T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARINDA DEPO GAZI (LFG) YÖNTEMİ KULLANILARAK ENERJİ ELDESİ VE EDİRNE UYGULAMALARI

ERHAN ALTUNTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kenan KARAÇAVUŞ

EDİRNE-2021

ERHAN ALTUNTAŞ'ın hazırladığı "**DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARINDA DEPO GAZI (LFG) YÖNTEMİ KULLANILARAK ENERJİ ELDESİ VE EDİRNE UYGULAMALARI**" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalında bir **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:	İmza
Dr. Öğr. Üyesi Kenan KARAÇAVUŞ	……
Dr. Öğr. Üyesi Barış ÖZKAPI	……
Doç. Dr. Ceyhun KÖSE	……

Tez Savunma Tarihi:
29 /12/2021

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Kenan KARAÇAVUŞ
Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

03 / 12/ 2021
Erhan ALTUNTAŞ
İmza

Yüksek Lisans Tezi

DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARINDA DEPO GAZI (LFG) YÖNTEMİ KULLANILARAK ENERJİ ELDESİ VE EDİRNE UYGULAMALARI

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Geçtiğimiz yüzyılda atık kavramı istenmeyen, uzaklaştırılması gereken madde olarak tanımlanmasına rağmen yaşanan teknolojik gelişmeler, enerjiye karşı olan ihtiyaç ve ülkelerin yerli enerji üretimi politikaları doğrultusunda artık artık, enerji için hammadde olarak görülmektedir. Atıklar, uygun yöntemler ile enerji üretmede kullanılmasının yanı sıra oluşan gazların atmosferde serbest dolaşımını önler. Katı atıkları enerji üretimi için kullanmak aynı zamanda bu atıkların sebep olabileceği sera gazı etkisini azaltmak anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada enerji kayramı incelenmiş, enerji kaynaklarının genel sınıflandırılması yapılmıştır. Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının mevcut durumları hakkında bilgiler edinilmiştir. Türkiye'nin mevcut enerji üretimi kaynaklar dikkate alınarak incelenmiş olup Türkiye'nin enerji politikaları hakkında bilgiler verilmiştir.

Katı atık ile ilgili temel kavram ve katı atık kaynakları incelenmiş, ülkemizde katı atık bertarafı ve atık yönetimi hakkında temel bilgiler verilmiştir. Düzenli depolama, depo gazı, depo gazı oluşumu ve oluşan gazın miktarını hesaplama yöntemleri araştırılmış, bu modeller hakkında bilgiler verilmiştir.

Türkiye'de mevcut durumda bulunan biyokütle santralleri tespit edilip, üretimdeki durumu incelenmiştir. Çalışma bölgesi olan Edirne ili için depo gazı oluşumunu etkileyen faktörler göz önüne alınarak bölge hakkında bilgiler verilmiştir. EDİKAB faaliyet alanının atıkları gelir düzeyine göre sınıflandırılmış, katı atık kompozisyonları çıkarılmıştır. Çıkarılan bu kompozisyon ve bilinen yıllardaki atık miktarı ve oluşan gaz verileri kullanılarak USEPA LandGEM modeli ile 2037 yılına kadar oluşabilecek potansiyel gaz miktarları hesaplanmıştır. USEPA LandGEM modelinin sık kullanılan iki parametresi olan CAA ve AP-42 kullanılarak sonuçlar elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

Yıl : 2021

Sayfa Sayısı : 126

Anahtar Kelimeler : Katı atık, Yenilenebilir Enerji, Depo Gazı, Düzenli Depolama,

Master Thesis
ENERGY PRODUCTION USING LANDFILL GAS (LFG) METHOD IN REGULAR LANDFILL AREAS AND EDİRNE APPLICATIONS
Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences
Department of Aplied Science and Technology

ABSTRACT

Although the concept of waste was defined as an undesirable substance that needs to be disposed of in the last century, it is now seen as a raw material for energy in line with the technological developments, the need for energy and the domestic energy production policies of the countries. In addition to being used to energy production with appropriate methods, wastes prevent the free circulation of gases in the atmosphere. Using solid wastes for energy production also means reducing the greenhouse gas effect that these wastes may cause.

In this study, energy conservation has been examined and a general classification of energy resources has been made. Information about the current status of renewable and non-renewable energy sources was obtained. Turkey's current energy production has been examined considering the resources and information about Turkey's energy policies has been given.

The basic concept of solid waste and sources of solid waste were examined, and basic information about solid waste disposal and waste management in our country was given. Methods of calculating landfill, landfill gas, landfill gas formation and the amount of gas formed were investigated, and information about these models was given.

The existing biomass power plants in Turkey have been identified and their production status has been examined. Considering the factors affecting the landfill gas formation for the province of Edirne, which is the study area, information about the region is given. The wastes of the EDIKAB field of activity were classified according to their income level, and solid waste compositions were determined. Potential gas amounts that may occur until 2037 were calculated with the USEPA LandGEM model using this

composition, the amount of waste in known years and the gas data generated. The results were obtained and interpreted by using the two frequently used parameters of the USEPA LandGEM model, CAA and AP-42.

Year :2021

Number of Pages : 126

Keywords : Solid Waste, Renewable Energy, Landfill Gas, Landfill,

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında beni her anlamda yönlendiren, değerli zamanını bana ayıran ve her açıdan desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Kenan KARAÇAVUŞ'a teşekkür ederim. Tez hazırlama aşamasında ihtiyacım olan verileri sağladığı ve saha çalışmalarına imkân tanıdığı için Murat ERÜLKEN özelinde Atlas İnşaat A.Ş.'ye teşekkür ederim. Bu süreçte benden maddi manevi desteğini esirgemeyen sevgili eşime ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
KISALATMALAR VE SİMGELER DİZİNİ xiii
DENKLEMLER DİZİNİ xv
ŞEKİLLER DİZİNİ xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ xix
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2 5
ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI 5
2.2. Enerji Kaynakları 7
2.2.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları 7
2.2.1.1. Petrol 8
2.2.1.2. Kömür 9
2.2.1.3. Doğalgaz 10
2.2.1.4. Nükleer Enerji (Uranyum ve Toryum) 11
2.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları 12
2.2.2.1. Hidrolik Enerji 13
2.2.2.2. Güneş Enerjisi 14
2.2.2.3. Rüzgâr Enerjisi 15
2.2.2.4. Jeotermal Enerji 17
2.2.2.5. Gel-Git Enerjisi 18
2.2.2.6. Hidrojen Enerjisi 19
2.2.2.7. Biyokütle ve Atık Enerjisi 20

2.3. Türkiye'de Enerji 21
2.3.1. Türkiye'nin Mevcut Elektrik Enerji Üretimi 22
2.3.2 Türkiye'nin Enerji Politikaları 24
BÖLÜM 3 26
KATI ATIKLAR 26
3.1. Katı Atık Tanımı 26
3.1.2. Kaynaklarına Göre Katı Atıklar 27
3.1.2.1.Yerleşim Yeri Kaynaklı Katı Atıklar 28
3.1.2.2. Endüstriyel Kaynaklı Katı Atıklar 28
3.1.2.3.Ticari Kaynaklı Katı Atıklar 29
3.1.2.4. İnşaat ve Yıkım Alanları Kaynaklı Katı Atıklar 29
3.1.2.5. Belediye Hizmetleri Kaynaklı Katı Atıklar 29
3.1.2.6. Arıtma Tesisleri ve Sahaları Kaynaklı Katı Atıklar 29
3.1.2.7. Tarımsal ve Hayvansal Kaynaklı Katı Atıklar 30
3.1.2.8. Biyomedikal Kaynaklı Katı Atıklar 30
3.2. Katı Atık Yönetimi 30
3.2.1. Atık Yönetiminin Amaçları 33
BÖLÜM 4 35
DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARI VE DEPO GAZI 35
4.1. Düzenli Depolama 36
4.1.1. Depo Gazı Bileşimi ve Özellikleri 37
4.2. Depo Gazı Oluşumu 38
4.2.1. Depo Gazı Üretimini Etkileyen Faktörler 41
4.3. Depo Gazı Hesaplama Yöntemleri 43
4.3.1. Yaklaşık Tahmin Modeli 43
4.3.2. Test Kuyuları Modeli 44
4.2.3. Sübstratların Ayrışma Denklemi Modeli 44
4.2.4 Matematiksel Modeller 44
4.2.4.1. Palos Verdes Modeli 45
4.2.4.2 Sheldon Arleta Modeli 45
4.2.4.3. Scholl Canyon Modeli 45
4.2.4.4. Emcon Modeli 46
4.2.4.5. Pasifik Gaz ve Elektrik Kinetik Modeli 46
4.2.4.6. Tabasaran/Rettenberger Modeli 47

4.2.4.7. USEPA LandGEM Modeli 47
4.3. Depo Gazını Toplamak Ve Kullanmak İçin Kullanılan Mühendislik Yöntemleri 48
4.3.1. Gaz Toplama Kuyuları 48
4.3.2 Gaz Körüğü (Blower) 49
4.3.3. Yakma Sistemleri (Flare) 50
4.3.4. Gaz Depolama Alanı (Dom) 51
4.3.5. Gaz Tribünleri 52
4.4. Depo Gazı Kullanım Teknolojileri 52
4.4.1. Direkt Isıtma 53
4.4.2. İçten Yanmalı Gaz Motoru İle Elektrik ve Isı Üretimi 53
4.4.3. Boru Hattı Kalitesinde Saflaştırma 54
4.5. Biyolojik Dönüşüm Sistemleri 54
4.5.1. Anaerobik Çürütme 54
4.5.2. Anaerobik Çürütme Teknikleri 55
4.5.2.1. Kuru İşlem 55
4.5.2.2. Islak İşlem 56
4.5.2.3. İki Aşamalı İşlem 56
4.5.3. Anaerobik Kompostlaştırma 57
BÖLÜM 5 58
TÜRKİYE'DE DEPO GAZINDAN ENERJİ ÜRETİMİ VE EDİRNE ÖRNEĞİ 58
5.1. Türkiye'de Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretimi 58
5.1.1. Türkiye Genelindeki Biyokütle Santralleri 59
5.2. Edirne Hakkında Bilgiler 67
5.2.1. Edirne İklim Koşulları 67
5.2.1.1. Yıllık Yağış Miktarı 69
5.2.1.2 Sıcaklık Şartları 69
5.2.2. Edirne İlinde Bulunan Kentsel Katı Atık Birlikleri Ve Nüfus Dağılımları 70
5.2.2.1 Edirne Katı Atık Birliği (EDİKAB) 72
5.2.2.1.1. EDİKAB Bölgesi Kişi Başına Atık Miktarı Üretimi Ve Gelecek Yıllar İçin Nüfus Tahmini 73
5.2.3. EDİKAB Bölgesi Atık Karakterizasyonunun Bölgelere Göre Dağılımı 75
5.2.3.1. Yüksek Gelirli Bölgelerin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri 77
5.2.3.2. Orta Gelirli Bölgelerin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri 80

5.2.3.3. Düşük Gelirli Bölgelerin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri 81
5.2.3.4. Lalapaşa Belediyesi Bölgesinin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri 83
5.2.3.5. Havsa Belediyesi Bölgesinin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri 84
5.2.3.6. İl Özel İdare'ye Bağlı Köylerin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizi 86
5.3. Deponi Alanı Dolum Süresi Analizleri 87
5.3.1. USEPA LANDGEM Modeli İle Gaz Üretim Tahmini 90
5.3.1.1. CAA Parametreleri İle Depo Gazı Üretim Tahmini 90
4.3.1.2. AP-42 Parametreleri İle Depo Gazı Üretim Tahmini 91
5.3.1.3. Tesise Uygun Parametre Seçimi İle Depo Gazı Üretim Tahmini 92
5.4. Elektrik Üretimi 93
5.4.1. Oluşturulan Modellemeler Sonucu Elektrik Üretim Tahminleri 95
BÖLÜM 6 97
SONUÇ VE ÖNERİLER 97
KAYNAKLAR 100
ÖZGEÇMİŞ 107

KISALATMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CAA	: Clean Air Act
CH_4	: Metan
CO	: Karbon Monoksit
CO_2	: Karbondioksit
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
DOC	: Ayrıştırılabilir Organik Karbon
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
EDİKAB	: Edirne Katı Atık Birliği
Fv	: Fotovoltaik
GÜNEKAB	: Güney Edirne Katı Atık Birliği
Hz	: Hertz
K	: Metan Üretim Hızı Sabiti
KKA	: Kentsel Katı Atık
KW	: Kilowatt
Kcal	: Kilokalori
Km	: Kilometre
Kg	: Kilogram
LandGEM	: Landfill Gas Emission Model
LOT	: Depo Alanı İçinde Planlı Bölünmüş Kısım
L_0	: 1 Ton Atıktan Üretilebilecek Tahmini Metan Kapasitesi
m^3	: Metreküp
Mm	: Milimetre
M.Ö.	: Milattan Önce

MW	: Megawatt
MWe	: Megawatt Elektrik
N	: Azot
NH_3	: Amonyak
NMOC	: Non Methane Organic Compounds
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
O_2	: Oksijen
OREKAB	: Orta Edirne Katı Atık Birliği
pH	: Power of Hydrogen
Rpm	: Revolutions Per Minute
SO_4	: Sülfat
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
USEPA	: United States Environmental Protection
U235	: Uranyum 235
YEKDEM	:Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
%	: Yüzde

DENKLEMLER DİZİNİ

Denklem 4.1. Sübstratların ayrışma denklemi modeli 19

Denklem 4.2. Palos Verdes modeli depo gazı 1. basamak tahmin denklemi 45

Denklem 4.3. Palos Verdes modeli depo gazı 2. basamak tahmin denklemi 45

Denklem 4.4. Sheldon Arleta modeli ile depo gazı tahmin denkelemi 45

Denklem 4.5. Scholl Canyon modeli ile depo gazı tahmin denlemi 45

Denklem 4.6. Emcon modeli ile depo gazı tahmin denlemi 46

Denklem 4.7. Tabasaran/Rettenberger modeli ile depo gazı tahmin denlemi 47

Denklem 4.8. Usepa Landgem modeli ile depo gazı tahmin 47

Denklem 4.9. Anaeorobik çürümede biyokimyasal reaksiyon denklemi 54

Denklem 5.1. Aritmetik artış yöntemi ile nüfus artış tahmini 74

Denklem 5.2. Yıllık kişi başı atık üretimi 74

Denklem 5.3. Kojenerasyon sistemin elektrik üretim yüzdesi 96

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Enerji kaynaklarına göre sınıflandırılması (Koç & Şenel, 2013) 6

Şekil 2.2. Normal bir petrol rezervuarı (Okandan, 2006) 8

Şekil 2.3. Hidroelektrik santrali çalışma prensibi (Encazip, 2021)..... 14

Şekil 2.4. Rüzgâr türbini çalışma şeması (Demir, 2019) 17

Şekil 2.5. Çift pervaneli gel-git türbinleri (Şimşek, 2005)..... 19

Şekil 2.6. 2020 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı (TEİAŞ, 2021) 23

Şekil 2.7. 2010 Ve 2020 yılları için kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü (TEİAŞ, 2021) 23

Şekil 3.1. Kentsel katı atıkların sınıflandırılması..... 28

Şekil 4.1. Depo gazı zamanla değişimi ve gaz oluşum fazları..... 40

Şekil 4.2. Depo gazı toplama sistemi 48

Şekil 4.3. Yatay gaz toplama kuyusu ve ana hat bağlantısı 49

Şekil 4.4. Gaz körüğü..... 50

Şekil 4.5. Flare baca..... 51

Şekil 4.6. Dom 52

Şekil 4.7. Depo gazı kullanım sistemi..... 53

Şekil 4.8. Kuru tip anaerobik çürütme prosesi (Heide & Eisma, 1997)..... 55

Şekil 4.9. Islak işlem anaerobik çürütme süreci (Heide & Eisma, 1997) 56

Şekil 5.1. 2021 Yılı Türkiye biyogaz kurulu güçlerinin kaynaklarına dağılımı 67
Şekil 5.2. Edirne yıllık yağış miktarı (MGM 2021)..... 69
Şekil 5.3. Edirne ili aylık ortalama sıcaklık değerleri 1930-2020 (MGM, 2021)..... 70
Şekil 5.4. Edirne ili ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri (MGM, 2021) . 70
Şekil 5.5. Edirne ilinde bulunan katı atık birlikleri faaliyet alan sınırları..... 71
Şekil 5.6. Edirne merkez ve ilçeleri nüfus dağılımları 2020 (Nufuse, 2021) 71
Şekil 5.7. Edirne nüfus yoğunluğunun katı atık birliklerine göre alanlarına dağılımı 72
Şekil 5.8. EDİKAB faaliyet alanının bölgelere göre atık miktarı dağılımı..... 76
Şekil 5.9. Sahaya gelen atıkların ayrıştırılması..... 77
Şekil 5.10. Yüksek gelirli bölge yaz mevsimi atık kompozisyonu..... 78
Şekil 5.11. Yüksek gelirli bölge kış mevsimi atık kompozisyonu..... 79
Şekil 5.12. Yıllık bazda yüksek gelirli bölgenin atık kompozisyonu 79
Şekil 5.13. Orta gelirli bölgenin yaz atık kompozisyonu..... 80
Şekil 5.14. Orta gelirli bölgenin kış atık kompozisyonu..... 80
Şekil 5.15. Orta gelirli bölgenin yıllık atık kompozisyonu..... 81
Şekil 5.16. Düşük gelirli bölgenin yaz atık kompozisyonu 82
Şekil 5.17. Düşük gelirli bölgenin kış atık kompozisyonu 82
Şekil 5.18. Düşük gelirli bölgenin yıllık atık kompozisyonu..... 83
Şekil 5.19. Lalapaşa Belediyesi Yaz Atık Kompozisyonu 83
Şekil 5.20. Lalapaşa Belediyesi Kış Atık Kompozisyonu 84
Şekil 5.21. Lalapaşa Belediyesi Yıllık Atık Kompozisyonu..... 84
Şekil 5.22. Havsa Belediyesi Yaz Atık Kompozisyonu..... 85
Şekil 5.23. Havsa Belediyesi Kış Atık Kompozisyonu..... 85

Şekil 5.24. Havsa Belediyesi Yıllık Atık Kompozisyonu 86
Şekil 5.25. Köyler Bölgesinin Yaz Atık Kompozisyonu 86
Şekil 5.26. Köyler Bölgesinin Kış Atık Kompozisyonu 87
Şekil 5.27. Köyler Bölgesinin Yıllık Atık Kompozisyonu 87
Şekil 5.28. Edirne Deponi Sahası Detaylı Uydu Görünümü 88
Şekil 5.29. CAA Parametreleri Kullanılarak Oluşan Depo Gazı Ve Metan Gazı Tahminleri 91
Şekil 5.30. AP-42 Parametreleri Kullanılarak Oluşan Depo Gazı Ve Metan Gazı Tahminleri 92
Şekil 5.31. Tesise Uygun Parametre Sonucu Oluşan Gaz Miktarları 93
Şekil 5.32. Gaz Motoru Ve Alternatör 94
Şekil 5.33. USEPA LandGEM Modeli İle 3 Farklı Parametreye Göre Elektrik Üretimi Tahmini 96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. 2010 Ve 2020 yılları için Türkiye'nin kaynaklar bazında kurulu güçleri ve oranları (TEİAŞ, 2021) 24

Çizelge 3.1. Depo gazı bileşimi ve özellikleri 37

Çizelge 5.1. 2020 yılı sonu itibariyle kaynak bazında kurulu güç ve üretim değerleri (EPDK, 2020) 59

Çizelge 5.2. 2021 yılı Türkiye'de bulunan biyogaz santralleri (EDPK, 2021) 60

Çizelge 5.3. Edirne'ye ait mevsim normalleri yıllık ortalama değer 68

Çizelge 5.4. Edirne iklim sınıflandırması 68

Çizelge 5.5. Kasım 2017- Ekim 2018 tarihleri arasında tesise gelen aylık atık miktarları 73

Çizelge 5.6. Nüfus artışına göre hesaplanan 2017-2037 atık miktarı(ton) ve kümülatif atık miktarı(ton) 75

Çizelge 5.7. Binevler mahallesinden gelen atık bileşenleri analiz sonucu 77

Çizelge 5.8. Deponi alan LOT 1 hakkında matematiksel veriler 89

Çizelge 5.9. CAA ve AP-42 Parametreleri (Taşkan, 2001) 90

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı artışı ve ülkelerin sanayileşme hamleleri enerjiye olan ihtiyacın giderek artmasına neden olmaktadır. Üretimin en önemli faktörü olan enerji, aynı zamanda toplumun ekonomik ve sosyal kalkınma durumunu doğrudan etkileyen başlıca belirleyici unsurlardan birisidir. Bu açıdan bakıldığında enerji tüketimi ile toplumların refah düzeyleri arasında, birbirine paralel ilerleyen bir ilişki olduğu görülmektedir (Yılmaz, 2012).

Yaşamın devamlılığı için gerekli olan enerji; mekanik, kimyasal, nükleer, termal, hidrolik, rüzgâr, güneş, biyokütle, elektrik enerjisi gibi değişik şekillerde bulunabilmekte ve uygun yöntem ve metot ile birbirlerine dönüştürülebilmektedir. Enerji kullanışlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez birbirlerine dönüştürülebilirliklerine göre ise birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır. Yakın bir gelecekte ömürlerinin biteceği tahmin edilen yenilenemez enerji kaynakları, fosil ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere iki farklı gurupta sınıflandırılmaktadır. Yaşamanın ve dünyanın var olduğu süre zarfında varlığını sürdürecek ve kendisini sürekli yenileyebilecek olan kaynaklar ise yenilenebilir enerji kaynaklarını olarak ifade edilmektedir (Koç & Kaya, 2015).

Tüm bu enerji kaynakları içerisinde katı atığın diğer enerji kaynaklarından ayıran özellikleri bulunmaktadır. Yaşamın olduğu her yerde atığın da olduğu gerçektir. Oluşan bu atıkların bertarafı ekosistem için çok önemlidir. Bu bağlamda katı atıktan enerji eldesinin en eski ve bilinen yöntemi olan düzenli depolama dâhil tüm yöntemler katı atıkların bertarafını garanti etmektedir.

1999'da Dünya Bankası, Asya için bir atık miktarları ve bileşimi ile birlikte What a Waste: Solid Waste Management in Asia'yı (Katı Atık Tanımı ve Asya'da Katı Atık Yönetimi) isimli kapsamlı bir katı atık ve yönetimi konulu rapor yayınladı (Hoornweg & Thomas, 1999). Aradan geçen 20 yılı aşkın sürede, dünyanın çoğu bölgesi için daha doğru ve kapsamlı veriler elde edildi. OECD de bu bağlamda bir dizi rapor ve faaliyete imza atmıştır. OECD ülke tahminleri tipik olarak güvenilir ve tutarlıdır - bunlara Çin ve Hindistan için kapsamlı çalışmalar ve Pan-Amerikan Sağlık Örgütü'nün Latin Amerika için yaptığı çalışmalar da eklendiğinde, küresel bir katı atık sorunsalının kavramsal zemine oturtulduğunu söylemek mümkündür. Bu nedenle, 1999 raporunun küresel bir güncellemesi olarak kabul edilebilecek bu çalışmalar ile birlikte, küresel bir mesele olan ve yönetilmesi son derece zor olan bir alana yönelim sağlanarak, çeşitli yol haritaları ve çözüm mekanizmalarının geliştirilmesi sağlanmış ve bir dizi organizasyonel adımlar atılmak suretiyle, bu sorunların çözümüne dair geniş bir konsensüs elde edilmiştir (Asomani-Boateng & Haight, 1999).

Belediyelerin özellikle birer yerel hizmet aktörü olarak katı atık yönetiminde son derece önemli görevleri bulunmaktadır. Belediyelerin, atıkları ayakaltından almak ve bunu ekonomik, sosyal ve çevresel olarak mümkün olan en uygun şekilde dönüştürmek, tabii görevleri olmakla birlikte, küresel organizasyon ve hükümetlerin belirlediği kanun ve yönetmeliklerce, sistematik bir şekilde bu yönetimi gerçekleştirmeleri hayati önem taşıyabilmektedir. Katı atık yönetimi çoğunlukla yerel yönetimlerin sorumluluğundadır ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde genellikle en büyük bütçe kalemidir. Katı atık yönetimi ve sokak temizleme de genellikle şehrin en büyük istihdam kaynağıdır (Achankeng, 2003). Ek olarak, katı atık en zararlı yerel kirleticilerden biridir, toplanmayan katı atıklar genellikle yerel sellere, hava ve su kirliliğine en çok katkıda bulunanlardır. Bununla birlikte, yerel atık yönetimi yetkililerinin katı atığın entegre ve ıslahı üzerinde yapacakları tasarruf, toplumsal bir konudur. Çünkü sadece katı atık toplama ve temizleme değil, aynı zamanda sonraki süreçlerin doğru bir şekilde yönetilmesi de son derece önemlidir. Belediye katı atık yönetimi yoğun bir hizmettir. Belediyelerin satın alma, sözleşme yönetimi, profesyonel ve çoğunlukla sendikalı işgücü yönetimi ile sermaye ve işletme bütçeleme ve finans konularında süregelen uzmanlığa ihtiyacı vardır. Katı atık, ayrıca belediye ve toplum arasında güçlü bir sosyal sözleşme gerektirir. Tüm bu beceriler, diğer belediye hizmetleri için önkoşuldur.

Günümüzde katı atıklar özellikle gelişmiş ülkelerde ya da hiç gelişmemiş ülkelerde kayda değer bir miktar olarak ön plana çıkmaktadır. Çin gibi ülkelerde, üretim ve nüfusa bağlı olarak ve de aynı zamanda tüketime paralel olarak çok yoğun katı atık üretimi meydana gelirken, "Avrupa'nın çöplüğü" olarak adlandırılan sahra altı ülkelerde ise, hükümetlerin katı atık kabul anlaşmaları bağlamında Avrupa ve diğer gelişmiş ülkelerdeki atıkların, ülkelerinde depolanması ve ıslahını kabul etmelerinden dolayı, yoğun katı atık birikimi söz konusudur (City of Cape Town, 2008). 2004 yılında Çin, dünyanın en büyük atık üreticisi olarak ABD'yi geçti. 2030'da Çin, muhtemelen ABD'den iki kat daha fazla kentsel katı atık üretecek noktaya gelmesi beklenmektedir. Türkiye de hem Çin gibi üretimin ve tüketimin artmasından kaynaklanan bir durumdan dolayı ve hem de Hollanda, Belçika, Almanya ve Fransa gibi ülkelerden katı atık ve çöp ıslahı anlaşmalarından dolayı, deyim yerindeyse bir "katı atık cenneti" olarak kabul edilmektedir (Karasu, 2013).

Katı atık, şehirleşme ve ekonomik kalkınma ile ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır. Ülkeler kentleştikçe ekonomik zenginlikleri artar. Yaşam standartları ve harcanabilir gelirler arttıkça, mal ve hizmetlerin tüketimi artar, bu da üretilen atık miktarında buna karşılık gelen bir artışa neden olur. Bir araştırmaya göre küresel olarak her yıl yaklaşık 1,3 milyar ton katı atık veya 1,2 kg/kişi/gün üretildiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, ülkeler, şehirler ve hatta bölgeler arasında atık üretim oranlarında önemli farklılıklar olduğundan, kişi başına düşen fiili oranlar oldukça değişkendir (Aracıoğlu & Tatlıdil, 2009).

Katı atık genellikle 'kentsel' bir sorun olarak kabul edilir. Kırsal alanlarda atık üretim oranları çok daha düşük olma eğilimindedir, çünkü ortalama olarak sakinler genellikle daha yoksuldur, daha az mağazadan satın alınan ürün satın alırlar (bu da daha az paketleme ile sonuçlanır) ve daha yüksek yeniden kullanım ve geri dönüşüm seviyelerine sahiptir. Bugün dünya nüfusunun yüzde 50'den fazlası şehirlerde yaşıyor ve şehirleşme oranı hızla artıyor. 2050 yılına kadar, şehirlerde yaşayan nüfusun, 2000 yılında tüm dünya nüfusu kadar olması beklenmektedir (OECD, 2008). Bu da atıkların bertaraf edilmesini zorlaştıracaktır. Vatandaşların ve şirketlerin atık üretimi ve bertarafı, özellikle ürün tasarımı ve atık ayrımı konusunda muhtemelen daha fazla sorumluluk üstlenmesi

gerekecek. Ayrıca, metal ve kâğıt gibi en büyük malzeme kaynağı şehirlerde bulunabileceğinden, 'kentsel madencilik'e daha fazla vurgu yapılması muhtemeldir.

Atık, esas olarak, dünya ekonomilerinin çoğunu yönlendiren tüketici temelli yaşam tarzlarının bir yan ürünüdür. Çoğu şehirde, atık hacimlerini azaltmanın en hızlı yolu, ekonomik faaliyeti azaltmaktır ki bu da küresel ve kapitalist dünyada pek de başvurulabilecek bir yöntem olarak görülemez. Katı atık, yoğun kaynak, tüketici temelli bir ekonomik yaşam tarzının en görünür ve zararlı yan ürünüdür. Sera gazı emisyonları, su kirliliği ve endokrin bozucular, kentsel yaşam tarzlarımıza benzer "yan etkilerdir". Günümüzün küresel ekonomik yapısının uzun vadeli sürdürülebilirliği bu yazının kapsamı dışındadır. Bununla birlikte, katı atık yöneticilerinin katı atığın küresel bağlamını ve bunun ekonomilerle ve yerel ve küresel kirlilikle olan bağlantılarını göz önünde bulundurmaları gerekir (Bozkurt, 2012).

Bu çalışma, genel olarak katı atık kavramı, katı atıktan enerji eldesi ve kapsamına dair önemli literatür derlemelerine ve veri analizlerine yer vererek değerlendirme yapmak ve ilerisi için bir çözüm önerisi sunmak amacı ile yapılan bir çalışmadır. Çalışmanın amacı, katı atık kavramını, yönetimi, yönetimindeki aktör ve bu aktörlerin görevlerini tanımlayarak bir literatür alanı oluşturmak ve mevcut literatürü genişletmektir. Çalışmada kavramsal çerçeveler oluşturulduktan sonra, katı atıktan enerji üretme uygulamaları bağlamında Edirne ili örneği üzerinden bir analiz uygulamasına da yer verilmiştir.

BÖLÜM 2

ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI

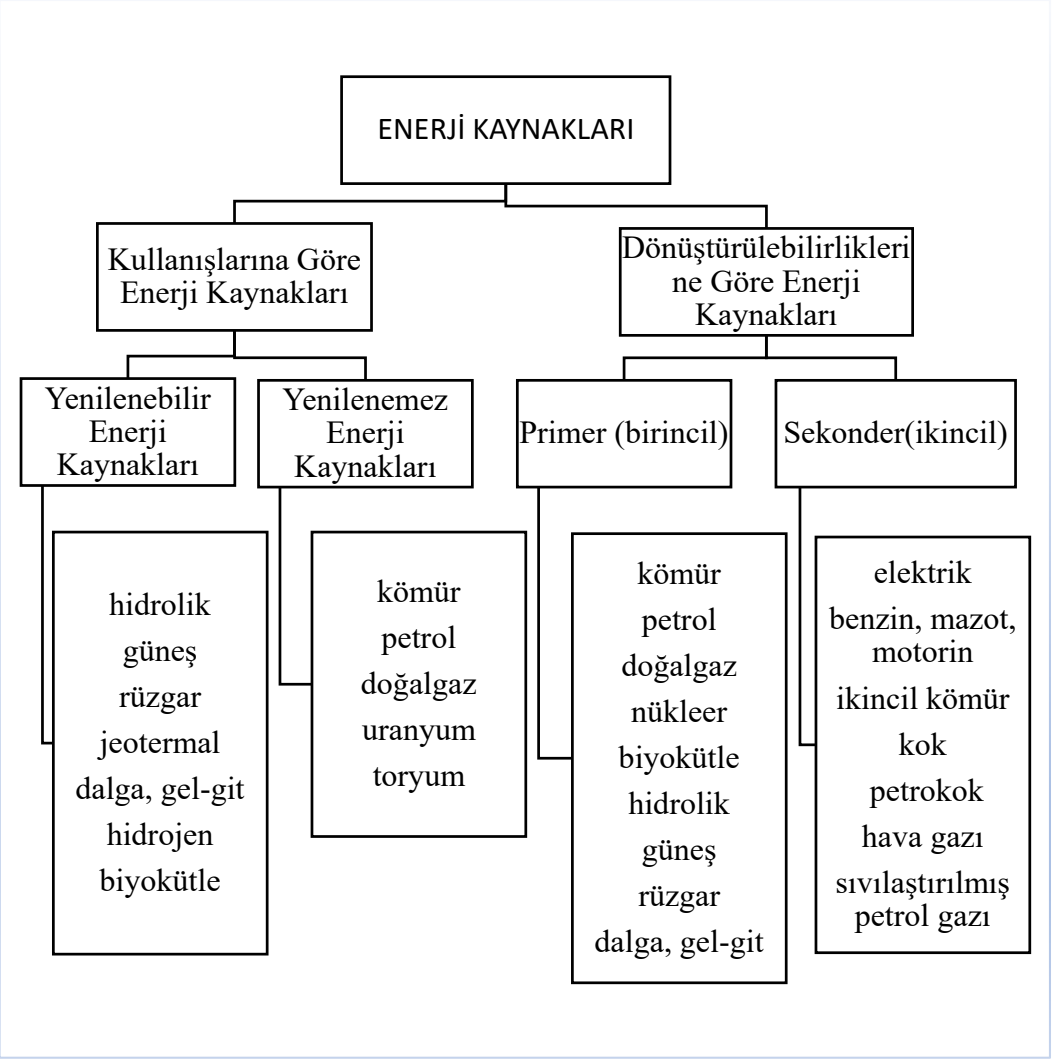
2.1. Enerji Ve Enerjinin Genel Sınıflandırılması

Yıldız enerjiyi : "Enerji, eyleme geçmeyi ve tepki göstermeyi olanaklı kılan güç; belirli bir eyleme yönelik istek, kuvvet, manevi güç; fiziksel bir sistemi ayırt eden, sistemin bütün iç dönüşümleri sırasında aynı değeri koruyan (korunum yasası) ve sistemin etkileşime girdiği diğer sistemleri değişikliğe uğratma yeteneğini ifade eden büyüklük; potansiyeli olan bir fiziksel sistemin görüngübilimsel kiplerinden her biri; enerji üretiminde yararlanılan doğal kaynakların tümü gibi ansiklopedik tanımlarla ifade edilebilir" şeklinde tanımlamaktadır (Yıldız, 2006).

Günlük hayatımızın her alanında ve gerçekleştirilen her etkinlikte insanın en önemli gereksinimi enerjidir. Yaşamın bu denli vazgeçilmez bir unsuru olan enerjinin üretiminde de belirli zorluk ve dengeler bulunmaktadır. Yeterli düzeyde ve çevresel açıdan sorun teşkil etmeyecek şekilde enerji üretimi bu zorluk ve dengelerin en önemlisidir.

Enerji kavramı fiziksel olarak bir nesnenin ya da sistematik bir şekilde bir araya gelmiş nesnelerin iş yapabilme yeteneğidir. Enerji dünyamızda hali hazırda bulunmakta ve enerjinin korunumu ilkesine göre yoktan var edilemez ve var olan enerji yok edilemez; ancak bir formundan başka bir forma dönüştürülebilir. Enerjiyi dönüştürülebilirliklerine göre primer ve sekonder olarak; kullanışlarına göre fosil/yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak genel bir sınıflandırma yapmamız mümkündür. Fosil enerji kaynakları çevresel etkileri göz önüne alındığında canlılara zararları yenilenebilir enerji

kaynaklarına göre kat kat daha fazladır. Özellikle gelişmiş sanayiye sahip ülkeler enerjiye olan ihtiyaçlarını karşılayabilmek için fosil enerji kaynaklarını kullanmayı tercih ederler. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri ve diğer sanayileşmiş ülkelerde enerjiye olan talebi karşılamakta kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlar büyük pay sahibidir. Bu devletler için önemli olan enerji üretiminde esnasında meydana gelen çevresel zararlar değil, enerjinin kullanıcıya ulaştırılmasıdır (Geller, 2002, s.1).



Şekil 2.1. Enerji kaynaklarına göre sınıflandırılması (Koç & Şenel, 2013).

2.2. Enerji Kaynakları

Yaşamın başladığı ilk dönemlerde enerji, insanoğlunun en temel ihtiyaçlarından birisi olan ısınma amaçlı kullanılırdı. Zaman içerisinde toplumların gelişmesi, nüfus artışı ve toplumların birbiri ile rekabeti sonucu farklı enerji kaynaklarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sadece ısınma amaçlı kullanılan enerji artık birbirinden farklı formatlarda ve kullanım alanlarında karşımıza çıkmaya başlamıştır. Zaman içerisinde enerji çeşitliği ve miktarı toplumların refah seviyesini ve ekonomilerini doğrudan etkilemeye başlamıştır.

