

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KOCAELİ'NDE EVSEL ATIKLAR İÇİN YAKMA YOLUYLA
BERTARAF ALTERNATİFİNİN EMİSYONLAR AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

DENİZ MUTLU KOYUNCU

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ'NDE EVSEL ATIKLAR İÇİN YAKMA YOLUYLA
BERTARAF ALTERNATİFİNİN EMİSYONLAR AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ

DENİZ MUTLU KOYUNCU

Prof. Dr. Aykan KARADEMİR
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. İsmail ÖZBAY
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 24.12.2019

.....
.....
.....

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Kocaeli'nin İzmit ilçesine inşası planlanan ‘‘Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretim Tesisı’’ projesi doğrultusunda buradan çıkacak kirletici emisyonlarının, çevresel etkisinin değlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen, her daim bilgi ve tecrübelerini sunan, çalışmalarına katkıda bulunan saygı değer danışman hocam Doç.Dr. Aykan KARADEMİR’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Model çalışmalarımnda değerli katkı ve desteklerinden dolayı Prof. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK’a, teşekkür ederim.

Ayrıca, tüm bu süreçte yapıcı tutumuyla motivasyonumu yüksek düzeyde tutmamı sağlayan, mühendislik ve akademik tecrübelerinden faydalandığım eşim Berkay KOYUNCU’ya teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, hayatımın tüm aşamalarında bana destek veren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran - 2019

Deniz MUTLU KOYUNCU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	3
1.1. Katı Atıklar ve Çeşitleri	3
1.1.1. Evsel katı atıklar	4
1.1.2. Endüstriyel atıklar	4
1.1.3. Tıbbi atıklar	5
1.1.4. İnşaat ve yıkım atıkları	5
1.2. Katı Atık Karakterizasyonu	5
1.2.1. Kocaeli’de oluşan evsel atıkların yapısı ve miktarı	6
1.3. Katı Atık Bertaraf Yöntemleri	9
1.3.1. Kompostlaştırma	9
1.3.2. Biyometanizasyon	9
1.3.3. Termal sistemler	10
1.3.3.1. Yakma	10
1.3.3.1.1. Dünya’daki katı atık yakma tesis örnekleri ve değerlendirilmesi	12
1.3.3.2. Piroliz	14
1.3.3.3. Gazifikasyon	15
1.3.4. Düzenli depolama	15
1.4. Yakma Tesislerinde Kullanılan Teknolojiler	16
1.4.1. Izgara fırın	16
1.4.2. Akışkan yataklı fırın	17
1.4.3. Döner silindir fırın	18
1.5. Hava Kirliliği Kontrol Sistemleri	19
1.5.1. Baca gazı arıtma sistemleri	19
1.6. Hava Kalitesi Dağılım Modelleri	23
1.6.1. Aermod modeli	23
1.6.2. CALPUFF modeli	24
2. MATERYAL VE METOT	26
2.1. Kocaeli’nin Coğrafi, İklimsel ve Nüfus Özellikleri	26
2.2. Kocaeli Bölgesinde Kurulması Planlanan Evse Yakma Tesisi	26
2.3. Çalışma Metodu	27
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	31
KAYNAKLAR	38

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	42



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Evsel atık yakma tesisi örnek akım şeması	11
Şekil 1.2.	Sysav Atıktan enerji üretimi tesisi	12
Şekil 1.3.	Ferrnwarne Wien atık yakma tesisi	13
Şekil 1.4.	Maishima atık yakma merkezi	13
Şekil 1.5.	Southampton yakma tesisi	14
Şekil 1.6.	Izgara fırın	16
Şekil 1.7.	Akışkan yataklı sabit yakma ünitesi	17
Şekil 1.8.	Döner fırın ünitesi	18
Şekil 1.9.	Kuru baca arıtma sistemi	20
Şekil 1.10.	Yarı kuru baca arıtma sistemleri	21
Şekil 1.11.	Islak baca gazı arıtımı	21
Şekil 2.1	Yapılması planan yakma tesisin haritası	26
Şekil 2.2.	Çalışma alanının uydu görüntüsü	27
Şekil 2.3.	Çalışma alanına ait 2014-2018 yılı verileri için rüzgar gülü	28
Şekil 4.1.	CO maksimum konsantrasyon dağılım haritaları.....	31
Şekil 4.2.	SO ₂ maksimum konsantrasyon dağılım haritaları.....	32
Şekil 4.3.	NO _x maksimum konsantrasyon dağılım haritaları	33
Şekil 4.4.	PM ₁₀ maksimum konsantrasyon dağılım haritaları	34
Şekil 4.5.	PCDD/F maksimum konsantrasyon dağılım haritaları.....	35

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Evsel atık kaynakları	4
Tablo 1.2. Kocaeli katı atık karakterizasyon yüzdeleri, 2009	7
Tablo 1.3. İzmit katı atık karakterizasyon yüzdeleri, 2019	8
Tablo 1.4. Gaz kirleticilerinin gideriminde kullanılan teknikler	19
Tablo 1.5. AYİY Ek-5 baca gazı emisyon limit değerleri	23
Tablo 2.1. Tesise ilişkin veriler	28
Tablo 2.2. Tesise ilişkin emisyon faktörleri	29
Tablo 4.1. Modelleme sonuçları	41
Tablo 4.2. Yayınlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine göre kirleticiler ve limit değerler	42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CH ₄	: Metan
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbondioksit
HC	: Hidro Karbon
HF	: Hidrojen Florür
NH ₃	: Amonyak
NO _x	: Azot dioksit

Kısaltmalar

AERMOD	: American Meteorological Society / Environmental Protection Agency Regulatory Model
AERMET	: Meteorolojik Model (Ön İşlemci)
AMS	: Amerikan Meteoroloji Topluluğu
AYİY	: Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik
BGAS	: Baca Gazı Arıtma Sistemi
CALMET	: A Diagnostic Three-Dimensional Meteorological Model (Meteorolojik Model)
CALPOST	: A Post-Processing Package (CALPUFF Modelinde Kullanılan Postprosesor)
CALPUFF	: An Air Quality Dispersion Model (California Puff Model)
EPA	: Environmental Portection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
İZAYDAŞ	: İzmit Büyükşehir Belediyesi İzmit Atık ve Arıtma ve Yakma Değerlendirme A.Ş
KBB	: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi
PM	: Partiküler Maddeler
SCNR	: Selective Non- Catalytic Reduction System (Katalitik Olmayan Seçmeli İndirgenme)
SCR	: Selective Catalytic Reduction System (Seçici Katalitik Giderimi)
VOC	: Volatile Organic Compound (Uçucu Organik Bileşikler)

KOCAELİ’NDE EVSEL ATIKLAR İÇİN YAKMA YOLUYLA BERTARAF ALTERNATİFİNİN EMİSYONLAR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Son yıllarda nüfusun, endüstrinin ve teknolojik gelişmelerin artışına paralel olarak; hem evsel hem endüstriyel katı atık miktarı ve çeşidi giderek artmaktadır. Artan katı atık miktarı hava, su, toprak gibi çevresel kirliliğe sebep olarak önemli ölçüde sorun teşkil etmektedir. Kocaeli’nde katı atık bertarafı, mevcut sistemde düzenli depolama ile gerçekleştirilmektedir. Fakat, artan kentsel atık miktarı ve depolama alanlarının azalması sonucu, evsel katı atıkların yakma yöntemi ile bertarafı tartışılmaya başlanmış ve bu konuda çeşitli planlamalar yapılmıştır. Bu planlamalar doğrultusunda Kocaeli’nde “Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretim Tesisi” projesi yürütülmeye başlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, kurulması planlan bu tesisten kaynaklanacak kirlетici emisyonların atmosferdeki dağılımını ve çevresel etkilerini değerlendirmektir.

Çalışmada öncelikle, katı atık türleri, atık yakma bertaraf yöntemleri, baca gazı arıtma teknolojileri ve evsel atık yakma tesisleri için tercih edilen sistemler hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra planlanan yakma tesisinin yapılması ve işletilmesi halinde tesisten çıkabilecek kirlетici emisyonları belirlenmiş ve bu emisyonların atmosferdeki dağılımları ve taşınımı modellenerek çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada AERMOD hava dağılım modeli kullanılarak, bölgenin topografik özellikleri ve yıllık meteorolojik veri dosyası model programına eklenmiştir. Böylece alıcı ortam noktasındaki kirlетicilerin günlük, aylık ve yıllık konsantrasyonları belirlenerek hava kalitesi katkı değerleri hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar doğrultusunda yapımı planlanan tesisin Kocaeli’ne etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AERMOD, Atık Yakma, Emisyon, Kentsel Katı Atık.

EVALUATION OF ALTERNATIVE DISPOSAL OF EMISSIONS BY BUILDING FOR DOMESTIC WASTE IN KOCAELI

ABSTRACT

In parallel with the increase in population, industry and technological developments in recent years; both domestic and industrial solid waste amount and variety is increasing. The increased amount of solid waste poses a significant problem by causing environmental pollution such as air, water and soil. Solid waste disposal is carried out by regular storage in the current system in Kocaeli. However, as a result of the decrease in the amount of urban waste and storage areas, the disposal of domestic solid wastes with the incineration method has been discussed and various plans have been made in this regard. In line with these plans, “Facility of Energy Production From Urban Solid Waste” project was started in Kocaeli. The aim of this study is to evaluate the environmental effects and distribution of pollutant emissions from this facility.

In the study, information about the preferred systems for solid waste types, waste incineration disposal method, flue gas treatment technologies and domestic waste incineration facilities are given. Then, in case of construction and operation of the planned incineration plant, pollutant emissions from the plant were determined and their environmental effects were evaluated by modeling their distribution and convection in the atmosphere. In the study, topographic features of the region and annual meteorological data file were added to the model program by using AERMOD air distribution model. Thus, air quality contribution values were calculated by detecting daily, monthly and annual concentrations of pollutants at the receiving environment point. According to the result, the effect of the planned facility to Kocaeli was evaluated.

Keywords: AERMOD, Emissions, Municipal Solid Waste, Waste Incineration.

GİRİŞ

Bugün hızla gelişen teknolojinin, artan nüfusun, plansız endüstrileşmenin ve sağlıksız kentleşmenin etkisiyle gerek içeriği gerek miktarındaki artışla kentsel katı atıklar yaşantımızda önemli bir yer almaktadır. Tüklenen doğal kaynaklarla birlikte artan atık miktarı çevre sağlığını tehdit etmektedir. Biriken bu atıkların toplanması ve uzaklaştırılması belediyelerin karşılaştığı en önemli problemlerden biridir. Katı atıklar uygun koşullarda uzaklaştırılmadıkları zaman hava, su, toprak gibi çevresel kirliliklere sebep olmaktadır. Bu sebeple kentsel katı atıkların hem çevreye hem canlılara verebileceği zararı engellemek için düzenli bir şekilde bertaraf edilmeli veya geri dönüştürülmelidir [1].

Türkiye’de 2010 yılında evsel atık miktarı ortalama 25 milyon ton iken günümüzde 35 milyon ton/yıl’dır [2]. Kentsel atık bertaraf yönteminde en çok tercih edilen ve uygulanan yöntem depolamadır. Kocaeli bölgesinde kentsel atıkların bertarafı bu yöntemle sağlanmaktadır. Fakat depolama alanlarının ciddi oranda azalması sonucu çözüm olarak diğer bertaraf yöntemi olan yakma düşünülmüştür.

Sanayileşmenin en yoğun olduğu Kocaeli bölgesinde yapılması planlanan “ Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretim Tesisi ” projesinin yapımı düşünülmektedir. Genellikle atık yakma tesisleri birçok toksit maddeyi atmosfere vermektedir. Atmosfere dağılan bu emisyonlar sonrasında çökerek toprağa ve yer altı sularına karışabilmektedir. Bu sebeple, kentsel atık yakma tesisinden çıkacak emisyonların standart değerlere uygun olup olmadığı ölçülüp değerlendirilmelidir. Kurulması planlanan bu kentsel atık tesisi ile bölge halkının elektrik ihtiyacının giderimi ve atık miktarında gerekli dengenin sağlanması planlanmaktadır.

Evsel atık yakma tesisinin çevresel açıdan en önemli etkeni, yakma sonucu meydana gelen toksik maddelerin atmosfere dağılmasıdır.

Atmosfere dağılan bu emisyonlar (CO, SO₂, NO_x, PCDD, PM vb.) sonrasında çökerek toprağa ve yer altı sularına karışabilmektedir [3]. Bölgede sanayileşmeye bağlı olarak hava kirliliği önemli ölçüde sorun teşkil etmektedir. Bununla birlikte kurulması planlanan evsel atık yakma tesisi ile birlikte bölgedeki hava kirliliğinde daha fazla artış gözlemlenebilecektir.

Yakma sonucu yayılan bu kirleticilerin insana ve çevreye olumsuz ciddi etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple, evsel atık yakma tesisinden çıkacak emisyonların standart değerlere uygun olup olmadığı ölçölüp değerlendirilmelidir. Meydana gelen emisyonların hava kalitesindeki dağılımının değerlendirilmesi modelleme yöntemi ile yapılmaktadır.

Bu alışmada Kocaeli'nde Umuttepe'deki Eski Orman Deposuna kurulması planlanan Evsel Atık Yakma Tesisinin neden olacağı emisyonların dağılımı ve etkisi araştırılmıştır. Tesis kapasitesine göre hesaplanan kirletici emisyon debilerinin çevredeki dağılımı, EPA (evre Koruma Ajansı) tarafından kabul görmüş kararlı hal Gauss dispersiyon modeli olan AERMOD Dispersiyon Modeli yardımıyla tahmin edilmiştir. Çalışmada yeni kurulacak tesis emisyonlarının İZAYDAŞ'ta ölçülen çıkış değerleriyle aynı olacağı varsayılmıştır. Gerekli veriler AERMOD modeline girilerek, yanma sonucu oluşan emisyonların İzmit bölgesindeki dağılım haritaları değerlendirilmiştir.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Katı Atıklar ve Çeşitleri

İnsan faaliyetleri sonucu oluşan ve kullanım süresi dolmuş maddelere genel olarak atık denmektedir. 2015 yılında yayınlanan Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre ise atık; üreticisi veya fiilen elinde bulunduran veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal olarak tanımlanmaktadır [4].

