı(adet)					
13-18 m ³ araç sefer sayısı(adet/ay)					
13-18 m ³ aracın çöp suyu hacmi (m ³)					
13-18 m ³ aracın kullandığı yakıt türü(benzin/mazot)					
13-18 m ³ aracın emisyon değeri(Euro3,Euro4,Euro5,...)					
20-22 m ³ araç sayısı(adet)					
20-22 m ³ araç sefer sayısı(adet/ay)					
20-22 m ³ aracın çöp suyu hacmi (m ³)					
20-22 m ³ aracın kullandığı yakıt türü(benzin/mazot)					
20-22 m ³ aracın emisyon değeri(Euro3,Euro4,Euro5,...)					
Güzergah haritası (var/yok) *					

*Güzergah haritanızı ekleyiniz.

Ek 2. İlçe Belediyeler ve Büyükşehir Belediyesi Tarafından Toplanan Atık Miktarı Bilgileri

			Ekim 2016	Kasım 2016	Aralık 2016	Ocak 2017	Şubat 2017	Mart 2017	Nisan 2017	Mayıs 2017	Haz. 2017	Tem. 2017	Ağust. 2017	Eylül 2017
Yıldırım	Sentez Çevre	Yol Uzunluğu (km/ay)												
		Atık Miktarı(ton/ay)												
		Yakıt Miktarı (litre/ay)												
	Lider (M.N.A.)	Yol Uzunluğu (km/ay)												
		Atık Miktarı(ton/ay)												
		Yakıt Miktarı (litre/ay)												
Osmangazi	Gintem	Yol Uzunluğu (km/ay)												
		Atık Miktarı(ton/ay)												
		Yakıt Miktarı (litre/ay)												
	Ortem	Yol Uzunluğu (km/ay)												
		Atık Miktarı(ton/ay)												
		Yakıt Miktarı (litre/ay)												
Nilüfer	Karacan	Yol Uzunluğu (km/ay)												
		Atık Miktarı(ton/ay)												
		Yakıt Miktarı (litre/ay)												

Ek 3. Aylık Düzenli Depolama Bilgileri (Bursa Büyükşehir Belediyesi Yenikent Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi-Hamitler)

	Ekim 2016	Kasım 2016	Aralık 2016	Ocak 2017	Şubat 2017	Mart 2017	Nisan 2017	Mayıs 2017	Haz. 2017	Tem. 2017	Ağust. 2017	Eylül 2017
Depolanan atık miktarı (ton/ay)												
İş Makinalarının kullandığı yakıt miktarı (litre/ay)												
İşletme Maliyeti (TL/ay)												
Toprak örtü miktarı (ton/ay)												

Ek 4. Depolama Alanı Genel Bilgileri (Bursa Büyükşehir Belediyesi Yenikent Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi-Hamitler)

	Bursa Büyükşehir Belediyesi Yenikent Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi (Hamitler)
Arazi boyutu (hektar)	
İş makinalarının sayısı (adet)	
İş makinaları için kullanılan yakıt türü (benzin/mazot)	
İş makinalarının emisyon değeri(Euro3,Euro4,Euro5,...)	
Çalışan sayısı(kişi)	

Ek 5. Depolama Alanı İdari Bina ve Laboratuvar Bilgileri

	Ekim 2016	Kasım 2016	Aralık 2016	Ocak 2017	Şubat 2017	Mart 2017	Nisan 2017	Mayıs 2017	Haz. 2017	Tem. 2017	Ağust. 2017	Eylül 2017
Enerji gideri (kWh/ay)												
Su gideri (m ³ /ay)												
Kullanılan kimyasallar*												
Kimyasalların kullanım miktarları* (g /ay), (lt/ay)												

*Laboratuvarda kullanılan kimyasalların listesi ve aylık ortalama kullanım miktarları ayrıca verilebilir.

Ek 6. Depolama Alanı Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi Bilgileri

	Ekim 2016	Kasım 2016	Aralık 2016	Ocak 2017	Şubat 2017	Mart 2017	Nisan 2017	Mayıs 2017	Haz. 2017	Tem. 2017	Ağust. 2017	Eylül 2017
Tesise depolama alanından gelen sızıntı suyunun debisi (m ³ /ay)												
Tesise diğer kaynaklardan gelen (tekerlek yıkama vb.) sızıntı suyunun debisi (m ³ /ay)												
Tesisten çıkan arıtılmış suyun debisi (m ³ /ay)												
Tesiste harcanan enerji miktarı(kWh/ay)												
Çıkan çamur miktarı (ton/ay)												
Tesiste çalışan kişi sayısı												
İşletme Maliyeti (TL/ay)												
Kullanılan kimyasallar*												
Kullanılan kimyasalların miktarları* (g/ay), (lt/ay)												

*Kullanılan kimyasalların listesi ve aylık ortalama kullanım miktarları ayrıca verilebilir.