Toplumların refah düzeylerini ve gelişmişlikleri ile doğru orantılı olan enerji insanlar için vazgeçilmez bir hale gelmiştir. Hayatımızın her alanında ihtiyaç duyduğumuz enerjinin hayatımızda olmaması insanlar için ciddi sorun ve durağanlık teşkil etmektedir. Bu nedenle enerji kaynaklarının devamlılığı ve ulaşılabilir olması yaşamımız için önemlidir.

Enerji kaynaklarını kullanışlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak sınıflandırmak mümkündür (Şekil 2.1). Yenilenebilir enerji kaynakları zaman içerisinde tükenmeyen ve yaşam boyunca devamlığı olan enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr, hidrolik, biyokütle gibi enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları ise adından da anlaşılacağı gibi sonu olan enerji kaynakları olup bunlar kömür, petrol, doğalgaz gibi enerji kaynaklarıdır.

2.2.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları

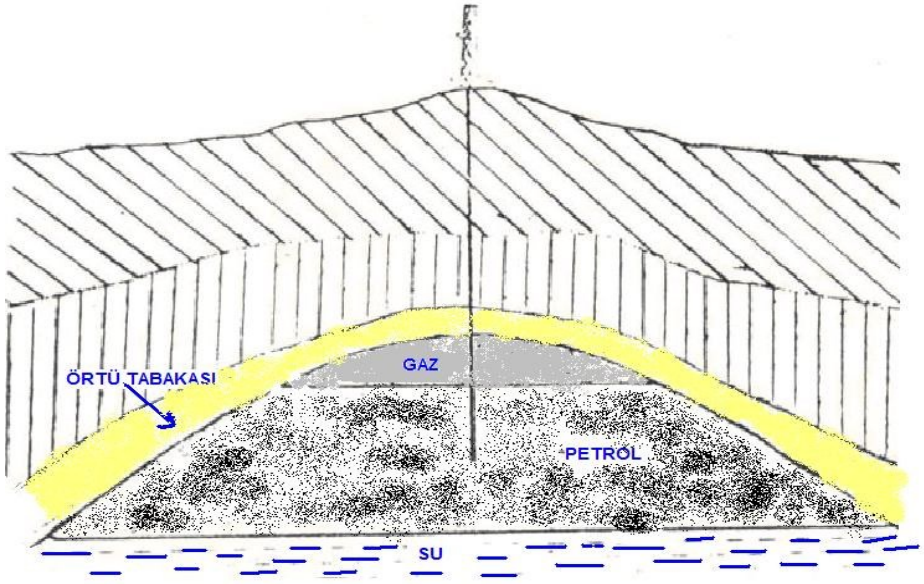
Yeniden üretilemeyen ya da doğanın yeniden oluşturabileceğinden çok daha hızlı tüketilen enerji kaynaklarına yenilenemez enerji kaynakları denilmektedir. Bu tür enerji kaynakları dünyada rezerv olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple tükenebilir enerji kaynaklarıdır. Petrol, kömür, doğalgaz ve nükleer enerji bu kaynak gurubunda yer almaktadır. Şekil 2.1'de kaynaklarına göre enerji sınıflandırması yapılmıştır.

Günümüzde yenilenemez enerji kaynakları enerji üretiminde önemli bir paya sahiptir. Gelişen teknoloji, sanayi ve nüfus artışı ile birlikte yenilemez enerji kaynaklarının tüketim hızında artış olmaktadır. Bu kaynakların tüketiminin hızlanması

rezervlerinin de hızla azalmasına neden olmaktadır. Bu kaynakların hızla tükenmesi eğer alternatif yöntemler ve önlemler alınmaz ise yakın bir gelecekte ciddi sorunlar ile karşı karşıya kalabileceğimizi göstermektedir.

2.2.1.1. Petrol

Kelime kökü olarak petrol petra ve oleum kelimelerinin bir araya gelmesi ile oluşmuştur. Petro: kaya, oleum: yağ anlamına gelmektedir. Günümüzden milyonlarca yıl önce denizde yaşayan canlıların ölmesi sonucu bu yaşamını yitiren canlılar deniz tabanında birikmiş ve uygun şartların oluşmasıyla fosiller oluşmuştur. Deniz tabanında oluşan bu katmanlar orojenez ile birlikte deniz içerisinden yükselmesi sonucu karalar oluşmuş bu kara parçalarının içinde sıkışan fosiller sıcaklık ve basınç etkisiyle birbirinden yağ ve gaz olarak ayrışmış; yağ katmanlarından petrol, gaz kısmından ise doğalgaz oluşmuştur. Günümüzde dünyanın farklı yerlerinde birçok petrol havzası bulunmaktadır. Klasik bir petrol rezervuarı Şekil 2.2'de gösterilmiştir (Yıldız, 2006).



Şekil 2.2. Normal bir petrol rezervuarı (Okandan, 2006).

Milattan önce 450'li yıllarda Yunan adalarında petrol sızıntıları görülmüş ve insanoğlu petrol ile tanışmıştır. Petrol eldesi ilk yıllarda ilkel yöntemler ile yapılmış ve şu andakinden farklı olarak kullanılmıştır. İlk yıllarında petrol ilaç olarak ve özellikle

deniz taşıtlarında yalıtım malzemesi olarak kullanılmıştır. Sonraki dönemlerde ise asfalt ve yağ üretiminde kullanılmaya devam edilerek günümüze kadar gelmiştir (Yıldız, 2006).

Petrol rezervleri dünyada homojen yayılmamış, belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Ortadoğu petrol rezervlerinin en zengin bölgesidir. Ortadoğu bölgesinden sonra rezervi en yüksek bölgeler Güney Amerika ve Afrika kıtasıdır. Petrol rezervlerinin bu bölgelerde bulunmasına karşın dünyada petrolü en çok kullanan bölgeler Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'dır. Bunun sebebi gelişmişlik ile enerji ihtiyacının paralel doğrultuda ilerlemesidir.

Geçtiğimiz yüzyılın en önemli enerji kaynağı petrol olmuştur. 1970'lerin sonu 1980'lerin başında dünya çapında yaşanan petrol krizi, enerji santrallerinin ihtiyacını karşılanmamasına neden olmuş ve ülkeleri çeşitli önlemler ve yollar izlemeye yönlendirmiştir. Enerji arz talep dengesinin bozulması ülkeleri enerji kısıtlamalarına ve alternatif enerji kaynaklarına yönlenmesine sebebiyet vermiştir.

Petrolün belirli bölgelerde çıkması petrol ihtiyacı olan ülkelere ulaştırılması ekonomik ve çevresel açıdan sorun teşkil etmektedir. Ayrıca enerji ihtiyacında petrolü olmayan ülkeleri dışa bağımlı hale getirmektedir. Taşınmasından enerji üretimine kadar olan basamaklarda da ciddi bir karbon ayak izi oluşturmaktadır. Petrol günümüzde hala en önemli enerji kaynağı olmasına rağmen yenilenemez yani sonlu bir enerji kaynağı olduğu için ve çevresel faktörler de göz önüne alındığında yakın gelecekte öneminin kaybetmesi mümkün görülmektedir.

2.2.1.2. Kömür

İlk çağlardan itibaren toplumların gelişmişlik düzeyini belirleyen en önemli faktörlerin başında enerji gelmektedir. Günümüzde hayatımızın her alanında ihtiyaç duyduğumuz enerjiyi elde ederken uygun maliyetli sürekli ve sürdürülebilir olması çok önemlidir. Dolayısıyla enerji kaynaklarının önemi gitgide artmaktadır (Kavaz, 2019).

Kömür petrolden farklı olarak dünyanın belirli bölgelerinde yoğunlaşmamış aksine dünyanın çoğu yerinde bulunan bir madendir. Kömür madenine sahip ülkeler sahip oldukları bu kaynakları enerjiye olan gereksinimlerinden dolayı işlevsiz durumda bırakmamış ekonomiye kazandırma girişimlerinde bulunmuşlardır. Ancak petrolde de

olduğu gibi kömürde de madenler arası farklılıklar mevcuttur. Kömür kalitesini belirleyen en önemli etmenler içeriğindeki zengin karbon ve düşük nem miktarıdır. Karbon miktarının %60 ve daha az olanlarına turba %70 civarında karbon içeren kömür cinsine linyit %80-90 civarında karbon içeren cinsine kok ve %90 dan fazla karbon içeriyor ise de antrasit olarak adlandırılır.

Günümüzde alternatif enerji kaynaklarına yönelim ve yatırım artmasına rağmen enerji üretiminde en büyük pay fosil yakıtlara aittir. Kömür elektrik üretiminden ısınmaya metal sanayisine kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Küresel elektrik üretiminin yaklaşık %38'i kömür tarafından karşılanmaktadır. Önümüzdeki 20 yılda elektrik üretimindeki payının düşeceği ancak yine de %30 olacağı beklenmektedir. Kömür hem rezerv ömrü hem maliyeti hem de ulaşılması daha kolay olduğu için enerji üretimindeki payı yüksektir. Ancak kömür enerji üretimi sonrası ardında ciddi olumsuz çevresel etkiler bırakmaktadır. Bu etkilerin başında hava kirliliği ve sera etkisi gelmektedir. Ayrıca kömür madenciliği ve tüketiminde açığa çıkan karbon emisyonlarının küresel ısınmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir (Kavaz, 2019).

2.2.1.3. Doğalgaz

1970-1980 yılları arasında meydana gelen petrol krizinden sonra ülkeler alternatif enerji kaynakları arayışına girmiş ve doğalgaz, petrole alternatif bir enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tıpkı petrol gibi doğalgaz da dünyada homojen değildir. Belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Bu da nakliye sorunlarını ortaya çıkarmış bu konuda ülkeler çeşitli anlaşmalar yapmış, dünyanın belirli bölgelerinde ihtiyaç doğrultusunda boru hatları oluşturulmuştur.

Doğalgaz ilk başlarda elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılmış ancak çeşitli tepkilere neden olmuş bu sebeple elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasına çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir. Termik santrallere göre daha çevreci olması ve işletim kolaylığından dolayı bu kısıtlamalar sonradan kaldırılmıştır. Bu kısıtlamaların kalkması ile teknolojik gelişmeler baş göstermiş ve bu sahada ilerlemeler görülmüştür (Okandan, 2006).

Günümüzde doğalgaz konut ısınmasından sanayiye kadar birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Diğer fosil enerji kaynaklarına göre kısmen daha çevreci ve enerji verimliliği yüksek bir enerji kaynağıdır. Bu da doğalgaza olan ilgi ve talebin giderek artmasına neden olmuştur.

2.2.1.4. Nükleer Enerji (Uranyum ve Toryum)

Bu enerji kaynağı ilk olarak 16 Temmuz 1945 tarihinde ABD'nin New Meksiko eyaletinde denenmesine karşın, dünya nükleer enerji kavramı ilk olarak 2. Dünya Savaşı esnasında Japonya'nın Hiroşima (6 Ağustos 1945) ve Nagazaki (9 Ağustos 1945) şehirlerine atılan atom bombalarıyla duymuştur. Nagazaki ve Hiroşima'da yaşanan olaylardan sonra, kimi çevreler tarafından bu silahın yapımını önlemeye çalışmıştır. Bu silah, o zamana kadar görülmüş en güçlü ve en yüksek tahrip edici silah olarak kabul edilmiştir. Bu gücü tarif etmek gerekirse saniyeler içinde önüne gelen herşeyi yakmak ve yıkmak suretiyle yok etmektedir. ABD, Rusya, İngiltere, Pakistan, Çin, İsrail gibi ülkeler nükleer silaha sahiptir ve bu nükleer silahlar etki alanları göz önüne alındığında çıkacak herhangi bir savaşta nükleer silahların yıkım gücü taraf ülkeleri değil tüm dünyayı ilgilendirmektedir. Radyoaktif maddeler körlük, kısırlık, kanser gibi birçok yan tesirler şeklinde görülür ve bu etki yıllarca devam eder (Doğanay, 1998).

Nükleer enerji diğer fosil enerji kaynaklarına göre daha genç bir enerji kaynağıdır. İlk olarak 20. Yüzyılın ortalarında kullanılmaya başlanmış 1970 ve 1980'lerdeki petrol krizi ile kullanımı ivme kazanmıştır. Nükleer enerjinin tıp, silah sanayi gibi kullanım alanları olsa da en çok kullanılan alan elektrik üretimidir.

Nükleer enerjinin hammaddesi uranyumdur. Uranyum aslında bir metaldir. Ancak enerji üretiminde kullanıldığı için diğer metallerden farklı bir gurupta değerlendirilir. Bu metal doğada farklı elementler ile kolay tepkimeye girip çeşitli bileşikler oluştururlar. Doğada saf halinden çok bileşik halinde bulunurlar. Uranyumun en mükemmel özelliği, nötronlarına yavaş bölünebilen ve bu bölünme esnasında enerji açığa çıkaran U235 ihtiva etmesidir. Mineral şeklinde çıkartılan uranyum çeşitli işlemlerden geçirilip enerji üretmeye hazır hale getirilir. Uranyum madeni de tıpkı petrol ve doğalgaz enerji kaynakları gibi homojen yayılmamış, belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır (Temurçin & Aliağaoğlu, 2003).

Nükleer enerjinin diğer hammaddesi ise suni olarak üretilen bir element olan toryumdur. Ancak enerji üretimi açısından ele aldığımızda toryum, uranyuma göre daha pahalıdır ve zor teknolojik işlemler gerektirmektedir.

Nükleer enerji kaynaklarının rezervleri yüksektir ve diğer fosil yakıtlara nazaran daha az hacimdeki hammadde ile daha yüksek enerji sağlamaktadır. Daha az hammaddeye ihtiyaç duyduğu için maliyetleri daha düşüktür. Enerji üretimi için kurulacak tesisler daha küçük ölçekli olabilmektedir. Fosil kaynaklı enerji santrallerine göre havaya saldıkları asit ve karbondioksit miktarları oldukça düşüktür. Tüm bu görünür avantajlarına rağmen atıkları radyoaktivite nedeniyle tehlike arz eder. Bu atıkların radyoaktivitelerini kaybetmeleri yüzyıllar sürmektedir. Bu atıkların taşınması ve gömülmesi sırasında tehlikeler meydana gelmektedir. Nükleer enerji santrallerinin konumu belirlenirken hammaddeye olan yakınlık önemli değildir. Bu santraller belirli coğrafi özellik taşıyan alanlara yapılmak zorundadır. Ayrıca kullanıcı pazarına da uzak olmamalıdır. Nükleer santrallerde kaza riski yüksektir ve sonuçları ağır olmaktadır. Bu kaza riskleri doğal afetler ile daha da artar. Ukrayna'da 1972 yılında kurulan Çernobil nükleer santralinin 25 Nisan 1986'da infilak etmesi sonucu binlerce insan hayatını kaybetmiş, geniş bir alan kullanılamaz hale gelmiş ve radyoaktif yüklü bulutlar geniş bir alana yayılmıştır. Ülkemiz de özellikle Karadeniz bölgesi bu faciadan etkilenmiştir (Temurçin & Aliağaoğlu, 2003).

2.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Dünya üzerinde enerji kaynaklarına karşı olan talep günden güne artmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları uzun bir süre enerji ihtiyacını karşılamıştır. Ancak yenilenemez enerji kaynaklarının çevresel açıdan olumsuz etkileri ve günden güne kaynaklarının azalması ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal, dalga ve gel-git, hidrojen ve biyokütle yenilenebilir enerji kaynaklarındandır.

Yapılan tahminlere göre fosil kaynakların önümüzdeki 100 yıl içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir. Fosil yakıtlara alternatif bir yöntem olarak kullanılmaya başlayan yenilenemez enerji kaynaklarından nükleer enerji de santrallerin kurulmasının uzun zaman alması gibi sebeplerden ötürü yükselişini kaybetmektedir. Yenilenemez

enerji kaynaklarının bu senaryoları ve çevresel açıdan tehlike içermesi gibi sebepler ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlenmesine neden olmuştur. Bu açıdan yenilenebilir enerji kaynakları dünya için umut verici bir kaynak olmuştur. Mevcut enerji üretim yöntemlerinde yüzdelik olarak, yenilenebilir enerji kaynakları her ne kadar yenilenemez enerji kaynaklarından geride olsa da kaynağının tükenmemesi, temiz enerji sağlaması gibi avantajlarından dolayı pazardaki payını günden güne büyüteceği ve enerji ihtiyacını karşılamakta umut verici olacağı düşünülmektedir.

Sanayileşme ve hızlı nüfus artışının yaşanması, insanların fosil kaynakları kullanarak ihtiyaçlarını gidermesini gerekli kılmıştır. Petrol krizi ile birlikte enerji üretimi için alternatif yöntemler arayışına girilmiş ve bunun sonucunda yenilenebilir enerji kaynakları yükselişe geçmiştir. Sanayileşmenin ve teknolojinin yükselen bir ivme ile artması da ikincil kaynakların kullanılmasını hızlandırmış, bu da yenilenemez enerji kaynaklarının tüketimini hızlandırmıştır. Yenilenemez enerji kaynaklarının zaman içerisinde biteceği bilincinin oluşması ile de yenilenebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç ivmelenmeye başlamıştır.

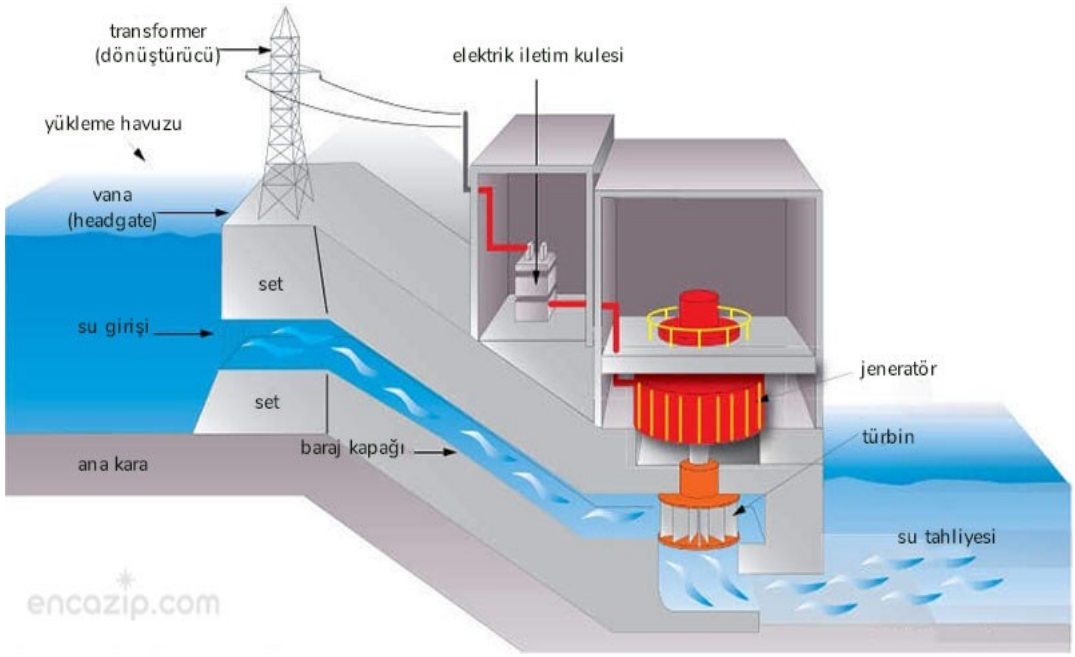
2.2.2.1. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji, yenilenebilir enerji kaynakları sınıfında bulunmaktadır. Hidrolik enerjinin dünya genelinde üretimi her yıl artmaya devam etmektedir. Fakat her ne kadar hidrolik enerjiden yararlanılsa da kullanılmayan potansiyellerde mevcuttur. Suyolunun set ile bölünmesi nehir ekosistemini olumsuz etkiler ve setin üst tarafında oluşan göller toprak alanlarını sular altında bırakmasından dolayı hidrolik enerjinin çevreye dolaylı etkisi olduğu gibi, çok fazla zararı da bulunmamaktadır (Karadağ, 2009, s. 27).

Hidrolik enerji; akarsularda kinetik enerji, göllerde ise potansiyel enerji olarak karşımıza çıkmaktadır. Hidrolik enerjiden insanlar çeşitli şekillerde yararlanmışlardır. M.Ö. 3. Yüzyılda su değirmeni ile tahıl öğütmek için bu enerjiden faydalanan toplumlar şimdiki zamanımızda barajlar ile elektrik üretimi ve sulama amaçlı faydalanmaktadır. Elektrik üretimi amaçlı kullanılan barajlara hidroelektrik santralleri denilmektedir. Hidroelektrik santralleri ürettiği enerji miktarına göre 3 gruba ayrılır. 30 MW'tan yüksek kurulu güce sahip santraller büyük hidroelektrik, 100kW ile 30mW arasında kurulu güce

sahip santraller küçük hidroelektrik santrali ve 100 kW'dan daha küçük kurulu güce sahip santraller ise mikro hidroelektrik santrali olarak adlandırılmıştır.

Suyun, potansiyel ve kinetik enerjisi uygun metot ile elektrik enerjisine dönüştüren santrallere hidroelektrik santrali denir. Yapay bir barajda ya da doğal bir gölde bulunan su daha düşük kota gönderilerek alternatöre bağlı çarkı çevirir. Alternatörün teknik verileri ve kutup sayılarına göre belirli bir hızda dönen çark alternatörün elektromanyetik alan oluşturmasıyla elektrik üretir. Şekil 2.3'de hidrolelektrik çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Hidroelektrik santrali çalışma prensibi (Encazip, 2021).

Bunun yanında elektrik üretimi için yapılan barajların tarım arazileri için sulama, doğal afetler sonucu oluşabilecek taşkınların kontrolü, çevre yerleşim yerleri için içme suyu, akarsu debisinin kontrolü, çeşitli turizm faaliyetleri ve balıkçılık gibi faydaları da bulunmaktadır.

2.2.2.2. Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları sınıfında bulunan güneş aynı zamanda nükleer yakıtların dışında kullanılan yakıtların ana kaynağıdır. Samanyolu galaksisinde bulunan güneş, dünyamıza ve gezegenlere enerji vermektedir. Güneş için sonsuz enerji

tanımlamasını kullanmak mümkündür. Güneşin içerisinde gerçekleşen füzyon reaksiyonları ile ışıma enerjisi ortaya çıkmaktadır. Dönüşen bu enerji uzaya yayılır. Oluşan bu enerjinin atmosferden geçerken bir kısmının absorbe edilmesiyle az bir kısmı yeryüzüne ulaşır (Aracı, 2013).

Güneş enerjisisin yeryüzüne ulaşan kısmı, toplam enerjisine nazaran az bir kısmı bile olsa insanlığın ihtiyacını karşılayabilecek düzeydedir. Güneş enerjisinden paneller yardımı ile su kaynatılarak buhar jeneratörleri ile elektrik üretilebildiği gibi Fv hücreler ile de doğrudan elektrik üretimi mümkündür. Yenilenemez enerji kaynaklarının mevcut durumu göz önüne alındığında ülkeler güneş enerjisi kullanımını yaygınlaştırma politikaları izlemektedir. Fakat güneş enerjisinden yararlanmak için geniş arazilere ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde kullanılan teknolojiler ile yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının maksimum %20'si elektrik enerjisine dönüşebilmektedir (Yaman, Yakın & Behçet, 2019). Güneş enerjisinden yararlanmak için yapılaması gereken santrallerin maliyetleri yüksektir. Ayrıca üretilen bu enerjiyi depolama maliyetleri de oldukça yüksektir. Bazı ülkeler yatırımcıları teşvik amaçlı enerjiyi depolamak yerine direk şebekeye gönderilmesine olanak sağlayan düzenlemeler getirmiştir. Türkiye'de bu ülkeler içinde yer almaktadır.

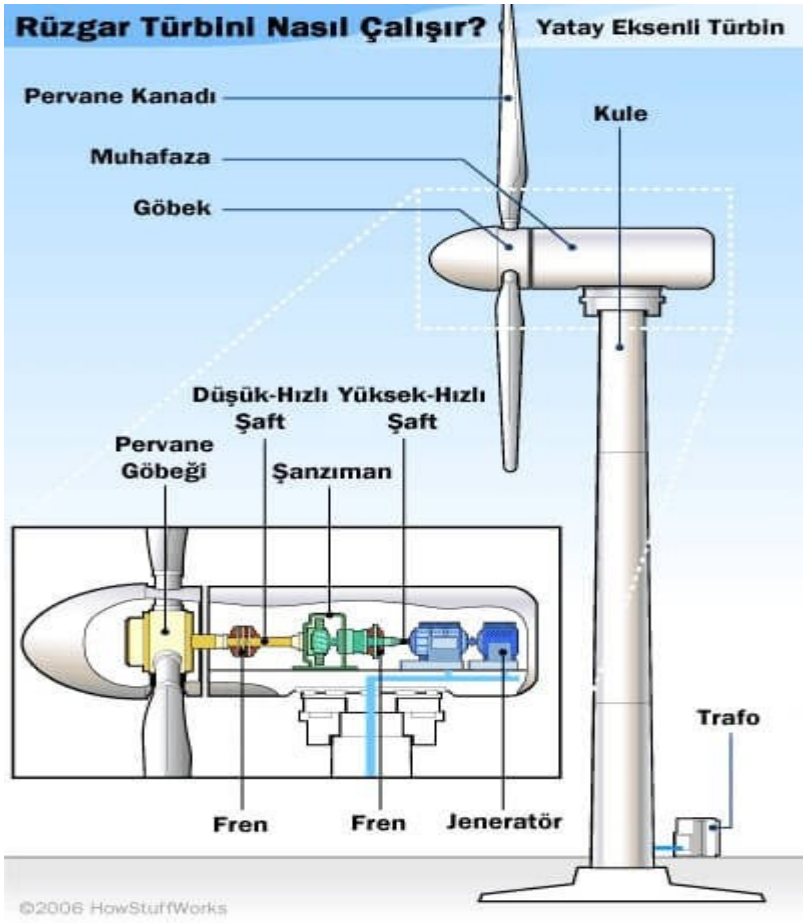
Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağı olduğu için herhangi bir yakıta ihtiyacı yoktur. Bu sebeple çevreye herhangi bir zararı yoktur. Güneş enerjisi ısınma ve elektrik enerjisi elde etmek için doğrudan kullanılabilmektedir. Binalarda seralarda ve endüstriyel tesislerde uygun teknolojiler ile ısınma ve ısıtma amaçlı uygulamaları gerçekleştirilmektedir (Kaynar, 2020).

2.2.2.3. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi de tıpkı hidrolik enerji gibi ilk kullanımı eski zamanlara dayanan yenilenebilir enerji kaynaklarındandır. İnsanlar buğday öğütmek için yel değirmenleri ile rüzgâr enerjisinden faydalandı. İlk defa elektrik enerjisi üretimi amaçlı rüzgâr enerjisinin kullanımı 1845 yılında ABD'de gerçekleşmiştir. Fosil yakıtların geleceğinin olmaması ve çevreye olumsuz etkileri rüzgâr enerjisinin kullanımı giderek artmaktadır (Şeker, 2010).

Rüzgâr Enerjisi; ana kaynağı güneş olan bir yenilenebilir enerji çeşididir. Yakın konumdaki bölgelerde oluşan basınç farkları ve bu potansiyel farktan dolayı meydana gelen hava akımı olayına rüzgâr denir (Gökkuş, 2014). Rüzgâr, atmosfer içinde bulunan hava hareketidir ve yüksek basınca sahip bölgeden alçak basınca sahip bölgeye doğru hareket etme eylemine verilen isimdir (Yapar, 2014). Rüzgâr yön ve hız olarak iki farklı değişken ile tanımlanmaktadır. Rüzgârın teorik gücü, hızının küpü ile orantılı olarak değişmektedir ve aynı zamanda artan yükseklikle rüzgâr hızı artmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021). Rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde üretim miktarının yatırım maliyetlerine oranla düşük olması, ön fizibilite çalışma gerektirmesi ve rüzgârın yoğun olduğu alanlara ihtiyaç duyması olumsuz yönleri olarak gösterilebilir. Ancak çevre dostu oluşu kaynağının atmosferde tükenmemesi ve serbest halde bulunuşu, bakım ve işletme maliyetlerinin düşük oluşu ve rüzgâr enerjisinde dışa bağımlılığın olmaması bu enerji kaynağının kullanılmasına ağırlık verilmesine vesile olmuştur.

Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi için en önemli koşul uygun alan seçimidir. Elektrik üretim miktarını doğrudan belirleyen koşul uygun alan seçimdir. Seçilen alan her ne kadar uygun olursa olsun rüzgârın hızı günlük, aylık ve yıllık periyotlarda farklılık gösterebilmektedir. Bu sebeplerden ötürü gün içerisinde enerji üretimi farklılıklar gösterebilmektedir. Rüzgâr enerji santralleri de tıpkı hidroelektrik santrallerinde olduğu gibi dönme hareketinin alternatöre aktarılması yöntemi ile elektrik üretilmektedir. Hidroelektrik santralinde alternatörün devir sayısı işletmecilerin elindedir. Bu sebeple bulunduğu ülkeye göre 50Hz ya da 60Hz şebeke frekansında elektrik üretmekte zorlukları bulunmamaktadır. Ancak rüzgâr enerjisi santrallerinde rüzgârın zamanla hızı değiştiğinden mevcut şebeke frekansı ile aynı frekansta elektrik enerjisi üretmenin belirli zorlukları bulunmaktadır. Rüzgâr enerji santralleri bu problemi aşmak pervane ve alternatör arasında birbirinden farklı şaftlar şanzıman ve frenden oluşan ekipmanlar kullanmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Rüzgâr türbini çalışma şeması (Demir, 2019).

2.2.2.4. Jeotermal Enerji

Dünya anlamına gelen jeo ve ısı anlamına gelen termal kelimelerinin birleşmesiyle oluşan ve Yunan bir kavram olan jeotermal, topraktan üretilen ısı anlamında birleştirilmiştir. Yapılan tanımlara göre jeotermal enerji, yeraltında farklı derinliklerde bulunan ısının oluşturduğu, sıcaklığı atmosferik sıcaklığın üzerinde olan çeşitli tuzlar, gazlar, erimiş mineraller içeren sıcak su veya buhara verilen isimdir (Cengiz, 2017).

Jeotermal enerji günümüzde konut ve sera ısıtmada, elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Jeotermal sahalarda açılmış olan kuyulardan elde edilen akışkan uygun yöntem ile su ve buhar olarak ayrıştırılıp türbin ve jeneratörler vasıtası ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Jeotermal kaynaklar sıcaklıklarına göre 3 guruba ayrılmaktadır. Su ve buharları 20-70˚ arasında ise düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklar. 70-150˚ arasında

olanlara orta sıcaklıklı jeotermal kaynaklar ve 150°'den yüksek sıcaklıklara sahip olanlara da yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklar olarak adlandırılmaktadır (Takan & Kandemir, 2021).

Ülkemiz jeopolitik konumu gereği jeotermal kuşak üzerinde bulunmaktadır. Jeotermal enerji potansiyeli bakımından Avrupa'da birinci dünyada ise yedinci sıradadır. Teknolojinin gelişmesi doğrultusunda yerkabuğunun altında bulunan bu yenilenebilir enerji kaynağının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Yerinde kullanıma uygun olan bu enerji kaynağı aynı zamanda doğal bir kaynak olduğundan enerji ihtiyacında ülkelerin dışa bağımlılıklarını azaltacak bir alternatiftir.

2.2.2.5. Gel-Git Enerjisi

Kökeni Arapça olan med ve cezir yani yükselme ve alçalma olan; güneş, ay ve yeryüzü çekim kuvvetlerinin etkileşimiyle deniz ve okyanuslarda meydana gelen dalgalanma hareketidir. Oluşan bu dalgalanma hareketi ile elektrik enerjisi üretmek mümkündür.

Gel-git enerjisi ile elektrik enerjisi 3 farklı yöntem kullanılarak üretilir. Bunlar gel-git barajları, gel-git çitleri ve gel-git türbinleridir. Gel-git barajları suyun içerisine ortası boşluk olan bir set yerleştirilerek ve suyun bu orta boşluktan geçmesi sağlanan yöntemdir. Bu boşluğa türibin yerleştirilir ve su gücü ile dönen türbin jeneratörü tahrik eder. Gel-git çitleri deniz ortasına yerleştirilen devasa turnikelerdir. Gel-git türbinleri ise tıpkı rüzgâr türbinleri gibidir. Suyun havaya göre çok daha fazla yoğun olması nedeni ile daha büyük bir itme gücü üretir. Gel-git türbinleri tek ya da çift pervaneli olabilmektedir. Ayrıca bu pervaneler çift yönlü hareket edebilmektedir. Bu da suyun hem yükseldiği hem de alçaldığı dilimde elektrik enerjisi üretmeyi mümkün kılmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Çift pervaneli gel-git türbinleri (Şimşek, 2005).

Santral kurulumu sadece gel-git olaylarının yaşandığı alanlarda gerçekleştirilebilir. Bu yüzden kullanım alanı sınırlıdır. Gel-git olayı günün belirli periyotlarında gerçekleştiği için belirli saatlerde enerji üretilebilir. Santralin denizin ortasında ve suyun içinde olduğundan kurulumu zor ve uzun süreler alır. Yine bu sebepten ötürü bakımı ve olası arıza durumunda müdahale operasyonları zordur. Gel-git enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları sınıfında olduğu için sonsuz bir enerjidir. Doğaya herhangi bir zararı yoktur. Su içerisine konumlandırıldıkları için ses ve görüntü kirliliği oluşturmaz. Dünya üzerindeki gel-git akımları bilindiğinden üretim kapasiteleri öngörülebilirdir. Dünyada ciddi bir enerji potansiyeline sahip bir kanyaktır.

Türkiye özelinde gel-git enerjisine baktığımızda kurulu bir santral yoktur. Türkiye'deki denizlerde gel-git olayı enerji üretecek düzeyde değildir. İlerleyen süreçte de bu enerji kaynağına yatırım yapılması beklenmemektedir.

2.2.2.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen ve enerjinin uzun bir ortak geçmişi vardır. Su elektrolizi ve yakıt hücrelerinin ilk gösterimleri 1800'lerde mühendislerin hayal gücünü ele geçirmiştir. Hidrojen, 200 yıl önce ilk içten yanmalı motorlara yakıt sağlamak için kullanılmıştır. Hidrojen, 18. ve 19. yüzyıllarda balonları ve hava gemilerini havaya kaldırmayı sağlamıştır ve 1960'larda insanlığı aya taşımıştır. Amonyak gübresindeki hidrojen artan

küresel nüfusun beslenmesine yardımcı olmuştur. Hidrojen, petrol arıtımında kullanımının yaygınlaştığı 20. yüzyılın ortalarından beri de enerji endüstrisinin ayrılmaz bir parçası olmuştur (Önder & Yarbay Şahin, 2021).

21. yy'in yakıtı olarak görülen ve elektrik üretimi konusunda kullanışlı bir yöntem olan hidrojen enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasındadır. Yenilenemez enerji kaynaklarına alternatif olan hidrojen enerjisi, elektrik ihtiyacını karşılama noktasında umut veren bir yöntem olarak dikkat çekmektedir. Büyük bir çoğunluğu fosil yakıtlardan üretilen hidrojen, fosil yakıtlar gibi CO_2 emisyonu üretmemektedir. Bu özelliği sayesinde hidrojenin enerji kaynağı olarak kullanımı enerji üretiminden kaynaklı CO_2 miktarının azaltılmasında önemli bir seçenektir.

Yüksek enerji verimliliğine sahip olan hidrojen enerjisi, elektrik üretimi konusunda dışa bağımlılığı azaltmak için de etkili bir seçenektir. Fosil yakıtlar dışında ayrıca yapısında hidrojen bulunduran suda hidrojen için hammadde olarak kullanılmaktadır. Hidrojenin depolanabilmesi, boru hattı, tanker gibi yöntemlerle uzak mesafelere taşınabilmesi ve çevreyi kirletmemesi gibi özelliklerinde dolayı kullanımına daha fazla önem verilmesi gerekmektedir.

2.2.2.7. Biyokütle ve Atık Enerjisi

Biyokütle, yenilenme döngüsünü bir yüzyıldan daha kısa sürede tamamlayabilen, organik madde öbeği olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle biyokütle; kaynağı fosilleşmemiş canlılar olan tüm biyolojik maddelerin genel adıdır. Bu kapsamda biyokütle enerji kaynağı ana bileşenleri, karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm organik maddeler olup bu kaynaklardan elde edilen enerji biyokütle enerjisi olarak ifade edilir. Ancak biyokütle enerji potansiyeli hesaplanırken insan yaşamı için önem arz eden ormanlar, gıda ve tarımsal ürünler dâhil edilmemektedir (İlleez, 2020).