Katı atık endüstriyel, madencilik, ve tarımsal faaliyetleri sonucu oluşan çöp, atıksu arıtma tesisleri ve su getirme tesislerinden kaynaklanan çamur vb. olarak tanımlanmaktadır. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre, Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı atık maddelere ve arıtma çamuruna katı atık denir [5].

Günümüzde git gide artan nüfus, gelişen teknoloji, tüketilen ve kullanılan maddelerin çeşitliliği atık miktarında önemli artışa sebep olmaktadır. Belli miktar atık doğada birkaç yıl veya bir süre sonra giderilebilmektedir. Fakat, günümüzde meydana gelen atık miktarı doğanın temizleme gücünün üstüne çıkmıştır.

Katı atıklar genel olarak bileşimine ve kaynaklarına göre iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Bileşimine göre olanlar; kompostlanabilir ve yanabilir organik maddeler, (bitkisel, hayvansal vb.) biyokimyasal ayrışması zor olan organik maddeler (kağıt, deri, plastik vb.) ve son olarak inert maddelerdir. (taş, cam, porselen) [6].

Katı atıklar ev, okul, hastane, alışveriş merkezleri ve iş yerleri gibi birçok alanda oluşmaktadır. Oluştukları alana yani kaynaklarına göre isimlendirilmektedirler. Bunlar evsel atıklar, tehlikeli atıklar, endüstriyel atıklar, tıbbi atıklar, inşaat ve moloz atıklar olarak sınıflandırılmaktadır.

1.1.1. Evsel katı atıklar

Yerleşim merkezlerinin karşılaştıkları en önemli sorunlardan birisi de kentsel çöpler, yani evsel atıklardır. Evsel atıkların büyük bir çoğunluğunu organik atıklar kalan kısmını ise kağıt, karton, plastik, cam gibi atıklar oluşturmaktadır [7]. Gün içinde yapılan faaliyetler sonucu evlerde oluşan mutfak atıkları, tehlikeli madde içermeyen her türlü atık olarak tanımlanmaktadır. Yiyecek atıkları, ambalaj atıkları, ev eşyası atıkları ve kül gibi yakacak atıkları evsel atık sınıfına girmektedir (Tablo 1.1). Yerleşim yerleri için evsel atıklar önem arz etmektedir. Çünkü, bu atıklar hastalık yapıcı organizmalar için uygun ortam oluşturmaktadır. Bundan dolayı evsel atıkların bertarafı önem arz etmektedir. Evsel atıklar düzenli depolama, geri kazanım ve yakma yöntemleri ile bertaraf edilmektedir.

Tablo 1.1. Evsel atık kaynakları [8]

Kaynak	Aktiviteler	Katı atık türleri
Evsel Yerleşim	Küçük ve kalabalık aileler, az veya çok katlı apartmanlar	Yemek atıkları, döküntü, kül, özel atıklar
Ticari Yerleşimler	Dükkanlar, restoranlar, marketler, iş hanları, oteller	Yemek atıkları, döküntü, kül, moloz ve inşaat atıkları
Açık Alanlar	Sokaklar, parklar, oyun yerleri, kumsallar, geçitler, oto yolları	Özel atıklar, döküntü
Arıtma tesisi alanları	Su, atık su, endüstriyel atıksu arıtma tesisleri	Arıtma tesisi atıkları, arıtma çamuru

1.1.2. Endüstriyel atıklar

Çevresel problemlerin çoğu kimyasal maddelerden kaynaklanmaktadır. Bugün kimyasal dediğimiz tehlikeli atıkların miktarı büyük boyutlara ulaşmıştır. Endüstriyel atıların içeriğinin büyük bir çoğunluğu tehlikeli atık sınıfına girmektedir.

Endüstriyel atık, Endüstriyel işlemler sırasında ve sonrasında oluşan istenmeyen katı atık ve arıtma çamuru olarak tanımlanmaktadır. Bu tür atıklar yönetmelikler doğrultusunda sanayi tesislerindeki arıtma teknolojileri ile atığı bertaraf ederek alıcı ortama vermektedir.

1.1.3. Tıbbi atıklar

Üniversite araştırma hastaneleri ve klinikleri, tıbbi ve biyomedikal laboratuvarları, diyaliz merkezleri ve rehabilitasyon gibi sağlık kuruluşlarından kaynaklanan patolojik ve diğer atıklara tıbbi atık denilmektedir.

Bugün artan kirlilikler ve çevre sağlığının bozulması ile doğru orantılı olarak birçok sağlık biriminde önemli miktarda tıbbi atık miktarı oluşmaktadır. Oluşan tıbbi atıkların evsel atıklardan ayrı toplanması gerekmektedir. Tehlikeli atık sınıflarından biri olan tıbbi atıkların toplanması ve bertarafı dikkate alınması gereken atıklardır. Dolayısıyla bu atıklar “Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” dikkate alınarak bertaraf edilmektedir.

Yakma, tıbbi atıkların bertarafında en tercih edilen yöntemdir. İzmit Büyükşehir Belediyesi İzmit Atık ve Arıtma ve Yakma Değerlendirme A.Ş (İZAYDAŞ) tesisi tıbbi atıkları yakarak bertaraf etmektedir. Çevre ve Orman Bakanlığı verilerine göre Kocaeli, İstanbul ve Adapazarı illerinde yakılarak bertaraf edilen atıklar, ülke genelindeki tıbbi atıkların %20’sine denk gelmektedir.

1.1.4. İnşaat ve yıkım atıkları

Konutların, binaların, köprülerin, alt ve üst yapıların yapımı sırasında ve sonrasında meydana gelen atıklardır. Bu atıklar içeriğinde genellikle taş, tuğla, demir, beton vb. atıkları içermektedir. İnşaat ve yıkım atıkları bulunduğu çevrede kirliliğe sebebiyet verdiği için kontrollü bir şekilde bulunduğu ortamdan uzaklaştırılmalıdır.

1.2. Katı Atık Karakterizasyonu

Üretilen her ürün belli bir kullanım süreci sonucu ömrünü tamamlamakta ve atık olarak uzaklaştırılmak istenmektedir. Günümüzde oluşan tonlarca katı atığın uygun teknolojilerle bertaraf edilmesi çevre ihtiyaçlarının giderilmesinde büyük önem taşımaktadır. Depolama, yakma, kompostlaştırma gibi bertaraf yöntemlerinde evsel atığın içeriğinin ve miktarının belirlenmesi önemli rol oynamaktadır.

Bu şekilde daha ekonomik ve sağlıklı bir bertaraf elde edilmektedir. “Katı Atık Karakterizasyonu” yöntemi ile evsel katı atık içeriği belirlenebilmektedir. Bu yöntem

atığın içerik ve miktarı incelenerek hangi bertaraf yönteminin uygulanması gerektiğine ya da bu sonuçlar gözlemlenerek, planlanacak toplama ve ayıklama sisteminin kurulmasına kaynaklık etmektedir. Karakterizasyon uygulanacak bölge düşük, orta, yüksek gelir seviyeleri ve arşı olmak üzere dört sosyo-ekonomik gruba ayrılmaktadır. Bu dört ayrı ekonomik gruptan katı atık numuneleri alınarak sınıflandırılma yapılmaktadır [9].

1.2.1. Kocaeli’de oluşan evsel atıkların yapısı ve miktarı

Kocaeli Türkiye’nin en kalabalık onuncu ili, ayrıca en önemli ticari ve sanayi şehirlerinden biridir [10]. Bu doğrultuda katı atık içeriği, çeşitliliği ve miktarıda fazladır. 2008 yılında bölgede “Katı Atık Karakterizasyonu” yöntemi ile ilin katı atık içeriği değerlendirilmiştir.

Tablo 1.2’de bölgenin atık yapısı mevsimlere ve dört sosyo ekonomik sınıfa ayrılarak atıklar türleri ve mikarı belirlenmiştir. Mevsimlere göre bakıldığında da atık çeşidinde farklılık olduğu grlmektedir. Kış aylarında atık kül miktarı ısınma ihtiyaı doğrultusunda artmaktadır. Kağıt, karton, plastik, cam ve metal gibi ambalaj atık sınıfına giren atık türlerinin miktarının yaz aylarında biraz daha arttığı gözlenmektedir.

Tablo 1.2 günümüz koşullarıda değerlendirilerek bakıldığında Kocaelin’de genel olarak ortalama en büyük yüzdeyi mutfak atıkları oluşurmaktadır. Buna takiben en büyük yüzde miktarlarının diğer yanabilen atıkların (bez, perde, ayakkabı, halı, çanta vb.), plastiklerin ve kül (toz,kum) atıklarının olduğu grlmektedir.

Mutfak atıkları içeriğinin büyük bir bölümü bilindiği üzere yemek atıkları, meyve atıkları oluşurmaktadır. Yanabilen atıkların içeriğine bakıldığında büyük bölümünün ocuk bezlerinin ve diğer tekstil ürünlerinin oluşturduğu grlmektedir. Bu doğrultuda bölgenin evsel atık miktarı ve giderilmesi önem oluşturduğu grlmektedir.

Tablo 1.2. kocaali katı atık karakterizasyon yüzdeleri, 2009 [9]

KATI ATIK BİLEŞENLERİ	KIŞ MEVSİMİ				YAZ MEVSİMİ				Ort.
	Düşük	Orta	Yüksek	Çarşı	Düşük	Orta	Yüksek	Çarşı	
Mutfak Atıkları	31,82	33,49	40,47	37,20	40,34	38,87	46,45	42,30	38,87
Kağıt	2,66	4,05	6,30	4,91	3,73	7,18	6,71	6,74	5,29
Karton	2,27	2,20	3,35	2,93	2,87	2,55	2,41	2,72	2,66
Hacimli Karton	1,86	389,00	4,23	7,41	3,28	4,09	3,83	7,08	4,46
Plastik	13,16	15,17	14,06	14,82	15,81	16,14	16,01	16,51	15,21
Cam	2,25	3,48	3,86	3,77	2,51	4,46	3,70	3,85	3,48
Metal	1,38	1,28	1,33	1,86	1,39	1,17	1,00	1,57	1,37
Hacimli Metal	0,04	0,03	0,06	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
Atık Elektronik ve Elektronik Ekipman	0,61	0,19	0,51	0,41	0,47	0,43	0,33	0,50	0,43
Tehlikeli Atık	1,23	0,76	0,85	0,60	1,55	1,41	1,12	0,93	1,06
Park ve Bahçe Atıkları	1,76	3,20	4,24	1,53	2,35	2,66	1,69	0,48	2,24
Diğer Yanmayanlar	8,75	3,20	1,00	4,28	0,92	0,41	0,24	0,88	2,46
Diğer Yanabilenler	20,85	19,79	14,05	14,26	24,76	20,63	16,52	16,45	18,41
Diğer yanabilir hacimli atıklar	0,00	0,00	0,45	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Diğer yanmayan hacimli atıklar	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Diğerleri	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kül	11,36	9,26	5,22	5,49	0,00	0,00	0,00	0,00	3,92
TOPLAM	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Plastik atıkların içeriğinin büyük bir bölümünü ise evlerde kullanılan kimyasal deterjan kutularının, kaplarının oluşturduğu görülmektedir. Bölgenin gelir seviyelerine bakıldığında düşük gelirli bölgelerde özellikle kış mevsiminde ısınma ihtiyacı doğrultusunda kül miktarında artış gözlemlenmektedir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi verilerine göre; Kocaeli'deki atıkların içeriğinin %49'unu organik içerikli atıklar, %31'ini de geri dönüşümlü ambalaj atıkları oluşturmaktadır. Geri dönüşümlü ambalaj atıklarının %4,5'i kaynağında ayrı toplanmakta ve geri dönüştürülmektedir. Bu oranlar, Avrupa ortalamasının altındadır [11].

Tablo 1.3. İzmit katı atık karakterizasyon yüzdeleri, 2019

İZMİT BELEDİYESİ 2019-ORT. KATI ATIK KARAKTERİZASYONU											
Katı atık bileşenleri	Gelir Seviyeleri										
	Düşük			Orta			Yüksek			Ortalama	
	Brüt	Net	Oran (%)	Brüt	Net	Oran (%)	Brüt	Net	Oran (%)	Net	Oran (%)
Mutfak atıkları	64.75	58.80	57.42	33.15	29.30	35.18	71.15	65.45	56.51	48.34	50.90
Kağıt	4.90	2.50	2.44	2.35	1.05	1.26	3.60	2.30	1.99	2.39	2.51
Karton	2.15	0.85	0.83	6.18	4.73	5.68	5.68	3.08	2.66	2.75	2.90
Hacimli karton	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Plastik	22.20	12.70	12.40	28.50	18.35	22.03	24.23	15.43	13.32	15.37	16.19
Cam	11.35	7.85	7.67	5.30	2.55	3.06	10.65	8.60	7.43	5.76	6.07
Metal	0.80	0.10	0.10	6.10	3.50	4.20	3.90	1.30	1.12	1.50	1.58
Hacimli metal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Atık elektrik ve elektronik	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05	0.35	0.30	0.09	0.09
Tehlikeli atık	2.00	0.90	0.88	3.35	1.90	2.28	4.05	1.65	1.42	1.16	1.22
Park ve bahçe atıkları	1.70	0.95	0.93	1.25	0.15	0.18	0.00	0.00	0.00	0.28	0.29
Diğer yanmayanlar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diğer yanabilenler	23.65	17.75	17.33	22.85	19.35	23.23	18.90	16.15	13.95	16.35	17.22
Diğer yanabilir hacimli atıklar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diğer yanmayan hacimli atıklar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diğerleri	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kül (toz, kum, taş dahil)*	0.00	0.00	0.00	3.10	2.40	2.88	2.60	1.50	1.30	0.98	1.03
TOPLAM		102,40	100.00		83.28	100.00		115.81	100.00	94.96	100.00

Tablo 1.3'teki 2019 İzmit Katı Atık Karakterizasyonu verilerine bakıldığında Kocaeli Büyükşehir Belediyesin'deki gibi bölgenin atık karakterizasyonu gelir seviyelerine göre ayrılmış ve değerlendirilmiştir.