Ek 7. Deponi Gazından Enerji Üretim Tesisi Bilgileri (Aylık)

	Ekim 2016	Kasım 2016	Aralık 2016	Ocak 2017	Şubat 2017	Mart 2017	Nisan 2017	Mayıs 2017	Haz. 2017	Tem. 2017	Ağust. 2017	Eylül 2017
Jeneratörlerin harcadığı enerji miktarı (kWh/ay)												
Tesiste jeneratörler dışında harcanan enerji miktarı (kWh/ay)												
Tesiste kullanılan yakıt miktarı (lt/ay)												
Düzenli depolamadan gelen gaz debisi (m ³ /ay)												
Tesiste üretilen enerji miktarı (kWh/ay)												
Tesiste oluşan atık ısı miktarı (joule/ay)												

Ek 8. Deponi Gazından Enerji Üretim Tesisi Genel Bilgileri

Tesiste kullanılan yakıt türü (benzin/mazot)	
Çalışan sayısı(kişi)	
Jeneratör sayısı	
Yakıt kullanan makinaların emisyon değeri(Euro3,Euro4,Euro5,...)	

Ek 9. Aktarma İstasyonuna Gelen Atık Bilgileri (Genel)

	Mustafakemalpaşa	Karacabey
	Öztek	Selimoğlu
Hizmet edilen Nüfus (kişi)		
Toplanan konteyner sayısı (adet)		
6-10 m ³ araç sayısı(adet)		
6-10 m ³ araç sefer sayısı(adet/ay)		
6-10 m ³ aracın çöp suyu hacmi (m ³)		
6-10 m ³ aracın kullandığı yakıt türü(benzin/mazot)		
6-10 m ³ aracın emisyon değeri(Euro3,Euro4,Euro5,...)		
13-18 m ³ araç sayısı(adet)		
13-18 m ³ araç sefer sayısı(adet/ay)		
13-18 m ³ aracın çöp suyu hacmi (m ³)		
13-18 m ³ aracın kullandığı yakıt türü(benzin/mazot)		
13-18 m ³ aracın emisyon değeri(Euro3,Euro4,Euro5,...)		
Atık taşıma işinde çalışan sayısı(kişi)		
Güzergah haritası (var/yok) *		

* Güzergah haritası ekleyiniz.

Ek 10. Aktarma İstasyonuna Gelen Aylık Atık Bilgileri

		Ekim 2016	Kasım 2016	Aralık 2016	Ocak 2017	Şubat 2017	Mart 2017	Nisan 2017	Mayıs 2017	Haz. 2017	Tem. 2017	Ağust. 2017	Eylül 2017
Mustafakemalpaşa	Öztek	Yol Uzunluğu (km/ay)											
		Atık Miktarı(ton/ay)											
		Yakıt Miktarı (litre/ay)											
Karacabey	Selimoğlu	Yol Uzunluğu (km/ay)											
		Atık Miktarı(ton/ay)											
		Yakıt Miktarı (litre/ay)											

Ek 11. Aktarma İstasyonundan Depolama Alanına Taşınan Aylık Atık Bilgileri

	Ekim 2016	Kasım 2016	Aralık 2016	Ocak 2017	Şubat 2017	Mart 2017	Nisan 2017	Mayıs 2017	Haz. 2017	Tem. 2017	Ağust. 2017	Eylül 2017
Yol Uzunluğu (km/ay)												
Atık Miktarı(ton/ay)												
Yakıt Miktarı (litre/ay)												

Ek 12. Aktarma İstasyonundan Depolama Alanına Taşınan Atık Bilgileri (Genel)

Hizmet edilen Nüfus (kişi)	
Tesiste çalışan kişi sayısı	
Semitreyler sayısı(adet)	
Semitreyler kapasitesi (m ³)	
Semitreyler sefer sayısı(adet/ay)	
Semitreylerin çöp suyu hacmi (m ³)	
Semitreyler kullandığı yakıt türü(benzin/mazot)	
Semitreyler emisyon değeri(Euro3,Euro4,Euro5,...)	
Kullanılan yağın numaraları	
Semitreyler için kullanılan kimyasalların adları	

Ek 13. Aktarma İstasyonu Aylık Bilgileri

	Ekim 2016	Kasım 2016	Aralık 2016	Ocak 2017	Şubat 2017	Mart 2017	Nisan 2017	Mayıs 2017	Haz. 2017	Tem. 2017	Ağust. 2017	Eylül 2017
İşletme Maliyeti (TL/ay)												
Su gideri (m ³ /ay)												
Enerji gideri (kWh/ay)												
Yağ tüketimi (litre/ay)												
Semitreyler için kullanılan kimyasalların miktarı (litre/ay)												
Atık lastik miktarı (adet/ay)												

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Zehra POROY
Doğum Yeri ve Tarihi : Osmangazi-1992
Yabancı Dil : İngilizce, Almanca

Eğitim Durumu
Lise : Özel Şahinkaya Eğitim Kurumları (2011)
Lisans : Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği (2016)
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı (2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : -

İletişim (e-posta) : zporoy@gmail.com

Yayınları :

Salihoğlu G. , Poroy Z. , Salihoğlu K. , 2018. Kentsel Atık Yönetiminde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi: Bursa Analizi. *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg.*, doi:10.5505/pajes.2018.33603.

Poroy Z. , Salihoğlu G. , 2017. Katı Atık Yönetiminde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi. Ulusal Çevre, Deniz ve Kıyı Kirliliği Sempozyumu, UCEDKKS-2017, Ekim 2017, Bursa.

Salihoğlu G. , Poroy Z. , Salihoğlu K. , 2018. Bursa'da Kentsel Katı Atık Yönetiminin Çevresel Yükünün Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yöntemiyle Analizi. Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, 26-28 Ekim 2018, Aydın.