Biyokütle, bitkiler ve hayvanlardan elde edilen ve enerjiye dönüştürebileceğimiz tüm organik malzemelere verilen isimdir. Biyokütle enerjisinin kaynağı güneştir. Dünyaya ulaşan güneş ışınları, bitkiler tarafından fotosentez yöntemi ile depolanır. Hayvanlar da bu besinleri yiyerek dolaylı yoldan enerjilerini güneşten almış olurlar.

Biyokütle, herhangi bir işleme tabi tutulmadan yakıt olarak kullanılabilir veya işlenerek farklı formlarda biyoyakıtlara dönüştürülebilirler. Bu yakıtlar yaşamın her alanında ihtiyaç duyulabilen elektrik, hareket, ısıtma ve soğutma gibi formlara dönüştürülüp, evsel kullanım ve endüstriyel uygulamalarda kullanılabilmektedir. Bu nedenle genel olarak uluslararası literatürde ve veri kaynaklarında biyokütle enerji kaynakları için tipik sınıflandırma, birincil katı biyoyakıtlar, sıvı biyoyakıtlar, biyogaz, belediye ve endüstri atıkları, şeklindedir (İlleez, 2020).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında olan biyokütle enerjisi klasik olarak doğrudan yakılarak ısınma amaçlı kullanılabildiği gibi modern yöntemler ile de ısı, elektrik ve sıvı ya da gaz yakıt elde etmek için de kullanılabilir. Yakıt olarak kullanılabilmesi onu, petrole en büyük alternatif yapmaktadır.

Biyokütle kaynakları: ormansal atıklar, tarımsal atılkar, kanalizasyon, endüstriyel atıklar, hayvansal atıklar ve evsel atıklardan oluşmaktadır. Bu bağlamda değerlendirildiğinde biyokütle enerjisi uygun yöntemler ile atığın bertarafını da garanti eder. Yenilenebilir enerji kaynağı olan biyokütle enerjisi çevre ile uyumlu bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisi, güneş, rüzgâr gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı olarak kesintili değil sürekli enerji sağlayabilen bir kaynaktır. Yerli bir enerji kaynağıdır bu özelliği ile enerjide dışa bağımlı değildir.

Bu çalışmanın temelini oluşturan, biyokütle kavramı içinde yer alan katı atık ile ilgili temel kavram ve tanımlar 3. bölümde detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

2.3. Türkiye'de Enerji

Enerji, modern hayatımızın her alanında vazgeçilmez bir yere sahiptir. Sanayileşmenin yaygınlaşması, hızlı nüfus artışı gibi sebepler enerjiye duyulan ihtiyacın artmasına yol açmıştır. Enerjiye duyulan ihtiyacın artması da fosil yakıtların kullanımını arttırmış, fosil yakıtların tükenir olması ve dünyada her yerde bulunmaması, ülkeleri yakın geleceklerinde enerji konusunda sıkıntı yaşamamaları için çeşitli önlemler ve alternatif enerji kaynağı arayışına yönlendirmiştir.

Özellikle fosil enerji kaynaklarının dünya üzerinde dağılımlarının homojen olmayışı, bu kaynaklara sahip olan ülkeler için bir güç, bulunduğu coğrafyada enerji

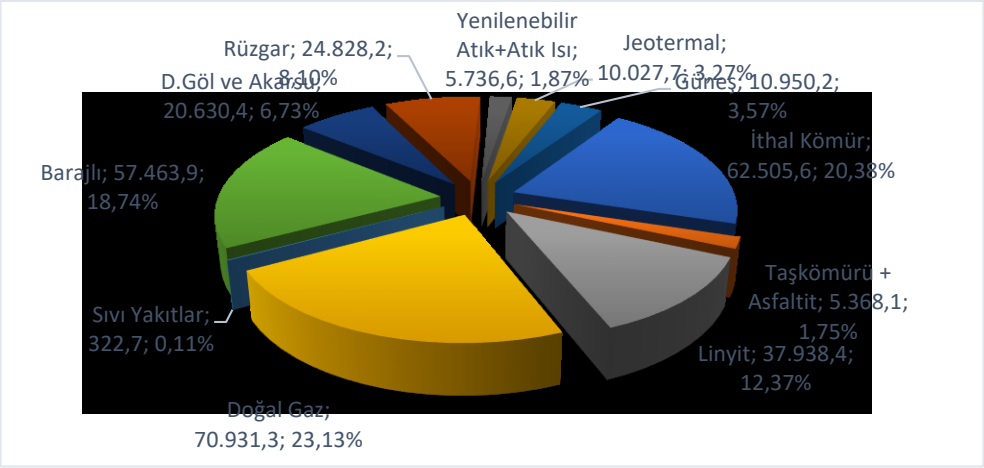
kaynaklarına yeterince sahip olmayan ülkeler için ise sorun teşkil etmektedir. Kaynak açısından yeterince zengin olmayan ülkeler için enerji, elde edilmesi zor bir unsur olmaktadır. Oluşan bu durum ülkeler arası enerji sorunu oluşturmaktadır. Enerji ticaretinde bulunan ülkeler enerji piyasasındaki ortalama fiyatı belirlemekte ve böylelikle dünyadaki siyaseti ve iktisadi politikaları yönlendirmektedirler (Jansen & Seebregts, 2009).

Gelişmekte olan ülkeler arasında bulunan Türkiye'nin de enerjiye olan ihtiyacı günden güne büyümektedir. Türkiye'nin enerji durumuna baktığımızda, geçmiş yıllardan itibaren enerji ihtiyacını karşılamak için büyük ölçüde fosil enerji kaynaklarını kullandığı görülmektedir. Türkiye fosil enerji kaynakları konusunda büyük ölçüde bağımlıdır. Fosil enerji kaynakları açısından bakıldığında her ne kadar yüksek kaliteli olmasa da linyit yatakları bulunmaktadır. Buna ek olarak doğalgaz ve petrol aramaları son yıllarda hız kazanmıştır.

Türkiye bulunduğu konum itibariyle yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli yüksek bir ülkedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre ve atmosfere zararının olmaması, enerji ihtiyacında dışa bağımlılığın önüne geçmesi, yenilenemez kaynaklara alternatif olup, tükenme hızlarını yavaşlatmaları gibi özellikleri ülkemizin bu alana yönelmesine yol açmıştır. Türkiye hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjilerinden faydalanmakta olup bu kaynaklara yatırımlarını sürekli olarak arttırmaktadır.

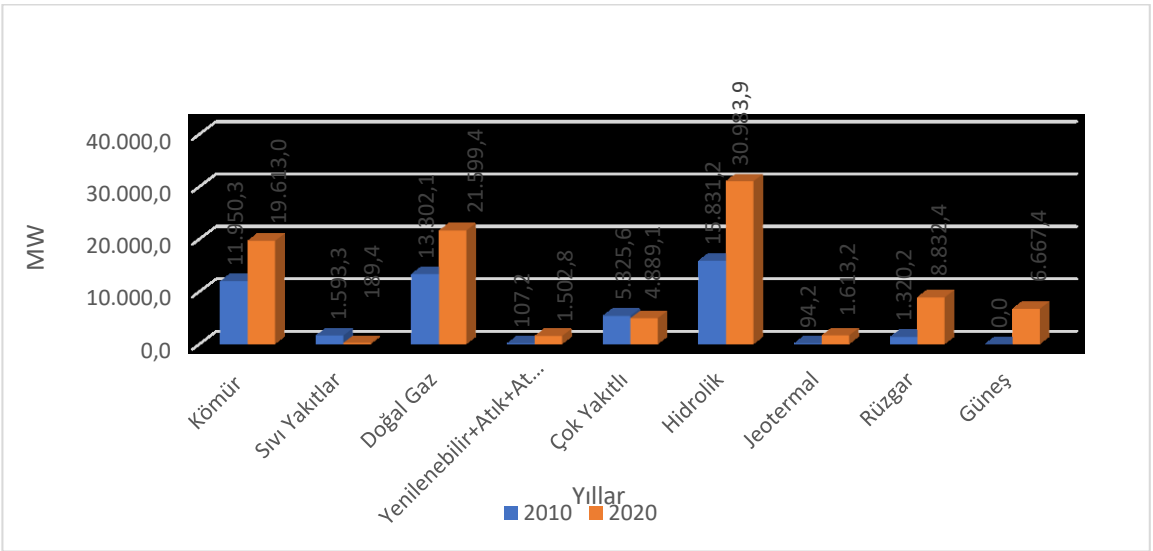
2.3.1. Türkiye'nin Mevcut Elektrik Enerji Üretimi

Ülkeler için elektrik enerjisi üretimi, enerji üretimi kapsamında önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de 2020 yılı elektrik üretiminde kullanılan kaynakları ve bu kaynakların elektrik üretimindeki yüzdelikleri Şekil 2.6'daki grafikte verilmiştir.



Şekil 2.6. 2020 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı (TEİAŞ, 2021).

Türkiye'de 2020 yılında elektrik üretiminde en büyük kaynağın doğalgaz olduğu görülmektedir. Bunu ithal kömür, baraj, linyit, rüzgâr, akarsu, güneş takip etmektedir. Türkiye elektrik enerjisi üretimde azımsanmayacak pay sahibi olan doğalgaz ve ithal kömürü başka ülkelerden temin etmektedir. Geçmiş yıllar ile kıyaslandığında bu kaynakların elektrik üretimindeki payının daha da büyük olduğu görülmektedir. Türkiye son yıllarda çeşitli yatırım ve teşvikler ile yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Bu alandaki çalışmalarını geliştirmeye devam etmektedir. Aşağıdaki Şekil 2.7 ve Çizelge 2.1'de 2010 ve 2020 yıllarının kurulu güçleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.7. 2010 ve 2020 yılları için kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü (TEİAŞ, 2021).

Çizelge 2. 1. 2010 ve 2020 yılları için Türkiye'nin kaynaklar bazında kurulu güçleri ve oranları (TEİAŞ, 2021).

Kaynak Türü	**2010 Değeri (MW)**	**Kurulu Güç Payı (%)**	**2020 Değeri (MW)**	**Kurulu Güç Payı (%)**
Kömür	11.950,3	24,13	19,613	20,45
Sıvı yakıtlar	1.593,3	3,33	189,4	0,20
Doğalgaz	13.302,1	26,86	21.599,4	22,53
Biyogaz	107,2	0,22	1.502,8	1,57
Çok yakıtlı	5.325,6	10,75	4.889,1	5,10
Hidrolik	15.831,2	31,97	30.983,9	32,31
Jeotermal	94,2	0,19	1.613,2	1,68
Rüzgâr	1.320,2	2,67	8.832,4	9,21
Güneş	-	-	6.667,4	6,95
Toplam	**49.524**	**100**	**95.890,6**	**100**

Şekil 2.7 ve Çizelge 2.1. incelendiğinde 2010 ve 2020 yıllarında elektrik enerjisi kurulu güçleri bakımından en çok paya doğalgaz sahiptir. Ancak kurulu güçte doğalgazın payının 2020 yılında 2010 yılına göre azaldığı görülmektedir. Bu azalışın sebebi Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneliminin armasından kaynaklıdır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklı kurulu gücü bu 10 yıllık periyotta 17.352,8 MW değerinden 2020 yılı itibari ile 49.599,7 MW değerine çıkmıştır.

2.3.2 Türkiye'nin Enerji Politikaları

Türkiye, kaynaklarına göre enerji kullanımına bakıldığında en büyük payın doğalgaza ait olduğu görülmektedir. Bu bağlamda Türkiye enerji ihtiyacını temin etmede büyük ölçüde dışa bağımlıdır. Türkiye'nin temin ettiği doğalgazın büyük bir bölümü Rusya'dan gelmektedir. Bu da enerji güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Bu sebeple Türkiye son yıllarda Akdeniz ve Karadeniz'de doğalgaz arama faaliyetleri gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda çeşitli rezerv keşifleri yapılmıştır.

Enerjiye olan ihtiyacın sürekli artması sonucu Türkiye enerji üretiminde kaynaklarını çeşitlendirme faaliyetleri sürdürmektedir. Bu kaynaklardan birisi de nükleer enerjidir. Türkiye, Sinop ve Mersin'de olmak üzere devam etmekte olan iki adet nükleer enerji santrali projesi yapmaktadır. Türkiye için yeni bir kaynak olması sebebi ile yeni bir kurum kurulmuş; bu kurum aracılığı ile Türkiye, nükleer enerji kullanan ülkeler ile bu alan hakkında fikir alış verişi yapmaktadır.

Yenilenemez enerji kaynaklarının geleceğinin belirsizliği ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Bu yönelim dünyada olduğu gibi Türkiye'de de artmaktadır. Enerji ihtiyacını karşılamada temiz, güvenilir ve yerli olan bu kaynaklar Türkiye'nin konumu, ilkimi, akarsuları ve nüfusu gibi etmenler göz önüne alındığında Türkiye için potansiyeli yüksek kaynaklar dikkat çekmektedir.

Türkiye'de geçmişte elektrik üretimi sadece kamu tarafından sağlanmaktaydı. Son yıllarda enerjiye olan talebin büyümesi gibi sebeplerden ötürü enerji üretimine özel kuruluşlar da dâhil edilmiş, çeşitli yasalar ve teşvikler ile enerji alanına yatırımların büyümesi sağlanmıştır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelen yatırımcılara 2005'den beri faaliyet gösteren YEKDEM aracılığı ile çeşitli teşvikler sunulmaktadır.

BÖLÜM 3

KATI ATIKLAR

Katı atıklar, çevre ve insan sağlığına zarar veren ve olumsuz çıktıları her geçen gün daha artan bir problemdir. Ülkeler ve yerel yönetimler, bu sorunlar ile mücadele etmek adına birçok yöntemi devreye sokmakta ve bu sorun ile mücadelede etkin adımlar atmaktadır. Tüketim alışkanlıklarının ve insan davranışlarının değiştiği günümüzde, çevre hassasiyetinin tersine ilerliyor olması, alınan tedbirleri sınırlı etki ile sonuçlandırmaktadır. Ancak, özellikle son yıllarda, "katı atık yönetimi" kavramının daha da sistematik ve profesyonel bir sürece evrilmesi, bu sorunlar ile mücadelede önemli bir yolun kat edildiğini göstermektedir. Çalışmanın bu bölümünde katı atıkların kavramsal tanımı ve kapsamına değinilmekte ve kaynaklarına göre katı atıklara yer verilmektedir. Aynı zamanda katı atık yönetimine dair kavramsal çerçeve oluşturulmaktadır.

3.1. Katı Atık Tanımı

Atık, düşük değere sahip, kullanım alanı hiç olmayan ya da sınırlı olan ve fayda katsayısı oldukça düşük seyreden her türlü materyal ve kalıntı olarak tanımlanır (Öztürk vd., 2016). Atıklar, bir süre sonra ortamdan bertaraf edilmemesi durumunda zararlı birer bileşene dönüşen her türlü maddedir (Coşkuner, 2015). Çevre Kanunu'nun 2872 sayılı maddesinde, atık; "Herhangi bir faaliyet sonucunda oluşan, çevreye atılan veya bırakılan her türlü madde" şeklinde tanımlanmaktadır. OECD'ye göre katı atık; ileride herhangi bir değeri kendiliğinden olmayacak kadar faydasız olan ve bertarafının ihmal ya da ertelenmesi sonucunda çevre ve canlı sağlığı üzerinde olumsuz etkileri gözlemlenen her türlü madde şeklinde ifade edilmektedir. Katı atık, hayvan ve insan faaliyetleri sonucu

oluşan, istenmeyen ve uzaklaştırılması gereken çöp malzemeleri yelpazesini ifade eder. Katı atık, belirli bir alanda endüstriyel, konut ve ticari faaliyetlerden üretilir ve çeşitli şekillerde işlenebilir (Aynur, 2011).

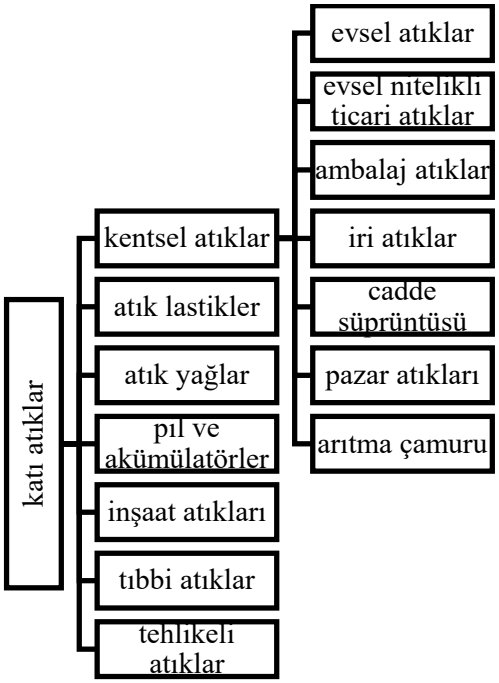
Atıklar, plastik, kağıt, cam, metal ve organik atık gibi malzemelere göre kategorize edilebilir. Kategorizasyon ayrıca radyoaktif, yanıcı, bulaşıcı, toksik veya toksik olmayan atıklar dahil olmak üzere tehlike potansiyeline dayalı olabilir. Kategoriler, endüstriyel, evsel, ticari, kurumsal veya inşaat ve yıkım olsun, atıkların kökenine ilişkin olabilir. Kaynağı, içeriği veya tehlike potansiyeli ne olursa olsun, çevresel en iyi uygulamaları sağlamak için katı atık sistematik olarak yönetilmelidir. Katı atık yönetimi çevre hijyeninin kritik bir yönü olduğundan, çevre planlamasına dahil edilmelidir (Çakır, Demir & Yeşilnacar, 2019).

3.1.2. Kaynaklarına Göre Katı Atıklar

Katı atıklar genel olarak kaynaklarına göre sınıflandırılmaktadır. Bu bağlamda;

1- Yerleşim Yeri Kaynaklı Katı Atıklar,
2- Endüstriyel Kaynaklı Katı Atıklar,
3- Ticari Kaynaklı Katı Atıklar,
4- İnşaat ve Yıkım Alanları Kaynaklı Katı Atıklar,
5- Belediye Hizmetleri Kaynaklı Katı Atıklar,
6- Arıtma Tesisleri ve Sahaları Kaynaklı Katı Atıklar,
7- Tarımsal ve Hayvansal Kaynaklı Katı Atıklar,
8- Biyomedikal Kaynaklı Katı Atıklar,

şeklinde sınıflandırılmaktadır (Gündüzalp & Seval, 2016).



Şekil 3.1. Kentsel katı atıkların sınıflandırılması.

3.1.2.1.Yerleşim Yeri Kaynaklı Katı Atıklar

İnsanların yaşadığı konutlar ve evler, katı atıkların başlıca kaynaklarından bazılarıdır. Bu yerlerden çıkan çöpler arasında yemek atıkları, plastikler, kâğıt, cam, deri, karton, metaller, bahçe atıkları, küller ve elektronik, lastik, pil, eski yatak ve kullanılmış yağ gibi hacimli ev eşyaları gibi özel atıklar bulunmaktadır. Çoğu evde katı atıklarını atabilecekleri çöp kutuları vardır ve daha sonra çöp kutusu bir çöp toplama firması veya kişi tarafından dönüşüm için boşaltılır.

3.1.2.2. Endüstriyel Kaynaklı Katı Atıklar

Endüstrilerin katı atıkların en büyük kaynaklarından biri olduğu bilinmektedir. Hafif ve ağır imalat sanayileri, şantiyeler, fabrikasyon işletmeleri, konserve fabrikaları, enerji ve kimya fabrikalarını içerir. Bu endüstriler, ev temizlik atıkları, gıda atıkları, ambalaj atıkları, küller, inşaat ve yıkım malzemeleri, özel atıklar, tıbbi atıklar ve diğer tehlikeli atıklar şeklinde katı atık üretmektedir.

3.1.2.3.Ticari Kaynaklı Katı Atıklar

Ticari tesisler ve binalar, günümüzde bir başka katı atık kaynağıdır. Bu durumda ticari binalar ve tesisler; oteller, marketler, restoranlar, inişler, mağazalar ve ofis binalarını ifade eder. Bu yerlerden çıkan katı atıklardan bazıları plastikler, gıda atıkları, metaller, kâğıt, cam, ahşap, karton malzemeler, özel atıklar ve diğer tehlikeli atıklardır. Kurumsal okullar, kolejler, hapishaneler, askeri kışlalar ve diğer kurumsal merkezler gibi alanlar da katı atık üretir. Bu yerlerden elde edilen yaygın katı atıklardan bazıları cam, kauçuk atıklar, plastikler, gıda atıkları, ahşap, kâğıt, metaller, karton malzemeler, elektronikler ve çeşitli tehlikeli atıklardır.

3.1.2.4. İnşaat ve Yıkım Alanları Kaynaklı Katı Atıklar

İnşaat sahaları ve yıkım sahaları da katı atık sorununa katkıda bulunmaktadır. İnşaat sahaları, binalar, yollar, yol onarım sahaları, bina yenileme sahaları ve bina yıkım sahalarını içerir. Bu yerlerde üretilen katı atıklardan bazıları çelik malzemeler, beton, ahşap, plastik, kauçuk, bakır teller, kir ve camdır.

3.1.2.5. Belediye Hizmetleri Kaynaklı Katı Atıklar

Kent merkezleri, bugün çoğu ülkede katı atık krizine de büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır. Belediye hizmetlerinin getirdiği katı atıklardan bazıları, sokak temizliği, park ve plajlardan kaynaklanan atıklar, atık su arıtma tesisleri, peyzaj atıkları ve çamur dahil rekreasyon alanlarından kaynaklanan atıklardır.

3.1.2.6. Arıtma Tesisleri ve Sahaları Kaynaklı Katı Atıklar

Ağır ve hafif üretim tesisleri de katı atık üretir. Rafinerileri, enerji santrallerini, işleme tesislerini, maden çıkarma tesislerini ve kimyasal fabrikaları içerir. Bu tesislerin ürettiği atıklar arasında endüstriyel proses atıkları, istenmeyen spesifikasyon ürünleri, plastikler, metal parçalar sayılabilir.

3.1.2.7. Tarımsal ve Hayvansal Kaynaklı Katı Atıklar

Mahsul çiftlikleri, meyve bahçeleri, mandıralar, üzüm bağları ve besi yerleri de katı atık kaynaklarıdır. Ürettikleri atıklar arasında tarımsal atıklar, bozulmuş gıdalar, pestisit kapları ve diğer tehlikeli maddeler bulunmaktadır. Bununla birlikte hayvanlar da katı atık üretebilir. Ölmeleri ya da biyolojik üretimleri, katı atık kaynağı olabilmektedir.

3.1.2.8. Biyomedikal Kaynaklı Katı Atıklar

Bu, hastaneleri ve biyomedikal ekipman ve kimyasal üretim firmalarını kapsar. Hastanelerde üretilen farklı katı atık türleri vardır. Bu katı atıklardan bazıları şırıngalar, bandajlar, kullanılmış eldivenler, ilaçlar, kağıt, plastikler, gıda atıkları ve kimyasallardır. Bütün bunlar uygun şekilde bertaraf edilmesini gerektirir, aksi takdirde bu tesislerde çevre ve insanlar için büyük bir soruna neden olurlar (Gündüzalp & Seval, 2016).

3.2. Katı Atık Yönetimi

Katı atık yönetimi, katı atık maddelerin halk sağlığı, koruma, ekonomik, estetik, mühendislik ve diğer alanlara en iyi şekilde hitap edecek şekilde üretimi, depolanması, toplanması, taşınması veya transferi, işlenmesi ve bertarafı ile ilgili disiplin olarak tanımlanır. Katı atık yönetimi kapsamında planlama, idari, mali, mühendislik ve yasal işlevler yer almaktadır. Çözümler, halk sağlığı, şehir ve bölge planlama, siyaset bilimi, coğrafya, sosyoloji, ekonomi, iletişim ve koruma, demografi, mühendislik ve malzeme bilimleri gibi alanlar arasındaki karmaşık disiplinler arası ilişkileri içerebilir. Katı atık yönetimi uygulamaları, konut ve endüstriyel üreticiler, kentsel ve kırsal alanlar ve gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için farklılık gösterebilir. Büyükşehirlerde tehlikesiz atıkların yönetimi yerel yönetimlerin işidir. Ancak, tehlikeli atık maddelerin yönetimi, daha karmaşık olup, yerel, ulusal ve hatta uluslararası otoritelere tabi olarak, tipik olarak onu üretenlerin sorumluluğundadır (Beigl, Lebersorger & Salhofer, 2008).

Kirleten-öder, çevreye verilen zararın bedelini kirlilik üreten tarafa ödetmek için çıkarılan bir ilkedir. Atık yönetimi ile ilgili olarak, kirleten öder ilkesi, bir atık üreticisinin geri kazanılamayan malzemelerin uygun şekilde bertaraf edilmesi için ödeme yapması

gerekliliğini ifade eder. Genişletilmiş üretici sorumluluk planı, örneğin, kirleten öder ilkesinin uygulanmasına yönelik pratik bir mekanizmadır. Kaynak verimliliği, küresel ekonomik büyüme ve kalkınmanın mevcut üretim ve tüketim kalıpları temelinde sürdürülemeyeceği anlayışını yansıtır. Küresel olarak insanlık, mal üretmek için gezegenin yenileyebileceğinden daha fazla kaynak çıkarmaktadır. Kaynak verimliliği, bu ürünlerin üretimi ve tüketiminden, nihai hammadde çıkarımından son kullanım ve bertarafa kadar çevresel etkilerin azaltılmasıdır. Bu kaynak verimliliği süreci sürdürülebilirliği ele alabilir. Ürün yaşam döngüsü, hammaddelerin ürüne dönüştürüldüğü ve tüketildiği bir süreci gösterir. Kullanım ömürleri sona erdiğinde atık olarak atılırlar. Daha sonra atıklar yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir veya bertaraf edilebilir (Battal, 2011).

Atık yönetimi hiyerarşisi, farklı atık yönetimi yöntemlerinin çevresel etkisini gösterir ve atık yönetiminin sürdürülebilirliği üzerinde etkileri vardır. Avrupa Birliği Atık Çerçeve Direktifi ilk kez beş aşamalı atık hiyerarşi sistemini atık politikalarına dahil etmiştir. Atık yönetimi hiyerarşisi, israfın önlenmesini birinci öncelik haline getirmektedir. Ancak atık oluştuğunda, yeniden kullanım için hazırlamaya, ardından geri dönüşüme ve ardından geri kazanıma öncelik verilir (Gökçe, Aydemir, Hasanoğlu & Özbay, 2015).

Türkiye'de katı atık yönetimi ile ilgili mevzuata bakıldığında;

- 2872 Sayılı Çevre Kanunu'nun 8.maddesinde: Her türlü atık ve artığı doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır,

- 5491 sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunun 11.maddesindeki değişikliğe göre; "Büyükşehir belediyeleri ve belediyeler evsel katı atık bertaraf tesislerini kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettirmekle yükümlüdürler,

- 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu'nun 7.maddesine göre: "...katı atık yönetim planını yapmak, yaptırmak; katı atıkların kaynakta toplanması ve aktarma istasyonuna kadar taşınması hariç katı atıkların ve hafriyatın yeniden değerlendirilmesi,

depolanması ve bertaraf edilmesine ilişkin hizmetleri yerine getirmek bu amaçla tesisler kurmak kurdurmak...",

- 5393 sayılı Belediye Kanunu'nun 14.ve 15.maddelerine göre: "...katı atıkların toplanması, taşınması, ayrıştırılması, geri kazanımı, ortadan kaldırılması ve depolanması ile ilgili bütün hizmetleri yapmak, yaptırmak...",

- 2464 sayılı Belediye Gelirleri Kanunu, Çevre ve Temizlik Vergisi (ÇTV)'nin 97.maddesine göre: "Kirleten öder prensibiyle atık üreticilerinin atık yönetimi hizmetlerine katılımı sağlanmaktadır.",

- 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu'nun 181.ve 182.maddelerine göre: çevrenin kasten ve taksirle kirlenmesine ilişkin cezalar düzenlenmiş olup, sorumlulara hapis cezasına varacak şekilde cezai yaptırım öngörülmüştür (Çitil, 2009).

Atık yönetimi genel esaslarına ilişkin yönetmelik, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği gibi çıkarılan çeşitli yönetmeliklerde atıklarla ilgili tanımlar, genel esaslar, uygulamalar ve yaptırımlar açıklanmaktadır.

Katı atıkların bertarafı, birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede hem kentsel hem de kırsal alanlarda yakıcı ve yaygın sorunların başında gelmektedir. Bunun başlıca nedeni, bu tür katı atıkların artan üretimi ve belediye bütçesi üzerindeki yüktür. Yüksek maliyetlere ek olarak, katı atık yönetimi, tüm taşıma sistemini etkileyen farklı faktörlerin anlaşılmamasıyla ilişkilidir. Gelişmekte olan ülkelerde atık yönetimi ile ilgili literatür ve rapor analizi, az sayıda makalenin nicel bilgi sağladığını göstermektedir (Beigl vd., 2008).

Nüfus artışı, hızlı kentleşme, gelişen ekonomi ve gelişmekte olan ülkelerdeki yaşam standardının yükselmesi, kentsel katı atık üretiminin oranını, miktarını ve kalitesini büyük ölçüde hızlandırmıştır. Kentsel katı atık, toplama ve bertarafı, bugün dünya çapında çoğu ülkede kentsel çevrenin en büyük sorunlarından biridir. Katı atık yönetim çözümleri finansal olarak sürdürülebilir, teknik olarak uygulanabilir, sosyal, yasal olarak kabul edilebilir ve çevre dostu olmalıdır. Katı atık yönetimi konusu, hem

küçük hem de büyük şehirlerin yetkilileri için en büyük zorluktur (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

Gıda organik atıklarının değerlendirilmesi önemli güncel araştırma alanlarından biridir. Geleneksel depolama, yakma, kompostlaştırma ve katı atıkların ele alınması, atık bertarafı için olgun teknolojiler olarak yaygındır. Geleneksel olarak, katı atık yönetiminin organik fraksiyonunun işlenmesi ve değerlendirilmesi için en yaygın olarak kullanılan teknolojiler kompostlama ve anaerobik çürütmedir. Organik katı atık üretimi, Dünya çapında; her yıl dramatik bir şekilde artmaktadır. Organik katı atık üretiminin çoğu tarımsal atıklar, evsel gıda atıkları, insan ve hayvan atıkları gibi atıklardan oluşur. Bunlar normalde hayvan yemi olarak işlenir, yakılır veya çöp sahalarına atılır. Organik katı atık üretimi, diğer işlemlerde substrat veya ham madde olarak kullanılabilecek proteinler, mineraller ve şekerler açısından zengin malzemelerden oluşur (Çoban & Kılıç, 2009).

3.2.1. Atık Yönetiminin Amaçları

Katı atık yönetiminin temel amacı, ekonomik kalkınmayı ve üstün yaşam kalitesini desteklemek için atık malzemelerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ve ortadan kaldırmaktır. Bu, maliyetleri düşük tutmak ve atık oluşumunu önlemek için mümkün olan en verimli şekilde yapılmalıdır. Bazı ülkelerde acilen daha iyi katı atık yönetimi programlarına ihtiyaç olduğunu vurgulamak önemlidir. Şehirlerde üretilen atıkların sadece yaklaşık yarısı ve kırsal alanlarda üretilenlerin dörtte biri toplanmaktadır. Uluslararası olarak, Dünya Bankası, her zamanki gibi bir senaryoda küresel atığın 2020'den 2050'ye %70 oranında artabileceği konusunda uyarmaktadır. Atık yönetim sistemini iyileştirmeye yönelik devam eden çabalar, sağlıklı bir insan ve ekolojik geleceği korumanın önemli bir parçasıdır (World Bank, 2020).

Aşağıda özetlendiği gibi, atık yönetim sisteminin altı işlevsel bileşeni vardır:

Atık üretimi: Bu, artık kullanılamayan ve sistematik olarak bertaraf edilmek üzere toplanan veya atılan malzemelerin belirlenmesiyle ilgili tüm faaliyetleri kapsar.

Yerinde elleçleme, depolama ve işleme: Bu, daha kolay toplamayı kolaylaştıran atık üretimi noktasındaki faaliyetlerle ilgilidir. Örneğin, atık kutuları yeterli atık üreten alanlara yerleştirilir.

Atık toplama: Atık toplama kutularının (konteyner, kap, çöp kutusu) yerleştirilmesi, bu kutulardan atıkların toplanması ve toplama araçlarının boşaltıldığı yerde çöplerin toplanması gibi faaliyetleri içeren atık yönetiminin önemli bir aşamasıdır. Toplama aşaması nakliyeyi içerse de, bu tipik olarak atık nakliyesinin ana aşaması değildir.

Atık transferi ve nakliyesi: Bunlar, büyük atık taşıma araçlarıyla yerel atık toplama yerlerinden bölgesel atık bertaraf sahasına atıkların taşınmasıyla ilgili faaliyetlerdir.

Atık işleme ve geri kazanım: Bu, atık akışından yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir malzemeleri geri kazanmak ve atık yönetiminin diğer işlevsel unsurlarının etkinliğini artırmak için kullanılan tesisler, ekipman ve teknikleri ifade eder.

Bertaraf: Atık yönetiminin son aşaması olarak bilinir. Düzenli depolama alanları veya atıktan enerji tesisleri gibi yerlerde atık malzemelerin sistematik olarak bertaraf edilmesini amaçlayan faaliyetleri içerir (Topal & Topal, 2013).

Aşağıda genel olarak katı atık yönetim sürecinde kullanılan teknik, planlama ve teknolojilere değinilmektedir

BÖLÜM 4

DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARI VE DEPO GAZI

Türkiye'de belediye atıklarında kayda değer oranda kül, cam, ağaç, metal, deri, plastik, karton ve tekstil ürünleri gibi maddeler bulunmaktadır. Ancak, çok daha fazla orana sahip (%50-%70) biyoyakıtlar, belediye atıklarını oluşturmaktadır. Yaşam standartlarındaki farklılıklar, tüketim alışkanlıklarının hızla değişmesi ve popülasyondaki kontrol edilemez yükseliş, atık miktarlarında önemli oranda artış meydana getirmiştir. Türkiye'de her yıl kişi başı atık üretimi yaklaşık 400 kilogramdır. Toplamda ise Türkiye'de 40 milyon tona yakın atık üretilmektedir. Kontrol edilemeyen ve programlanamayan atık yönetimi, atıkların yer altı ve yer üstü sularına geçmesine ve bu da canlı yaşamı üzerinde olumsuz sonuçların yaşanmasına neden olmaktadır. Türkiye'de 87 tane düzenli depolama tesisi vardır. Belediye atıklarının %60'ından fazlası düzenli depolama şeklinde depolanmaktadır (Topal, 2015).

Mali ve kurumsal açıdan gelişmemiş belediyelerin üstün teknoloji ve kapasiteye sahip atık bertaraf mekanizmalarına sahip olmaları beklenemez. Ancak süreklilik, sürdürülebilir ve temiz bir çevre inşası için bertaraf tesislerinin varlığına şiddetle ihtiyaç vardır. Doğru yönetilmiş taşıma ve toplama modelleri sayesinde, atıklar toplanırken aynı zamanda bertarafı da kolaylıkla sağlanmış olacak ve bu da belediyelerin ekstra maliyetler ile karşılaşmasını azaltacaktır (Taşkan, 2001).

Atık içerisinde yer alan biyolojik olarak ayrışabilen organik maddeler, mikroorganizmalar marifetiyle biyokimyasal olarak ayrışmaktadır. Ayrıştırma

süreçlerinin ilk aşamasında, aerobik bakteriler, organik maddeleri organik asitlere ve bir takım kimyasal maddelere dönüştürmektedir. Düzenli depolama alanları bu noktada devreye girer. Kapalı bir alan oluşturarak içerideki oksijenin, canlı organizmalarca tüketilmesi beklenir. Artık oksijen miktarı düşüşü, yaşayan organizmaların ölmelerine ve bir sonraki süreç olan anaerobik mikroorganizmalara sürecin devam ettirilmesine izin verir. Bu süreçte yüksek kirletici yoğunluklarına sahip sızıntı sıvıları ve stabilize edilmiş maddeler, depo gazlarını oluşturur (Saltabaş, Soysal, Yıldız & Balahori, 2010).

Anaerobik ayrıştırma süreci maliyetli ve uzun zaman alan süreçlerdir. Bu bağlamda özellikle pH, sıcaklık, nem ve atığın boyutu gibi faktörlerden doğrudan etkilenir. Depo gazları, anaerobik ayrıştırma süreci sonrasında biyobozunur maddeler tarafından oluşturulan yüksek yoğunluklu gazlardır. Eser miktarda organik madde, CO_2 ve metan gazı bileşenlerini içerir. İnsan sağlığı ve çevre üzerinde bir takım problemler oluşturabilecek durumda olan depo gazlarının depolanması, hayati önem taşır. Bu bağlamda, hem dönüştürme, hem ayrıştırma hem de düzenli depolama gibi süreçlerin doğru bir şekilde yönetilmesi gerekir (Üçgül, 2010).