Genel ortalama değerlerine bakıldığında her gelir seviyesinde en büyük yüzdeyi mutfak atıklarının oluşturduğu görölmektedir. Ona takiben %17,33'le düşük gelir seviyesinde, %23,23'le orta gelir seviyesinde, %13,95'le yüksek gelir seviyesinde ve son olarak %15,51 ile çarşı gelir seviyesinde diğer yanabilen atıklar yer almaktadır. Bununla birlikte genel ortalama yüzdelerinde sırayı %16,19 ile plastik atıklar takip etmektedir. Genel olarak karşılaştıracak olursak 2008'de Kocaeli ilinde yapılan çalışma değerleri ile 2019 İzmit genelinde elde edilen verilerin sonuçlarının aynı atık türlerinin yüzdelerinin yüksek olduğu gözlenmektedir. Yıllara göre atık türündeki yüzdelerin değişmediği aynı türdeki atık yüzdesinin fazla olduğu görölmektedir. Bu açıdan bölgedeki organik atık, plastik atık ve diğer yanabilen atıkların giderim ihtiyacının fazla olduğu görölmektedir. Bu sonuçlar doğrultuda bölgedeki evsel atık arıtımı büyük önem taşımaktadır.

1.3. Katı Atık Bertaraf Yöntemleri

1.3.1. Kompostlaştırma

Kompostlaştırma, gözle görülemeyecek kadar küçük olan mikroorganizmalar tarafından oksijensiz ortamda çöpte bulunan organik atıkların biyolojik olarak parçalanmasıdır. Oksijenli ya da oksijensiz ortamda meydana gelmektedir. Kompostlaştırma işlemi katı atıklarda genelde aerob dediğimiz oksijensiz ortamda gerçekleşmektedir. Kompostlaştırmada bakır, cıva ve zehirli toksik gibi zararlı maddeler istenmemektedir. Bu bertaraf yönteminde organik atıklar parçalanarak karbondioksit, su ve ve humus oluşturmaktadır. Diğer atık bertaraf yöntemlerine göre değerlendirildiğinde depolama yöntemindeki gibi sızıntı suyu ve atık gaz gibi problemlere sebep olmamaktadır. Ülkemizdeki atık içeriğine baktığımızda organik madde miktarının yüksek olduğu bilinmektedir. Bu sebeple katı atıklar kompostlaştırmaya elverişlidir. Ayrıca bu yöntem, katı atık depolama alan ihtiyacını önemli ölçüde azalmasını sağlamaktadır.

1.3.2. Biyometanizasyon

Yemek atıkları, sebze ve meyve atıkları gibi organik katı atıkların anaerobik ortamda fermantasyon yöntemi ile biyogaz oluşarak enerji elde edilmesi işlemine biyometanizasyon denilmektedir. Elde edilen biyogaz enerjisi ile elektrik enerjisi

sağlanabilmektedir. Bu yöntem sayesinde bugün azalmakta olan düzenli depolama alanlarına daha az atık gönderilmekte ve düzenli depolama sahalarının daha verimli kullanılabilmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca organik atıktan biyogaz (yenilenebilir gaz) üretilerek fosil yakıt üretimi azaltılmaktadır.

1.3.3. Termal sistemler

1.3.3.1. Yakma

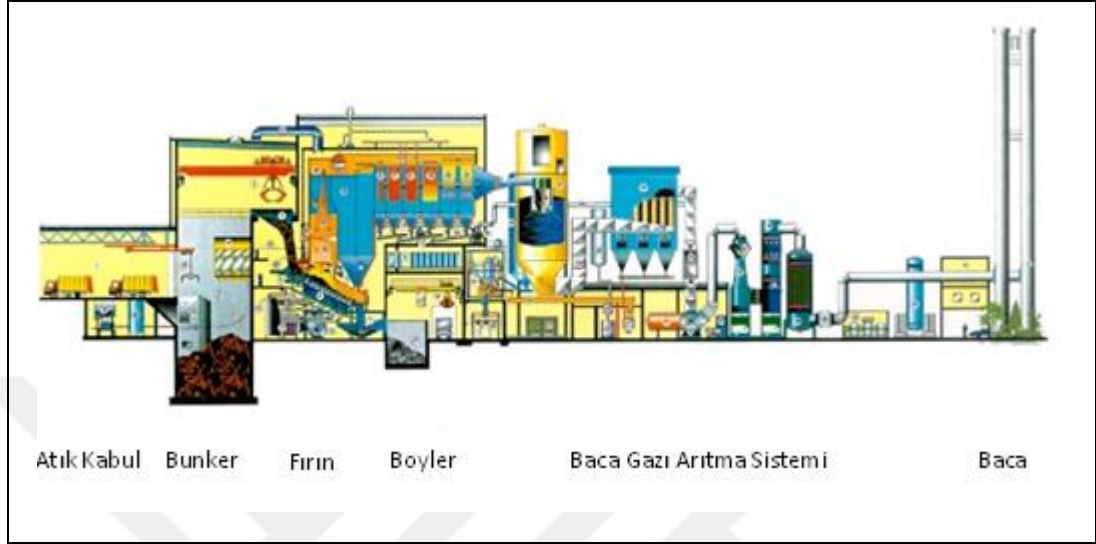
Yakma, arıtımı yapılmamış atıkların bertarafı için yeterli arazisinin bulunmadığı yerleşim bölgelerinde sıklıkla kullanılan bir bertaraf uzaklaştırma yöntemidir. WHO'nun katı atıklar sözlüğünde ise yakma, “yanabilir katıların yüksek sıcaklıkta yanarak inert atıklar haline getirilmesi” olarak tanımlanmaktadır [12]. Büyük şehirlerde depolama arazilerinin azalması ve sınırlı olması ile birlikte atıkları arıtmak için yakma yönteminden yararlanılabilmektedir. Kocaeli bölgesinde bu yerleşim yerlerinden biridir. Bu bölgedeki Solaklar mevkinde ve Dilovasında atık depolama alanlarının azalması, alternatif diğer bertaraf yöntemlerini düşünmeye yöneltmektedir.

Yakma yöntemi diğer bertaraf sistemleri ile karşılaştırıldığında en önemli artısı; atık yüksek sıcaklıklarda kontrollü bir şekilde yakıldığında daha az hacim kaplamasını ve de atığı daha zararsız bir hale dönüştürmeyi sağlar. Atığın yanması sonucu meydana gelen ısı enerjisi, enerjinin başka bir formuna dönüştürülerek ihtiyaçları giderebilmektedir. Böylece bölgenin yerel ihtiyaçlarının giderimi sağlanmaktadır. Bu yöntemle evsel, endüstriyel tehlikeli ve tıbbi atıklar yakılabilmektedir. Atık yakma yönteminde atıklar ön ayırma işleminden geçmesi gerekir. Böylece atık içerisinde tıbbi ve tehlikeli vasfı bulunmayan atıkların kontaminasyonu engellenmiş olur [13].

Atık yakmanın amacı, atıkların hacmini ve kirletici miktarını azaltması aynı zamanda, yakma işlemi süresinde meydana gelen zararlı maddelerin uzaklaştırılmasını sağlar.

Tesise gelen atıkların nem içeriği çok yüksek olduğu durumlarda daha iyi bir yanma sağlamak için ek ilave yakıt kullanılması gerekir. Yakma bertaraf edilemeyen atıkların boşaltılmasında özellikle yüksek nüfuslu bölgelerde tercih edilen bir

yöntemdir. Fakat diğer yandan ekonomik ve teknik dezavantajlara sahiptir. Bunlardan bazıları, işletme ve bakım maliyetinin yüksek olması, atıkta geri dönüşüm sağlanan maddelerin bozulması, kalifiye personel ihtiyacının olmasıdır [14].



Şekil 1.1. Evsel atık yakma tesisi örnek akım şeması [11]

Atık yakma sistemleri Şekil 1.1’de görüldüğü üzere genel hatları ile;

- Atık kabul ve boşaltma
- Atık depolama haznesi
- Yanma odası (fırın)
- Buhar üretimi (kazan)
- Enerji üretimi
- Baca gazı arıtma birimleri
- Baca sistemlerinden oluşmaktadır.

Genel olarak proseste, tesise gelen atıklar tartılarak kaydedilir ve analizleri yapılarak depolama alanlarına sevk edilirler. Bunker alanına gelen atıklar buradaki kancalar kullanılarak karıştırılırlar. Sonrasında atıklar yakma fırınına (en az 850 °C sıcaklıkta) verilir. Burada atık ısı kazanına gelerek buhar üretimi sağlanır. Üretilen buhar Türbin-Jeneratör Ünitesine gelerek elektrik üretimi sağlanır. Yakma sonucu oluşan gaz emisyonları baca gazı arıtma sistemlerinde arıtılarak baca gazından ayrılır. Yakma işlemi sonucu çıkan küller ve cüruflar yol veya asfalt yapımında, çimentoya dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilmektedir.

1.3.3.1.1. Dünya'daki katı atık yakma tesis örnekleri ve değeriendirilmesi

Gelişmiş ölkelerde katı atık bertarafında yapılan ve tercih edilen çalışmalardan bir tanesinde atıktan enerji üretmedir. Avrupa'da teknoloji gücü ileri olan, fazla miktardaki atığı işleyerek enerji üretimi yapan ölkeler atık transferi yapabilmektedir. Fakat, OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) üyesi olmayan ve yeterli teknolojiye sahip olmayan ölkelere atık transferi yasaktır. Almanya bu şekilde 6,2 milyon ton atık ithal edilmiş ve ekonomisine katkıda bulunmuştur [15].



Şekil 1.2. Sysav atıktan enerji üretimi tesisi [15]

İsveç'te katı atıktan enerji üretimi sağlayan bir diğer ölkedir. Şekil 1.2'deki İsveç'in merkezi Malmö'de bulunan Sysav tesisi yılda 630.000 ton atık yakma kapasitesine sahiptir. Tesisde dört adet kazan bulunmaktadır. Kazanlardan iki tanesi uzun yıllar kullanılması ile birlikte yeniden teknik destekle kullanılabilir hale getirilmiştir. Böylece bölgenin ısınma ihtiyacı karşılanmış olmaktadır. Ayrıca tesiste üretilen elektrik hem tesisin elektrik ihtiyacını karşılamakta hem de bölgenin elektrik ihtiyacını sağlamaktadır.

Tesis, gelişmiş teknolojideki baca gazı arıtma sistemleri ile çıkan emisyon değerleri geçerli emisyon sınırları altındadır [15].



Şekil 1.3. Fernwärme Wien Fiedensreich yakma tesisi [15]

Dünya'nın en sıra dışı ve turistik mimarisi ile Fernwärme Wien Fiedensreich Hundertwasser tarafından tasarlanmıştır (Şekil 1.3). Bu tesis şehrin içine inşa edilmiştir. Tesisin şehirle iç içe olması akılda soru işaretleri bıraksa da gelişmiş teknolojisi, görüntüsü ile atık transferi için maliyeti azaltmak ve üretilen enerjiyi kente kısa yoldan sağlayabilmek için faydalı olabilir.



Şekil 1.4. Maishima atık yakma merkezi [15]

Japonya belediye başkanı Viyana'daki atık yakma tesisini beğenmesi üzerine Maishima'da yapılması planlanan tesisin Fernwärme Wien yakma tesisine benzer olmasını istemiştir (Şekil 1.4).



Şekil 1.5. Southampton yakma tesisi [15]

İngiltere’deki 110 m çapında kubbe şeklindeki mimarisi ile dikkat çeken bir başka atık yakma tesisi olan Southampton 14 MW elektrik enerjisi üretmektedir. Toplam kapasitesi 160.000 tondur (Şekil 1.5).

Termal bertaraf birçok ülkede kullanılan bir yöntemdir. Ülkemizde de faaliyet gösteren veya yapılması planlanan atık yakma tesislerinde teknoloji, kapasitesi ve mimari görseli geliştirilmeli ve teşvik edilmelidir. Böylece bu uygulamalarla ülkenin katı atık yönetimine önemli katkılar sağlanacaktır.

1.3.3.2.Piroliz

Organik maddelerin oksijensiz ortamda termal olarak ayrışması işlemine piroliz denir. Piroliz, organik maddelerin gaz, sıvı,ve katı maddeler olarak ısıl ayrışma uğramasıyla gaz ve kok oluşması işlemine denir. Bu sistem ikili bir akışkan yataklı sisteminde, döner fırınlarda, ızgara fırın gibi termal yakma teknolojilerinde düşük oksijen ve sıcaklık koşullarında çalışabilecek şekilde uygulanabilir. Sıcaklık düşük olduğunda yüksek miktarda kömür üretilir, yüksek sıcaklıklarda ise gaz miktarı artmaktadır.

Pirolizde ürün olarak gaz bileşenleri, kül ve uçucu maddeler açığa çıkar [16]. Piroliz yöntemini yakma ve gazifikasyondan ayıran özelliği oksijen kullanılmamasıdır. Bu özellik aynı zamanda önemli bir avantajdır. Böylece tesis daha küçük olacak şekilde inşaa edilebilir. Bununla birlikte tesisin yakıt ihtiyacı daha az olur.