4.1. Düzenli Depolama

Düzenli depolama; evsel, ticari ve endüstriyel katı atıkların en uygun alanda kontrollü, planlı ve istenen ölçüde tüm şartlara uygun şekilde depolanması işlemidir. Son on yılda dünya çapında birçok ülkede sürekli büyüyen endüstriyel üretim ve ticaret, evsel ve endüstriyel atık üretiminde hızlı bir artışa eşlik etti. 1990'ların ikinci yarısında, yıllık atık üretim hacmi gelişmiş ülkelerde kişi başına (300-800) kg arasında değişirken, diğer ülkelerde kişi başına 200 kg'ın altındaydı. Küresel atık, 2025 yılına kadar neredeyse iki katına çıkarak yıllık 2,2 milyar tonu bulması beklenmektedir ve dünyadaki neredeyse tüm şehirler atık azaltma hedeflerini karşılamak için mücadele etmektedir. Çöp sahaları ve/veya açık çöplükler, tüm dünyada belediye katı atıklarının bertarafı için yaygın bir uygulamadır (WorldBank, 2004).

Katı atıkların nihai bertarafı için depolama yöntemi, ekonomik avantajları sayesinde genel kabul görmüş ve kullanılan bir yöntem olmaya devam etmektedir. Düzenli depolama, atıkların uygun sahalarda bertarafı, sıkıştırılması ve depolanması olarak tanımlanır. Katı atıkların depolama alanlarındaki bertarafı azalmış olsa da,

depolama alanlarının tüm dünyada entegre katı atık yönetim sistemlerinin önemli bir parçası olmaya devam etmesi muhtemeldir. Çeşitli atık yönetimi yöntemlerinin (depolama, yakma, kompostlaştırma vb.) karşılaştırmalı çalışmaları, katı atık yönetimi arıtma ve bertaraf teknolojik seçenekleri arasında, sıhhi depolama veya açık boşaltmanın, nispeten düşük maliyet ve düşük teknik gereksinim nedeniyle çoğu ülkede popüler olduğunu göstermektedir (Young, 2010).

Atık depolama sahalarına ilişkin yasal mevzuatlar bertaraf edilen atık hacmini azaltmak için özel hedefler ve depolama ve depolama sahaları için çok katı gereklilikler getirmiştir.

4.1.1. Depo Gazı Bileşimi ve Özellikleri

Depo gazı yüzlerce farklı gazın karışımından oluşur. Hacim olarak, çöp gazı tipik olarak ana gazlar açısında; %45 ila %60 metan ve %40 ila %60 karbon dioksit içerir. Çöp gazı ayrıca eser miktarda nitrojen, oksijen, amonyak, sülfürler, hidrojen, karbon monoksit ve trikloretilen, benzen ve vinil klorür gibi metan olmayan organik bileşikleri (NMOC) içerir (Taşkan, 2001). Çizelge 3.1. "tipik" depo gazlarını, hacimce yüzdelerini ve özelliklerini listelemektedir.

Çizelge 3.1. Depo gazı bileşimi ve özellikleri.

Bileşen	**Hacimce Bulunma Yüzdesi (%)**	**Özellikleri**
Metan(CH_4)	45-60	Metan doğal olarak oluşan bir gazdır. Renksiz ve kokusuzdur. Depolama alanları, insan yapımı metan emisyonlarının en büyük ve tek kaynağıdır.
Karbondioksit(CO_2)	40-60	Karbondioksit doğal olarak atmosferde küçük konsantrasyonlarda (%0.03) bulunur. Renksiz, kokusuz ve hafif asidiktir.
Nitrojen(N)	0.1-1	Azot, atmosferin yaklaşık %79'unu oluşturur. Kokusuz, tatsız ve renksizdir.
Amonyak(NH_3)	0.1-1	Amonyak keskin kokulu renksiz bir gazdır.

Metan dışı organik bileşenler (NMOC)	0.01-0.6	NMOC'ler organik bileşiklerdir (yani karbon içeren bileşikler). (Metan organik bir bileşiktir ancak bir NMOC olarak kabul edilmez.) NMOC'ler doğal olarak oluşabilir veya sentetik kimyasal işlemlerle oluşturulabilir. Depolama alanlarında en yaygın olarak bulunan NMOC'ler arasında akrilonitril, benzen, 1,1-dikloroetan, 1,2-cis dikloroetilen, diklorometan, karbonil sülfür, etilbenzen, heksan, metil etil keton, tetrakloroetilen, toluen, trikloroetilen, vinil klorür ve ksilen bulunur.
Oksijen(O_2)	0.01-0.6	Oksijen, atmosferin yaklaşık %21'ini oluşturur. Kokusuz, tatsız ve renksizdir.
Sülfat(SO_4)	0-1	Sülfürler (örneğin, hidrojen sülfür, dimetil sülfür, merkaptanlar), çöp gazı karışımına çürük yumurta kokusunu veren doğal olarak oluşan gazlardır. Sülfitler, çok düşük konsantrasyonlarda bile hoş olmayan kokulara neden olabilir.
Hidrojen(H)	0-0.2	Hidrojen kokusuz, renksiz bir gazdır.
Karbon Monoksit(CO)	0-0.2	Karbon Monoksit, kokusuz, renksiz bir gazdır.

4.2. Depo Gazı Oluşumu

Üç süreç – bakteriyel ayrışma, buharlaşma ve kimyasal reaksiyonlar – depo gazı oluşumuna neden olur;

• **Bakteriyel ayrışma.** Çoğu depo gazı, organik atıkların atıkta ve depolama alanını örtmek için kullanılan toprakta doğal olarak bulunan bakteriler tarafından parçalanmasıyla meydana gelen bakteriyel ayrışma ile üretilir. Organik atıklar arasında gıda, bahçe atıkları, sokak süpürme ürünleri, tekstil ürünleri ve ahşap ve kağıt ürünleri bulunur. Bakteriler organik atığı dört aşamada ayrıştırır ve her aşamada gazın bileşimi değişir.

• **Uçuculuk.** Belirli atıklar, özellikle organik bileşikler, bir sıvı veya katıdan buhara dönüştüğünde, depo gazları oluşturulabilir. Bu süreç buharlaşma olarak bilinir. Depo sahası gazındaki NMOC'ler, depo sahasında atılan belirli kimyasalların buharlaşmasının bir sonucu olabilir.

• **Kimyasal reaksiyonlar.** NMOC'ler de dahil olmak üzere depo gazı, atıkta bulunan belirli kimyasalların reaksiyonları ile oluşturulabilir. Örneğin, depo sahası içinde klorlu ağartıcı ve amonyak birbiriyle temas ederse zararlı bir gaz üretilir.

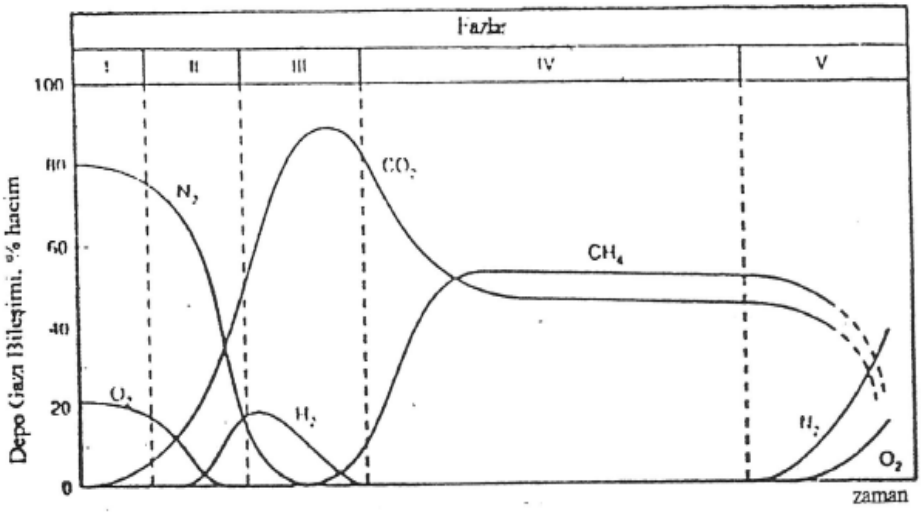
Bakteriler depo atıklarını dört aşamada ayrıştırır. Üretilen gazın bileşimi, ayrışmanın dört aşamasının her biri ile değişir. Düzenli depolama sahaları genellikle 20 ila 30 yıllık bir süre boyunca atıkları kabul eder, bu nedenle bir depolama sahasındaki atıklar aynı anda birkaç ayrışma aşamasından geçiyor olabilir. Bu, bir alandaki eski atıkların başka bir alanda daha yakın zamanda gömülen atıklardan farklı bir ayrışma aşamasında olabileceği anlamına gelir (Rogoff & Screve, 2011).

Depo gazı oluşumu;

- İlk uyum fazı,
- Geçiş fazı
- Asit fazı DOC
- Metan oluşum fazı
- Olgunlaşma fazı şeklindeki süreç ile birlikte oluşur. Genel bir değerlendirme şeklinde bu faz süreçlerini ele almak gerekirse;

Ayrışmanın ilk aşamasında, aerobik bakteriler -sadece oksijen varlığında yaşayan bakteriler- oksijen tüketirken organik atıkları içeren kompleks karbonhidratların, proteinlerin ve lipidlerin uzun moleküler zincirlerini parçalar. Bu işlemin birincil yan ürünü karbondioksittir. Azot içeriği bu aşamanın başında yüksektir, ancak depolama sahası dört aşamadan geçerken azalır. Faz I (İlk uyum fazı), mevcut oksijen tükenene kadar devam eder. Faz I ayrışması, atık depolama sahasına atıldığında ne kadar oksijen bulunduğuna bağlı olarak günler veya aylarca sürebilir. Oksijen seviyeleri, atığın gömüldüğü sırada ne kadar gevşek veya sıkıştırılmış olduğu gibi faktörlere göre değişecektir. Faz II (Geçiş fazı) ayrışması, depolama sahasındaki oksijen tükendikten sonra başlar ve geçiş fazını oluşturur. Anaerobik bir işlem (oksijen gerektirmeyen bir işlem) kullanarak bakteriler, aerobik bakteriler tarafından oluşturulan bileşikleri asetik, laktik ve formik asitlere ve metanol ve etanol gibi alkollere dönüştürür. Depolama sahası oldukça asidik hale gelir. Asitler, depolama sahasında bulunan nem ile karıştıkça, belirli besinlerin çözünmesine neden olarak, depolama sahasındaki giderek daha çeşitli bakteri türleri için azot ve fosforu kullanılabilir hale getirirler. Bu işlemlerin gaz halindeki yan

ürünleri karbondioksit ve hidrojendir. Depolama sahası bozulursa veya depolama sahasına bir şekilde oksijen verilirse, mikrobiyal süreçler Faz I'e dönecektir (Puigjaner, 2011).



Şekil 4.1. Depo gazı zamanla değişimi ve gaz oluşum fazları.

Faz III ayrışması (Asit fazı), belirli anaerobik bakteri türleri, Faz II'de üretilen organik asitleri tükettiğinde ve bir organik asit olan asetatı oluşturduğunda başlar. Bu süreçten sonra Faz IV (Metan oluşumu fazı) başlar, depolama alanının metan üreten bakterilerin kendilerini kurmaya başladığı daha nötr bir ortam haline gelmesine neden olur. Metan ve asit üreten bakterilerin simbiyotik veya karşılıklı olarak faydalı bir ilişkisi vardır. Asit üreten bakteriler, metanojenik bakterilerin tüketmesi için bileşikler oluşturur. Metanojenik bakteriler, asit üreten bakteriler için çok fazla toksik olan karbon dioksit ve asetatı tüketirler. Faz V ayrışması (Olgunlaşma fazı), depo gazının hem bileşimi hem de üretim oranları nispeten sabit kaldığında başlar. Faz III depo gazı genellikle hacimce yaklaşık %45 ila %60 metan, %40 ila %60 karbondioksit ve %2 ila %9 sülfit gibi diğer gazları içerir. Gaz, tipik olarak yaklaşık 20 yıl boyunca, Faz V'te sabit bir oranda üretilir; ancak gaz, atık depolama sahasına yerleştirildikten sonra 50 yıl veya daha fazla bir süre boyunca salınmaya devam edecektir. Gaz üretimi, örneğin atıkta daha fazla miktarda organik varsa, örneğin ortalamadan daha fazla miktarda evcil hayvan atığı alan bir çöp sahasında olduğu gibi daha uzun sürebilir (Sel, Arıkan, Demir & Ozkaya, 2013).

4.2.1. Depo Gazı Üretimini Etkileyen Faktörler

Depo gazı üretimini etkileyen faktörler genel olarak;

- Nem ve su içeriği,
- Atığın karakteri,
- Depolama alanındaki Oksijen
- Sıcaklık,
- Tane boyutu,

etkiler. Bu bağlamda;

Atık Karakteri; Bir depolama sahasında ne kadar organik atık bulunursa, bakteriyel ayrışma ile o kadar fazla çöp gazı üretilir. Bazı organik atık türleri, bakterilerin gelişmesine yardımcı olan sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi besinler içerir. Bu besinler mevcut olduğunda, çöp gazı üretimi artar. Alternatif olarak, bazı atıklar bakterilere zarar veren ve daha az gaz üretilmesine neden olan bileşikler içerir. Örneğin, atıkların yüksek tuz konsantrasyonları olduğunda metan üreten bakteriler engellenebilir (Tchobanoglous, 1993).

Depolama Alanındaki Oksijen; Sadece oksijen tükendiğinde bakteriler metan üretmeye başlar. Bir depolama sahasında ne kadar fazla oksijen bulunursa, aerobik bakteriler Faz I'de atığı o kadar uzun süre ayrıştırabilir. Atık gevşek bir şekilde gömülürse veya sık sık bozulursa, oksijene bağımlı bakterilerin daha uzun yaşaması ve daha uzun süre karbondioksit ve su üretmesi için daha fazla oksijen mevcuttur. Ancak atık yüksek oranda sıkıştırılmışsa, Faz III'te aerobik bakterilerin yerini metan üreten anaerobik bakteriler aldığından metan üretimi daha erken başlayacaktır. Metan gazı anaerobik bakteriler tarafından ancak depolama sahasındaki oksijen aerobik bakteriler tarafından tüketildiğinde üretilmeye başlar; bu nedenle, depolama sahasında kalan oksijen metan üretimini yavaşlatacaktır. Barometrik yükselmeler, muhtemelen bakteriyel aktiviteyi değiştirerek, bir depolama sahasının sığ bölümlerindeki yüzey topraklarına atmosferik oksijen verme eğiliminde olacaktır. Bu senaryoda, örneğin Faz IV'teki atık, tüm oksijen tekrar tükenene kadar kısaca Faz I'e dönebilir (Tchobanoglous, 1993).

Nem ve su içeriği; Depolama sahasında belirli bir miktarda suyun bulunması gaz üretimini artırır çünkü nem bakteri üremesini teşvik eder ve besinleri ve bakterileri depolama sahası içindeki tüm alanlara taşır. Atığın yaş ağırlığına bağlı olarak %40 veya daha yüksek bir nem içeriği, maksimum gaz üretimini destekler (örn. kapalı bir depolama sahasında). Atık sıkıştırması, gaz üretimini yavaşlatır, çünkü depolama sahası içeriğinin yoğunluğunu arttırır ve suyun atığa sızma hızını azaltır. Gaz üretim hızı, yoğun yağış ve/veya geçirgen çöplük örtüleri bir çöp sahasına ilave su katıyorsa daha yüksektir (Vesilind, Worrel & Reinhart, 2002).

Sıcaklık; Ilık sıcaklıklar bakteriyel aktiviteyi artırır, bu da çöp gazı üretim oranını artırır. Daha soğuk sıcaklıklar bakteriyel aktiviteyi engeller. Tipik olarak, bakteri aktivitesi 50° Fahrenheit'in (F) altına önemli ölçüde düşer. Hava değişikliklerinin sığ depolama alanlarındaki gaz üretimi üzerinde çok daha büyük bir etkisi vardır. Bunun nedeni, bakterilerin, kalın bir toprak tabakasının atıkları kapladığı derin depolama alanlarına kıyasla sıcaklık değişimlerine karşı yalıtılmış olmamasıdır. Kapaklı bir depolama sahası genellikle sabit bir sıcaklık sağlar ve gaz üretimini en üst düzeye çıkarır. Bakteriyel aktivite, ısıyı serbest bırakır ve 158°F'ye kadar sıcaklıklar kaydedilmiş olmasına rağmen, bir çöp sahasının sıcaklığını 77°F ile 113°F arasında stabilize eder. Sıcaklık artışları ayrıca buharlaşmayı ve kimyasal reaksiyonları teşvik eder. Genel bir kural olarak, NMOC emisyonları sıcaklıktaki her 18°F artışla ikiye katlanır (Sel vd., 2013).

Tane Boyutu; Katı atık tane boyutlarının azaltılmasısın, atık sahasında gerçekleşecek olan biyokimyasal reaksiyonu ve gaz üretimini arttırdığını bilinmektedir. Tane boyutu gaz üretimi üzerinde etkilidir. Tane boyutunun küçültülmesiyle mikroorganizmaların organik içeriği parçalamak için ihtiyaç duyduğu alan genişlemektedir. Yüzey alanının genişlemesi, gaz oluşumunda etkili olan nem, bakteri vb parametrelerin etkisinin artmasını sağlar. Nitekim yapılan çalışmalar ile parçacık boyutunun 250 mm'den 10 mm'ye düşürülmesi ile gaz üretiminin 4,4 kat arttığı belirtilmiştir (Işık, 2014).

Atıkların depo alanına gömülmeden önce parçalayıcı kullanarak atığın tanecik boyutlarında meydana getirilecek değişiklikler ile hem gaz oluşumu hem sıkıştırma oranı hem de depo sahasının doldurma zamanı olumlu yönde etkileyeceği sonucu çıkarılabilir.

4.3. Depo Gazı Hesaplama Yöntemleri

Sera gazı ve metan gazı emisyonlarına dayalı tahmini depo gazı hesaplamaları, özellikle küresel ısınma ve katı atık depolama yönetimi bağlamında son zamanlarda sıklıkla işlenen alanlar olmuştur. Katı atık düzenli depolama sistemlerinde genellikle emisyon hesaplamaları, depolama alanlarının bertaraf kapasitelerinin ve optimum atık miktarının hesaplanmasında önemli birer faktördür. Evsel atıklara ek olarak tehlikeli atıklar ve potansiyel metan gazı açığa çıkma eğilimi de bu bağlamda netleştirilmiş olur. 1 ton çöpün ayrışma sürecinde genel olarak %50-60 dolaylarında metan gazı açığa çıkar ki bu da yaklaşık 20 Kjoule/m^3 ısıl değerdeki 400 m^3 depo gazına denk gelir. Tabii ki bu durum ideal bir düzenli depolama sahası için geçerlidir. Öyle ki, birçok dış faktör, farklılıkların oluşmasına neden olabilir. Bu bağlamda, 4 ana faktör ile hesaplama yapılabilir. Bunlar;

- Yaklaşık tahmin,
- Test kuyuları
- Sübstratların ayrışma denklemi ile hesaplama ve
- Matematiksel modellerdir (Yarımtepe, 2011).

Tüm bu faktörlere tek tek değinmek gerekirse;

4.3.1. Yaklaşık Tahmin Modeli

Genelde depolama sahasında her bir ton atığa karşılık 6 m3 gaz oluşması beklenir. Bu gazın tahmini %55'i metan gazıdır. İklim ve depolama alanlarına atfedilen diğer faktörler göz ardı edildiğinde ideal olarak 10 yılı geçmeyen atıklar üzerinden gaz miktarına dayalı tahmin yürütülebilir (Işık, 2014).

4.3.2. Test Kuyuları Modeli

Test kuyuları modeli, günümüzde depo gazı hesaplama yöntemleri arasındaki en güvenilir metottur. Bununla birlikte bu metot oldukça pahalıdır ve büyük işletmeler için ancak ideal seçim olarak düşünülebilir. Bu metotta, söz konusu gazlar, test kuyularında toplanır ve kısmi hesaplamalar yapılarak tüm alana dayalı matematiksel modeller ortaya konur. Bu açıdan bakıldığında gaz geri kazanım fonksiyonları ve gaz yayılması gibi tahminler de yapılabilmektedir. Bu metotta sadece gaz miktarı değil; aynı zamanda gazın kalitesi ve gaz içerisindeki azot, partikül, sülfür ve metan gibi gazların analizi de yapılabilir (Coşkuner, 2015).

4.2.3. Sübstratların Ayrışma Denklemi Modeli

Organik madde genel formülü olan $C_aH_bOcN_d$ formülü, her bir atık için tek tek hesaplanır ve en sonunda gaz hacmi tahmin edilir. Bunda da tahmin olduğu için yanılma payı oldukça yüksektir.

$$C_aH_bO_cN_d + \left(\frac{4a-b-2c+3d}{4}\right)H_2O \rightarrow \left(\frac{4a+b-2c-3d}{8}\right)CH_4 + \left(\frac{4a-b+2c+3d}{8}\right)CO_2 + dNH_3$$

(Denklem 4.1.)

eşitliği kullanılarak CH4, CO_2 ve NH_3 bileşikleri ayrı ayrı hesaplanır. Sonuç olarak organik atık fraksiyonları elde edilir (Işık, 2014).

4.2.4 Matematiksel Modeller

Alandaki depolama sırasında ya da kapatılmasının ardından gaz üretimine ilişkin verilerin ortaya konulmasında, matematiksel modeller son derece etkilidir. Bu hesaplamalar sayesinde sadece depolama gazı hesaplaması değil; aynı zamanda atıkların özellikleri, depolanan atığın niceliği ve niteliği ile depolama zamanına yönelik birçok hesaplama yapılabilir. Bu bağlamda aşağıda yer alan bazı matematiksel modeller tercih edilmektedir (Solak, 2015).

4.2.4.1. Palos Verdes Modeli

Birinci dereceden iki bilinmeyenli bir matematiksel model olan Palos Verdes modeli, genel olarak gaz oluşumun zamanla değişimine yönelik hesaplamaları ortaya koymada kullanılır (Spokas vd., 2006).

$$\frac{DG}{dt} = k_1 G \qquad \text{(Denklem 4.2.)}$$

$$\frac{DL}{dt} = -k_2 L \qquad \text{(Denklem 4.3.)}$$

Şeklinde iki basamaklı denklemle elde edilir. Burada G, t'den önceki depo gazı üretimini

t zamanı

k_1,k_2 gaz üretim hız sabiti ile ifade edilmektedir.

4.2.4.2 Sheldon Arleta Modeli

İki basamaklı tek bilinmeyenli bir kinetik modeli olan Sheldon Arleta modeli, sürekli olarak sahaya eklenen yeni atıkların bu süreçte oluşturabileceği tahmini gaz miktarını ölçmede kullanılır. Zor ayrışabilen ve kolay ayrışabilen iki farklı atık sınıflandırması şeklinde sınıflandırılır (Palananthakumar, 1999). Her sınıfa ait bir yarı zaman tanımlıdır formülü ise;

$t_{toplam}=(t_{yarızaman})0.35$ (Denklem 4.4.)

4.2.4.3. Scholl Canyon Modeli

Tek basamaklı birinci derece denklem ile oluşturulan bu kinetik modeli, genel olarak anaerobik koşulların ve mikrobiyal popülasyonun meydana gelmesi adına gereken bir gecikme süresinin ardından oluşan gazın maksimum hız ile başladığını varsayar. Bu bağlamda aşağıdaki formül kullanılır;

$Q=kL_0Re^{-kt}$ (Denklem 4.5.)

Q= Metan gazı üretim hızı (m^3/yıl), k metan üretim hız sabitini

L_0 potansiyel metan üretimi kapasitesini (m^3)

R ise depolanan atığın yıllık miktarının ton cinsinden değerini ve son olarak

t ise depolanmanın hemen ardından geçilen sürenin yıl cinsinden değeridir (Göksel, 2012).

4.2.4.4. Emcon Modeli

Ana parametreleri, dönüşüm zamanı, gecikme zamanı, nem oranı, bileşim oranı ve bunların içerikleri, atık miktarları ve bunların içerikleri olan modele Emcon modeli denir. Yine bu modelde de maddelerin ayrışımı yavaş, orta ve hızlı şekilde gelişebilmektedir. Bu bağlamda bir metan oluşum eğrisi elde edilir. Buna yardımcı olan matematiksel denklem ise;

$$C_i = KkW_tP_i\ (1-M_i)\ V_i\ E_i \qquad \text{(Denklem 4.6.)}$$

şeklindedir. Burada;

Ci; i bileşen türünden elde edilmesi muhtemel gaz hacmi

K, kimyasal oksijen ihtiyacı K,

Wt toplam ıslak katı ağırlık

Pi, i bileşeninin toplam katı kütlesinde yer alan oranı

Mi, i bileşenin nem oranı,

Vi, yine bileşenin katı madde içeriği ve

i ise biyolojik olarak ayrışması muhtemel katı uçucu madde içeriği olarak ifade edilmektedir (Bilgili, 2006).

4.2.4.5. Pasifik Gaz ve Elektrik Kinetik Modeli

Kinetik bir model olarak bilinen pasifik gaz ve elektrik (PGE) kinetik modeli, depo gazı oluşumunun hesaplanmasında kullanılan bir metottur. PGE, zamana karşı değişen depo gazı oluşum miktarını belirlemede kullanılır. Parabolik ve eksponansiyel

denklemler uygulanarak elde edilen bu teknikte, atık miktarı, depolanan atığın derişimi ve atık yüksekliği gibi veriler elde edilebilir (Bilgili, 2006).

4.2.4.6. Tabasaran/Rettenberger Modeli

Aşağıda yer alan denklemin kullanılması ile oluşan bu modelde, genel olarak 1 ton katı atık ile üretilen depo gazı miktarı, oranı ve yoğunluğu elde edilir.

$G_t = 1.868_{org}(0.014T+0.28)(1-10^{-kt})$ (Denklem 4.7.)

Gt, t zamanda kullanılan katı atık miktarı

Corg, organik atık içinde yer alan organik Karbon içeriği

T, depolama sahası içindeki sıcaklık değeri

k ise ayrıştırma sabitidir (Coşkuner, 2015).

4.2.4.7. USEPA LandGEM Modeli

United States Environmental Protection (Birleşik Devletler Koruma Ajansı)'nın, geliştirdiği bu teknikte, emisyon modeli depolama alanı kaynaklarının metan, CO_2 ve bazı bileşiklerde yer alan hava kirleticilerin emisyon miktarlarını tespitinde kullanılması ilkesi söz konusudur. Bu modelde kullanılan genel denklem;

$Q_{CH4} = L_0R(e^{-kc}-e^{-kt})$ (Denklem 4.8.)

Bu denklemde Q_{CH4} metan gazı üretim hızını;

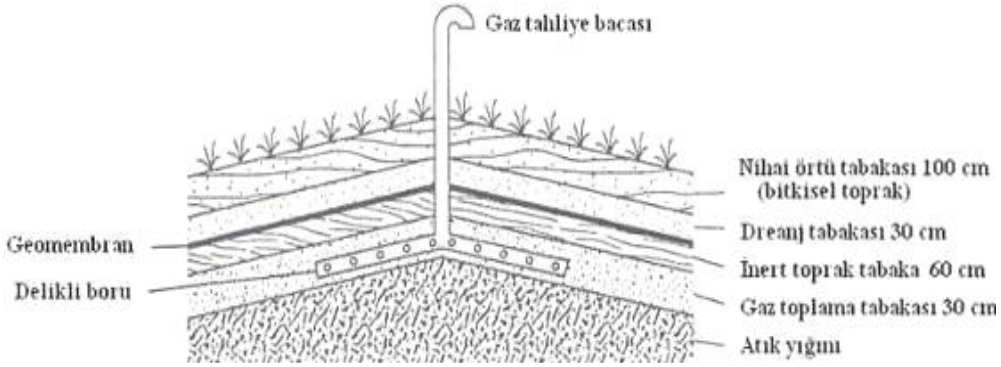
L_0, 1 ton atıktan üretilebilecek tahmini metan kapasitesini

R ise depolanan yıllık atık oranını ifade eder.

Yine aynı şekilde k ise metan üretim hız sabiti olarak kullanılırken; c ise, depolama alanı kapatıldıktan sonraki geçilen zamanı ifade eder. Burada metan gazı emisyonunun üretim ve depolanma süreci kolaylıkla elde edilebilir. Bununla birlikte pH değeri, sıcaklık, nem içeriği ve nütrient içeriği gibi bir takım verilere de erişilebilir (Tanapat, 2004).

4.3. Depo Gazını Toplamak Ve Kullanmak İçin Kullanılan Mühendislik Yöntemleri

Depo gazını toplamak, kullanmak ve geri kazanmak için kullanılan bazı mühendislik teknik ve metotları bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olanlarına aşağıda yer verilmiştir.



Şekil 4.2. Depo gazı toplama sistemi.

4.3.1. Gaz Toplama Kuyuları

Depolama alanının belirli bir kısmının kapatılması ile başlayan gaz toplama sürecinde iki şekilde gaz toplama sistemi söz konusudur. Yatay ve düşey gaz toplama sistemleri olarak iki farklı şekilde toplanabilen gazlar, depo sahaları için uygun olup olmama şekillerine göre bu kuyulardan birine aktarılır. Yatay sistemler genellikle gazın ani geri kazanımı için ideal alanlar iken düşey sistemler ise günlük herhangi bir periyotta kullanmaya uygun olarak tasarlanmışlardır. Bu sistemlerdeki yöntem genel olarak; her bir kuyunun, gazın ana toplayıcılar vasıtası ile yatay borulara aktarılması şeklinde ilerler. Gaz akışının yönünü belirlemek bu noktada çok önemlidir. Özellikle son yıllarda bu tür teknolojiler geliştirilerek hayata geçirilmiştir (Öztürk, 2010).

Yatay gaz toplama kuyularında merkeze delikli boru yerleştirilir. Bu boru etrafına önce çakıl sonrasında tekstil malzemesi serilir. Üstü atık ile kapatıldıktan atığın atmosfer ile bağı kil tabakası ile kesilir ve sonrasında ana gaz toplama hattına bağlanır. Şekil 4.3'de

çakıl ile kaplanmış bir yatay gaz toplama kuyusu ve anahat bağlantı örneği gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Yatay gaz toplama kuyusu ve ana hat bağlantısı.

4.3.2 Gaz Körüğü (Blower)

Gaz toplama kuyularında toplanan gaz, ana toplayıcılara aktarılarak negatif basınç meydana getirir. Bunu sağlayan, gaz körüğü olarak adlandırılan yayımsı araçlardır. İlave bir gaz sıkıştırılıp sıkıştırılmaması, körüğün şekline ve gazın bu körükteki kullanım amacına bağlı olarak değişir. Buradaki mekanizma, gazın çekilmesi için gereken sıkıştırma miktarını oluşturma mantığı üzerinedir. Bunun için gaz debisi sisteme entegre edilerek bunun için gereken güç miktarı belirlenmeli ve buna göre bir blower, sisteme dahil edilmelidir (Arıkan, Altınbaş, Sevimoğlu, Sel & Öztürk, 2011).

Gaz körükleri genellikle motor sürücüleri ile kullanılmaktadır. Gaz körükleri sahadan gaz emişinin sağladığı gibi gaz motoruna yakıt itişini de sağlamaktadır. Bu sebeple hem saha basıncını optimum değerde tutmak, hem de motor yüküne göre motora gaz göndermek için sürücülere ihtiyaç duyulur. Şekil 4.4'de gaz körüğü örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Gaz körüğü.

4.3.3. Yakma Sistemleri (Flare)

Kimi zaman gazlar kullanılmadığında, yoğunluk farkından dolayı atmosfere karışabilir. İşte bunu önlemek için yakma sistemlerine ihtiyaç vardır. Açık ya da kapalı olarak uygulanabilen bu sistemde amaç hava ile yanabilecek gaz döngüsünü sağlamaktır. Bu da, gazın atmosfere karışmasını engeller. Ve bu sayede katı atık yönetim sürecinin temel noktalarından olan koku ve zehirlenme gibi durumları ortadan kaldırabilir. Burada genel olarak verim %98-99,5 düzeyindedir. Çevresel boyutları ve hidrokarbon bileşenlerinin yok edilmemesi gibi noktalar ayrıca göz önünde bulundurulmaktadır. Bu modelin teknik olarak kullanılıp kullanılamayacağı yani fizibl olması, tesisin kuyu açılmasına uygun olup olmamasına bağlıdır (Vesilind vd., 2002).

Metan gazı, karbondioksite göre 20 kat daha fazla sera etkisi göstermektedir. Ayrıca atık sahasının stabilliği için, saha sürekli basınç altında tutulmalıdır. Gaz

motorundaki herhangi bir arıza ya da planlanmış bakım zamanlarında oluşan deponi gaz yakma sistemlerinde yakılıp atmosfere o şekilde bırakılmalıdır. Şekil 4.5'de flare baca örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Flare baca.

4.3.4. Gaz Depolama Alanı (Dom)

Tüm gazlar ve özellikle metan gazı için toplama ve kullanım alanları farklı şekilde dizayn edilebilir. Bu durum, gazların miktarına, kullanım alanlarına, kaynak atığa, yoğunluğuna ve diğer çevresel bileşenlere göre değişiklik gösterebilir. Dom ölçüsü ve debisi, gazın yoğunluk ve miktarına göre ayarlanır. Genelde günümüzde kullanılan gaz depolama alanları 1 ton metre küp katı atık gazı üretimine uygun şekilde dizayn edilmektedir (Öztürk, 2010).

Dom, bir yakıt deposu olduğu gibi aynı zamanda gaz toplama kuyularında gelişebilecek olan ani gaz içeriği değişimlerini karşı, içerisinde bulundurduğu gaz ile gaz

motoruna daha stabil bir yakıt gitmesini sağlamaktadır. Şekil 4.6'da dom örneği gösterilmiştir. Dom için farklı uygulama yöntemleri mevcuttur. Genellikle iki katmandan oluşan dom içteki ilk katmanda depo gazını, dışındaki katmanda ise depo gazını basınç altında tutmaya yarayan basınçlandırılmış hava bulundurur.



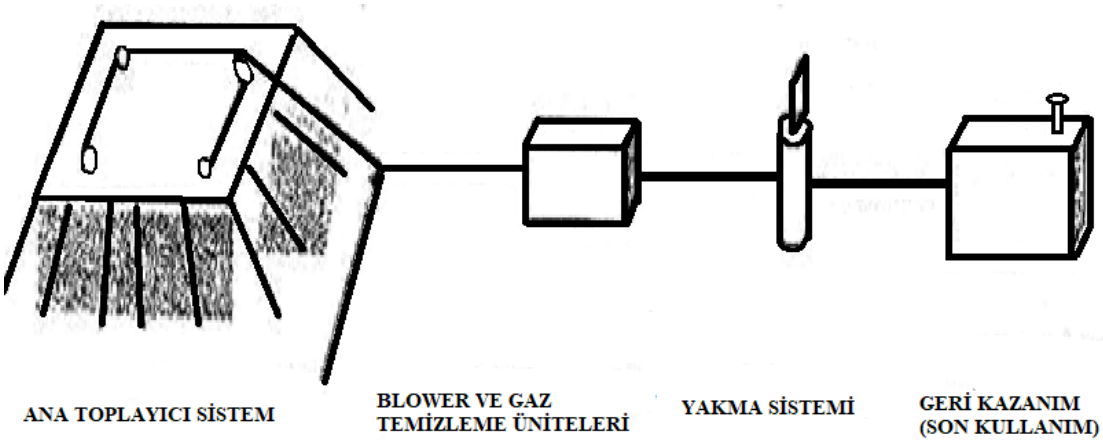
Şekil 4.6. Dom.

4.3.5. Gaz Tribünleri

Gaz tribünleri yukarıda tanımlanan depo gazı depolama aşamaları sonrasında elde edilen gazların kullanımını sağlamak üzere uygulanan yeni bir proses alanıdır. Burada oluşturulan gazlar, genellikle çevrede bulunan tüketicilere ve doğrudan elektrik şirketlerine satılmak sureti ile elektrik üretimini sağlar. Burada diğer motorlara nazaran daha yüksek miktarlarda gaz debilerine ihtiyaç vardır. Aksi takdirde ekonomik açıdan pek cazip bir seçenek olmayacaktır. 500 kW ila 10 MW aralığında bulunan elektrik enerjisi üretim kapasitelerine sahiptir (Vesilind vd., 2002).

4.4. Depo Gazı Kullanım Teknolojileri

Depolama alanı içerisinde depolanan gazlar, farklı şekillerde kullanıma uygun hale getirilebilir. Bunun için saha ve enerji gibi iki önemli faktör, belirleyiciler olarak kendini göstermektedir. Bu kısımda depo gazı kullanım teknolojilerine değinilmiştir.



Şekil 4.7. Depo gazı kullanım sistemi.

4.4.1. Direkt Isıtma

Direkt ısıtma uygulamaları, depo gazı kullanım teknolojileri arasında en yaygın olanıdır. Burada endüstriyel amaçlı kullanımın beklentilerine göre bir kullanım yolu söz konusudur. Zira, eğer ortam soğutma ve ısıtma işlemleri için kullanılacak olursa, doğalgaz sistemleri için devreye alınabilir. Bununla birlikte endüstriyel ısıtma ve ortak yakma amaçlı kullanım söz konusu ise; bunun için endüstriyel kazanlarda ve tuğla fırınlarda yakılabilen ısıtma sistemleri için devreye alınabilir (Öztürk, 2010).

4.4.2. İçten Yanmalı Gaz Motoru İle Elektrik ve Isı Üretimi

İçten yanmalı motorlar genel olarak depo gazı uygulamaları için tercih edilen bir dönüşüm teknolojisidir. Bir bakıma araç motorlarını andıran bir sisteme sahip bu motorlarda düşük ve genellikle orta kalitede olan gazdan elektrik ve ısı üretimi söz konusudur. Genel kapasiteleri 30-2000 kW aralığında olup depolama sahalarında daha fazla kullanılanı ise 700 kilowatt-1,4 megawatt aralığında olandır. İçten yanmaları motorlarda maliyet-etkinlik anlamında istenen sonucun alındığı bir teknoloji söz konusudur. Aynı zamanda geri kazanım verimi de oldukça yüksektir. Gazın sahip olduğu kirlilik her ne kadar korozyon (aşınma) meydana getirebiliyor olsa da, parçalarının değişimi ve yenilenmesi süreci kısadır (Mc Bean, Rovers & Farquhar, 1995).

4.4.3. Boru Hattı Kalitesinde Saflaştırma

Boru hatları genelde çevre kullanıcıların istifade edebilmeleri adına kullanılmakta olan bir gaz işleme ve iletme sistemidir. Genelde düşük yoğunluklu gaz iletimlerinde kullanılıyor olsa da kimi zaman orta kalitede ve yoğunlukta gaz iletimi için de tercih edilebilmektedir. Boru hattı basıncı, genelde gazın sıkıştırma özelliğine göre yüksek olduğu için iç kısımda saflaştırma işlemi, teknik fizibiliteler doğrultusunda mümkün olabilmektedir. Buradaki kalite, genelde korozif bileşenler ve metan gazı gibi bileşenleri gibi faktörlerden etkilenebilir. Ve saflaştırma işlemi sonrasında, son tüketiciye aktarılabilir (Gendebien vd,. 1992).

4.5. Biyolojik Dönüşüm Sistemleri

Bazı biyolojik yöntemler, ortamdaki gazın dönüşümünü sağlayarak, daha yararlı ve daha az zararlı gaz depolanma ve üretimini sağlayabilir. Aşağıda bu yöntemlere yer verilmiştir.

4.5.1. Anaerobik Çürütme

Havasız çürütme yöntemi olarak da bilinen anaerobik çürütme, oksijen kullanılmadan ortamdaki atıkların biyolojik olarak bozunması sürecidir. Genel olarak %64 düzeyinde CH_4 ve %35 dolaylarında CO_2 çıkarmakta ve aynı zamanda bir miktar diğer gazları da açığa çıkarmaktadır. Oluşan bu biyogazlar genellikle yeni bir alanda depolanır. Günümüzde bu süreç genelde çiftlik atıkları ve daha çok atık sulara ilave edilen katı atıkların ayrışması aşamasında kullanılır. Bu yöntemin ekonomik maliyeti, yani bu proses ile atıklardan enerji üretim verimi son derece yüksektir.

Bu sistemde genel olarak organik madde 4 aşamada CH_4 ve CO_2 gazlarına dönüşür. Hidroliz, Fermantasyon, Asetogenz ve Metanogenez süreçleri ile çürütme işlemi biter ve sonuç olarak Karbondioksit ve Metan gazları ortaya çıkar.

$$C_aH_bO_cN_d + \left(\frac{4a-b-2c+3d}{4}\right)H_2O \rightarrow \left(\frac{4a+b-2c-3d}{8}\right)CH_4 + \left(\frac{4a-b+2c+3d}{8}\right)CO_2 + dNH_3$$

(Denklem 4.9.)

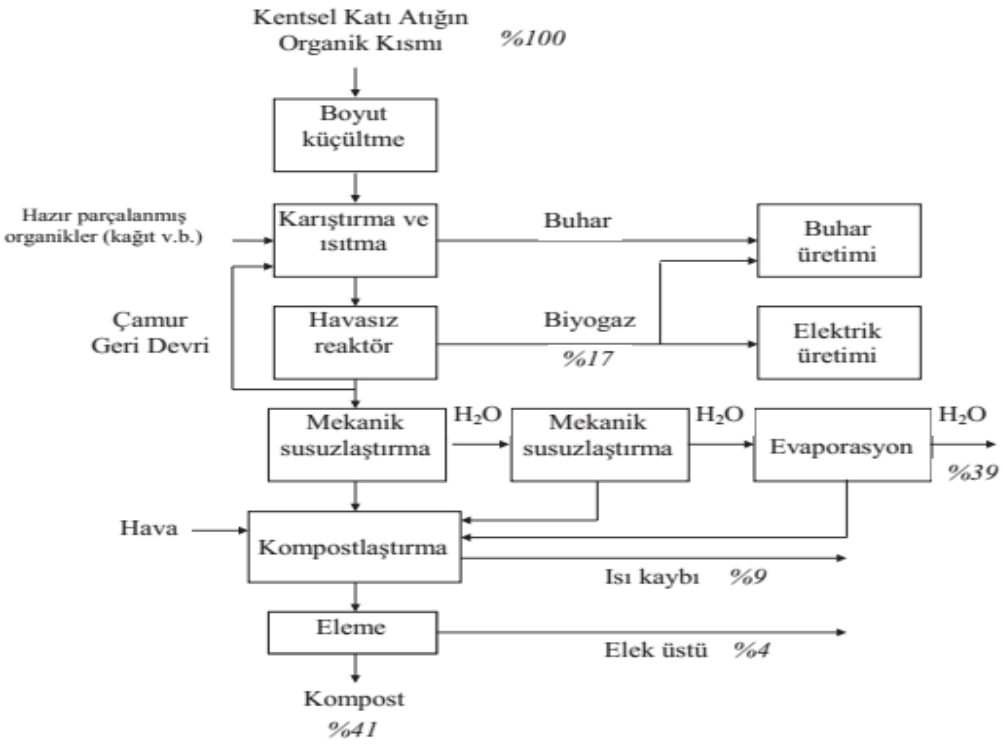
Formülü ile biyokimyasal reaksiyon başlatılır ve çürütme prosesi 4 aşamada gerçekleştirilir (Worrell & Vesilind, 2012).

4.5.2. Anaerobik Çürütme Teknikleri

Genel olarak kuru proses, ıslak proses ve iki aşamalı sistemler, Anaerobik çürütme teknikleri olarak ifade edilmektedir. Bu tekniklere odaklanmak gerekirse;

4.5.2.1. Kuru İşlem

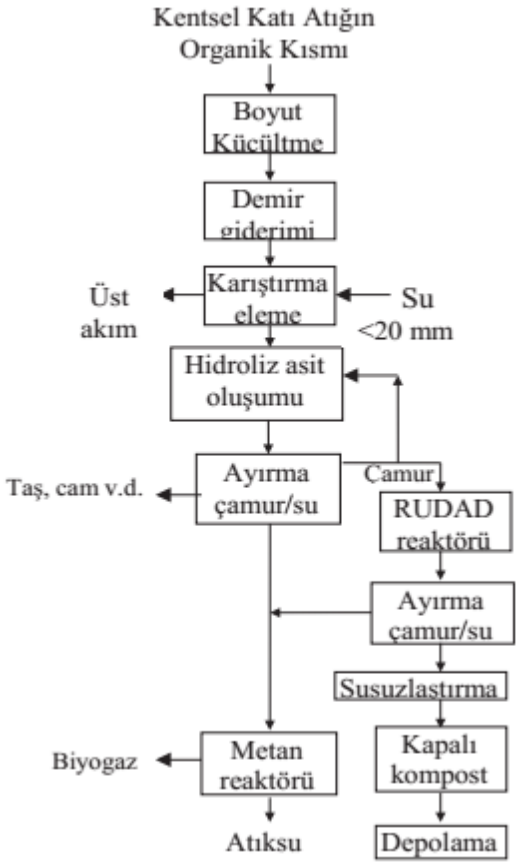
Bu işlem, çürütme aşamasında çürütülen atığın %20-40'ı kadar bir kütle meydana getirir. Burada iki önemli avantajdan bahsedilebilir. Yüksek gaz üretimi sayesinde verimin daha fazla olması ve buna ek olarak özellikle korozyon ile depo alanlarında kullanılan sistemlerdeki araçların aşınımını az olması iki önemli avantajdır. Yine bir başka son zamanlarda görülen avantajlarından biri de daha az suya ihtiyaç duymasıdır (Akpınar, 2006).



Şekil 4.8. Kuru tip anaerobik çürütme prosesi (Heide & Eisma, 1997).

4.5.2.2. Islak İşlem

Bu işlemde genel olarak katı atık miktarı, tüm kütlenin %15'ini geçmez. Bunu yüksek oranlara çıkarmak adına, sisteme daha fazla su eklemesi yapılmaktadır. 1 ton katı atığı sulandırma adına 1 m_3 su kullanılmaktadır. Pompa ve borulama tarzı sistem araçlarının kullanımı ile katı atıklar, eklenen suyu emer ve çamur haline getirilir. Geniş reaktörler, arıtma ve susuzlaştırma süreçlerini yaparak, katı atığın enerji dönüşümünü gerçekleştirir (Akpınar, 2006).



Şekil 4.9. Islak işlem anaerobik çürütme süreci (Heide & Eisma, 1997).

4.5.2.3. İki Aşamalı İşlem

Birinci aşaması sulandırma-asidifikasyon ve ikinci aşaması asit oluşum ve metan oluşum tepkimeleri olan bu işlemde genel olarak selülözün hidrolizi ile bir reaksiyon oluşturulmakta ve mikrobiyal büyüme hızları ve diğer reaksiyonlar kontrol altına

alınmaktadır. Genelde evsel atıkların biyogaza dönüşümü sürecinde bu yöntemler kullanılmaktadır (Akpınar, 2006).

4.5.3. Anaerobik Kompostlaştırma

Havalı şartlar altında organik maddenin istenen şekilde kontrollü bir süreç ile ayrıştırılması sürecine Anaerobik kompostlaştırma denilmektedir. Bilindiği gibi oksijen ve su, mikroorganizmaların maddeleri ayrıştırmadaki temel maddelerdir. Uygun sıcaklık ve nemli ortamda yeterli su ve Oksijen gazı, katı atık çürütme işlemini sağlar. pH ve Nütrientler, Aerobik kompostlaştırma sürecini sınırlayan faktörlerdendir. Su ve Oksijen ile sağlanan ve hızlandırılan bu süreç, kimi zaman uygun olmayan pH değerleri ve besi maddeleri (nütrientler) nedeni ile sekteye uğrayabilir ve proses olumsuz etkilenebilir (Öztürk, 2016).

BÖLÜM 5

TÜRKİYE'DE DEPO GAZINDAN ENERJİ ÜRETİMİ VE EDİRNE ÖRNEĞİ

5.1. Türkiye'de Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretimi

Türkiye'de toplam elektrik üretimi içerisinde biyokütle kaynaklı elektrik üretimi düşük düzeyde olmasına rağmen yıllar içerisindeki gelişimine bakıldığında umut verici bir kaynak olarak görülmektedir. 2020 yılı sonu itibari ile biyokütle kaynaklı enerji üretimi toplam üretimin %1,8'ini oluşturmaktadır. Toplam kurulu güçlere bakıldığında ise biyokütle enerjisi toplam kurulu gücün %1,2'sini oluşturmaktadır (EPDK, 2020). Çizelge 5.1'de 2020 sonu itibari ile kaynak bazında kurulu güç ve üretim değerleri gösterilmektedir.

2020 yılı sonu itibari ile Türkiye genelindeki tesislerin toplam kurulu gücü 95.890,61 MWe iken biyokütle enerji santralleri için bu değer 1.115,59 MWe olarak kayda alınmıştır. Bu veriler içerisinde lisanslı ve lisanssız tüm santraller dâhil edilmiştir.

Çizelge 5.1. 2020 yılı sonu itibariyle kaynak bazında kurulu güç ve üretim değerleri (EPDK, 2020).

KAYNAK TÜRÜ	TOPLAM KURULU GÜÇ (MW)	ORAN (%)	TOPLAM ÜRETİM (GWh)	ORAN (%)
HİDROLİK	30.983,90	32,3	78.114,95	25,6
DOĞAL GAZ	26.041,93	27,2	69.277,54	22,7
LİNYİT	10.119,92	10,6	38.163,85	12,5
İTHAL KÖMÜR	8.986,85	9,4	62.466,47	20,5
RÜZGÂR	8.832,40	9,2	24.680,83	8,1
GÜNEŞ	6.667,42	7,0	11.242,48	3,7
JEOTERMAL	1.613,19	1,7	9.929,41	3,3
BİYOKÜTLE	1.115,59	1,2	5.501,94	1,8
TAŞ KÖMÜRÜ	810,77	0,8	3.415,83	1,1
ASFALTİT	405,00	0,4	2.222,88	0,7
FUEL OİL	305,93	0,3	313,04	0,1
NAFTA	4,74	0,0	0,00	0,0
LNG	1,95	0,0	0,00	0,0
MOTORİN	1,04	0,0	1,00	0,0
TOPLAM	**95.890,61**	**100,00**	**305.330,21**	**100,00**

5.1.1. Türkiye Genelindeki Biyokütle Santralleri

Türkiye'de biyokütle enerji santrallerinin geçmişi oldukça yenidir. İlk tesis 2004 yılında İstanbul'da kurulmuştur. Biyokütle santrallerini kendi içinde kullanılan hammaddeye göre gruplandırmak mümkündür. Biyokütle santralleri hayvansal atık, bitkisel atık, endüstriyel atık, tarımsal atık, atık lastik, orman atığı ve kentsel atık gibi atıkları kullanarak enerji üretebilmektedir. Ön fizibilite çalışması sonucu kullanacağı atığa göre uygun tesis yapılır. Türkiye'de tek tip atık ile olduğu gibi birbirinden farklı atıkları kullanarak da enerji üreten entegre tesisler mevcuttur. 2021 yılı EPDK'nın yenilenebilir enerji kaynakları ön listesine göre 184 adet biyogaz tesisi lisanslandırılmıştır. 2011 yılında 8 adet tesise ait lisans verileri mevcut iken 2021 yılında bu sayı 23 kat artarak 184'e ulaşmıştır. Çizelge 5.2'de 2021 yılı itibari ile Türkiye'de bulunan biyogaz tesislerine ilişkin genel bilgiler gösterilmektedir.

2011 yılından itibaren yenilenebilir enerji kaynaklarından biyogaz elektrik üretim santrallerinde ciddi artışların olma sebeplerinden birisi de ''YEKBDY – Yenilenebilir

Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi Ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik''tir. Bu yönetmelik kapsamında devlet tarafından yenilenebilir kaynağa dayalı elektrik üretim tesisleri desteklenmiştir. Bu destek mekanizması ise YEKDEM – Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması olarak adlandırılmaktadır.

Çizelge 5.2. 2021 yılı Türkiye'de bulunan biyogaz santralleri (EDPK, 2021).

Sıra No	**Tesis Adı**	**Kaynak Türü**	**Kurulu Gücü (Mwe)**
1	Akıncı Enerji Sandıklı Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	1,4
2	Şanlıurfa Biyokütle Enerji Santrali	Çöp Gazı	6,24
3	Nisa Bes	Orman Atığı, Tarımsal Atık	5,482
4	Mudurnu Biyogaz Enerji Santrali	Hayvansal Atık	1,2
5	Foça Biyogaz Enerji Santrali	Hayvansal Atık	3,201
6	Afyon Biyogaz Santrali	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	4,017
7	De Solar 7 Bes	Hayvansal Atık	3,201
8	Vesmec Kırk Kab 1 Çöp Biyogaz Santrali	Çöp Gazı	1,2
9	Kırıkkale Çöp Gazı Santrali Biyokütle Projesi	Çöp Gazı	1,003
10	Tire Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	4,268
11	Karacabey 2 Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık, Diğer Atık	6,402
12	Her Enerji Kayseri Katı Atık Depo Sahası Biyogaz Santrali	Çöp	5,782
13	Ahi Suluova Biyogaz Tesisleri	Kentsel Atık, Bitkisel Atık	6,637
14	Aksaray Osb Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	6,402
15	Oğuzeli Bes	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	0,998
16	Çumra Biyogaz Enerji Üretim Santrali	Hayvansal Atık	6,004
17	Wm Enerji Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	1,501
18	Ceylanpınar Biyokütle Enerji Santralı	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	1,263
19	Etab Enerji Bitlis Çöp Gazı Santrali	Çöp, Çöp Gazı	1,413
20	Mey Biyogaz Tesisi	Bitkisel Atık	1,169
21	Mas Yenilenebilir Enerji Üretim Tesisi	Çöp Gazı	2,395

22	Bayburt Biyokütle Enerji Santrali	Kentsel Atık	1,56
23	Gzl Enerji Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	1,5
24	Padaş	Hayvansal Atık	3,002
25	Amasya Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	1,501
26	Byz Global Enerji Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	1,501
27	Edincik Bes	Hayvansal Atık	2,126
28	Arf Ödemiş Biogaz Üretim Tesisi	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık, Diğer Atık	4,868
29	Polatlı Bes	Hayvansal Atık	2,972
30	Kırşehir Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık,Tarımsal Atık	3,002
31	Kastamonu Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı	1,56
32	Erkar Enerji Üretim Tesisi	Çöp, Çöp Gazı	1,56
33	Oyka Enerji Biyokütle Santrali	Diğer Atık	21
34	Panda Van Elektrik Santralı	Kentsel Atık	4,242
35	Tire Biyogaz Elektrik Santrali	Hayvansal Atık	4,8
36	Albe-I Biyogaz Santrali	Hayvansal Atık	3,017
37	Beypazarı Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	0,793
38	Amasya Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı	1,837
39	Hayat Biyokütle Projesi	Orman Atığı	0,955
40	Agt Biyokütle Santrali	Orman Atığı	5,37
41	Dilovası Çöp Biyogaz Santrali	Çöp, Çöp Gazı, Diğer Atık	2,126
42	Kocaeli Çöp Biyogaz Santrali	Çöp, Çöp Gazı	6,508
43	Senkron Efeler Biyogaz Santrali	Tarımsal Atık	4,8
44	Güres Biyokütle Enerji Santrali	Hayvansal Atık	2,3
45	Kömürcüoda Çöp Gazı Santralı	Çöp Gazı	19,81
46	Hatay Gökçegöz Çöp Santrali	Çöp Gazı	7,065
47	Arel Enerji Menteşe Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	2,4
48	Arel Enerji Fethiye Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	2,82
49	Arel Yenilenebilir Enerji Isparta Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	2,826
50	Fby Bes Yüreğir	Orman Atığı, Tarımsal Atık	9,3
51	Arel Enerji Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	2,4
52	Arel Enerji Milas Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	1,41
53	Arel Enerji Ortaca Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	1,2
54	Arel Enerji Marmaris Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	2,82
55	Seydibey Biyogaz Elektrik Üretim Tesisi	Bitkisel Atık	2,729

56	Toros Gönen Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık, Diğer Atık	3,621
57	Arel Enerji Manavgat Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	3,6
58	İskenderun Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı, Çöp	4,239
59	Enerbes Polatlı Biyogaz Santrali	Hayvansal Atık	4
60	Çorum Bes	Hayvansal Atık, Bitkisel Atık	6,02
61	Afyon-1 Biyogaz Santrali	Hayvansal Atık	8,4
62	Beylikova Biyogaz Enerji Santrali	Bitkisel Atık, Hayvansal Atık, Enerji Bitkisi	1,56
63	Iğdır Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	1,2
64	Kar Elektrik Üretim Santrali	Atık Lastik	6
65	Eber Bes	Tarımsal Atık	27
66	Çorum-Mecitözü Bes	Tarımsal Atık, Orman Atığı, Diğer Atık	5
67	İzaydaş Biyogaz Enerji Ürt. Tes. Biyokütle Projesi	Çöp	0,333
68	Pakmil Biyokütle Santrali	Tarımsal Atık	1,763
69	Burak-1 Biyokütle Elektrik Santrali	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık, Orman Atığı	15,25
70	Zeus Biyokütle Enerjisine Dayalı Elek. Ürt. Tesisi	Orman Atığı, Tarımsal Atık	12
71	Oğul Enerji Biyokütle Tesisi	Orman Atığı, Bitkisel Atık	7,5
72	Acarsoy Enerji Biyokütle Santrali	Bitkisel Atık, Orman Atığı	15,8
73	Atlas İnşaat Osmaniye Çöp Gazı Elektrik Üretim T.	Çöp, Çöp Gazı	3,12
74	Atlas İnşaat Burdur Çöp Gazı Elektrik Üretim Tesis	Çöp, Çöp Gazı	1,511
75	Atlas İnşaat Edirne Çöp Gazı Elektrik Üretim Tesis	Çöp Gazı	1,56
76	Atlas İnşaat Burdur Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	3,012
77	Ovacık Biyogaz Enerji Santrali	Hayvansal Atık	4,8
78	Mutlular Enerji	Orman Atığı	30
79	Dinar Biyogaz Tesisi	Bitkisel Atık	1,169
80	Aksaray Yapılcan Bes	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	1,2
81	Halil Beyli Biyogaz Enerji Santrali	Hayvansal Atık, Bitkisel Atık	3
82	Malatya Çöp Lazlaştırma-Yakma Tesisi	Diğer Atık, Çöp Gazı Çöp	4
83	Düzce Biyokütle Enerji Üretim Tesisi	Tarımsal Atık, Orman Atığı	12
84	Maraş Biokütle Tesisi	Çöp Gazı	4,8
85	Karaman Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	1,414
86	As Koç Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	3,543

87	Samsun Avdan Biyogaz Tesisi	Çöp	8,4
88	Gaziantep B.B Katı Atık Depolama Alanı	Çöp Gazı	5,655
89	Seymen Enerji Üretim Tesisi	Çöp Gazı	16,968
90	Karatepe Biyokütle-Piroliz Sıvısı Ve Gazı Enerji Sa	Diğer Atık	1,5
91	Sezer Bio Enerji Biyogaz Tesisi Biyokütle Projesi	Diğer Atık	0,5
92	Konya Atıksu Arıtma Tesisi Elektrik Santrali	Diğer Atık	2,436
93	Gözlü Biyogaz Enerji Santrali	Hayvansal Atık, Bitkisel Atık	0,25
94	Sivas Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı	2,826
95	İnegöl Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı	2,4
96	Malatya-1 Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı	2,4
97	İzmir Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı	24,99
98	Balıkesir Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı	8,484
99	Uşak Biogaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı	2,4
100	Akyurt Bes	Hayvansal Atık	3,12
101	Mavibayrak-1 Biyokütle Enerji Santrali	Tarımsal Atık, Orman Atığı	12
102	Balıkesir Biyogaz Enerji Santrali	Hayvansal Atık	3,201
103	Kipaş Kağıt Biyokütle Enerji Üretim Tesisi	Diğer Atık	1,2
104	Bolu Çöp Biyogaz Projesi	Çöp Gazı	1,131
105	Doğal Enerji Biyokütle Enerji Santrali	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	5,2
106	Balıkesir Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	1,501
107	Kahramankazan Bes	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık, Orman Atığı, Diğer Atık	0,48
108	Yapılcanlar2 Bes	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	1,067
109	Dnz Çöpgazı Elektrik Üretim Tesisi	Kentsel Atık	2,828
110	Trabzon Rize Çöp Gazı Santrali	Çöp Gazı	4,239
111	Kınık Bes	Bitkisel Atık, Orman Atığı	4
112	Modern Biyokütle Enerji Santrali (Mobes)	Diğer Atık	6
113	Orman Kaynaklı Yan Ürünlerden Enerji Üretim Tesisi	Orman Atığı, Çöp Gazı	27,6
114	Bientaş Akşehir Elektrik Üretim Tesisi	Çöp, Çöp Gazı, Diğer Atık	0,8

115	Bientaş Erzurum Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı, Diğer Atık, Çöp	2,4
116	Bientaş Kaşınhanı Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı	9,36
117	Çağlayanlar 2 Bes	Hayvansal Atık, Bitkisel Atık	4,503
118	Mavibayrak Doğu Biyokütle Enerji Santrali	Tarımsal Atık	12
119	Itc Antalya Biyokütle Tesisi	Çöp, Çöp Gazı, Diğer Atık	25,47
120	Itc Adana Enerji Üretim Tesisi	Çöp	15,565
121	Sincan Çadırtepe Biyokütle Enerji Sanrali	Çöp	28,32
122	Itc-Ka Elazığ Üretim Tesisi	Çöp, Çöp Gazı	2,208
123	Itc-Ka Biyokütle Gazlaştırma Tesisi	Çöp Gazı, Çöp	10,85
124	Itc-Ka Çarşamba Üretim Tesisi	Çöp Gazı	1,415
125	Aslım Enerji Üretim Tesisi	Çöp	4,245
126	Itc Aksaray Üretim Tesisi	Çöp Gazı	1,415
127	Itc-Ka Yozgat Enerji Üretim Tesisi	Çöp Gazı	1,415
128	Itc Yumru Enerji Üretim Tesisi	Çöp Gazı	2,83
129	Itc Bursa Hamitler Tesisi	Çöp	9,8
130	Itc Bingöl Enerji Üretim Tesisi	Çöp Gazı	1,415
131	Itc Yenikent Enerji Üretim Tesisi	Çöp Gazı	2,83
132	Sakarya Düzenli Depolama Depo Gazı Tesisi	Çöp Gazı	4,68
133	Era Erzincan Biyokütle Santralı	Atık Lastik	7,04
134	Tuzla Biyogaz Elektrik Santralı	Diğer Atık	2
135	Kalyoncu Çöp Biyogaz Santrali	Kentsel Atık	1,415
136	Karaduvar Atıksu Arıtma Tesisi Biyogaz Santralı	Diğer Atık	1,9
137	Bingöl Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık, Bitkisel Atık, Endüstriyel Atık, Enerji Bitkisi	2,134
138	Asya Biyogaz Tesisi	Bitkisel Atık, Hayvansal Atık, Enerji Bitkisi	3
139	Omp Enerji Yüreğir Bes	Bitkisel Atık, Orman Atığı	5
140	Nizip Biyogaz Elektrik	Hayvansal Atık	1,501
141	Salihli Biyokütle Yakıtlı Enerji Santrali	Tarımsal Atık, Hayvansal Atık	0,27
142	Sığma Suluova Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık	2
143	Karatepe Biyokütle Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı, Çöp	2,262
144	Başmakçı Biyokütle Enerji Santrali	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	4
145	Biosun Bilecik Kojenerasyon Enerji Santrali	Çöp	1,6

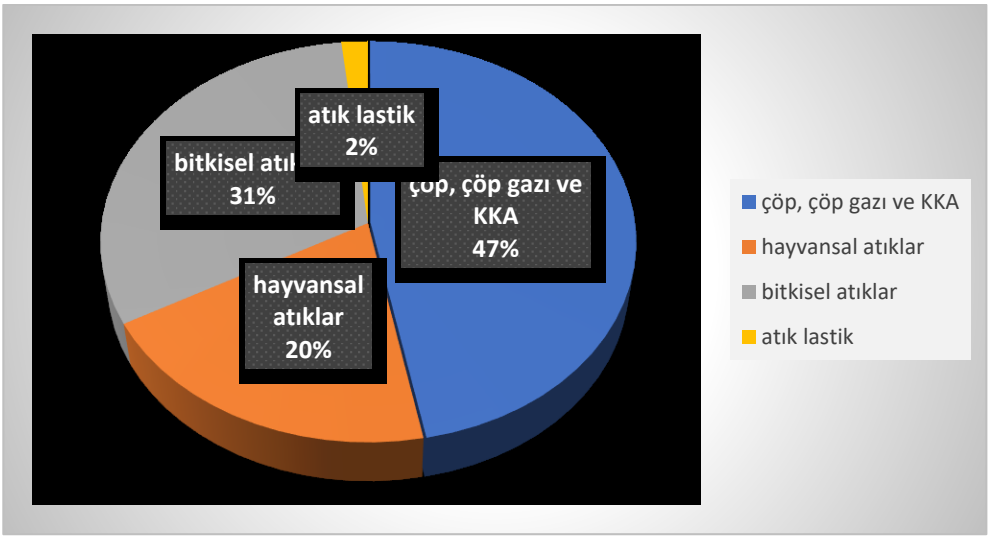
146	Tvs Çöp Gazı Elektrik Üretim Tesisi	Kentsel Atık	1,2
147	Arel Enerji Çorum Biyokütle Tesisi	Kentsel Atık, Çöp, Çöp Gazı	2,76
148	Güney Bes	Enerji Bitkisi	3,12
149	Mevlüt Coşkun Bes	Kentsel Atık	2
150	Panab Tekirdağ Elektrik Üretim Santrali	Kentsel Atık	2,828
151	2bz Bes Çubuk Biyogaz Santralı	Hayvansal Atık	3,002
152	Mardin Biogaz Santrali	Çöp, Çöp Gazı, Kentsel Atık	1,564
153	Manisa Biyokütle Tesisi	Kentsel Atık	1,204
154	Bolu Güç Birliği Biyokütle Enerji Üretim Tesisi	Hayvansal Atık	2,3
155	Kumkısık Lfg Santrali	Çöp Gazı	0,635
156	Itc Alanya Enerji Üretim Tesisi	Çöp Gazı	2,83
157	Çerkeş Biyogaz	Hayvansal Atık	1,501
158	3a Bes Akyurt Biyogaz Santrali	Hayvansal Atık	3,002
159	Atık Çevre Keşan Biyokütle Tesisi	Çöp Gazı	1,2
160	Kumrular Biyogaz Santralı	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık	4,268
161	Batman Biyokütle Enerji Santrali	Kentsel Atık	3,12
162	Mosbio Enerji Bes	Bitkisel Atık, Hayvansal Atık, Endüstriyel Atık	1,498
163	Sinop Bes	Orman Atığı	1,5
164	Biopir Piroliz Bes	Bitkisel Atık	1,064
165	Siirt Bes	Çöp Gazı, Çöp	0,9
166	Çanakkale Depo Gazından Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı, Çöp, Kentsel Atık	1,2
167	Ağrı İli Katı Atık Enerji Üretim Tesisi	Kentsel Atık	1,412
168	Düzce Katı Atık Enerji Üretim Tesisi	Kentsel Atık, Çöp Gazı	2,824
169	Babil Biyogaz Tesisi	Hayvansal Atık, Tarımsal Atık, Bitkisel Atık	1,56
170	Sakarya Biyogaz Enerji Üretim Tesisi	Kentsel Atık	4,68
171	Çankırı Biyokütle Enerji Santrali	Çöp Gazı	1,56
172	Baysak Enerji Santralı	Atık Lastik	1,5
173	Samsun - Çarşamba Bes	Tarımsal Atık, Orman Atığı	27
174	Bientaş Cihanbeylin Elektrik Üretim Tesisi	Kentsel Atık	1,56
175	Bistro	Orman Atığı	1,2
176	Mutlular Gönen Enerji	Tarımsal Atık, Hayvansal Atık	6,24
177	Beyaz Piramit Biyogaz Santrali	Hayvansal Atık, Bitkisel Atık	1,501
178	Astosan Bes	Diğer Atık	0,25

179	Afyon Biogaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp	1,56
180	Bergama Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi	Çöp Gazı, Çöp, Kentsel Atık	2,828
181	Karma 1 Bes	Tarımsal Atık, Hayvansal Atık	1,487
182	Pir Enerji Üretim Tesisi	Diğer Atık	4,262
183	Odayeri Çöp Gazı Santralı	Çöp Gazı	33,807
184	Mamak Katı Atık Alanı Enerji Üretim Tesisi	Çöp	16,956

2021 yılı YEKDEM ön listesinde bulunan 184 tesisi kullandığı hammadde açısından değerlendirecek olur isek ;

- Çöp. Çöp gazı ve Kentsel atıklar
- Hayvansal atıklar
- Bitkisel atıklar
- Atık lastik

Biyokütle santralleri yukaradaki gruplandırmadan tek birini kullanabildiği gibi tesisin yapılış şekline göre birden fazla ürün de kullanabilmektedir. Çizelge 4.2'de de görüldüğü üzere 2021 yılı ön yel listesine göre Türkiye'de 82 adet çöp, çöp gazı ve ya kentsel atıklar santrali bulunmaktadır. Bu tesislerin toplam kurulu güçleri 401,649 MWe'dir. Çizelge 4.2'deki biyokütle santrallerinin tümü göz önüne alındığında kurulu güçleri toplamı 890,575 MWe olduğu görülmektedir. Biyokütle santralleri içerisinde çöp, çöp gazı ve kentsel atıkların payı oldukça büyüktür. Hayatın devam ettiği her noktada atıkların üretilmesi ve bertaraf gerekliliği bunun en önemli nedenlerindendir. Şekil 4.1'de KKA, çöp ve çöp gazının toplam biyokütle içerisindeki yeri pasta grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5.1. 2021 Yılı Türkiye biyogaz kurulu güçlerinin kaynaklarına dağılımı.

Bu tez çalışması Edirne ilinde bulunan Atlas İnşaat Edirne Çöp Gazı Elektrik Üretim Tesisi özelinde ayrıntılı bilgiler içermektedir.

5.2. Edirne Hakkında Bilgiler

Edirne. Marmara Bölgesi içinde yer alan, Yunanistan ve Bulgaristan ile komşu olan Türkiye'nin kuzey batısında bir şehirdir. İl sınırları içinde iklim farklılık göstermektedir. Ege Denizi'ne kıyısı olan güney kesiminde daha çok Akdeniz İklimi görülürken merkezin de yer aldığı kuzey kesimler daha çok karasal ilkim etkisindedir. 2020 yılında 407.763 olan nüfusun büyük bir kesimi şehirlerde yaşamaktadır. Edirne merkez ilçe ile beraber 9 ilçe bulunmaktadır.

Atlas İnşaat Edirne Çöp Gazı Elektrik Üretim Tesisi Edirne merkeze yaklaşık 10 km uzaklıkta Karayusuf köyü yolu üzerinde Hıdırağa köyü sınırları içerisinde bulunmaktadır. Çöp sahası deniz seviyesinden yaklaşık 160 metre yükseklikte bulunmaktadır.

5.2.1. Edirne İklim Koşulları

Edirne, hem Akdeniz ikliminin hem de karasal iklimin etkisi altında kalan bir geçiş bölgesidir. Kışlar, Akdeniz İklimi etkisini gösterdiği zamanlarda ılık ve yağışlı,

Karasal İklim etkisini gösterdiğinde de oldukça sert ve yağışlı geçmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, bahar dönemi ise yağışlıdır. Edirne iline ait mevsim normalleri yıllık ortalama değerler Çizelge 5.3'de verişmiştir. Çizelge 5.4'de ise Edirne iklim sınıflandırılması verilmiştir. Sıcaklık, nem dolayısı ile de yağış miktarı biyogaz oluşumunu ve hızını etkileyen faktörler olduğundan bu çalışmada bu verilere de yer verilmiştir.

Çizelge 5.3. Edirne'ye ait mevsim normalleri yıllık ortalama değer.

Ortalama Sıcaklık (°C)	13,7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	19,7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	8,4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	6,0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	115,2
Toplam Yağış Miktar Ortalaması (mm)	601,4
En Yüksek Sıcaklık (°C)	44,1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-19,5
Ölçüm periyodu 1930-2020	

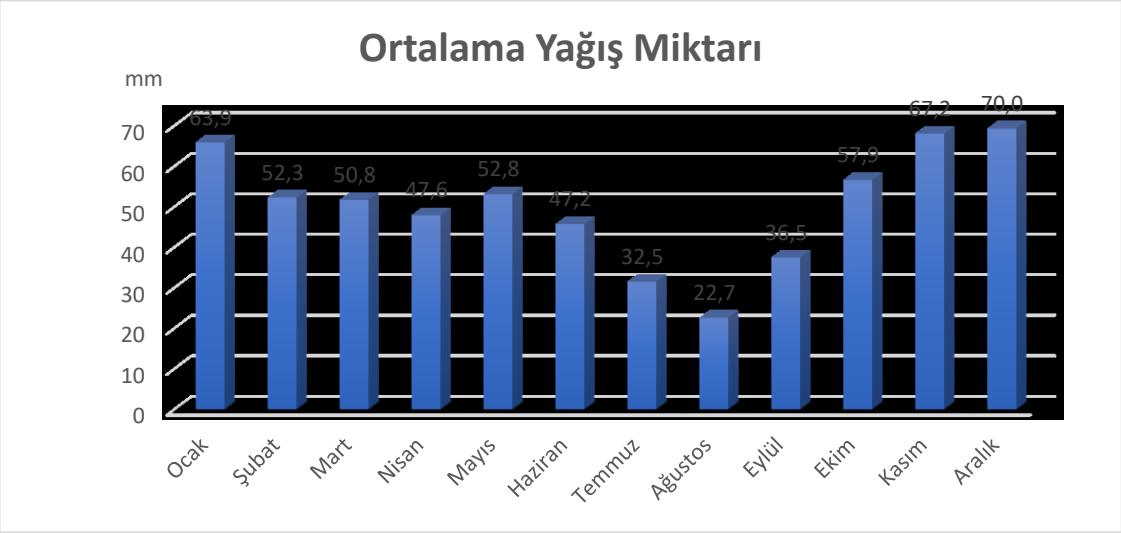
Çizelge 5.4. Edirne iklim sınıflandırması.