1.3.3. Gazifikasyon

Yüksek sıcaklıkta ve oksijenli ortamda organik atıklardan sentetik gaz üretilmesidir. Üretilen sentetik gaz içeriğinde H_2 (hidrojen), CH_4 (metan), CO (karbon monoksit) bulunur. Gazifikasyonda belli miktar oksijen sisteme verilir ve oluşan oksidasyonla sistem kendi devamlılığını sağlayacak bir şekilde ısı üretir. Bu yöntemde atığın hacmi %90 azalır [17]. Gazlaştırma, pirolizin kokunda kalan katı kalıntıları oksijen, hava, buhar ve tümünün karışımı şeklinde yanabilen sentez gazına dönüştürülmesidir. Atığın direk olarak yakılması, sentez gazının yakılmasına göre daha az dönüşüm verimi sağlamaktadır.

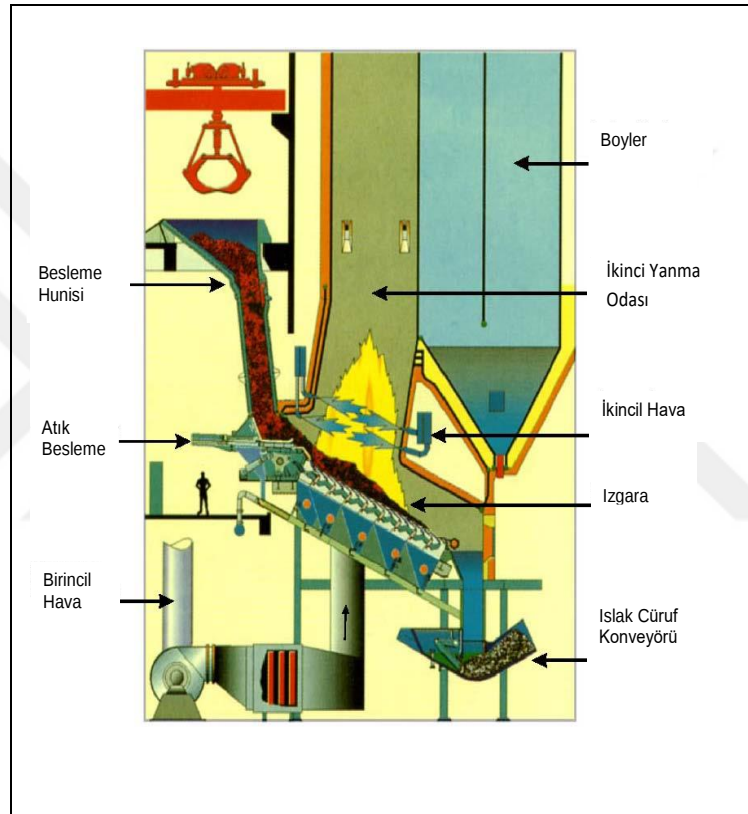
1.3.4. Düzenli depolama

Düzenli depolama, kısaca organik atıkların sızdırmazlığı sağlanmış alanlara bırakılması, sıkıştırılması ve üzeri örtülerek depolanmasıdır. Bugün katı atıkların bertaraf edilmesinde en sık kullanılan yöntem olarak kullanılmaktadır. Maaliyeti diğer bertaraf yöntemlerine göre daha azdır. Düzenli depolama yöntemi uygun araziler bulunduğu sürece en ekonomik ve uygun bertaraf yöntemidir. Fakat, depolama sonucu ortaya çıkabilecek sızıntı suyu ve atıkların sebep olduğu tepkimeler sonucu oluşan gaz bu yöntemde dikkat edilmesi gereken unsurlardandır. Bilindiği üzere çöplerin depolandığı alanlarda metan, hidrojen sülfür ve metan gibi zararlı gazlar oluşmaktadır. Bu gazlar patlama ve yangın gibi etkilere sebebiyet verebilmektedir. Bu doğrultuda bu gazların kontrolünün sağlanması sistemde büyük önem taşımaktadır. Bu bertaraf yönteminin en çok tercih edilmesi doğrultusunda bölgelerde katı atık depolama alanları azalmaktadır. Bu doğrultuda yeni bertaraf yöntemlerine yönelim artmaktadır. Buna örnek olarak Kocaeli bölgesindeki iki depolama alanından biri olan Dilovasın'daki depolama alanı dolmuştur. Solaklar mevkindeki depolama alanında ise sıkıştırma yapılmaktadır. Bu sonuçlar dorultusunda bölgedeki evsel atık bertarafının giderilebilmesi için bölgeye kentsel atık yakma tesisi planlanılmaktadır.

1.4. Yakma Tesislerinde Kullanılan Teknolojiler

1.4.1. Izgara Fırın

Karışık evsel atıklar için en çok tercih edilen sistem ızgaralı fırınlardır. Avrupa'daki evsel atık yakma tesislerinin %90'nı ızgaralı sistemleri kullanmaktadır. Izgaralı fırın sistemleri geniş aralıklı kapasitede işletilebilmektedir. Bu fırınlarda tehlikeli atık özelliği taşımayan endüstriyel atıklar ve arıtma çamurlarında yakılabilmektedir.



Şekil 1.6. Izgara fırın [17]

Atık, vinç yardımı ile bir ucundan diğer ucuna kadar beslenir. Izgaralı fırın sisteminin mekanik etkisi sayesinde atıklar karışarak hareket eder. Yanma işleminden sonra meydana gelen cüruf Şekil 1.6'da görüldüğü üzere fırının diğer bölümünden ıslak cüruf konveyörüne dökülür. Atık besleme ve cürufu uzaklaştırma aynı yönde yapılmaktadır. Böylece yanma havası tüm süreç boyu atığa etki eder.

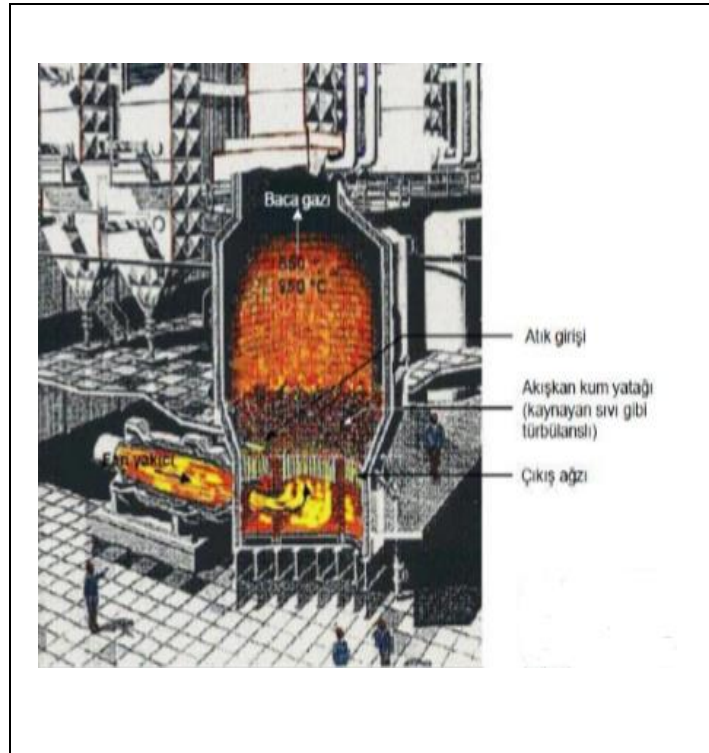
Yüksek sıcaklık ortamı sağlanması ile birlikte ızgaraya atılan atıklar fırının giriş kısmında kurur. Yeterli sıcaklığın sağlandığı koşullarda ilave sıcaklık, enerji gerekmeden yaklaşık 1000 °C'de yanmaktadır.

Izgarayı soğutmayı sağlayan ve böylece sistemin ömrünü uzatan birincil hava, sistemin alt kısmından verilmektedir. İkincil hava ise yanmanın en iyi olduğu ikinci yanma odasına (İYO) verilmektedir. Atıktan verim alabilmek için tam yanması gerekmektedir. Bunun için atığın fırında tam yanacak şekilde kalması gerekir. Kalma süresi uygulanan teknolojiye ve tesis durumuna göre değişiklik göstermektedir. Genel itibarıyla işletmecinin tecrübesi doğrultusunda kalma süresi belirlenir. Bu sistemde ikincil yanma odası, baca gazının burada en az 2 sn yanmasını sağlayacak şekilde ve sıcaklığının ise evsel atıklar için en az 850 °C şekilde tasarlanması gerekir [17].

1.4.2. Akışkan yataklı fırın

Akışkan yataklı fırınlar, genellikle biyokütle ve arıtma çamuru yakımı için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Atıkların bu üniteye yakılabilmesi için standart öğütücü sistem ile 10 mm'ye kadar parçalanmalıdır. Genel olarak her kapasitede inşa edilebilirler. En büyük akışkan yataklı yakma ünitesinin kapasitesi 6 t/sa'tır [16]. Şekil 1.7'de görüldüğü gibi huni veya silindirik hazne şekline sahiptir.



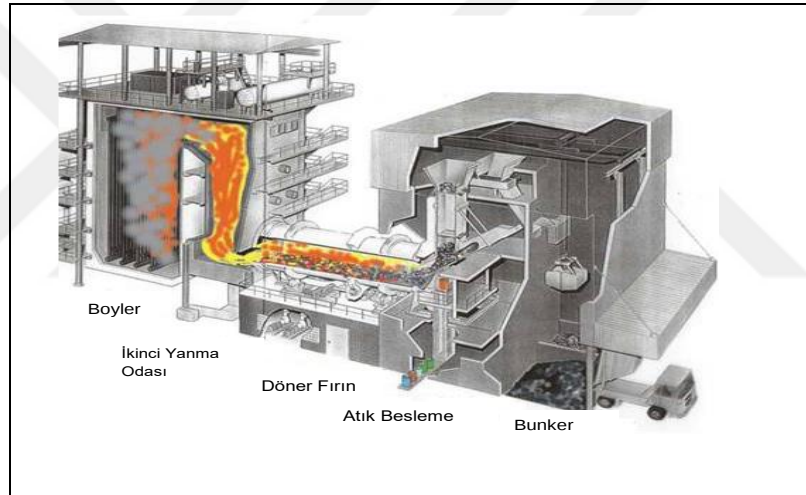
Şekil 1.7. Akışkan yataklı sabit yakma ünitesi [18]

Ünitede ısıtılan hava fırının alt kısmından belli bir kuvvetle itilerek fırının içindeki tanecikli yapılar (kül,cüruf) akışkana dönüşür. Atıkların akışkan halde olabilmesi için yüksek seviyede ve basınçta hava akımına ihtiyaç duyulmaktadır. Burada oluşan partiküllerin baca gazı arıtma sistemleri ile giderimi sağlanmaktadır.

İyi bir yanmanın sağlanabilmesi için atıkların yeterli sürede içeride kalması ve yanması gerekir. Bu tip fırınlarda sıcaklık 1000 ila 1200 °C'yi bulabilir [17].

1.4.3. Döner silindir fırın

Farklı kıvamlarda ve kaynaklardan gelen karışık atıklar için en uygun fırın tipidir. Bu sebeple özellikle tehlikeli atıkları yakma tesislerinde kullanılmaktadır. Evsel atıklar için kullanıldığında ön ayırma işlemine gerek duyulmamaktadır.



Şekil 1.8. Döner fırın ünitesi [18]

Fırın içi yapı malzemesi tuğla ile kaplıdır. Burada baca gazı en az %6 oksijen ihtiyacını karşılamalı ve evsel atıklar için sıcaklık 850 °C'de, tehlikeli atıklar için en az 1200 °C'de olmalıdır.

Şekil 2.8'de gösterilen tesisin yüksek bölümünden atık besleme yapılmaktadır. Döner fırın döndükçe atıklar yer çekiminin etkisi ile fırının diğer tarafına hareket eder. Oluşan sıvı atıklar İYO aktarılır. Kademeli elektrik motoru ile döndürülen fırın böylece sistemin ihtiyacı olan optimum hızda çalışabilmektedir. Atıklar fırın içinde uygulanan işlemler ve teknoloji durumuna göre yaklaşık 0,5-1 saat arasında kalmalıdır [17].

1.5. Hava Kirliliği Kontrol Sistemleri

1.5.1. Baca gazı arıtma sistemleri

Baca gazı arıtma sistemleri, gaz bertarafında uygulanan farklı proseslerin bir araya getirilmesi oluşan bir sistemdir. Atık yakma proses sürecinde oluşan kimyasal reaksiyonlar sonucu baca gazlarında birçok kirlenici madde meydana gelmektedir. Bu kirlenici maddelerin bir kısmı insan ve çevre sağlığı için ciddi problemlere sebep olabilmektedir. Bu sebeple bu tip kirlenicilerin bertarafı sağlanarak alıcı ortama deşarjı gerçekleştirilmelidir. Prosesde oluşan en önemli kirleniciler kükürt ve azot bileşenleri, toz, ağır metaller ve organik bileşiklerdir. Baca gazı kirlenicilerinin arıtılmasında kullanılan teknikler Tablo 1.4’ te gösterilmektedir.

Tablo 1.4. Gaz kirlenicilerinin gideriminde kullanılan teknikler

KİRLETİCİ	ARITMA TEKNİĞİ	KULLANILAN KİMYASALLAR
Partiküler Maddeler	Bez Filtre Elektrostatik Tutucu	–
Asidik Gazlar Ağır Metaller (Civa Hariç)	Kuru Sistemler Yarı Kuru Sistemler Islak Sistemler	CaO – Sönmemiş Kireç Ca(OH) ₂ – Sönmüş Kireç NaHCO ₃ – Sodyum bikarbonat NaOH – Sodyum Hidroksit
NO _x	SCR SNCR	NH ₃ – Amonyak Çözeltisi H ₂ NCONH ₂ – Üre
Civa (Hg) Ağır Metaller PCDD/F Uçucu Organik Karbonlar	Bez Filtre Elektrostatik Tutucu	Aktif Karbon Aktif Linyit

Partiküler madde arıtımı, atık yakma tesislerinden kaynaklanan kirlenicilerin en büyük bölümünü toz şeklindeki partiküller oluşturur. Yanma işlemi sonucu oluşan tozların giderimi bez filtreler ve elektostatik tutucularla giderilmektedir. Yapısı gözenekli dokuma ve kalın kumaştan olan bez filtrelerde, tozlar bu kumaştan geçirilerek partikül maddelerin (PM) giderimi gerçekleşir.