Aydeniz İklim Sınıflandırması			
Kuraklık Katsayısı	0,54	İklim Tipi	Yarı Nemli
Erinç İklim Sınıflandırması			
Yağış Etkinlik İndisi	29,5	İklim Tipi	Yarı Nemli
DeMartonne İklim Sınıflandırması			
Kuraklık İndisi	16,452	İklim Tipi	Yarı Kurak-Nemli Arası
Trewartha İklim Sınıflandırması (Evrensel sıcaklık ölçeğine göre)			
Kış mevsimi iklim tipi	Kışları serin (2,59)	Yaz mevsimi iklim tipi	Yazları sıcak (24,54)
Thornthwaite İklim Sınıflandırması			

İklim Sınıfı	C1, B'2, s, b'3	C1: Yarı Kurak-Az Nemli	B'2: 2. Derece Mezotermal	s: Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan	b'3: Yaz Buharlaşma Oranı: %54,8
Ölçüm Periyodu (1981-2020), Meteoroloji Genel Müdürlüğü					

5.2.1.1. Yıllık Yağış Miktarı

Edirne bölgesindeki yıllık yağış miktarı 602,2 mm'dir. (1930-2020 ölçüm periyodu) yıllık yağışın ortalama dağılımı ve yağışlı gün sayısı hakkında genel bir bilgi vermektedir.

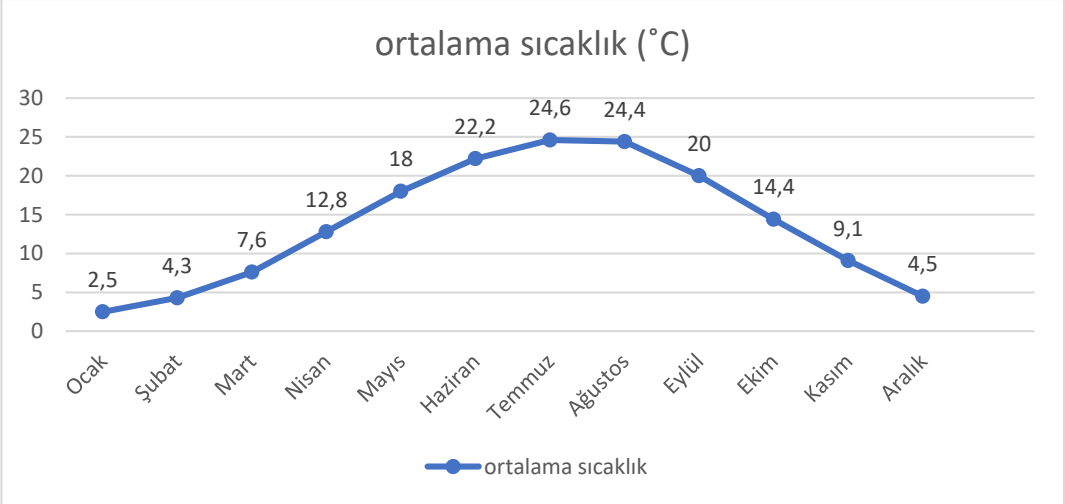


Şekil 5.2. Edirne yıllık yağış miktarı (MGM 2021).

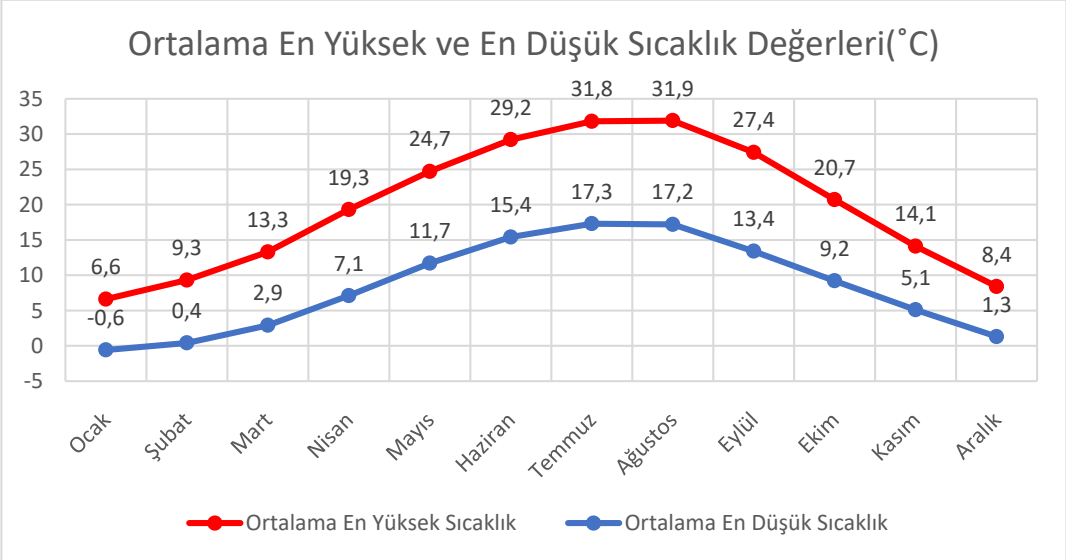
5.2.1.2 Sıcaklık Şartları

Edirne bölgesinde kış mevsiminde sıcaklık genellikle 0 °C'nin altına düşmez ancak Ocak ve Şubat aylarında donma görülen günler de olabilir. Dolayısıyla, gaz toplama ve kullanma sisteminin donma durumundan korunması için önlemler alınması gerekmektedir. Ayrıca, gaz soğutma ve boru ısı yalıtımında yaz aylarında yüksek sıcaklıklardan dolayı ek önlemlere ihtiyaç

duyulur. 1930 ve 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değerleri Şekil 5.3'de ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri ise Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Edirne ili aylık ortalama sıcaklık değerleri 1930-2020 (MGM, 2021).



Şekil 5.4. Edirne ili ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri (MGM, 2021).

5.2.2. Edirne İlinde Bulunan Kentsel Katı Atık Birlikleri Ve Nüfus Dağılımları

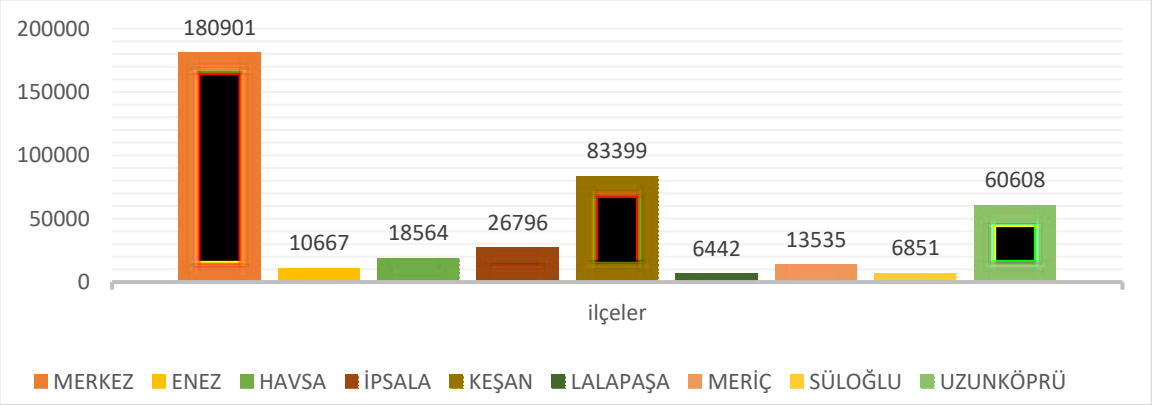
Edirne ili genelinde 3 adet katı atık birliği bulunmaktadır. Bunlar; GÜNEKAB(Güney Edirne Katı Atık Birliği), OREKAB(Orta Edirne Katı Atık Birliği) ve EDİKAB(Edirne Katı Atık Birliği)'dir. Şehrin güney tarafında GÜNEKAB orta

bölgesinde OREKAB ve kuzey tarafında ise EDİKAB faaliyet göstermektedir. Bu çalışmada EDİKAB sınırları içerisinde kalan bölge değerlendirilmiştir. Şekil 4.5'te birliklerin faaliyet alanları gösterilmiştir. Görselde bulunan siyah çerçeve ile işaretli alan EDİKAB, mavi çerçeve ile işaretli alan OREKAB ve kırmızı çerçeve ile işaretli alan da GÜNEKAB faaliyet alanlarının sınırlarını göstermektedir (Şekil 5.5).



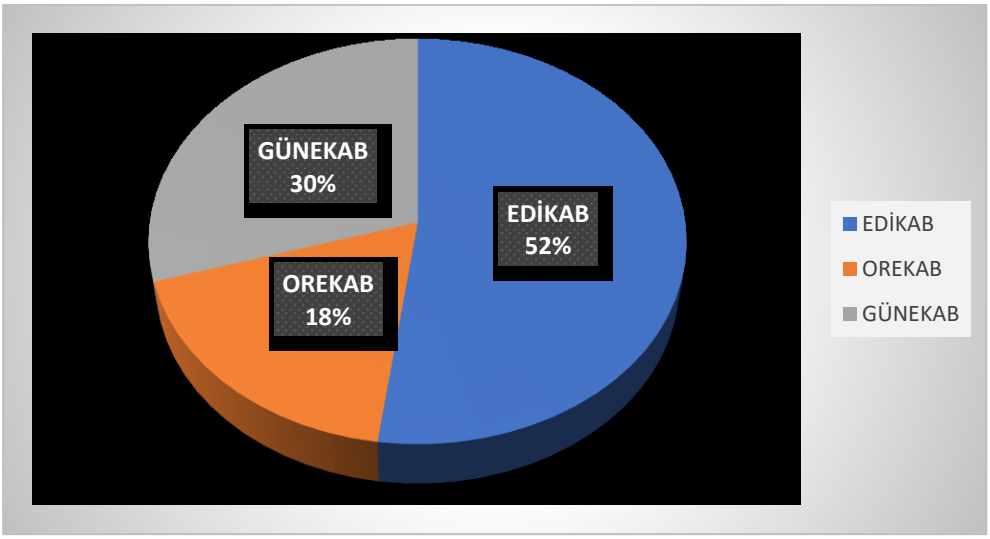
Şekil 5.5. Edirne ilinde bulunan katı atık birlikleri faaliyet alan sınırları.

Yaşamın faaliyet gösterdiği her noktada canlılar atık oluşturmaktadır. Dolayısı ile de katı atık miktarı nüfus ile doğru orantılıdır. Şekil 5.6'da Edirne merkez ve ilçe nüfusları gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Edirne merkez ve ilçeleri nüfus dağılımları 2020 (Nufuse, 2021).

Edirne ilinde bulunan 3 katı atık birliğinin faaliyet alanları göz önüne alındığında EDİKAB; merkez ilçe, Havsa, Lalapaşa ve Süloğlu ilçelerinden OREKAB; Uzunköprü ve Meriç ilçelerinden, GÜNEKAB ise de Keşan, Enez, İpsala ilçelerinden oluşmaktadır. Bu üç birliğin toplam Edirne nüfusuna oranı Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Edirne nüfus yoğunluğunun katı atık birliklerine göre alanlarına dağılımı.

5.2.2.1 Edirne Katı Atık Birliği (EDİKAB)

Edirne ilinde 2015 yılına kadar atıklar vahşi depolanma yöntemiyle şehre ve Tunca Nehrine yakın bir mevkide depolanmıştır. 2007'den beri faaliyette olan, Edirne Belediyesi, Havsa Belediyesi, Süloğlu Belediyesi ve Lalapaşa Belediyesi'nin kurucu üyesi olduğu Edirne Katı Atık Yönetim Birliği (EDİKAB) amacına uygun projeler ve çalışmalar yapmıştır. 2014 yerel seçimlerinden sonra da İl Özel İdaresi birlik sınırları içerisinde kalan 96 köyü ile birlikte Edirne Katı Atık Yönetim Birliği (EDİKAB) üyesi olmuştur. Birliğin öncelikli amacı mevcut vahşi depolama sahasının çevreye etkilerini azaltmak ve Entegre katı atık düzenli depolama ve bertaraf tesisi kurup işletmeye almaktır.

Vahşi depolamaya son verecek olan bu proje için hızla çalışmalara başlayan birlik, 03.09.2014 tarihinde ÇED belgesini almıştır. Bu belgenin alınmasıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığına projeler sunulmuş, bu çalışmalar sonucunda da 23.07.2015 tarihinde, yapılması planlanan katı atık düzenli depolama sahası projesi onaylanmıştır.

Entegre Katı Atık Düzenli Depolama ve Bertaraf Tesisleri tamamlandıktan sonra 06.09.2017 tarihinde EDİKAB bu tesisin işletilmesini ihale usulü ile ATLAS İNŞAAT A.Ş. ye vermiştir. Karşılıklı yapılan sözleşmeye göre 29 yıllığına sahanın işletilmesi yüklenici firmaya verilmiş olup, yüklenici firma tarafından da tesise yeni üniteler kurma yetkisi verilmiştir. Bu kapsamda şirket düzenli depolama sahalarında oluşan metan gazını elektrik elde etmek için çeşitli yatırımlar yapmış ve 03.11.2017 tarihinde resmen açılışı yapılarak faaliyete geçmiştir.

5.2.2.1.1. EDİKAB Bölgesi Kişi Başına Atık Miktarı Üretimi Ve Gelecek Yıllar İçin Nüfus Tahmini

Edirne Entegre Katı Atık Düzenli Depolama ve Bertaraf Tesisi 2017 yılının kasım ayında faaliyete geçmiştir. Kasım 2017- Ekim 2018 toplam atık miktarları kg cinsinden tesisin kantar ünitesinden temin edilmiştir (Çizelge 4.5). 2017 yılı için toplam atık miktarı o yılın nüfusuna bölünerek hesaplanabilir. Ayrıca aritmetik artış yöntemi kullanılarak yıllık ortalama nüfus artışı belirlenmiş olup gelecek yıllarda ne kadar atık oluşacağı yaklaşık olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.5. Kasım 2017- Ekim 2018 tarihleri arasında tesise gelen aylık atık miktarları.

Yıl	Ay	Toplam Atık (ton/ay)
2017	Kasım	6.927,69
2017	Aralık	7.166,14
2018	Ocak	6.821,42
2018	Şubat	6.505,97
2018	Mart	7.204,14
2018	Nisan	6.098,70
2018	Mayıs	6.301,99
2018	Haziran	6.098,70
2018	Temmuz	6.301,99
2018	Ağustos	6.301,99
2018	Eylül	6.098,70
2018	Ekim	6.301,99
Toplam Atık (Ton/Yıl)		**78.129,42**

Kasım 2017 ile Ekim 2018 tarihleri arasında toplam 78.129,42 ton atık Edirne Entegre Katı Atık Düzenli Depolama ve Bertaraf Tesisine gelmiştir. Bu tarih aralığında EDİKAB bölgesi nüfusuna baktığımızda 211.551 kişi olduğu görülmektedir. Bu zaman aralığında toplanan toplam atığı toplam nüfusa böldüğümüzde kişi başına üretilen atığın yaklaşık olarak 0,37ton/yıl olduğu anlaşılmaktadır.

Artitmetik artış yöntemi kullanılarak yıllık ortalama nüfus artışı belirlenmesi yapılmış dolayısı ile de yıllara göre oluşan atık miktarı tahminlerinde bulunulmuştur (Çizelge 5.6). Bu yöntemde nüfusu bilinen iki yıl ele alınarak aşağıdaki formül uygulanmış ve gerekli işlemler yapılmıştır.

2017 – 2020 yılları için:

2017 yılı EDİKAB bölgesi nüfusu 211551 ve 2020 yılı için ise 212758 kişi olarak ölçülmüştür.

$$k_a = \frac{N_y - N_e}{t_y - t_e} = \frac{212758-211551}{2020-2017} = 402,33 \cong 402 \qquad \text{(Denklem 5.1.)}$$

$$\mathbf{N_g = N_y + k_a(t_g - t_y)}$$

$N_G \rightarrow$Gelecekteki nüfus

$N_y \rightarrow$Son sayım kişi sayısı

$N_e \rightarrow$Uygun bir eski sayım

2027 yılı için nüfus tahmini: $N_g = 211551 + 402\,(2027-2017) \cong 215571$

2037 yılı için nüfus tahmini: $N_g = 211551 + 402(2037-2017) \cong 219519$

$$\text{Kişi başı atık üretimi} = \frac{\text{2017 yılı toplam çöp miktarı (ton)}}{\text{2017 yılı nüfusu (kişi)}} = 0,36931 \text{ ton/kişi} \qquad \text{(Denklem 5.2.)}$$

Toplam çöp miktarı (ton/yıl)) ve nüfus artış hızı baz alınarak hesaplanan 2017-2037 çöp miktarı projeksiyonu Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Nüfus artışına göre hesaplanan 2017-2037 atık miktarı(ton) ve kümülatif atık miktarı(ton).

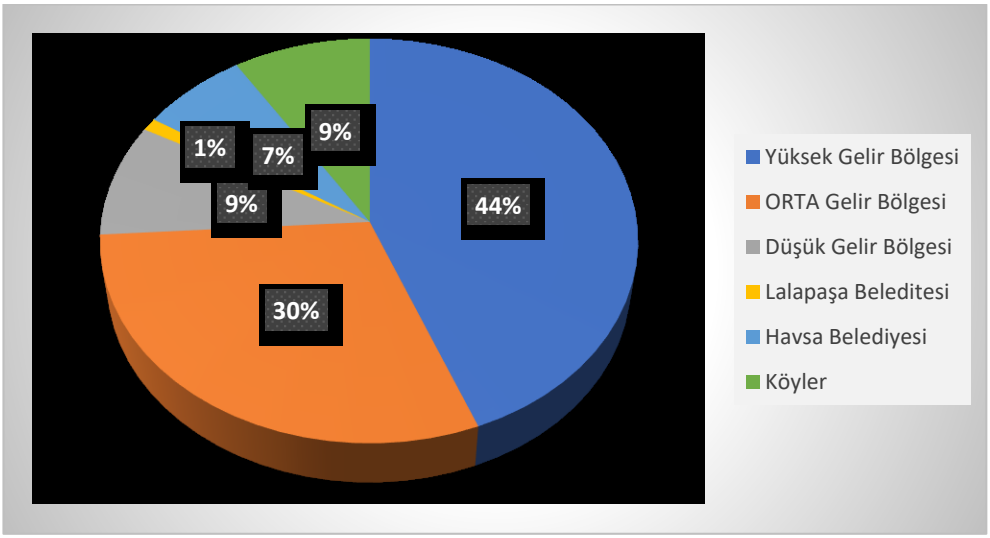
Yıl	Nüfus (kişi)	Çöp miktarı (ton/yıl)	Kümülatif Atık (ton)
2017	211.551	**20.914**	20.914
2018	211.953	78.274	99.188
2019	212.355	78.435	177.623
2020	212.757	78.571	256.194
2021	213.159	78.707	334.901
2022	213.561	78.843	413.744
2023	213.963	78.979	492.723
2024	214.365	79.115	571.838
2025	214.767	79.251	651.089
2026	215.169	79.387	730.476
2027	215.571	**79.523**	**809.999**
2028	215.196	79.659	889.658
2029	216.375	79.795	969.453
2030	216.777	79.931	1.049.384
2031	217.179	80.067	1.129.451
2032	217.581	80.203	1.209.654
2033	217.983	80.339	1.289.993
2034	218.385	80.475	1.370.468
2035	218.787	80.611	1.451.079
2036	219.189	80.747	1.531.826
2037	219.591	**80.883**	**1.612.709**

5.2.3. EDİKAB Bölgesi Atık Karakterizasyonunun Bölgelere Göre Dağılımı

EDİKAB faaliyet bölgesinde Merkez ilçe, Lalapaşa, Süloğlu, Havsa ve İl Özel İdareye bağlı 96 köy bulunmaktadır. Depolama tesisine gelen atıklar evsel içeriklidir. Çok az miktarda endüstriyel atık, özellikle kırsal kesimden gelen çöp içerisinde kül olduğu gözlemlenmiştir. Katı atıklar heterojen bir yapıdadır ve bölgeden bölgeye farklı içerikler gösterebilmektedir. Katı atık karakterizasyonu kişi geliri ile doğrudan ilintilidir. Bu sebeple daha sağlıklı analiz yapabilmek adına EDİKAB faaliyet alanını;

- Yüksek gelirli bölge
- Orta gelirli bölge
- Düşük gelirli bölge
- Lalapaşa belediyesi
- Havsa belediyesi
- Köyler

Olmak üzere 6 bölüme ayırmak mümkündür. Yapılan çalışmalar sonucunda Şekil 5.8'de bu bölümlerin toplam atık içerisindeki yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 5.8. EDİKAB faaliyet alanının bölgelere göre atık miktarı dağılımı.

Katı atık analizi yapılırken dikkat edilmesi gereken bir diğer husus atık karakterlerinin mevsime göre de farklılık göstermesidir. Bu çalışmada yapılan saha analizlerinde her bölgeden gelen atıkların yaz ve kış olmak üzere iki mevsimde numuneleri alınmış olup detayları verilmiştir. Edirne için Kasım'dan itibaren 5 ay kış, Nisan'dan itibaren 7 ay yaz kabul edilip hesaplamalar bu kabule göre yapılmıştır.

Atık karakterizasyonu biyogaz oluşumu için önemlidir. Katı atıklarda biyogaz oluşumunu ve miktarını içerisindeki organik maddelerin oranı belirlemektedir. Bu sebeple sahaya döküm esnasında atığın kompoziyonu gözlemlenmiştir. Gün içerisinde atık tesisine gelen atığın araçtaki farklı noktalardan numuneler alınarak atığa ait karakterizasyon verileri elde edilmiştir. Araçtan alınan numuneler tartılmış ve aracın tümüne oranlayarak hesaplamalar yapılmıştır. Kış mevsimi standartlarına uygun kabul

edilen 5 ay içinde herhangi 3 gün ve yaz mevsimi standartlarına uygun kabul edilen herhangi 3 gün numuneler alınmış atık kompozisyonları gözlenmiştir. Çizelge 5.7'de bir araçtan alınan numuneler için yapılan çalışma görülmektedir. Şekil 5.9'da ise numune ayrıştırma çalışmaları görülmektedir.

Çizelge 5.7. Binevler mahallesinden gelen atık bileşenleri analiz sonucu.

Plaka	34 UG 8667		**Tarih**	12.02.2020	
			Saat	15:39	
Atığın Geldiği Yer				Binevler	
Araçla Gelen Toplam Atık				7860 Kg	
Numune 1		**Numune 2**		**Numune 3**	
Toplam Ağırlık	12.80Kg	Toplam Ağırlık	7.83Kg	Toplam Ağırlık	4.85Kg
Organik Madde	8.50 Kg	Organik Madde	2.10Kg	Organik Madde	2.15Kg
Cam	0.35 Kg	Cam	2.20Kg	Cam	-
Metal	-	Metal	-	Metal	-
Plastik	1.20 Kg	Plastik	0.85Kg	Plastik	0.20Kg
Ambalaj Mal.	0.65 Kg	Ambalaj Mal.	0.55Kg	Ambalaj Mal.	0.85Kg
Kağıt	0.85 Kg	Kağıt	1.60Kg	Kağıt	0.10Kg
İnorganik	1.25 Kg	İnorganik	0.53Kg	İnorganik	1.55Kg
% Organik Mad.	%66.40	%Organik Mad.	%26.81	% Organik Mad.	%44.32
Numunelere Ait Toplam Madde Miktarı				25.48 Kg	
Numunelere Ait Organik Madde Miktarı				12.75 Kg	
Numunelere Ait % Organik Madde Miktarı				%50.04	
Araçtaki Ortalama Organik Madde Miktarı				3933.08 Kg	

Bu çalışma tesise gelen her kamyon için ayrı ayrı yapılmış olup sonrasında kamyonların atık topladığı yerler dikkate alınarak yukarıdaki 6 bölgeye indirilmiş şekilde atık karakterizasyonları verileri oluşturulmuştur.

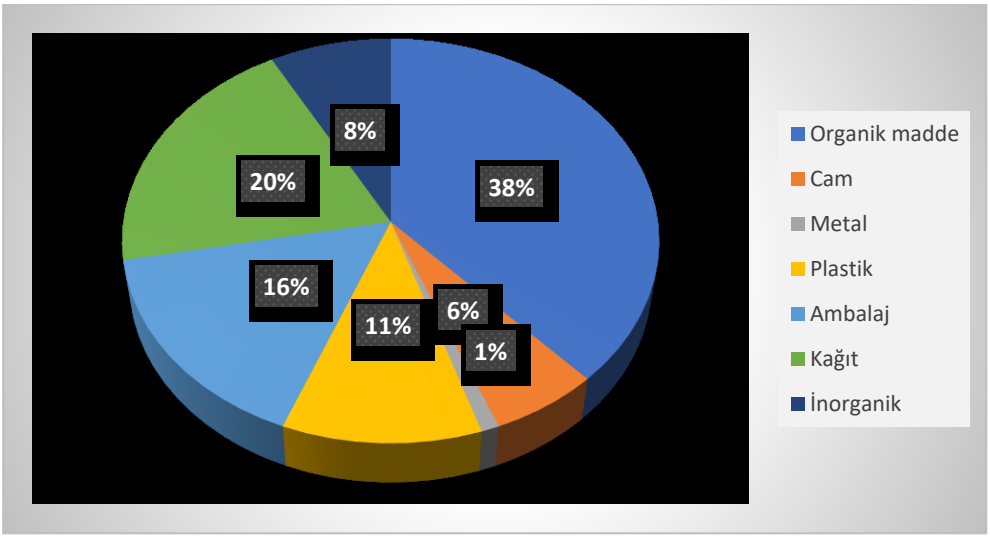
5.2.3.1. Yüksek Gelirli Bölgelerin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri



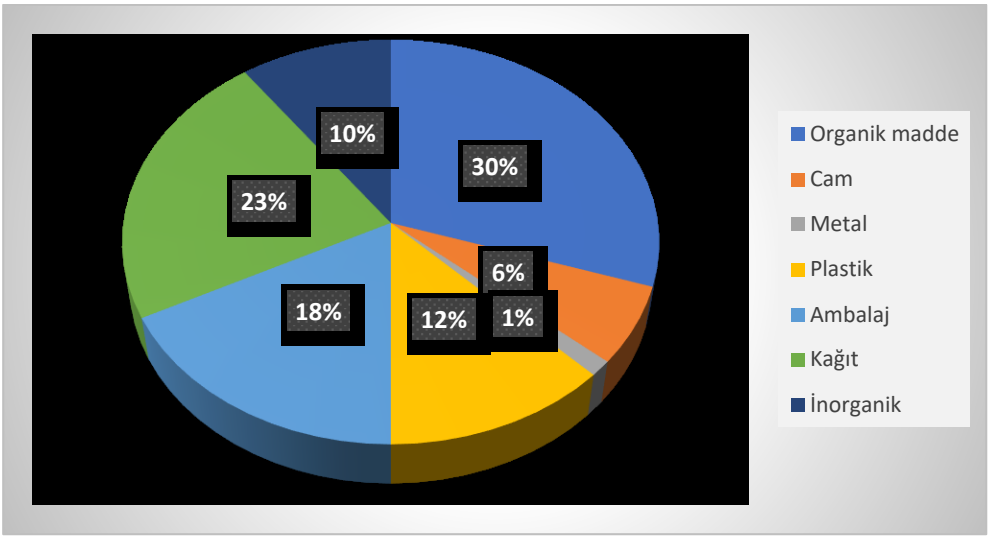
Şekil 5.9. Sahaya gelen atıkların ayrıştırılması.

Edirne il merkezi 24 mahalli kısımdan oluşmaktadır. Nüfüs yoğunluğunun en yüksek olduğu yer Şükrüpaşa mahallesidir. Şükrüpaşa mahallesi Edirne ilinde Üniversite bölgesinde bulunmaktadır. Fatih Mahallesi, Koca Sinan Mahallesi, 1. Murat Mahallesi, Medrese Ali Bey Mahallesi Nişancıpaşa Mahallesi, Sarıcapaşa Mahallesi ve Yancıkçı Şahin mahallesi de Üniversite bölgesinde bulunmaktadır. Bu mahalleler yüksek gelirli bölge olarak sınıflandırılmıştır. Bu mahallelerden gelen atığın toplam atığa oranı %44'tür (Şekil 5.8).

Belirlenen şartlar doğrultusunda bu mahallelerden gelen atıklardan uygun numuneler alınmış ve yaz için Şekil 5.10'daki, kış için ise Şekil 5.11'deki sonuçlar elde edilmiştir.

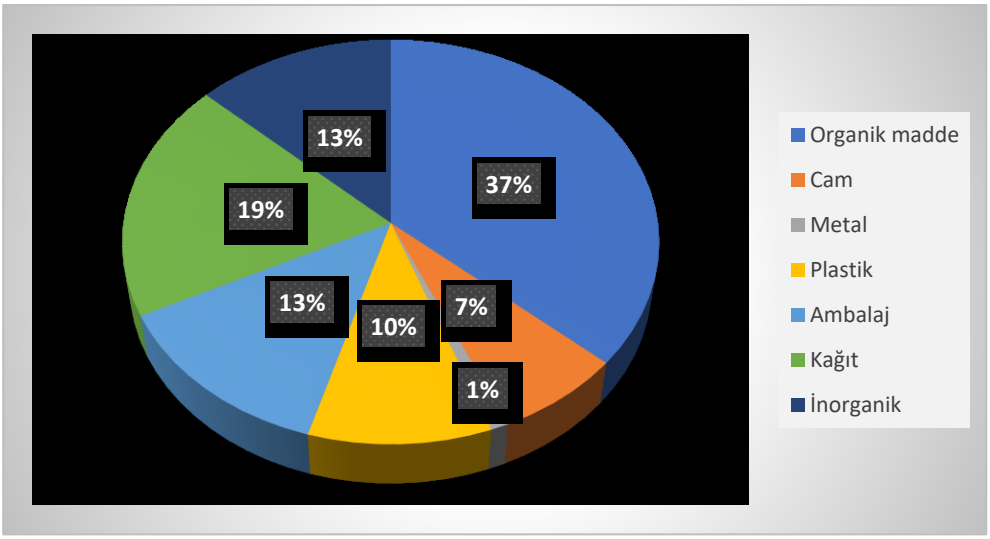


Şekil 5.10. Yüksek gelirli bölge yaz mevsimi atık kompozisyonu.



Şekil 5.11. Yüksek gelirli bölge kış mevsimi atık kompozisyonu.

Edirne ili mevsim normalleri dikkate alınarak hesaplama ve analiz yapılırken 5 ay kış 7 ay az olarak kabul edilmiştir. Bu kabule göre atık kompozisyonu yıllık bakıldığında Şekil 5.12'deki veriler elde edilmiştir.

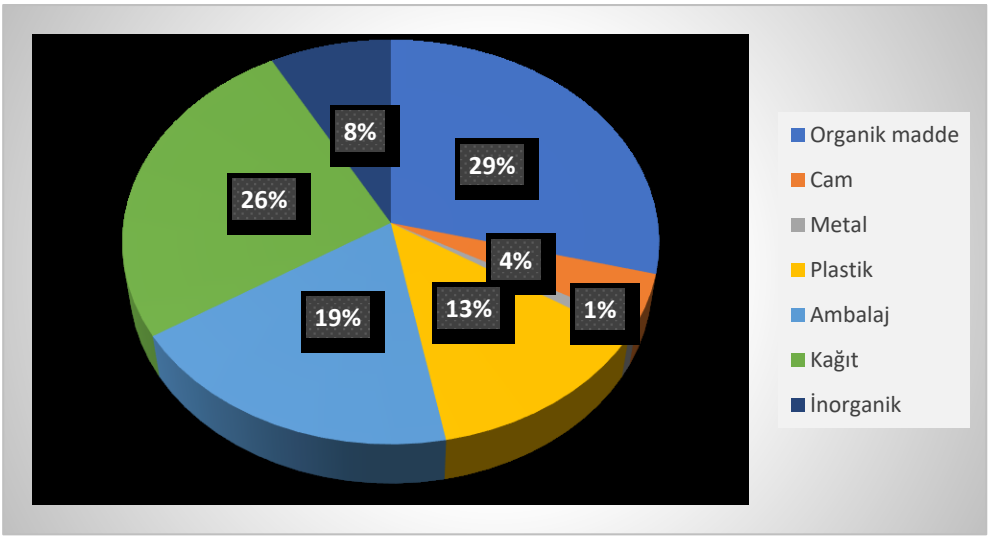


Şekil 5.12. Yıllık bazda yüksek gelirli bölgenin atık kompozisyonu.

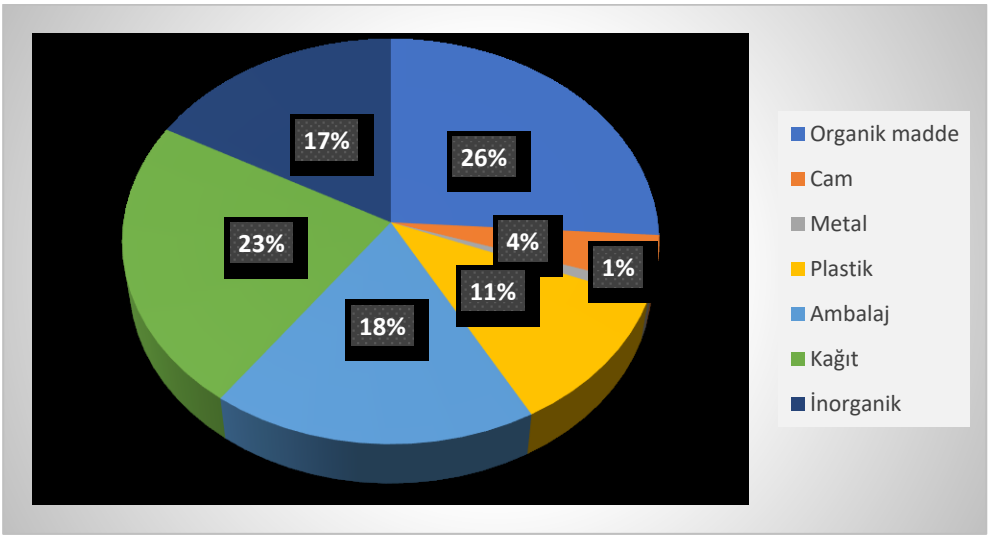
Yüksek gelirli bölgenin organik atık içeriği yüksek, inorganik madde içeriği ise düşük diyebiliriz. Gelen atıkların yarısı ise geri dönüştürülebilir ürünlerdir.

5.2.3.2. Orta Gelirli Bölgelerin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri

EDİKAB bölgesi içinde 8 adet mahalle orta gelirli mahalle olarak sınıflandırılmıştır. Bu mahallelerden gelen atık miktarının toplam atık miktarına oranı %30'dur. Şekil 5.13'de yaz mevsimi için Şekil 5.14'de kış mevsimi için bölge atıklarının kompozisyonları gösterilmiştir.

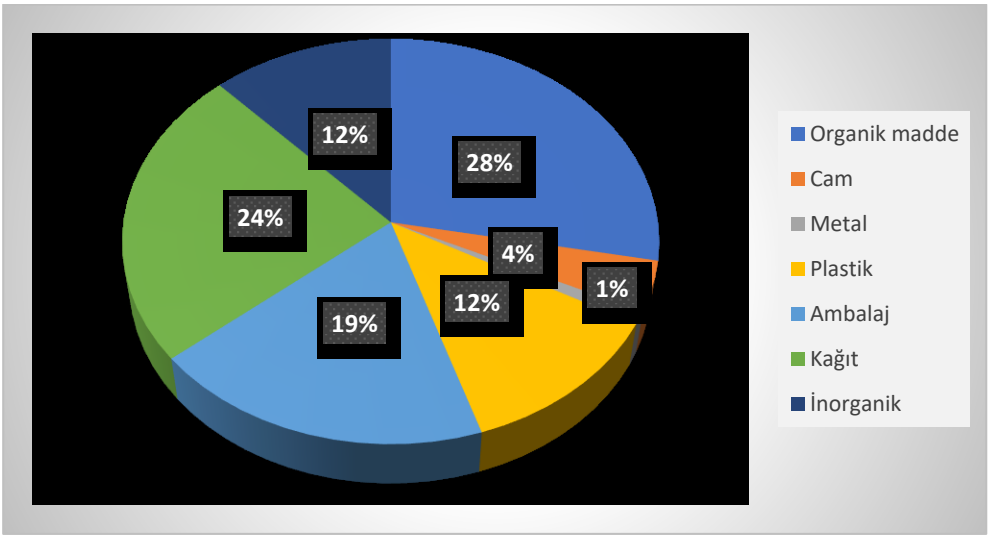


Şekil 5.13. Orta gelirli bölgenin yaz atık kompozisyonu.