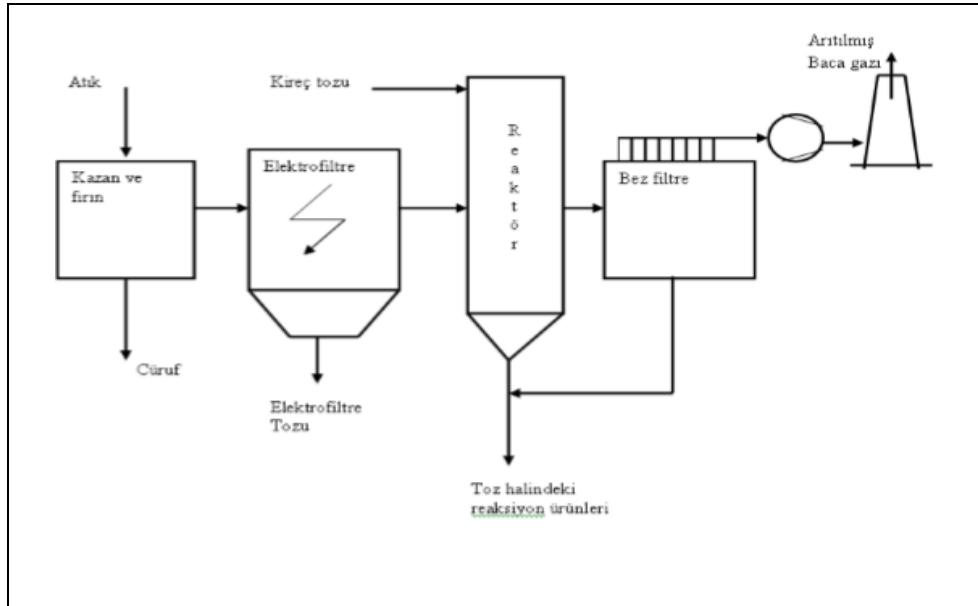
Bez filtreler partikül madde gideriminde en çok tercihe edilen baca gazı arıtma sistemidir. Ünitadaki kumaş gazın özelliklerine ve maksimum çalışma sıcaklığına göre seçilmelidir. Bez filtrelerde korozyon oluşumunu engellemek için sıcaklıkların 130-140 °C'nin üstünde tutulması gerekmektedir.

Elektrostatik filtrelerde partiküler maddeler elektrostatik kuvvet etkisi ile yüklenerek ve toplayıcı bir plakaya taşınarak giderimi gerçekleştirilmektedir. Verimliliği azaltma, elektrik alanı sayısına ve kalış süresine bağlı olarak değişmektedir.

Asidik gazların arıtımı, temelinde üç ana başlık altında alınabilir. Bunlar:

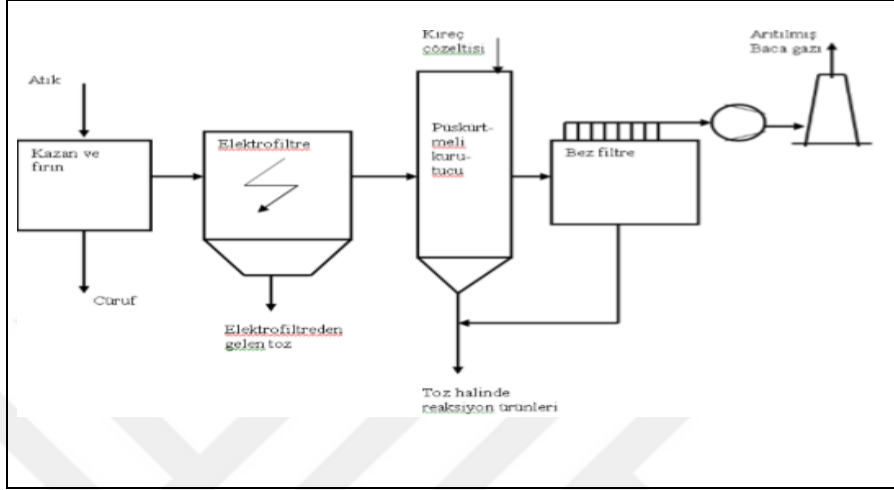
- Kuru Baca Gazı Arıtma Sistemi
- Yarı Kuru Baca Gazı Arıtma Sistemi
- Islak Baca Gazı Arıtma Sistemidir.

Kuru baca arıtma sistemlerinde, kireç tozu reaksiyona gireceği reaktöre doğru aktarılır. Burada Şekil 1.9'da tablodaki kireç taşı (CaCO_3), baca gazındaki ($\text{HCl}+\text{SO}_2$) gibi kirletici gazlarla reaksiyona girerek CaCl_2 , CaF_2 gibi nötr tuzları oluşturmaktadır. Sonrasında bu nötr tuzlar bez filtre (FF) veya elektrostatik filtre (ESP) üniteleri yardımıyla baca gazından giderilmektedir [19].



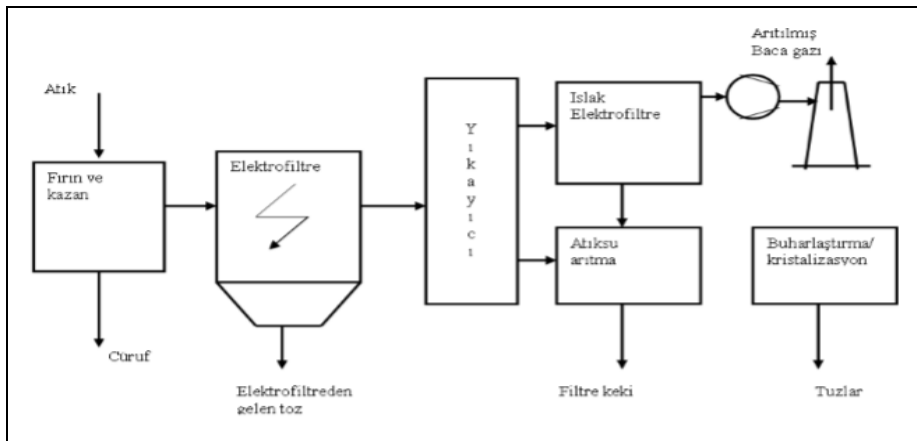
Şekil 1.9. Kuru baca arıtma sistemi [20]

Yarı kuru baca arıtma sisteminde tepkimeye giren molekül olarak kireç çözeltisi kullanılmaktadır. Burada Şekil 1.10'da görüldüğü gibi kireç çözeltisi püskürtmeli kurutucuda reaksiyona girer. Burada nötr hale dönüştürülen kirletici maddeler sonrasında eletro filtre veya bez filtre sistemleri ile baca gazından giderilmektedir.



Şekil 1.10. Yarı kuru baca arıtma sistemleri [20]

Islak baca gazı arıtımı sistemlerinde elektrofiltrede bulunan partiküllerin çoğu arıtılır. Buradan gelen kirleticiler yıkayıcı ünitesinde absorbe edilerek ıslak elektrofiltreye geçer ve buradan geçen gazlar arıtılarak bacadan ayrılır (Şekil 1.11). Islak kuru baca sistemlerindeki yıkayıcılar baca gazlarını soğutmada da kullanılmaktadırlar. Bu sistemlerde SO_2 gideriminde NaOH ilave edilerek nötr tuz (Na_2SO_3) oluşmaktadır. Nötr haldeki tuzlar ıslak elektrofiltre yardımıyla baca gazından ayrılır. Bu sistemler kullanıldığı takdirde yıkayıcı içinde dioksin furan birikiminin olup olmadığının düzenli kontrolü sağlanmalı ve bunun için gerekli önlemler alınmalıdır.



Şekil 1.11. Islak baca gazı arıtımı [20]

Azot oksitlerinin (NO_x) arıtımı diğer baca gazı arıtma sistemlerinde giderimi sağlanamamaktadır. Azot oksitlerin giderimi için atık yakma tesislerinde katalitik olmayan seçmeli indirgenme olan SCNR veya katalitik seçmeli indirgenme SCR sistemleri kullanılmaktadır.

SCNR sistemi, amonyak çözeltisinin (NH_3) yanma odasındaki ızgara üzerinden püskürtülerek azot oksitlerle (NO_x) reaksiyona girmesini sağlamaktadır. Bu sistemde çok sıcak gaza amonyak ya da üre enjekte edilerek NO_x 'ler kimyasak dönüşüme uğratılmaktadır. Burada gaz sıcaklığı önemlidir. Çünkü, sistemde yeteri sıcaklık sağlanamazsa ($1000-1200^\circ\text{C}$) giderim verimi düşer ve atmosfere amonyak atılmasına sebep olur. Çok tabakalı bir katalizör sayesinde NO_x miktarı daha etkili bir şekilde azalır. SCNR sisteminde amonyak yüksek sıcaklıklarda azot oksitin meydana gelmesine neden olur. Bu sebeple sistemde çözelti, yanma odasının farklı sıcaklıkta olduğu durumlarda tam yanmanın sağlanabilmesi için her yere eşit miktarda püskürtmelidir [19].

Seçici katalitik giderim sisteminde (SCR), gaz amonyak ya da üre içeren yataklardan geçirilerek NO_x 'ler su ve azota dönüştürülür. Burada reaksiyon temiz baca gazında meydana gelmektedir. Sistem katalizör yardımı ile çalışmaktadır. Bundan dolayı yüksek sıcaklık ihtiyacı yoktur.

Yataklar bal mumu şeklinde tasarlanmaktadır. Giderim verimi, katalizör miktarının yeterliliğinde ve iyi şartlandırılmasında, amonyak temininin iyi olması ve iyi dağıtılması koşullarının sağlanması halinde %75-90 arasında çıkabilmektedir.

Baca gazı arıtma sistemlerinde (BGAS), dikkate alınması gereken en önemli şey baca gazının "Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik" (AYİY) Ek-5'deki (Tablo 1.5) emisyon limit sınır değerlerinin altında olacak şekilde gideriminin sağlanmasıdır. Bu nedenle gaz bacalarına sürekli kontrolü sağlanacak şekilde ölçüm aletleri takılarak baca gazı içindeki bulunan emisyonların, karbon monoksit (CO), hidroklorik asit (HCl), hidrojen florür (HF), kükürt dioksit (SO_2), azot oksitler (NO_x), toplam organik karbon (TOK) ve toplam tozlar kontrol altında izlenmelidir.

Tablo 1.5. AYİY Ek-5 baca gazı emisyon limit değerleri

Günlük ortalama değerler	
Kirleticiler	Konsantrasyon
Toplam toz	10 mg/m ³
Gaz ve buhar halindeki organik maddeler, toplam organik karbon olarak ifade edilir	10 mg/m ³
Hidrojen klorür (HCl)	10 mg/m ³
Hidrojen florür (HF)	1 mg/m ³
Kükürt dioksit (SO ₂)	50 mg/m ³
Azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO ₂), nominal kapasitesi saatte 6 tonu aşan mevcut yakma tesisleri veya yeni yakma tesisleri için azot dioksit olarak ifade edilir	200 mg/m ³ (*)
Azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO ₂), nominal kapasitesi saatte 6 ton veya daha az olan mevcut yakma tesisleri için azot dioksit olarak ifade edilir	400 mg/m ³ (*)

1.6. Hava Kalitesi Dağılım Modelleri

1.6.1. Aermod modeli

AERMOD modeli, ABD'nin EPA modellerini, AERMOD, ISCST3 ve ISC-PRIME'i modellerinde herhangi bir değişiklik yapmadan tek bir ara birime sorunsuz bir şekilde dahil eden eksiksiz ve güçlü bir hava dağılım modelleme paketidir. Bu modeller, kirlilik konsantrasyonunu ve çok çeşitli kaynaklardan biriktirmeyi değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi (AERMOD), yakma tesisinde meydana gelen kirletici emisyonların (toz, NO_x, SO_x vb.) çalışma alanı içinde, mevcut meteorolojik durumda nasıl yayılacağı ve yayılma durumunda kirleticilerin yaratabileceği etki durumunu belirlemek için uygulanmaktadır. Bu modelde hava kirleticilerinin atmosferde yayılma şekilleri meteorolojik veriler, bölgenin topografyası, kaynak bilgileri gibi parametreler kullanılarak matematiksel olarak simüle edilmektedir.

EPA ve Amerikan Meteoroloji Topluluğu (AMS) tarafından geliştirilen AERMOD programı sanayi tesislerinin neden olduğu emisyonların atmosferdeki dağılımını hesaplayan gelişmiş hava dağılım modelidir. Bu model endüstriyel tesislerinden

ıkan emisyonların en fazla 50 km mesafedeki dağılımlarını inceler. Temelinde Gauss dispersiyon akımına dayanmaktadır. Gauss dağılımı temelinde kirleticilerin dikey ya da yatay dağılımı olarak tanımlanmaktadır.

AERMOD modelleme sistemi iki işlemciden meydana gelmektedir. Bunlar arazi bilgisi için AERMAP, meteorolojik veriler için AERMET'dir. Yüzey pürüzlölük uzunluğu model sonuçlarını önemli miktarda etkilemektedir. Yapılan mevcut çalışmalarda rüzgar yönü, rüzgar hızı ve yüzey pürüzlölük uzunluğu gibi parametreler modeli önemli ölçüde etkilemektedir. Bu model tek veya çoklu noktasal kaynak, alansal, çizgisel, hacimsel kaynaklar için kullanılabilir [22].

Modelde, yüzey pürüzlölük uzunluğu konsantrasyon sonuçlarını önemli derecede etkilemektedir. Daha önce yapılan çalışmalara göre AERMOD modeli; rüzgar hızı, rüzgar yönü ve yüzey pürüzlölük uzunluğuna yüksek hassasiyet göstermektedir [23].

1.6.2. CALPUFF modeli

CALPUFF modeli, "Atmosferik alışma Grubu" tarafından geliştirilen kararlı olmayan durumlarda çalışılacak bölgeye göre değişen meteorolojik durumların içerisinde kirleticilerin taşınımını, ve giderimlerini tahmin etmekte kullanılan Gaussian Puff modellemesidir. CALPUFF modelleme sistemi kirleticilerin uzun mesafedeki taşınımını ve etkilerini meteorolojik ve jeofiziksel durumlarda tahmini dağılımlarını ölçmek için kullanılmaktadır.

Model CALMET, CALPUFF ve CALPOST isimli üç bileşenden oluşmaktadır. CALPUFF, çıkan kirletici emisyonların zamana ve bölgeye göre değişen meteorolojik koşullarda taşınmasını ve giderilmesini ölçmektedir. CALMET, çeşitli meteorolojik değişimleri ve üç boyutlu rüzgarların alanlarını meydana getirmektedir.

CALMET meteorolojik model, saatlik olarak üst atmosfer tabakasında meteorolojik gözlemler ve düzenli uygun yüzey gözlemlerinin girdilerine dayalı çeşitli mikro meteorolojik değişkenleri ve 3 boyutlu rüzgarların alanlarını oluşturmaktadır. CALPOST kullanılarak model sonuçlarının grafik çizimi oluşturulmaktadır [24].

CALPUFF genel olarak atmosferik ve jeofiziksel verileri kullanarak sonuç üretmektedir. Atmosferik verilerden rüzgar hızı, hava sıcaklığı, yüzey sürtünme hızı

ve yağış oranı önemli olan parametreler arasında gösterilir. Jeofiziksel veriler arasında bölgenin bitki örtüsü indisi, topografik özellikleri, kullanım şekli (endüstriyel alan, yerleşim bölgesi veya açık alan) ve baca gazı yayılımına karşı uygulanan yüzey direnci öne çıkmaktadır [25].

CALPUFF modelinde AERMOD modelinin aksine 50-200 km arası uzun mesafelerin taşınımı modellenmektedir. Bu modelde ayrıntılı meteorolojik ve jeofizik verilere gereksinim duyulmaktadır. Bunun yanı sıra CALPUFF modeli radyasyon dağılımı ile ilgili de senaryo üretimi sağlayabilmektedir. Bahsedilen iki metodun sonuçsal farklılıkları yalnızca kullanılan ayrı formüllerden kaynaklanmayıp, parametre değişikliğinden de etkilenmektedir. Ek olarak baca gazı dağılımında beklenenden düşük sonuç veren CALPUFF modeli genel değerlendirmede AERMOD modelinden daha isabetli sonuçlar vermektedir [26].

Kore'deki bir endüstriyel alanda yapılan bir koku dağılımı çalışmasının sonuçlarına göre AERMOD modeli CALPUFF modeline kıyasla daha geniş bir etki alana dağıldığını hesaplamış olup, istatistiksel sonuçlar doğrultusunda iki modelinde kabul edilebilir sonuçlar verdiği ortaya çıkarılmıştır [27].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kocaeli'nin Coğrafi, İklimsel ve Nüfus Özellikleri

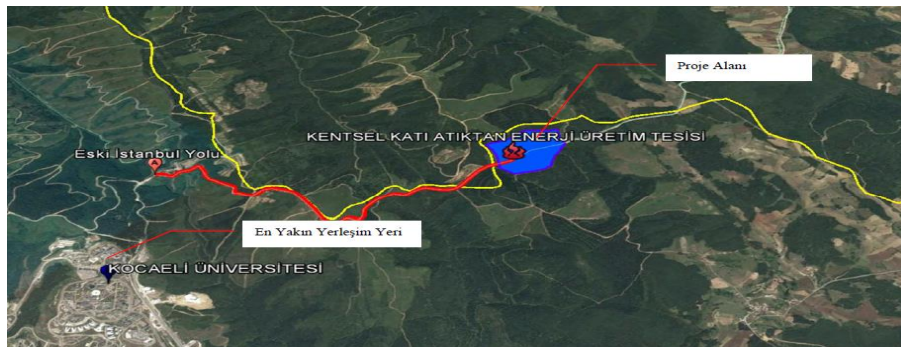
Kocaeli, Türkiye'nin en kalabalık onuncu ve en büyük sanayi şehirlerinden biridir. 2019 itibari ile 1.906.391 kişilik nüfusa ev sahipliği yapmaktadır. Kocaeli ilinin yüz ölçümü 3.505 km²'dir. Asya ve Avrupa'yı birleştiren önemli bir bölgede bulunmaktadır. İlin yıllık nüfus artışı yaklaşık %27'dir. Kocaeli topraklarının %74'ü platolardan, %19'u dağlardan ve %7'ye yakını ovalardan oluşmaktadır [28].

Kocaeli bölgesinin iklimi körfez kıyıları daha ılıman iklim, dağlık bölgelerinde ise daha soğuk bir iklim hakimdir. Genel olarak bölgede Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi hakimdir. İl merkezindeki en yüksek sıcaklık yaklaşık 42 °C iken en düşük sıcaklık ise -8 °C , yıllık ortalama sıcaklık ise 14.8 °C olarak ölçülmüştür.

Bu bölgede rüzgarlar yıllık en yüksek 3411 ile Güneydoğudan esmekte, sonrasında 3265 ile Batı – Kuzeybatı yönünde esmektedir. Bu bilgi ışığında bölgedeki rüzgarlar şehrin kuzeyinden güney ve güneybatı yönüne doğru esmektedir [29].

2.2. Kocaeli Bölgesinde Kurulması Planlanan Evsel Yakma Tesisi

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (KBB) tarafından yapılması planlanan evsel atıkların giderimi için “Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretim Tesisi” adı altında bir tesis kurulması planlanmıştır. Seçilen yer Kocaeli İli, İzmit ve Derince İlçeleri sınırlarında yer alan 20,42 ha (204.216,78 m²)'lık ormanlık alanda planlanmıştır [30].

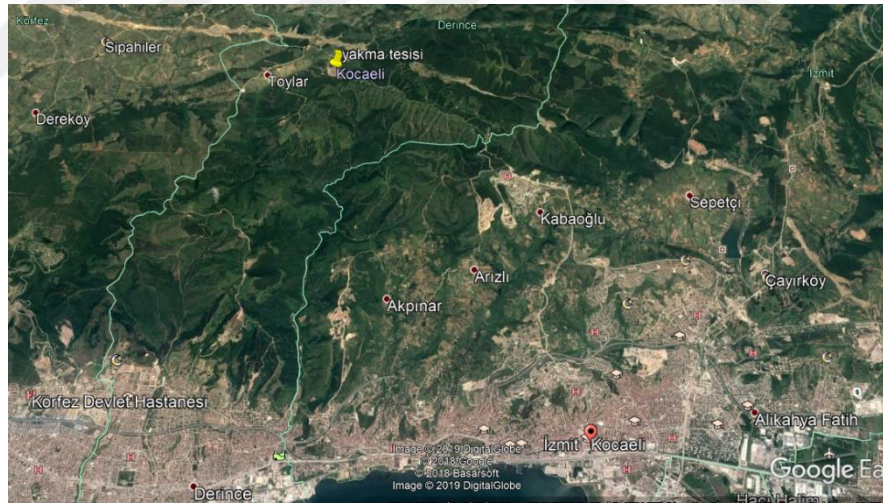


Şekil 2.1. Yapılması planan yakma tesisin haritası [29]

Atık Bertaraf ve Enerji Üretim Tesisi kurulması planlanan yer, İzmit'in kuzeyinde yer alırken tesisin batısında, 3 km uzaklıkta eski İstanbul yolu ve üniversite kampüsü yer almaktadır (Şekil 2.1). Planlanan atık yakma tesisinin kapasitesi günde 2 bin 250 ton atığı bertaraf edebilecek şekilde planlanacağı ve bölgedeki 125.000 ila 200.000 hanenin ihtiyacı olan 35 MW elektrik enerjisini karşılayacak şekilde yapılması planlanılmaktadır. Yakma prosesi sonucu meydana gelen taban külü ve cüruf düzenli depolama alanına gönderilecektir [31].

2.3. Çalışma Metodu

Yapılan bu çalışmada yapımı planlanan Evsel Atık Yakma Tesisin'den çıkacak emisyonlar, AERMOD dağılım modellemesi ile modellenerek İzmit'teki dağılım haritaları elde edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı bölgenin uydu görüntüsü Şekil 2.2'de verilmektedir. Seçilen yer Umuttepe yakınlarında Çamlıbel'den ayrılan Geredeli yolu üzerinde, İzmit Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde, Taşköprü Orman İşletme Şefliği bölgesinde yer almaktadır [31].



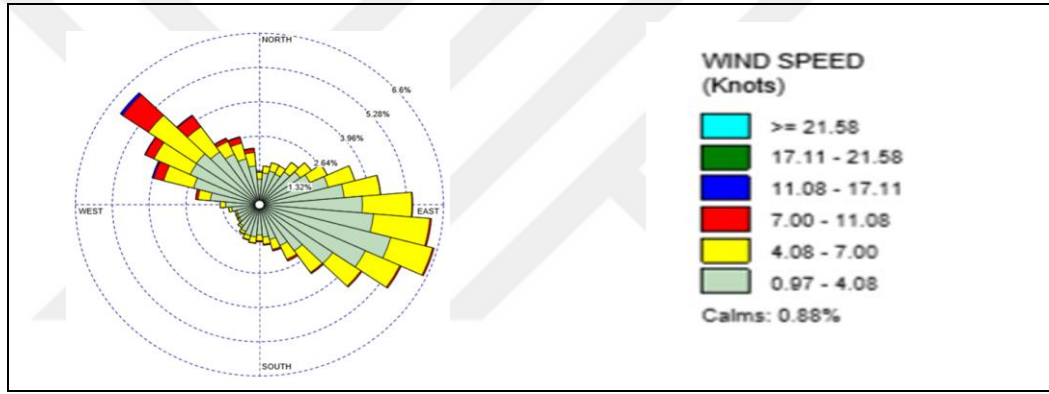
Şekil 2.2. Çalışma alanının uydu görüntüsü (Google Earth, 2019)

Çalışma alanında EPA ve Amerikan Meteoroloji Topluluğu (AMS) tarafından geliştirilen son hava dağılım modeli olan AERMOD modellemesi kullanılmıştır. Bu model, işletme faaliyetinden çıkan emisyonların havadaki dağılımına ve hava kalitesine etkisini değerlendirebilmeyi sağlar. AERMOD, doğrusal ve kararlı hal (steady state) hüzmeye modelidir. Kararlı hal, modelleme yapılan alanın aynı saatlerde ve eşit meteorolojik koşullarda olduğu durumdur. Model esasında Gauss dağılımına

dayanmaktadır. Gauss duman dağılımı ise kirleticilerin yatay ve dikey olarak dağılımını ifade eder. Model 50 km'ye kadar etkilidir. AERMOD modelleme sistemi, topografik bilgisi için AERMAD ve meteorolojik veriler için AERMET olmak üzere iki işlemciden oluşur [24].

Modellemede ilk olarak dağılım bölgesi belirlenerek, bölgenin topografik özellikleri ve yıllık meteorolojik veri dosyası model programına eklenmiştir.

Çalışmada İzmit Meteoroloji İstasyonundan alınan ve 2014-2018 yıllarını kapsayan veriler kullanılmıştır. Çalışma alanına ait 2014-2018 yılı verileri için rüzgar gülü Şekil 2.3' de verilmiştir. Şekilde rüzgar yönünün güneydoğu ve kuzeybatı yönünde olduğunu görmekteyiz.



Şekil 2.3. Çalışma alanına ait 2014-2018 yılı verileri için rüzgar gülü

Son olarak kurulacak tesisin emisyon faktörleri hesaplanarak veriler sisteme girilmiştir. Çalışmada yeni kurulacak tesis emisyonlarının İZAYDAŞ'ta ölçülen çıkış değerleriyle aynı olacağı varsayılarak ve Tablo 3.1'deki tesise ilişkin veriler kullanılarak baca gazı debi hesabı yapılmıştır.