Şekil 5.14. Orta gelirli bölgenin kış atık kompozisyonu.

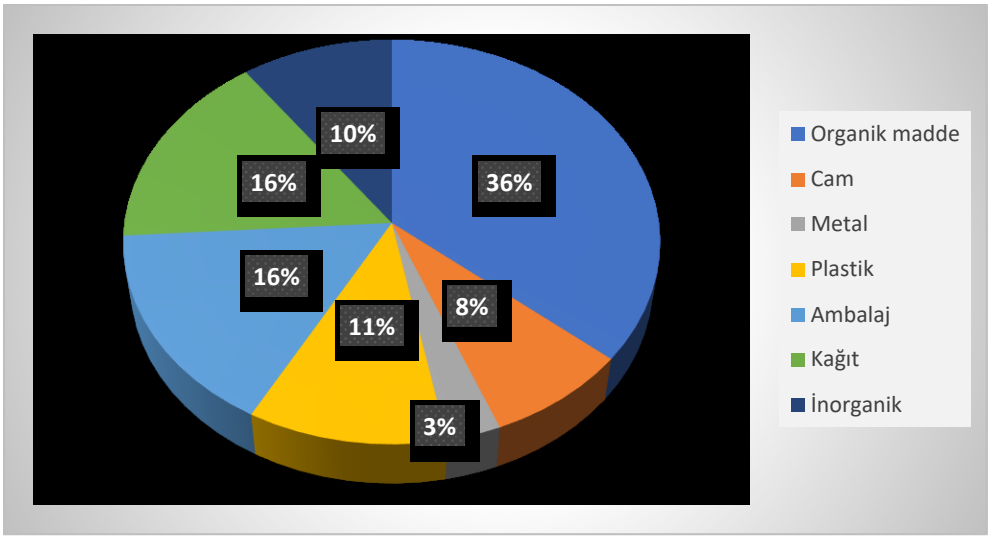
Gelen atıklardan alınan numuneler incelendiğinde, yaz ve kış mevsimlerinin kompozisyonları oranlandığında yıllık atık kompozisyonu Şekil 5.15'deki veriler elde edilmiştir.



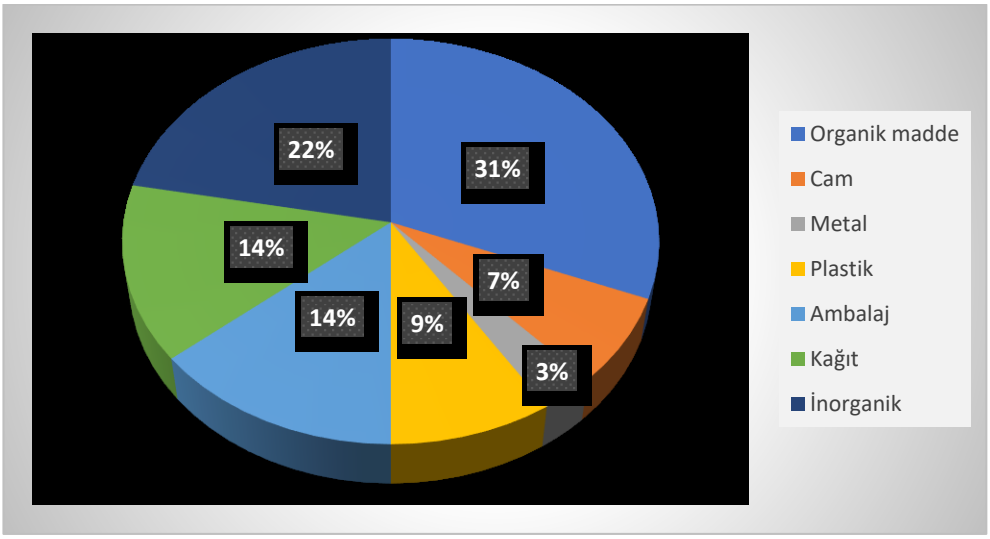
Şekil 5.15. Orta gelirli bölgenin yıllık atık kompozisyonu.

5.2.3.3. Düşük Gelirli Bölgelerin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri

Edirne merkezde bulunan 24 mahallenin 8 tanesi düşük gelirli bölge olarak sınıflandırılmıştır. Bu bölgeden gelen atığın toplam atığa oranı %9'dur. Toplam 8 mahalle olmasına rağmen toplam atığın yaklaşık onda birini oluşturmasının sebebi bu bölgelerde nüfus yoğunluğunun az olmasıdır. Bu gruplandırma yapılırken dikkat edilen hususların başında ısınma yöntemi gelmektedir. Ayrıca tüketim tipinin dolayısı ile tüketim sonrası oluşacak atığın gelir seviyesi ile doğrudan orantılı olması bu sınıflandırmanın genel çizgilerini belirlemiştir. Şekil 5.16'da düşük gelirli bölgenin yaz atık kompozisyonunu, Şekil 5.17'de ise aynı bölgenin kış atık kompozisyonu gösterilmiştir.

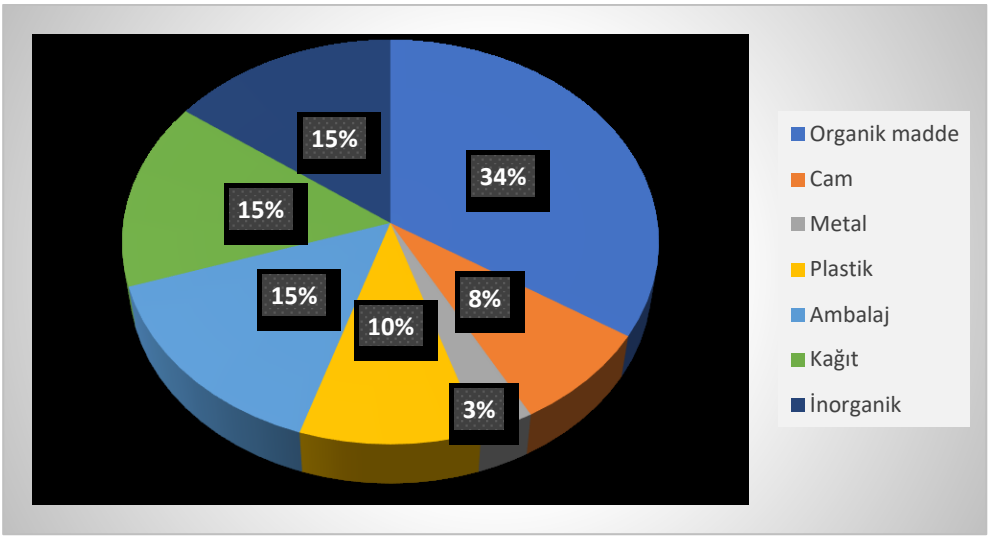


Şekil 5.16. Düşük gelirli bölgenin yaz atık kompozisyonu.



Şekil 5.17. Düşük gelirli bölgenin kış atık kompozisyonu.

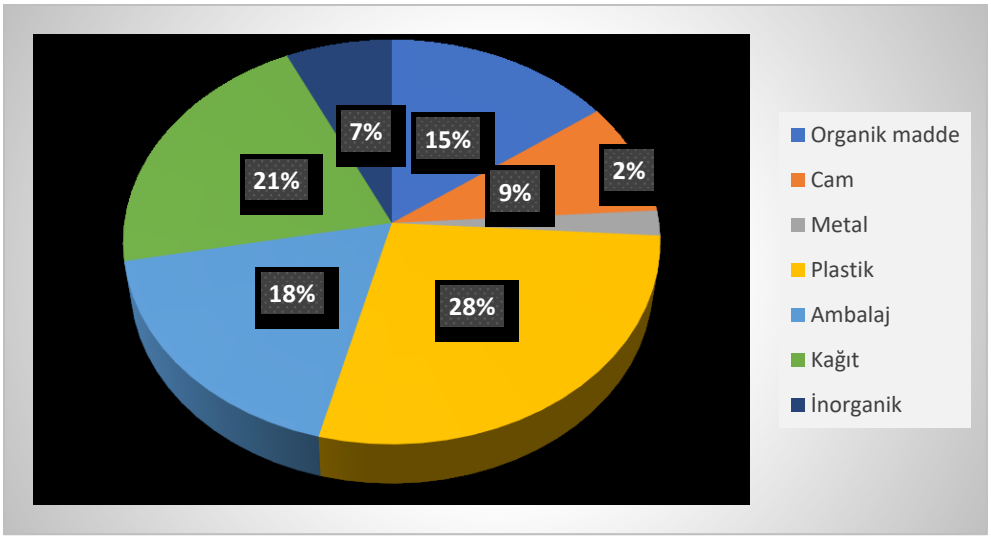
Bölgenin yaz ve kış arasındaki en belirgin değişikliği inorganik madde miktarında gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise bölgede ısınmada soba kullanılması bu sebeple atık içeriğinde odun, kömür gibi soba yakıt maddelerinin küllerinin olmasıdır. Yaz ve kış verileri kullanılarak bölgenin yıllık atık kompozisyonu Şekil 5.18'de verilmiştir.



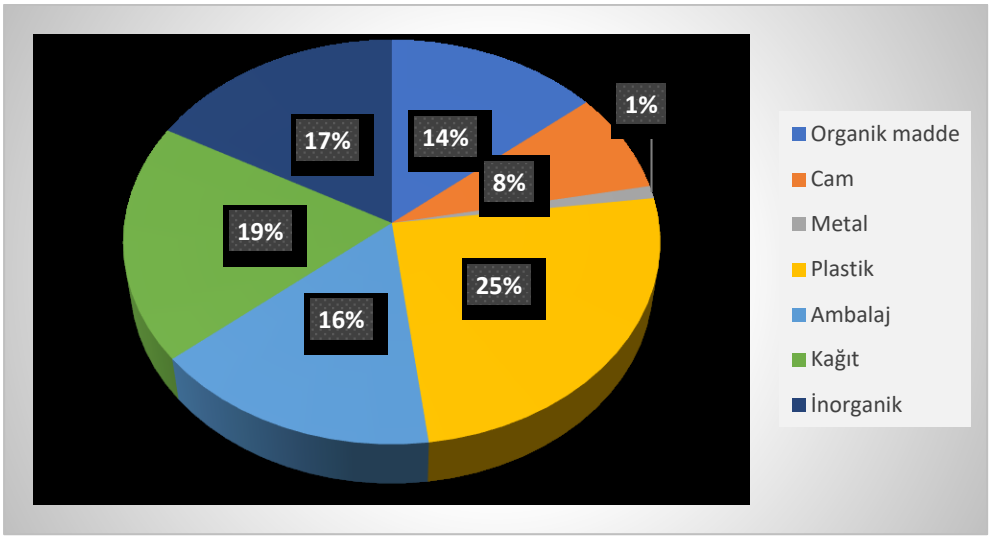
Şekil 5.18. Düşük gelirli bölgenin yıllık atık kompozisyonu.

5.2.3.4. Lalapaşa Belediyesi Bölgesinin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri

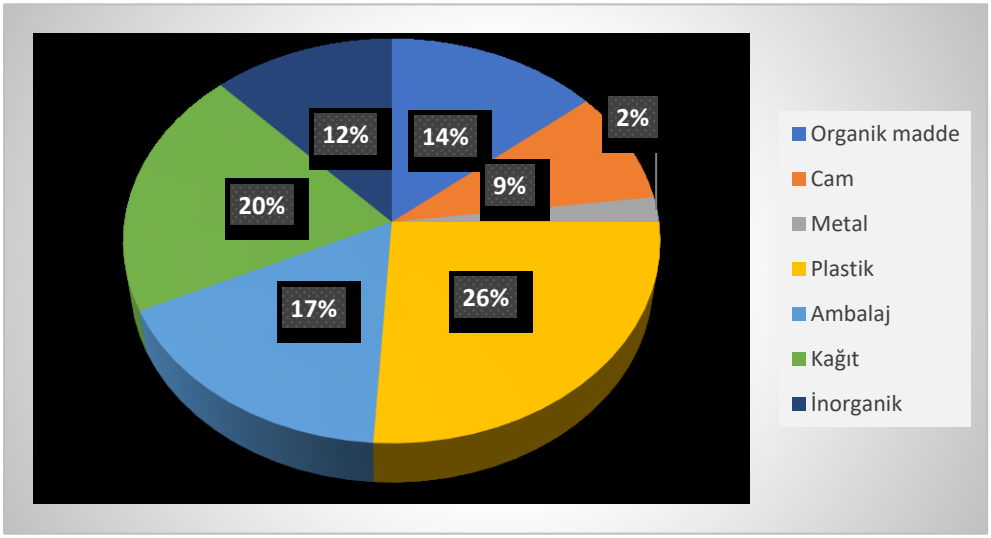
Lalapaşa Edirne merkeze yaklaşık 30 km mesafede bulunan bir ilçedir. Lalapaşa ilçesinin toplam nüfusu 2020 yılı verilerine göre 6442'dir. İlçeden her gün bir adet atık toplama aracı ile tesise atık gelmektedir. Bu atık tesise gelen toplam atığın %1'ini oluşturmaktadır. İlçeden gelen atıklardan farkı tarihlerde alınan numuneler doğrultusunda, yaz atık kompozisyonu Şekil 5.19'da kış atık kompozisyonu Şekil 5.20'de yıllık atık kompozisyonu ise Şekil 5.21'de verilmiştir.



Şekil 5.19. Lalapaşa Belediyesi Yaz Atık Kompozisyonu.



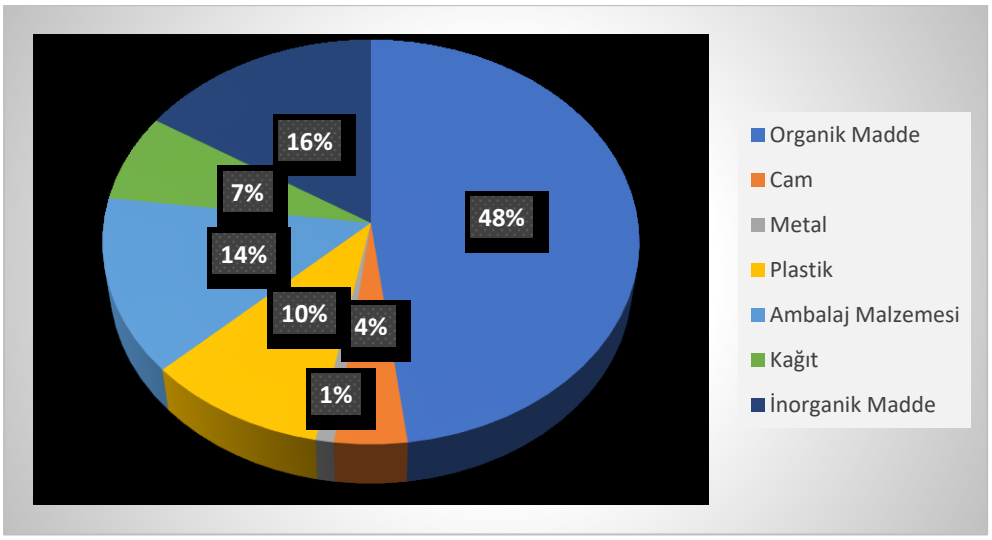
Şekil 5.20. Lalapaşa Belediyesi Kış Atık Kompozisyonu.



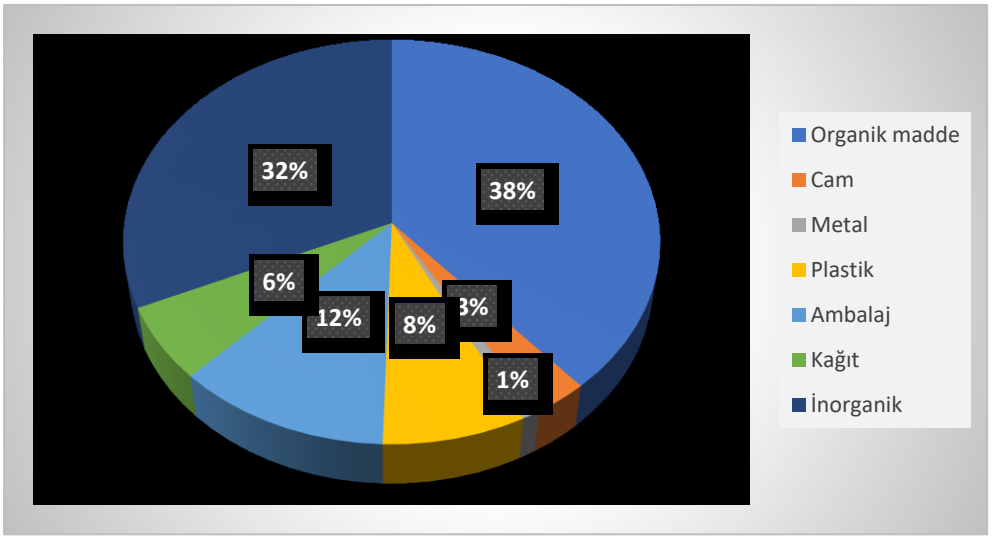
Şekil 5.21. Lalapaşa Belediyesi Yıllık Atık Kompozisyonu.

5.2.3.5. Havsa Belediyesi Bölgesinin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizleri

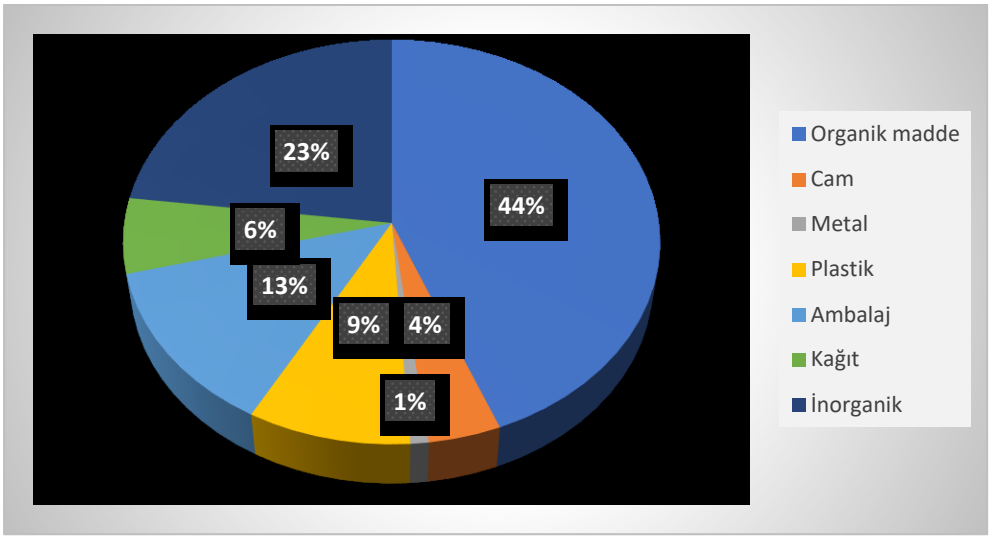
Havsa belediyesi Edirne merkeze yaklaşık 35 km mesafede bulunan bir ilçedir. İlçenin nüfusu 2020 verilerine göre 18564 kişidir. İlçeden her gün bir adet atık toplama aracı günde iki sefer gelmektedir. Gelen bu atıklar toplam atığın %7'sini oluşturmaktadır. İlçede doğalgaz altyapı çalışmaları devam etmektedir. Doğalgazın ısınma amaçlı olarak tam anlamıyla kullanılamadığı ilçede özellikle kış aylarında inorganik madde miktarında artışlar gözlemlenmiştir. Şekil 5.22'de yaz atık kompozisyonu, Şekil 5.23'de kış atık kompozisyonu ve Şekil 5.24'de yıllık atık kompozisyonları verilmiştir



Şekil 5.22. Havsa Belediyesi Yaz Atık Kompozisyonu.



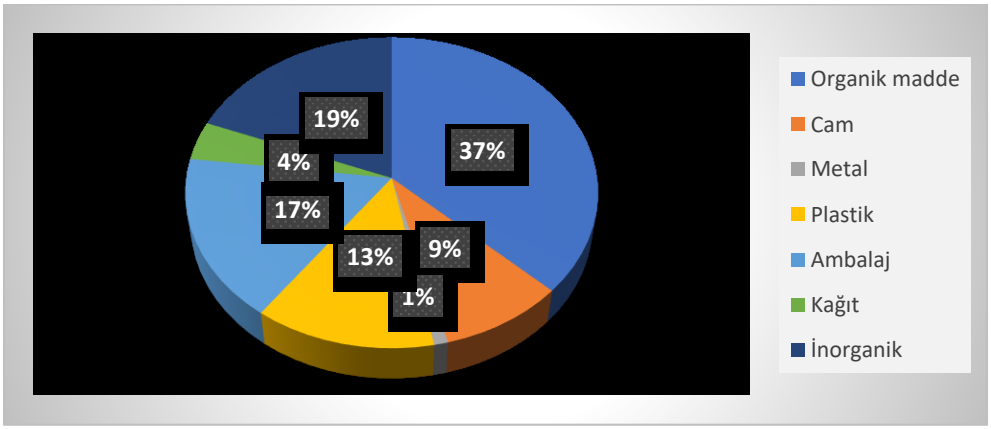
Şekil 5.23. Havsa Belediyesi Kış Atık Kompozisyonu.



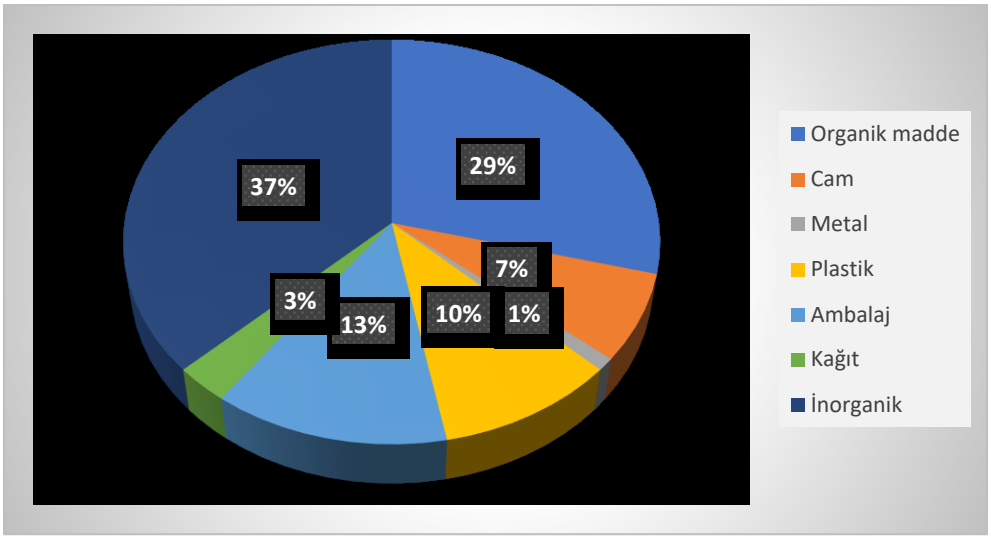
Şekil 5.24. Havsa Belediyesi Yıllık Atık Kompozisyonu.

5.2.3.6. İl Özel İdare'ye Bağlı Köylerin Yaz Ve Kış Kentsel Katı Atık Analizi

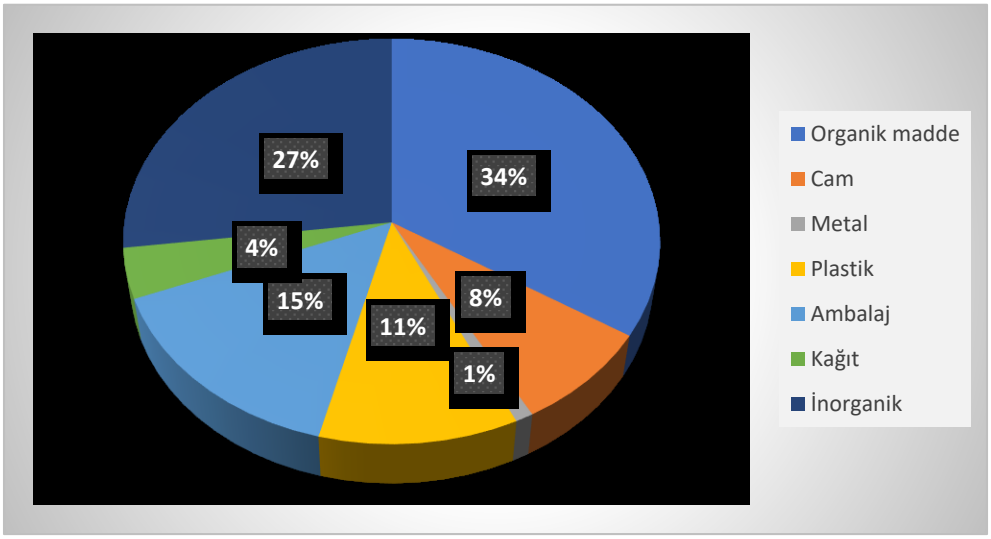
EDİKAB faaliyet bölgesinde İl Özel İdare'ye bağlı 96 adet köy bulunmaktadır. İl Özel İdare'ye bağlı atık toplama aracı ile tesise getirilen atıklar, toplam atığın %9'unu oluşturmaktadır. Yıllık bazda organik atık içeriği %34 seviyelerindedir. Kırsal kesimde kış aylarında ısınmada kat kaloriferi ve soba kullanımına bağlı olarak kış döneminde kül miktarında artış gözlemlenmiştir. Şekil 5.25'de yaz, Şekil 5.26'de kış ve Şekil 5.27'de yıllık atık kompozisyonları verilmiştir.



Şekil 5.25. Köyler Bölgesinin Yaz Atık Kompozisyonu.



Şekil 5.26. Köyler Bölgesinin Kış Atık Kompozisyonu.

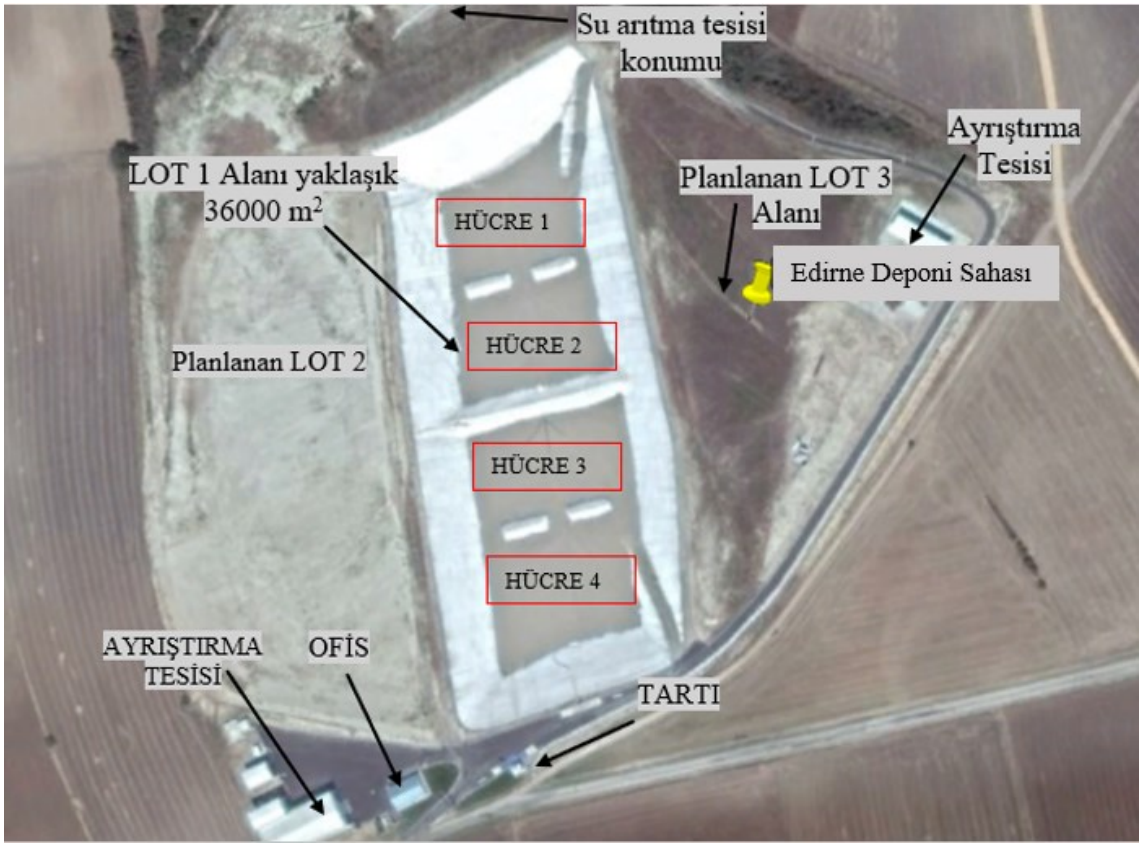


Şekil 5.27. Köyler Bölgesinin Yıllık Atık Kompozisyonu.

5.3. Deponi Alanı Dolum Süresi Analizleri

Edirne'deki yeni organize ve modern çöp depolama sahası 2015 yılında inşa çalışmaları başlamıştır. Depolama bölgesi, farklı doldurma LOT'larından meydana gelmektedir. Toplam depolama zemin alanı yaklaşık 160.000 m^2'lik bir alanı kaplamaktadır. Mevcut LOT 1, temel sızdırmazlık özelliğine sahiptir ve PE folyo tabakası kaplanmış yaklaşık 36.000 m^2 alanı kapsamaktadır. Atık kabulü LOT 1'e yapılmaktadır. LOT 1'in dolması halinde batı bölümünde bulunan LOT 2 sahası ve ihtiyaç olması

halinde uzun vadede LOT 3 sahası kullanıma açılabilir. LOT sahasının kuşbakışı görüntüsü aşağıda verilmiştir (Şekil 5.28).



Şekil 5.28. Edirne Deponi Sahası Detaylı Uydu Görünümü.

Mevcut sızdırmaz LOT göz önüne alındığında hücre 1 kısmı 12 metre hücre 4 kısmı 8 metre derinliğe sahiptir. Bu kot farkının sebebi sızıntı suyunun ana drenaj hattı ile hücre 4'den hücre 1'e doğru oradan da hücre 1'in alt tarafındaki arıtma tesisine hareketini kolaylaştırmak içindir.

Atıklar hücre 1'den başlayarak sahaya depolanmaya başlanmıştır. Toplam alanı hücrelere bölmek alanda oluşabilecek herhangi olumsuz durumlarda saha müdahalesini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca gaz vakum hatlarını kısaltarak sahada oluşan deponi gazı daha verimli elde etmemize olanak sağlamaktadır.

Atıklar depolandıktan sonra zaman içerisinde hacimleri küçülür ve üst taraftan alt tarafa doğru bir çökme hareketi gösterir. Tüm hücreler atık ile dolduktan sonra, atık alanı gözlemlenip uygun yöntemler ile eski atığın üzerine yeni atık almak mümkündür. İlk depolanma süresi geçen zaman sürecinde çökme düzenli olarak devam etmektedir. Tüm LOT dolduktan sonra uygun atık sıkıştırma ve yığma yöntemi ile atık tepe yüksekliği 20 metreye kadar çıkartılabilir. Bu durumda atık sahasi için yaklaşık 450.000 m^3'lük ekstra bir hacim söz konusu olabilmektedir.

Katı atık kompozisyonu belirlenirken ayrıca atık yoğunluğu ile ilgili de çalımalar yapılmış olup, bölgenin atık yoğunluğu 0,65 ton/m^3 olarak belirlenmiştir. Bu veriler ışığında Çizelge 5.8. hazırlanmıştır.

Çizelge 5.8. Deponi alan LOT 1 hakkında matematiksel veriler.

Atık Sahasının Hacmi (m^3)	440.459,7
Uygun Yöntem İle Max. Hacim (m^3)	890.459,7
Yıllık Atık Sahasına Gelen Ortalama Atık (ton/yıl)	79.523
Yıllık Atık Sahasına Gelen Ortalama Atık (m^3/yıl	122.343
2017 Ekim 2021 Ekim arası gelen atık (ton)	321.783
2017 Ekim 2021 Ekim arası gelen atık (m^3)	495.050
Sahada kalan hacim (m^3)	395.409
Dolu	%55.5
Boş	%44.5

Deponi sahalarda bulunan atıkların kütlelerinden çok hacim kayıpları olduğu gözlemlenmiştir. Hücre 1'e 2017 yılında depolanan ilk atıkların 2021 yılı başında hacimlerinin yaklaşık yarısını kaybettiği gözlemlenmiştir. Hücre 1 üzerindeki kil tabakası kaldırılarak bu hücreye taze atık alınmaya başlanmıştır. Hücrelerin taze atık ile doldurulma işlemi tepe yüksekliği 20 metre olana kadar yapılabileceği gözlemlenmiştir.

Tesiste inşaatı devam eden mekanik biyolojik ayrıştırma ünitesi de bulunmaktadır. Bu tesisin devreye alınması ile deponi alana gelen atıkların hacmi azaltılılmasının planlanması ve yeni LOT alanlarının yapılması de atık alanının 2037 yılına kadar yeterli olduğu görülmüştür.

5.3.1. USEPA LANDGEM Modeli İle Gaz Üretim Tahmini

Depo gazı üretiminin tahmini hesaplamalarının yapılabilmesi için birçok model geliştirilmiştir. Bu modellerden başlık 3.3.5'de detaylı yer verilmiştir. Bu çalışmada depo gazı miktarının hesaplanması için LandGEM modeli kullanılmıştır.

USEPA LandGEM 'United States Environmental Protection Agency Landfill Gas Emission Model' kısaltılmış halidir. Bu model ile ilgili denklemler başlık 4.2.4.7'de verilmiştir.

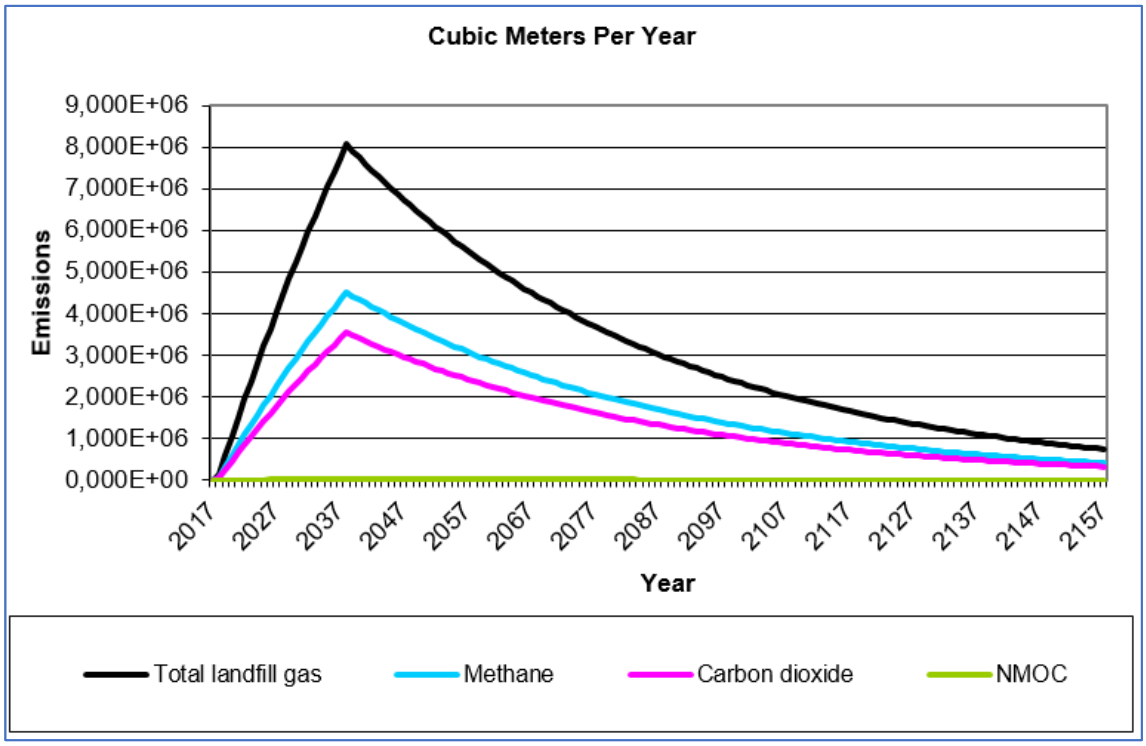
Model yardımı ile emisyon değerlerinin hata payını en aza indirmek için sahaya özgü verilerin kullanılması daha sağlıklıdır. Ancak sahaya özgü veriler bilinmiyor ise CAA ve AP-42 olarak isimlendirilen parametler kümeleri yardımı ile k ve L_0 değerleri belirlenerek hesaplamalar yapılabilmektedir. Bu parametreler belirlenirken Çizelge 5.9. dikkate alınmalıdır (Taşkan, 2001).