Tablo 2.1. Tesise ilişkin veriler

Kurulacak Tesisin Yakma Kapasitesi	2250 ton/gün
Baca Gazı Debisi	40 000 Nm ³ / saat
Baca Yüksekliği	50 m
Baca Gazı Hızı	10 m/s
Baca Gazı Sıcaklığı	50 °C

2010 yılında yapılmış olan bir çalıştay bildirisine göre baca gazı debi hesabı denklem (3.1) ile hesaplanabilmektedir [32];

$$E = A \times EF \quad (3.1)$$

E: Hesaplanan emisyon miktarı

A: Faaliyetin yıllık işleme miktarı

EF: Emisyon faktörü

Yapılan hesaplama sonucu bulunan emisyon faktörleri Tablo 2.2’de gösterilmektedir. CO, NO_x, SO₂, PM ve PCDD/F kirleticilerinin mg/ton cinsinden değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 2.2. Tesise ilişkin emisyon faktörleri [33]

Parametre	Birim	Değer *
CO	mg/ton	12.215
NO _x	mg/ton	63.543
SO ₂	mg/ton	9920
PM	mg/ton	163,2
PCDD/F	mg/ton	0,000018

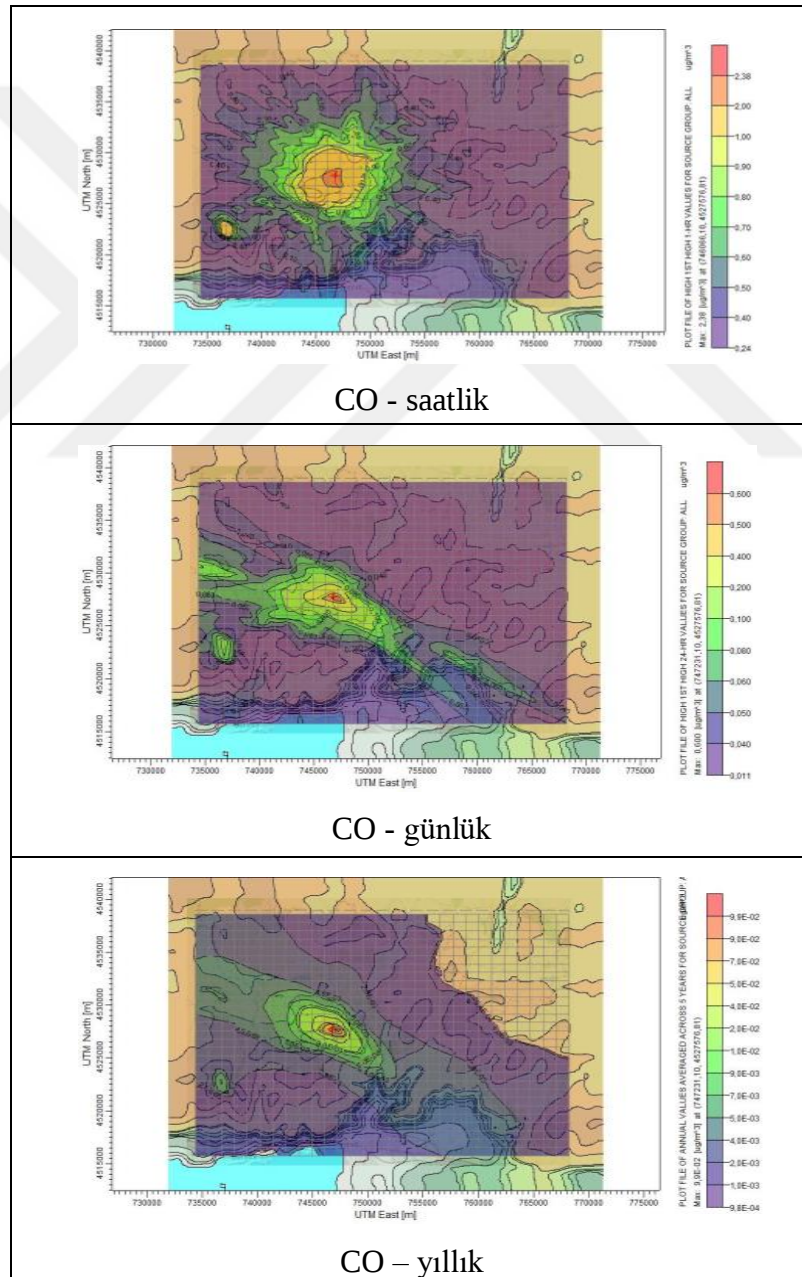
Son olarak kirleticilerin bulunan emisyon faktör değerleri modele girilerek saatlik, günlük ve yıllık dağılım haritaları oluşturulmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tüm bu sonuçlar doğrultusunda kirletici madde katkısının bölgeye etkisinin küçük olduğu gözlenmektedir. Her ne kadar hesaplama sonuçlarının etki değeri az çıkmış olsada, bölgedeki evsel atıklar için diğer bertaraf yöntemleri düşünülebilir. Bugün bölgedeki Dilovası depolama alanı 2017’de kapatıldı ve Solaklar mevkindeki depolama alanında ise sıkıştırma işlemi yapılmaktadır. Ön görülen tesisin yapım aşamasının en az 3 yıl olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bölgenin ilk olarak depolama alanına ihtiyacı vardır. Her gün gelişen teknoloji ve bertaraf sistemleri göz önünde bulundurulduğunda diğer metotların (depolama kompostlama biyometanizasyon vb.) uygulanabilirliğine öncelik verilmelidir. Burada bir yakma tesisinin maliyeti ve çevresel açıdan etkileri göz önüne alındığında yakma işlemi en son tercih edilen bertaraf yöntemi olmalıdır. Son yıllarda atığı kaynağında ayırma ile yapılan çalışmalara bu bölgede önem verilmeli ve halka bu konu hakkında bilgiler sağlanmalıdır. Okullarda geri dönüşümle ilgili daha etkin bir çevre dersi ve programı sağlanmalıdır. Bu çalışma bölgedeki hava kalitesinin tam olarak açıklamak açısından önemli olup, yapılması planlanan Evsel Atık Tesisi’nin bölgeye etkisinin değerlendirilmesi açısından önem arz etmektedir.

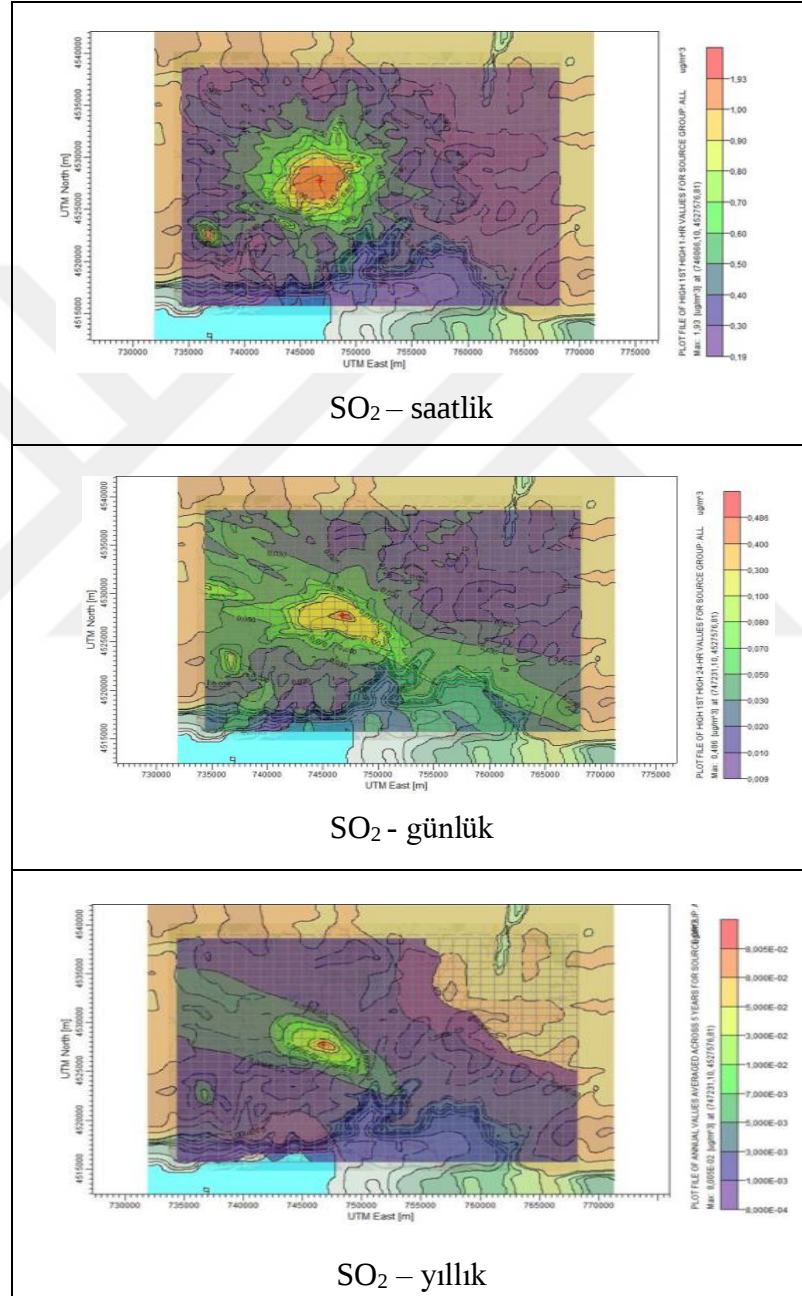
4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Kocaeli ili İzmit ilçesi'nde inşaatı planan Evsel Atık Yakma Tesisi'nden atmosfere yayılan CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ ve PCDD/F emisyonlarının dağılımları AERMOD hava modellemesi ile tahmin edilmiş ve sonuç olarak saatlik, günlük ve yıllık dağılım haritaları elde edilmiştir.



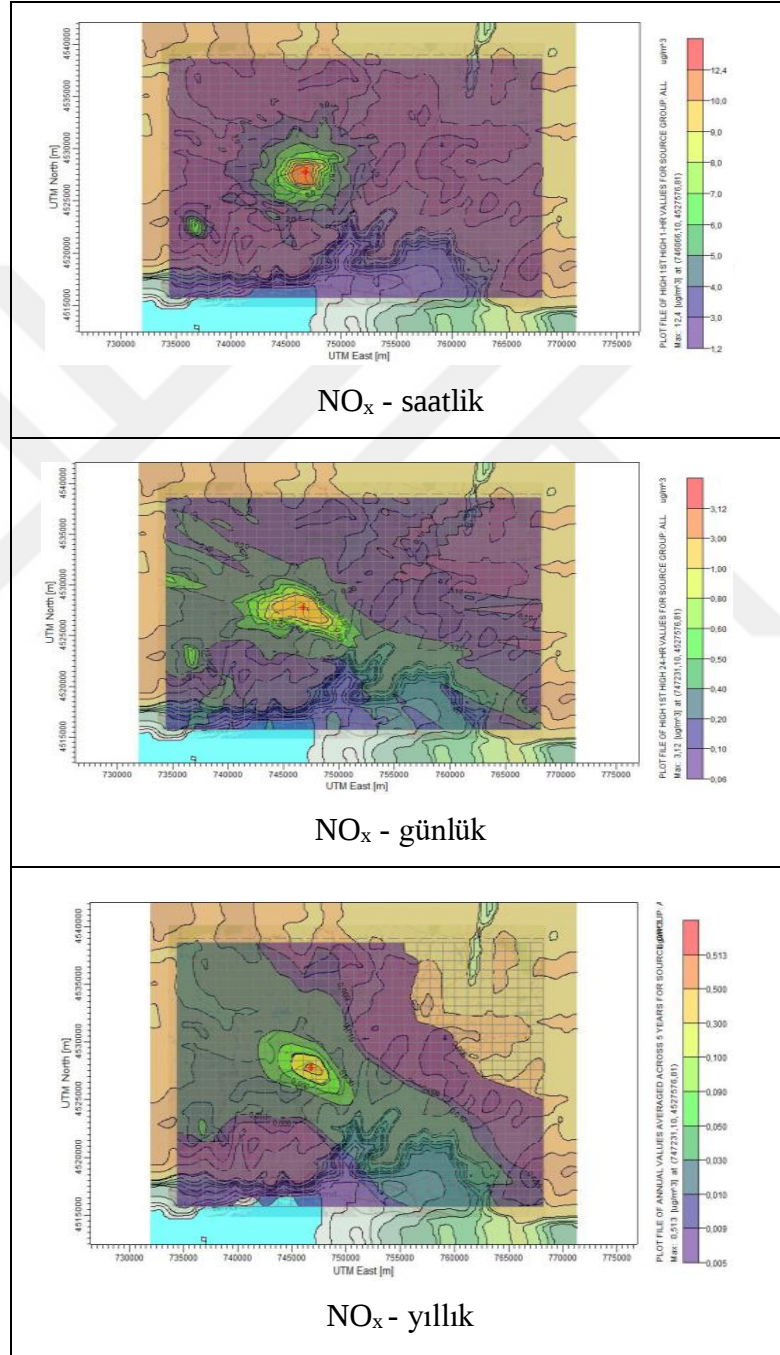
Şekil 4.1. CO maksimum konsantrasyon dağılım haritaları

Şekil 4.1’de CO emisyonunun saatlik, günlük ve yıllık dağılım haritası görülmektedir. Model sonucu elde edilen en yüksek değer $2,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ‘tür. Haritalar incelendiğinde de en fazla saatlik CO dağılımının olduğu görülmektedir. Dağılımın rüzgârlarla orantılı olarak genelde kuzeydoğu–güneybatı yönünde olduğu görülmektedir.