Çizelge 5.9. CAA ve AP-42 Parametreleri (Taşkan, 2001).

Parametre	**CAA**		**AP-42**	
	Yağış miktarı > 640 mm	**Yağış miktarı< 640 mm**	**Yağış miktarı > 640 mm**	**Yağış miktarı < 640 mm**
***k* (1/yıl)**	0.05	0.02	0.04	0.02
$\boldsymbol{L_0}$	170	170	100	100

5.3.1.1. CAA Parametreleri İle Depo Gazı Üretim Tahmini

CAA parametreleri kullanılırken yıllık yağış miktarı esas alınmaktadır. Tercih edilen bu parametre değerlerinde bir ton atıktan potansiyel metan üretimi kapasitesi (L_0) 170 m^3 ve Edirne ili için yıllık yağış miktarı 1930-2020 döneminde 602,2 mm olduğundan metan üretim hızı sabiti (k) 0,02 olarak model uygulanmıştır. USEPA LandGEM modeline uygulanmış, girilen veriler sonucu oluşan sonuçlar Şekil 5.29'da verilmiştir.

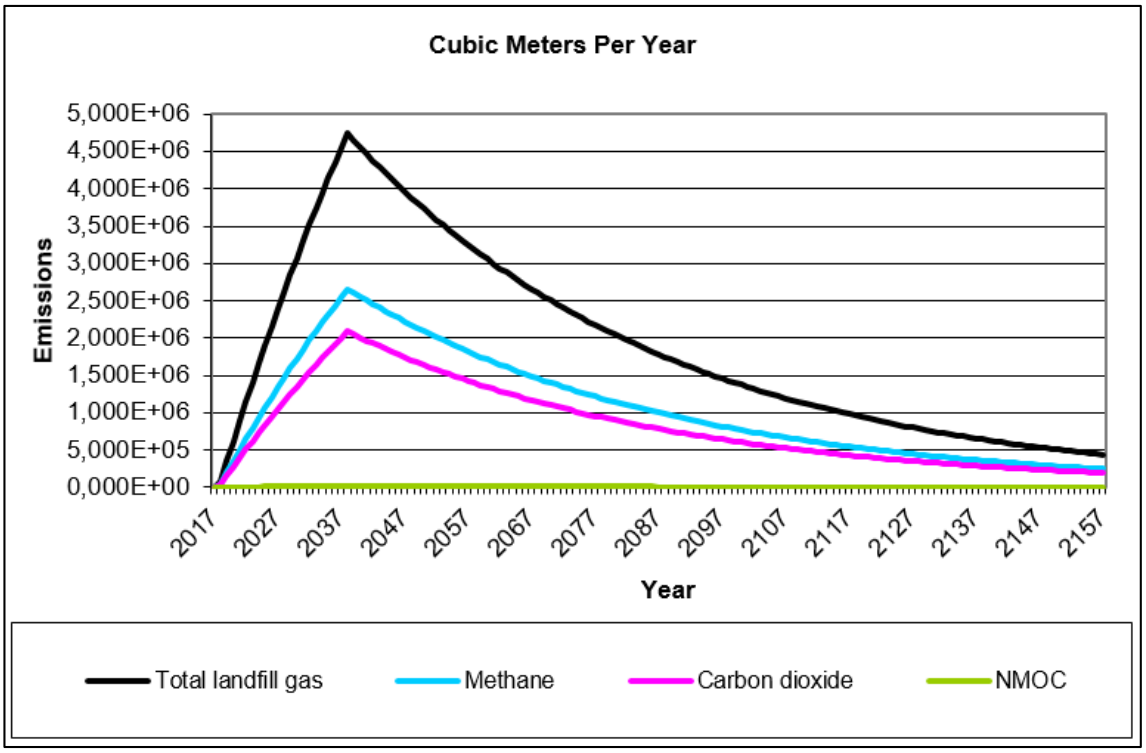


Şekil 5.29. CAA Parametreleri Kullanılarak Oluşan Depo Gazı Ve Metan Gazı Tahminleri.

Şekil 5.29'daki grafik dikkate alındığında deponi alana taze atık gelen süreye kadar gaz oluşumunun arttığı sonrasında ise zamana bağlı olarak azaldığı gözlemlenmiştir.

4.3.1.2. AP-42 Parametreleri İle Depo Gazı Üretim Tahmini

AP-42 parametreleri kullanılırken de yıllık yağış miktarı dikkate alınır. Tercih edilen bu parametre değerlerinde bir ton atıktan potansiyel metan üretimi kapasitesi (L_0) 100 m^3 ve Edirne ili için yıllık yağış miktarı 1930-2020 döneminde 602,2 mm olduğundan metan üretim hızı sabiti (k) 0,02 olarak model uygulanmıştır. USEPA LandGEM hazır excel dosyasına girilen veriler sonucu oluşan sonuçlar Şekil 5.30'da verilmiştir.



Şekil 5.30. AP-42 Parametreleri Kullanılarak Oluşan Depo Gazı Ve Metan Gazı Tahminleri.

Şekil 5.30'daki grafik dikkate alındığında deponi alana taze atık gelen süreye kadar gaz oluşumunun arttığı sonrasında ise zamana bağlı olarak azaldığı gözlemlenmiştir. AP-42 parametre sonuçları CAA parametre sonuçlarına göre daha düşük miktarda deponi gaz oluşacağı sonucunu vermiştir. Bunun sebebi AP-42 parametresinin 1 ton atıktan potansiyel metan üretim miktarının CAA parametresine göre daha düşük oluşudur.

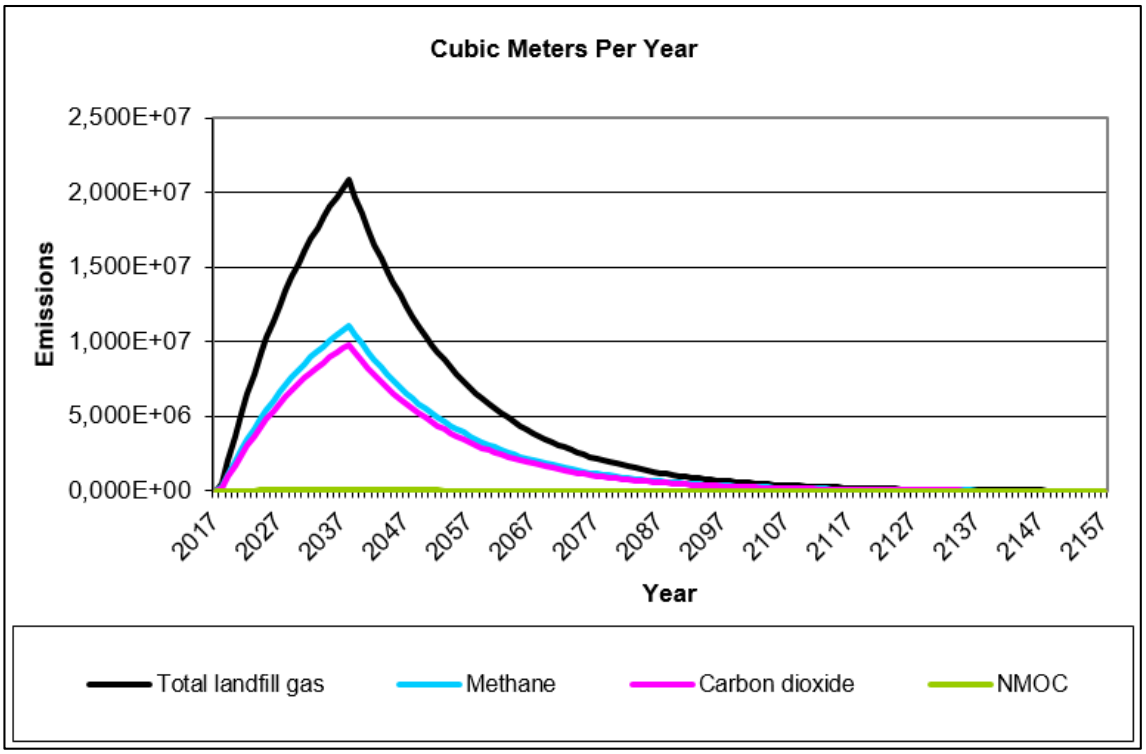
5.3.1.3. Tesise Uygun Parametre Seçimi İle Depo Gazı Üretim Tahmini

Tesise uygun parametreler seçilirken bölgenin sıcaklık şartları, nem ve yağış miktarı, katı atık kompozisyonu, parçacık büyüklüğü ve 2018, 2019, 2020, yılları ile 2021 Ekim ayına kadar bilinen depo gazı miktarları dikkate alınmıştır.

2018 yılı verilerine göre 403.000 m^3 2019 yılında 1.896.000 m^3 2020 yılında 3.330.000 m^3 ve 2021 Ekim ayına kadar oluşan toplam depo gazı miktarı 3.930.000 m^3 olduğu bilinmektedir. 2021 yılı sonuna kadar ise toplam 4.717.000 m^3 depo gazı oluşacağı tahmin edilmektedir. Toplam depo gazı içerisindeki metan oranı %53 olarak ölçülmüştür.

Yıllık bazda atık kompozisyonuna bakıldığında %34 organik atık %5 cam %1 metal %11 plastik %16 ambalaj atığı %18 kağıt ve %15 inorganik atık olduğu gözlemlenmiştir. Özel bir laboratuvara gönderilen numunelerin toplam organik karbon miktarının %45,20 olduğu belirtilmiştir.

Bu bilgiler ışığında bir ton atıktan potansiyel metan üretimi kapasitesi (L_0) 200 m^3 ve metan üretim hızı sabiti (k) 0,058 olarak model uygulanmıştır. Bu değerler belirlenirken metan üretim hızı sabiti (k) atık kompozisyonu, bir ton atıktan potansiyel metan üretimi kapasitesi (L_0) belirlenir iken de bilinen yıllarda oluşan toplam depo gazı dikkate alınmıştır. Uygulanan veriler doğrultusunda oluşan grafik Şekil 5.31'de verilmiştir.



Şekil 5.31. Tesise Uygun Parametre Sonucu Oluşan Gaz Miktarları.

5.4. Elektrik Üretimi

Edirne Katı Atık ve Bertaraf Tesisinde gazın, gaz motoru ile enerjiye çevrilerek bertarafı için her biri 1.56MWe kurulu kapasiteye sahip 2 adet ünitesi bulunmaktadır.

Gaz motorları kojenerasyon teknolojileri içerisinde içten yanmalı motor sınıfındadır. Hava ve yakıt karışımı pistonlarda vuruntuya yol açmayacak bir seviyede basınçlandırılır. Sıkıştırılan bu karışım bujilerde oluşturulan kıvılcım ile ateşlenir. 16 pistona sahip bu gaz motoru pistonları belirli bir sıraya göre ateşleyerek mekanik enerji oluşturur. Yakıt olarak LPG, biyogaz, kok gazı, LFG, propan ve doğalgaz gibi yanıcı gazları kullanır.

16 silindire sahip nominal hızı 1500 rpm olan bu gaz motoru 4 kutuplu alternatörü tahrik eder. Oluşan manyetik alan değişimi iletkende akım oluşturur. Sıralayacak olur isek biyoenerji mekanik enerjiye, mekanik enerjisi de alternatör yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Şekil 5.32'de gaz motoru ve alternatöre ait kesitler verilmiştir.



Şekil 5.32. Gaz Motoru Ve Alternatör.

Bir kojenerasyon teknolojisi olan gaz motoru birleşik ısıl güç üretmektedir. Bu sistemlerde tek yakıt girişi ile elektrik enerjisi ve termal enerji elde edilir. Kojenerasyon sistemlerde;

- %35 – 40'lık kısmı mekanik enerjiye
- %30 – 35'i motor gömlek ısısına
- %25 – 30'luk kısmı egzoz ısısına
- %7- 10'luk kısmı radyasyon enerjisi olarak kayıp enerjiye dönüşmektedir (Pravadalıoğlu, 2019).

5.4.1. Oluşturulan Modellemeler Sonucu Elektrik Üretim Tahminleri

LandGEM modeli kullanılarak 3 farklı parametre ile tahmin sonuçları verilmiştir. CAA parametreleri ile depo gazı tahmini Şekil 5.29'da AP-42 parametreleri ile depo gazı tahmini Şekil 5.30'da ve tesis için uygun parametre seçimi sonucu oluşan tahmin bilgileri ise Şekil 5.31'de verilmiştir.

Depo gazı hakkındaki matematiksel enerji değerleri doğalgaz ile kıyaslanarak yapılmaktadır. LFG'ın enerji değeri doğalgazın enerji değerinin yarısı olarak kabul edilmektedir. Bunun sebebi ise depo gazının metan içeriğinin %50 kabul edilmesidir. $1m^3$ doğalgazın üst ısıl değeri 9155 kcal olarak kabul edilir. Ayrıca 1 kcal değeri 0,001163 kW değerine eşittir.

Tesisin Ocak 2019 ile Ekim 2021 tarihleri arasında olan zaman diliminde toplam gaz miktarı ve elektrik üretim verileri mevcuttur. Depo gazı miktarları 2019 yılında 2.090.140 m^3 2020 yılında 3.645.058 m^3 ve 2021 yılı Ekim ayına kadar olan değer ise 4.301.295 m^3'tür. Bu yıllara karşılık gelen elektrik üretimi ise 2019 yılında 4.406.175 kW, 2020 yılında 7.692.985 kW 2021 yılı Ekim ayına kadar olan zaman diliminde ise 9.096.732 kW elektrik enerjisi üretilmiştir.

Depo gazındaki metan içeriğinin ortalama değer %53 olan bu tesiste, yukarıdaki veriler ışığında 10.036.494 m^3 depo gazına karşılık 21.194.892 kW elektrik enerjisi üretilmiştir. Sahada üretilen 1 m^3 depo gazı kW birimi cinsinden yazacak olur isek;

1 m^3 doğalgazın üst ısıl değeri * 0,001163 *(metan gazı / depo gazı) (Denklem 5.2.)

denklemini kullanabiliriz.

Edirne Katı Atık ve Bertaraf tesisi için yapılan bu işlemler sonucunda 1 m^3 depo gazının 5.59 kW değerine eşit olduğunu saptamış oluruz.

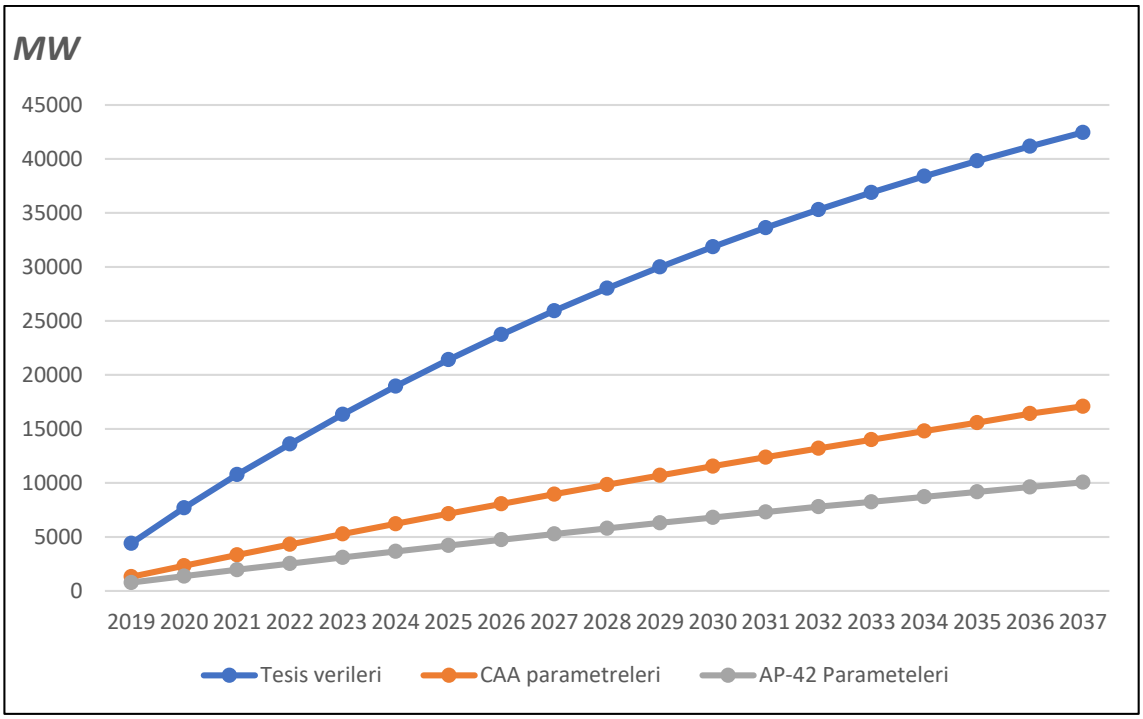
Tesisteki kojenerasyon sistemde yakılan depo gazının yüzde kaçının elektrik enerjisine dönüştüğüne bakacak olur isek;

5,59 (depo gazı (m^3)) = elektrik üretimi(kW)(%(elektrik enerjisine dönüşen kısım))

(Denklem 5.3.)

İşlemi sonucu tesiste çalışmakta bulunan kojenerasyon sistemin elektrik enerjisine dönüşen kısım %37,78 olarak bulunmuştur. Bu değer teoride geçen değer aralığında bulunmaktadır.

Yukarıdaki veriler kullanılarak Edirne Katı Atık ve Bertaraf Tesisinin 2037 yılına kadar olan tahmini elektrik üretim potansiyeli her üç parametreye göre Şekil 5.33'de verilmiştir.



Şekil 5.33. USEPA LandGEM Modeli İle 3 Farklı Parametreye Göre Elektrik Üretimi Tahmini.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; önce enerji ile ilgili kavramlar ele alınmış, kaynaklarına göre genel bir sınıflandırma yapılmış, yenilenebilir enerjinin önemi vurgulanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları sınıfında yer alan evsel katı atıktan depo gazı üretimi incelenmiş, depo gazından enerji elde metotları sınıflandırılmış, Türkiye'nin hali hazırda atık bertarafı ve enerji üretim santralleri incelenmiş, süreç içerisinde bu sektörün gelişimi gözlemlenmiştir.

İyi bir atık yönetimi, atıkları insanların gözünün önünden uzaklaştırıp herhangi boş bir alana bırakmak değil, onu ekonomik bir kaynak olarak görüp çevreye olan olumsuz etkilerini yok etmektir. Tüm bu pozitif olayların yanı sıra aynı zamanda temiz bir enerji kaynağıdır. Kendi başına bırakılan atıklar ciddi sera gazı etkisi oluşturmaktadır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları çevreye etkileri oldukça azdır. Ancak depo gazından enerji üretimi, potansiyel çevre zararının önüne geçmeyi garanti eder.

Düzenli depolama ve depo gazı kavramları incelenmiş, depo gazı kimyasal bileşimi üzerinde durulmuştur. Depo gazı oluşumu süreci ve depo gazı oluşumunu etkileyen faktörler irdelenmiş, kullanım prosesleri hakkında bilgiler verilmiştir. Depo gazı hesaplama yöntemleri hakkında bilgiler incelenmiş çeşitli denklemler ile depo gazı miktarı tahmin edilebileceği ortaya koyulmuştur.

Depo gazı tahmin yöntemleri matematiksel modellemeler incelenmiş, Edirne özelinde USEPA LandGEM modeli uygulanmasına karar verilmiştir.

USEPA LandGEM matematiksel modelinde yaygın olarak kullanılan CAA ve AP-42 parametreleri kullanılmış, sonuçlar yorumlanmıştır. Ayrıca yapılan saha çalışmaları sonucu ve tesisin mevcut verileri kullanılarak tesise uygun parametreler belirlenmiş, bu üç yöntem sonucu elektrik üretim tahminleri ortaya koyulmuştur.

Edirne özelinde LandGEM modeli için CAA parametreleri AP-42 parametrelerine göre daha tutarlıdır. Her iki modelden de elde edilen sonuçlar, tesis verileri ile oluşturulan değerlerden oldukça uzaktır. Bu sapma hata oranından ziyade tesisin modele uyarlanma oranı ve işletmenin verimli olduğunu yorumlamak daha doğru olacaktır. CAA ve AP-42 parametreleri metan üretim hızının belirlenmesinde sadece yağış miktarını dikkate almaktadır. Ancak depo gazı oluşumu sadece yağış miktarına bağlı değildir. Sıcaklık, tanecik yapısı, katı atığın organik madde miktarı, atık sahasının atmosfer ile ilişkisinin olmaması gibi birçok parametreye bağlıdır.

Bu çalışmada atık kompozisyonundan k değerini, bilinen yıllarda oluşan depo gazı ve yine bilinen toplam atık miktarından da 1 ton atıktan oluşacak potansiyel metan üretim kapasitesi (L_0) belirlenerek LandGEM modeline uygulanmıştır.

Bu modelleme ile ileriki zamanda mevcut kurulu gücün yetersiz kalacağı, tesisin yeni gaz motorlarına ihtiyaç duyacağı kanısına varılmıştır.

Edirne Belediyesi'nin yap-işlet devret modeli ile hayata geçirdiği, EDİKAB faaliyet bölgesinde bulunan Atlas İnşaat Katı Atık ve Bertaraf Tesisine gelen atık kompozisyonu bölgelere ve mevsimlere göre çıkartılmış, gelen atığın %50'lik bir kısmını cam, metal, ambalaj, kağıt ve plastik içerikli olduğu gözlemlenmiştir. Bu maddeler uygun bir geri dönüşüm ve ayrıştırma ünitesi ile ekonomiye geri kazandırılabilir.

Türkiye'de bulunan katı atık tesislerinde kojenerasyon sistemler tercih edilmesine rağmen genellikle sadece elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Bunun sebebi Türkiye'de katı atık tesislerinde koku bertarafı yöntemleri ileri düzeyde olmamasından kaynaklıdır. Koku bertarafı ile ilgili yaşanan olumsuzluklar sebebi ile bu tarz tesisler genellikle yerleşim yerlerinden uzak alanlarda yapılmayı tercih etmektedir. İleriki zamanlarda

yaşanabilecek teknolojik gelişmeler ışığında bu tarz tesisler, yerleşim yerlerine yakın lokasyonda inşaa edilebilir, konut ısıtması için kojenerasyon sistemler kullanılabilir. Mevcut şartlar ışığında yine de bu tesisler kojenerasyon sistemde üretilen bu ısıyı kullanabilirler. Uygun proses yöntemleri seçilerek, metan gazı oluşum hızını etkileyen faktörlerden biri olan ısı, atığın ısıtılmasında kullanılıp, metan üretimini ve metan üretim hızını arttırabilir.

Yaşamın olduğu her yerde atığın da olacağı bir gerçektir. Bu sebeple depo gazı üretimi için geçmiş zamanda, şimdiki zamanda ya da gelecek zamanda hammadde problemi yaşanacağı öngörülmemektedir. Bu tesisler yerinde enerji üretimi açısında önemli olup çevresinde yaşayan insanlar için de bir istihdam kapısı olmaktadır. Bu tip yatırımlara yönelmek ekonomik olduğu kadar çevreci ve sosyal sorumluluk projesi olarak da görülmelidir.

KAYNAKLAR

Achankeng, E. (2003, *October). Globalization, urbanization and municipal solid waste management in Africa.* In Proceedings of the African Studies Association of Australasia and the Pacific 26th annual conference (pp. 1-22).

Akpınar, N. (2006). *Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi.* .(Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.

Akpınar, N. ve Şen, M. (2006). *Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi. Türkiye 10. Enerji Kongresi.* 27-30 Kasım 2006, İstanbul.

Aracı, F. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Termal Enerji Kaynaklarından Yararlanma,* (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aracıoğlu, B., Tatlıdil, R. (2009). Tüketicilerin Satın Alma Davranışında Çevre Bilincinin Etkileri. *Ege Akademik Bakış, 9, 2, 435 461.*

Arıkan, O. A., Altınbaş, M., Sevimoglu, O., Sel, İ. and Ozturk, I. (2011). Estimation of Landfill Biogas Generation at Sanitary Landfills in İstanbul, *Eurasia Waste Management Symposium, 14-16 Kasım,* İstanbul.

Asomani-Boateng, R., & Haight, M. (1999). *Reusing organic solid waste in urban farming in African cities: A challenge for urban planners*. Agriculture urbaine en Afrique de l'Ouest (Ed.: OB Smith), International Development Research Centre, Ottawa, 138-154.

Aynur, E. (2011). *İstanbul'da Oluşan Kentsel Katı Atıklar İçin Yakma ve Gazlaştırma Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi). İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Battal, E. R. (2011). *Entegre Katı Atık Yönetimi Türkiye Uygulaması.* (Yüksek Lisans Tezi). Gebze: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü

Beigl, P., Lebersorger, S., Salhofer, S. (2008). *Modelling municipal solid waste generation: A review.* Waste Management, 28, 200–214.

Bilgili, M.S. (2002). *Katı Atık Düzenli Depo Sahalarında Depo Gazı Oluşumunu Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi.* .(Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Bilgili, M.S. (2006). *Katı Atık Düzenli Depo Sahalarında Atıkların Aerobik ve Anaerobik Ayrışması Üzerine Sızıntı Suyu Geri Devrinin Etkileri.* (Doktora Tezi*)* Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Bozkurt, S. (2012). *Evsel Nitelikli Katı Atıkların Geri Dönüşüm Olasılıkları ve Bertaraf Yöntemlerinin Araştırılması*. (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği A.B.D. Adana

Celliers, L., Colenbrander, D. R., Breetzke, T., & Oelofse, G. (2015). *Towards increased degrees of integrated coastal management in the City of Cape Town, South Africa.* Ocean & Coastal Management, 105, 138-153.

Cengiz, K. E. (2017). *Türkiye'nin Enerji Kaynakları, Enerji Politikası ve Cari Açık-Enerji İthalatı İlişkisi.* (Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Coşkuner, M. C. (2015). *Evsel Atıktan Enerji Üretimi – Gaziantep Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü

Çakır, M., Demir, A., Yeşilnacar, M. ve Ulukavak, M. (2019). *Katı Atıklar için Optimum Güzergâh Tespiti ve Alansal Dağılım Haritalarının CBS Ortamında Oluşturulması: Suruç (Şanlıurfa) Örneği* . Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi , 8 (2) , 595-603

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2017). *Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2016-2023.* Ankara.

Çitil, E. (2009). *Çevre Yönetiminde Ekonomik Araç Kullanımının İstanbul Katı Atık Yönetimi Üzerinde İncelenmesi. (*Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bölümleri Enstitüsü

Çoban A. ve Kılıç S., (2009). "*Türkiye'de Yerel Yönetimlerin Çevreye Yönelik Politikaları: Konya Selçuklu Belediyesi SELKAP Örneği",* Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi

Demir F (2019) 22 Ekim 2021 tarihinde https://www.tesisat.org/ruzgar-turbini-nedir-ruzgar-turbini-calisma-prensibi-nasildir.html adresinden erişildi.

Doğanay, H. (1998) Enerji Kaynakları, Şafak Yayınevi, Erzurum.

Edirne (2021) 12 Kasım tarihinde http://www.edirne.gov.tr/ilcelerimiz adresinden erişim sağlandı.

Encazip (2021) 10 Ekim 2021 tarihinde https://www.encazip.com/hidroelektrik-enerjisi Adresinden erişildi.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) *Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu.* 2020

EPDK (2021) 03 Kasım 2021 tarihinde https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/5-9249/2021-yili-on-yek-listesi adresten erişim sağlandı.

Gendebien, A., Pauwels, M., Constant, M., Ledrut-Damanet, M. J., Nyns, E. J., Fabry, R., ... & Butson, J. (1992). *Landfill gas from environment to energy* (No. EUR--14017/1). Commission of the European Communities.

Gökçe, F., Aydemir, P., Hasanoğlu, P. ve Özbay, M. (2015). *"Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarının ve Vahşi Depolama Alanlarının Islahı ve Bitkilendirilmesi",* Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, S.3, 258-271

Gökkuş, G. (2014). *Rüzgar Enerjisi Üretim Sistemlerinde İzleme ve Hata Kontrol Sistemleri.* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Göksel, A. (2012). *Energy Based Approaches to Integrated Waste Management*. .(Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Güleç S. (2004). *Belediyelerde Katı Atık Yönetimi (İl Belediyelerinde Bir Araştırma),* (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış, Kayseri.

Gündüzalp, A. A., & Güven, S. (2016). *Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya belediyesi ve semt tüketicileri örneği.* Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi, 9, 1-19.

Hoornweg, D. and Thomas, L. (1999). *What a Waste: Solid Waste Management in Asia. East Asia and Pacific Region.* Urban and Local Government Working Paper. World Bank.

Nufushane (2021) 12 Kasım 2021 tarihinde https://www.nufusune.com/edirne-nufusu adresinden erişim sağlandı.

Işık, A. (2014). *Katı Atık Bertaraf Tesislerinde Organik Atıklardan Açığa Çıkan Depo Gazı ile Enerji Elde Edilmesi.*(Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

İlleez, B. (2020). *Türkiye'nin Enerji Görünümü*. Ankara

Jansen, J. C., Scheepers, M. and Seebregts, A. (2009). Energy Security: *What is it and (How) Can it be Measured. Energy Policy., 37(8), ss.2907-2915*.

Karadağ, İ. H. (2009). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Rüzgar Türbini Tasarımı,* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karasu, A. (2013). *Çevresel Atıklar ve Nedenleri, Çevresel Atıkların Geri Dönüştürülmesi ve Yenilenebilir Enerji Olanaklarının Araştırılması.* (Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya A.B.D. Bilecik

Kavaz, İ. (2019). *Yerli ve Milli Enerji Politikaları Ekseninde Kömür*. SETA Analiz, (265).

Kaynar, N. K. (2020). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Amasya İlindeki Potansiyeli.* Bilge International Journal of Science and Technology Research, 4(2), 48-54.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications.

Koç Erdem & Kaya Kadir (2015). *Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu.* Mühendis ve Makina, 56(668), 36-47.

Koç, E., Şenel, M. C. (2013). "*Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu–Genel Değerlendirme,"* Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 54, sayı 639, s. 32-44.

Mc Bean, E.A., Rovers, F.A and Farquhar, G.J. (1995). *Solid Waste Landfill Engineering and Design. Prentice Hall.* New Jersey, USA.

Metu (2020) 10 Ekim 2021 tarihinde http://www.pal.metu.edu.tr/articles/petrol_nerede.htm 07 ùubat 2006 adresine erişildi

MGM (2021) 06 Kasım tarihinde https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=EDIRNE adresinden erişim sağlandı.

OECD. (2008). *OECD Environmental Data — Waste*. OECD

Okandan, E., (2006), *Türkiye'nin Petrol Arama ve Üretim Potansiyeli",*

Önder, F., & Yarbay Şahin, R. Z. (2021). *Türkiye'de Hidrojen Enerjisi Ve Geleceği*.

Şimşek N. E. 2005 22 Ekim 2021 tarihinde https://www.emo.org.tr/ekler/ecff5455677b38d_ek.pdf adresinden erişildi.

Öztürk, I., Scott, T. N., Demir, I., Arıkan, O. A., Altinbas, M., Basturk, A. and Salman, K. (2001). *Landfill Rehabılıtatıon and Gas To Energy Applications in Istanbul, Proceedings Sardinia 2001,* Eigth International Waste Management and Landfill Symposium, 1-5 October, Cagliari, Italy, Vol. II, 655-662.

Öztürk, İ. (2010). *Katı Atık Yönetimi ve AB Uyumlu Uygulamaları*, İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi, İstanbul.

Öztürk, Ö. (2016). *A Study on Nabla Discrete Fractional Operator in Mass-Spring-Damper System*, New Trends in Mathematical Sciences, 4 (4): 137-144.2.

Rogoff, M.J. ve Screve, F. (2011). *Waste-to-Energy*: Technologies and Project Implementation, 2nd edn. 166p, Elsevier, Oxford.

Palananthakumar B. (1999). *Modeling of Methane Generation, Oxidation and Emission in Landfills.*(Doktora Tezi). Asian Institute of Technology, School of Environment, Bangkok, Thailand.

Pravadalıoğlu, S., Komisyonu, E. M. O. İ. Ş. E., & Şti, Ü. T. E. M. L. (2019). *Yerinde Enerji Üretimi-Kojenerasyon Sistemleri.*

Puigjaner, L. (2011). *Syngas from Waste:* Emerging Technologies,Springer, 340p, London.

Takan, M. A., & Kandemir, S. Y. *Türkiye'deki Jeotermal Enerjinin Birincil Enerji Arzı Yönünden Değerlendirilmesi.* Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2021 (381-385).

Taşkan E O (2001). *Depolama Sahası Gazlarının Yönetimi ve Modellemesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, New York.

Teiaş (2021) 27 Ekim tarihindehttps://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri adresinden erişildi.

Temurçin, K., & Aliağaoğlu, A. (2003). *Nükleer Enerji Ve Tartişmalar Işiğinda Türkiye'de Nükleer Enerji Gerçeği.* Coğrafi Bilimler Dergisi, 1(2), 25-39.

Topal, A. ve Topal, M. (2013). "*Kompost Standartları Üzerine Bir Derleme"*, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, C.2(2), 85-108.

Topal, H. (2015). *Plazma Gazlaştırma Teknolojisi ile Katı Atık Bertarafı*, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der, 30(4), 733 741.

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2021). 22 Ekim 2021 tarihinde https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol adresinden erişildi.

Saltabaş, F., Soysal, Y., Yıldız, Ş., Balahorli, V. (2010). *Evsel Katı Atık Termal Bertaraf Yöntemleri ve İstanbul"a Uygulanabilirliği,* Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 3, 109-116.

Sel, I., Arikan, O., Demir, I., & Ozkaya, B. (2013). *Landfill gas to electricity production at sanitary landfills in Kocaeli.* Journal of Selcuk University Natural and Applied Science, 681-693.

Solak, O. (2015). *Türkiye'deki Katı Atık Deponi Alanlarında Oluşan Gazın Çevresel Ve Ekonomik Açıdan İncelenmesi.*(Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Spokas, K., Bogner, J., Chanton, J.P., Morcet, M., Aran, C., Graff, C., Moreau-le Golvan, Y. ve Hebe, I. (2006). *Methane Mass Balance at Three Landfill Sites: What is the Efficiency of Capture by Gas Collection Systems*. Waste Management, 26(5), 516-525.

Tanapat, S. (2004). *A feasibility study of municipal waste-to-energy management: Measurement of landfill gas quality at Brady Road Landfill in Canada.*

Üçgül, İ. ve Akgül, G. (2010). *Biyokütle Teknolojisi*, Yekarum Dergi, 1(1), 3-11.

Vesilind, P.A., Worrell, W.A. and Reinhart, D.R. (2002). *Solid Waste Engineering*, Brooks/Cole, Pacific Grove, USA.

World Bank (WB) (2004). *Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean.* The World Bank, Energy Sector Management Plan, 236p, Waterloo, Ontario, Canada.

Yaman, A., Yakın, A., & Behçet, R. (2019). *Van İli Güneş ve Hidroelektrik Enerjilerinin Potansiyeli ve İlin Ekonomisine Katkıları. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(1), 243-250.*

Yapar, M. (2014). *Türkiye'de İktisat Politikaları Çerçevesinde Rüzgar Enerjisi Politikalarının Etkinliğinin Analizi: Bir Uygulama. İstanbul:* İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yarımtepe, C. (2011). *Depo Gazı Oluşum Modellerinin Karşılaştırılması: Çanakkale Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 86s, Çanakkale.

Yıldız, M. (2006). *Dünyada ve Türkiye'de alternatif ve fosil enerji kaynaklarının geleceğe yönelik etüdü* (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü).

Yılmaz, M. (2012). *Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi*. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 33-54.

Young, G.C. (2010). *Municipal Solid Waste to Energy Conversion Processes: Economic, Technical, and Renewable Comparisons.*John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 398p, New Jersey.

ÖZGEÇMİŞ

Erhan ALTUNTAŞ; İlk ve Orta öğretimini Samsun ili Çarşamba ilçesinde bulunan Kocatepe İlköğretim okulunda tamamladı. Lise eğitimini Çarşamba Anadolu Lisesini tamamladıktan sonra Lisans Eğitimi İçin Erciyes Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliğine başladı. Mezun olduktan sonra İstanbul'da 1 yıl çalıştı. 2019 yılında Edirne'ye yerleşti. Burada bulunan katı atık ve bertaraf tesisinde elektrik elektronik mühendisi olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uygulamalı ve Teknoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı. 1989 doğumlu ve evlidir.

Adres : Edirne Merkez

e-mail : erhanaltuntas@windowslive.com