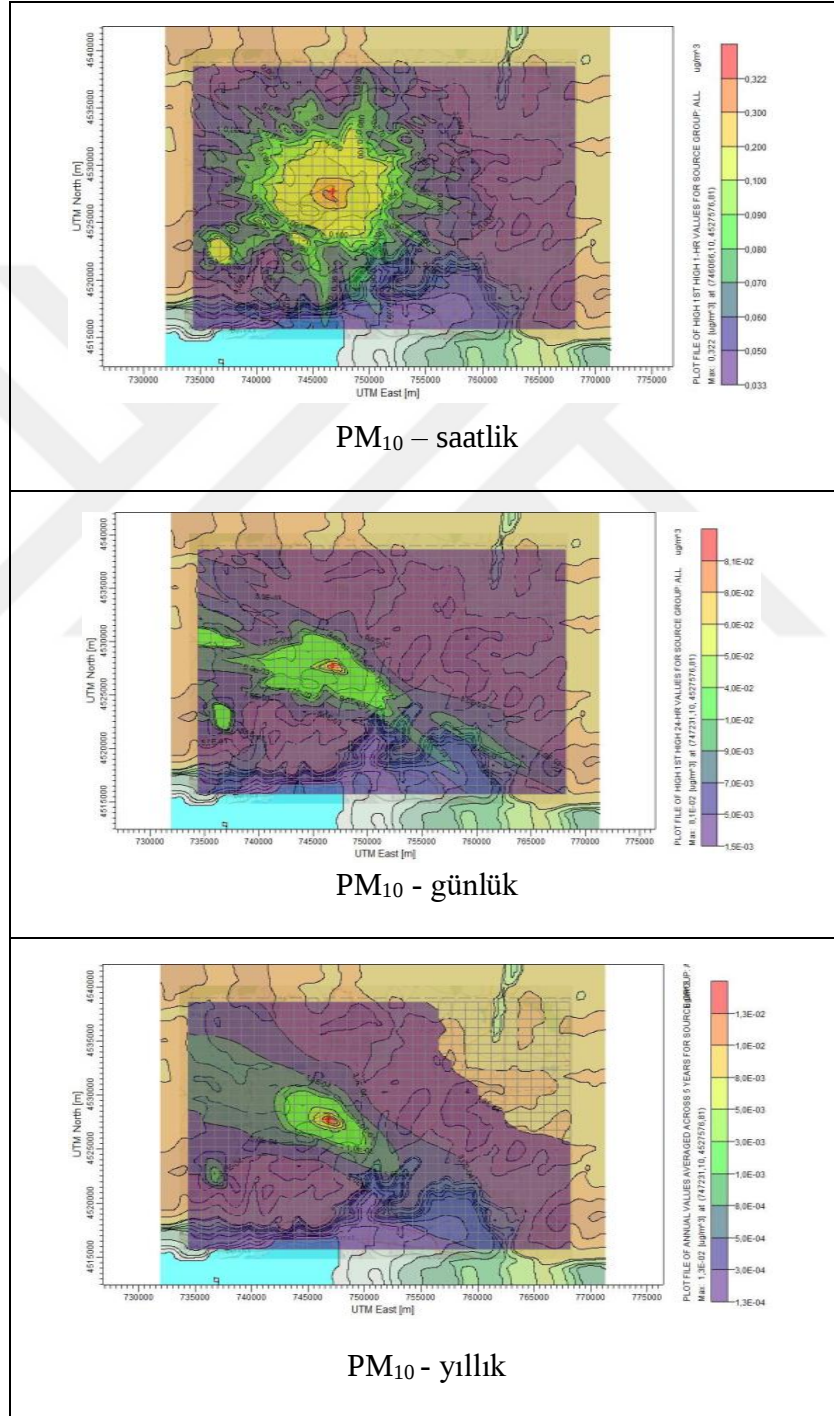
Şekil 4.2. SO_2 maksimum konsantrasyon dağılım haritaları

SO₂ gazları için hesaplanmış olan ve İzmit'teki genel ortalaması 4,45 $\mu\text{g.m}^{-3}$ olup, model sonucu elde edilen en yüksek değer 1,93 $\mu\text{g.m}^{-3}$ 'tür. Sonuçta baktığımızda model sonucu elde edilen değer genel ortalamasının %43'nü oluşturmaktadır. Şekil 4.2 incelendiğinde en yüksek dağılımın saatlik konsantrasyon dağılımında olduğu görülmektedir.



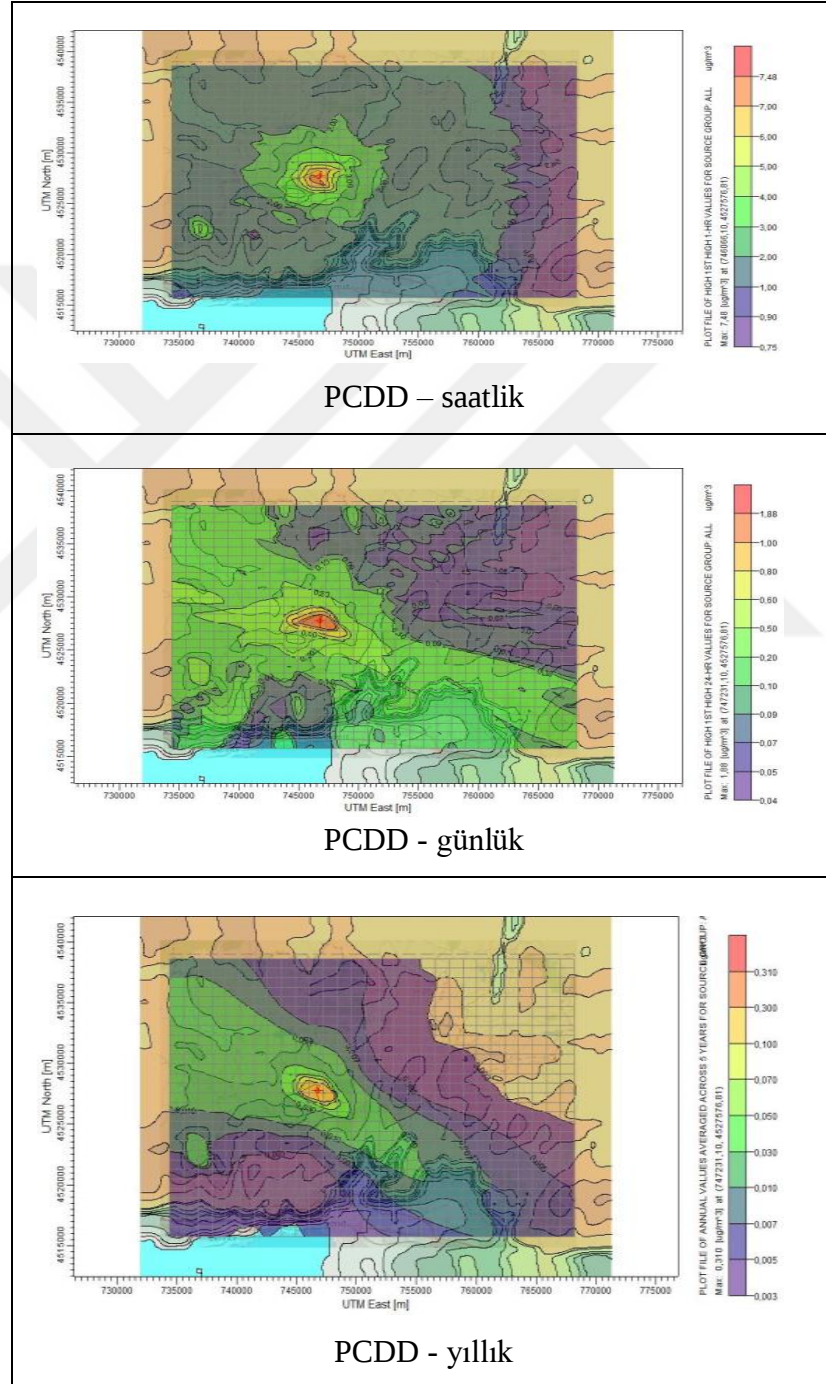
Şekil 4.3. NO_x maksimum konsantrasyon dağılım haritaları

Genel olarak haritalara baktığımızda NO_x için günlük ve yıllık dağılım etkilerinin benzer olduğu görülmektedir. Tablo 4.3'teki NO_x miktarı maksimum saatlik 12,4 µg/m³ ölçülmüştür, İzmit ortalaması ise 133,35 µg/m³'dir. Yani; maksimum etkiye bile ortalamanın % 9'dur. Bu durumda kirletici madde katkısının bu bölgede çok fazla olmadığı gözlemlenmektedir.



Şekil 4.4. PM₁₀ maksimum konsantrasyon dağılım haritaları

Haritalara bakıldığında en büyük yayılımın saatlik PM₁₀ maksimum konsantrasyonda olduğu görülmektedir. PM₁₀ miktarı maksimum saatlik 0,322 ölçülmüş olup, İzmit ortalaması 58,68'dir (Şekil 4.4). Bu durumda çıkan emisyon ortalamasının %0,06'mı oluşturmaktadır. PM₁₀ 'de de NO_x gibi çok fazla kirletici katkı maddesi olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.5. PCDD/F maksimum konsantrasyon dağılım haritaları

Şekil 4.5'te PCDD/F değerlerinin hakim rüzgar yönünde İzmit merkez ve Kandıra bölgelerine kadar düşükte olsa dağılımı görülmektedir. Maksimum saatlik PCDD/F için 7,48 fg/m³, ortalama ölçüm 82 fg/m³'tir. Bu da ortalamanın %9'unu oluşturur.

Tablo 4.1. Modelleme sonuçları

Parametre	Birim	Saatlik Maks. Kons.	Günlük Maks. Kons.	Yıllık Maks. Kons.	İzmit Günlük Maks.	İzmit Ortalama	Kandıra Günlük Maks.	Kandıra Ortalama
CO	µg/m ³	2,38	0,600	0,121	9740,78	-	-	-
NO _x	µg/m ³	12,4	3,12	0,513	904,10	133,35	107,61	5,49
SO ₂	µg/m ³	1,93	0,486	8,005E-02	-	4,45	-	-
PM ₁₀	µg/m ³	0,322	8,1E-02	1,3E-02	350,23	58,68	157,40	19,77
PCDD/F	fg/m ³	7,48	1,88	0,310	-	82,0	-	-

Tablo 4.1'de ölçülen maksimum konsantrasyon ölçümleri ile İzmit ortalama değerleri ve Kandıra günlük ve ortalama değerler karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde tahmin edilen konsantrasyon dağılım miktarlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. Yayılım, rüzgarlarla orantılı olarak genelde kuzeydoğu – güneybatı yönündedir. Bu yayılım bölgedeki İzmit merkezi, Kandıra yolu civarındaki yerleşim yerlerini etkilemektedir. Bu doğrultuda yayılım NO_x maksimum günlük 3,12 µg/m³ ölçülmüş, İzmit ortalaması ise 116,85 µg/m³'dir. Yani; maksimum etkide bile ortalamanın % 2,7 'dir. PM₁₀ madde maksimum saatlik 0,322 µg/m, İzmit ortalaması ise 45,91 µg/m³. Ortalamanın % 0,7 'ını oluşturur. Maksimum saatlik PCDD için 7,48 fg/m³, ortalama ölçüm 82 fg/m³'tir. Bu da ortamının % 9'unu oluşturur. NO_x maksimum günlük konsantrasyon 3,12 µg/m³ ölçülmüş, kandıra ortalaması ise 5,49 µg/m³ 'dür. Çıkan sonuçlar doğrultusunda elde edilen değerler, Kandıra ve İzmir değerlerine göre değerlendirildiğinde kirlenici madde etkisinin bölgeye etkisinin düşük olduğu kanısına varılmıştır.

Tablo 4.2. Yayımlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine göre kirleticiler ve limit değerler [30]

Kirletici	Ortalama Süre	Ulusal Sınır Değerler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	8 saatlik ortalama	10000
NO _x	Yıllık	30
SO ₂	Saatlik	350
	Günlük	125
	Yıllık	20
PM ₁₀	günlük	50
	Yıllık	40

Tablo 4.2’ de kirleticilerin limit değerleri gösterilmektedir. Sınır değerlerine göre değerlendirme yapıldığında, bu değerlere göre günlük SO₂ limit değeri 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, çıkan sonuç değerinde ise SO₂ değeri 0,486 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ‘tür. Yıllık NO_x değerinde limit değeri 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, modelleme sonucu çıkan NO_x değerini 0,513 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmektedir. Tüm bu sonuçlar doğrultusunda kirletici madde katkısının sınır değerlerinin altında olduğu sonucuna varılmıştır. Modelleme sonucunu kurulması planlanan tesisin bölgeye etki değeri düşük olsa bile İzmit bölgesinin günlük maksimum konsantrasyon değerleri sınır değerlerin üstündedir. Etki değeri düşük olsa bile bölgenin kirletici miktarı sınır değerlerin üstünde olduğu için tesisin inşaatı yapılmamalıdır. Yapılan ölçümler planlanan tesise ait veri değerleri belirli olmadığı için İzaydaş verileri dikkate alınarak modellenmemiştir. Böylece bölgedeki kirletici etki değeri hakkında tahmini bir değerlendirme sağlanmıştır. Tüm bu değerlendirmeler sonucu daha sonraki çalışmalarda daha fazla ölçüm sonuçları ile inşaatı halinde tesisin belirlenen veri değerleri kullanılarak ve farklı dağılım modellerinin performansları kullanılarak çalışmanın genişletilebileceği görüşü ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Üstün A.K., Kurban M., Elektrik Enerjisi Üretiminde Kentsel Atık Potansiyel Analizi ve Uygulaması, International Advanced Technologies Symposium, Elazığ, 16–18 Mayıs 2011.
- [2] 2016 Bölgesel Atık Kağıt Geri Dönüşüm Bilgi Sistemi Raporu, Atık Kağıt Geri Dönüşümcüler Derneği ve İktisadi İşletmesi <http://isadoganli.blogspot.com/>, (Ziyaret tarihi: 01 Nisan 2019).
- [3] Güner Y., Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretimi Tesisi , Yüksek Lisans Tez, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 2008.
- [4] Atık Yönetimi Yönetmeliği. (2015).
- [5] Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, RG. 14.03.1991 ve 20814 Sayı.
- [6] Milli Eğitim Bakanlığı. (2009). *Çevre Koruma Katı Atık Toplama*, Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, 12-13.
- [7] Bozyiğit R., Karaaslan T., *Çevre Bilgisi*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 135-137, 1998.
- [8] Aile ve Tüketici Hizmetler, Katı Atıklar, Ankara, 2011.
- [9] Yenice Keskin M., Doğruparmak Çetin Ş., Durmuşoğlu E., Kocaeli İli Katı Atık Karakterizasyonu, *TÜRKAY 2009 Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu*, İstanbul, 15-17 Haziran 2009.
- [10] URL-5: www.wikipedia.com, (Ziyaret tarihi: 28 Kasım 2019).
- [11] Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesini Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi, Atık Yakma, Aralık 2017.
- [12] Uğurlu A., Yakma, Editörler: Buekens A., Patrick P. K., *Katı Atık Yönetimi*, Çevre Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 79-132, 1995.
- [13] Milli Eğitim Bakanlığı, Evsel ve Kentsel Atıklar, Ankara, 2011.
- [14] Kocaeli Akademik Odalar Birliği, Kocaeli Büyükşehir Belediyesince İnşaatı Planlanan “Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretim Tesisi” Adı Altında Yürütülen Projeye İlişkin Değerlendirme, İzmit, 2017.
- [15] Sedef M., Katı Atık Yönetimi, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, Eylül, 2016.

- [16] İzmit Atık Ve Artıkları Arıtma Yakma Ve Değerlendirme A.Ş., Tehlikeli Atık Bertaraf Yöntemleri ve İZAYDAŞ Yakma Tesisi, İzmit.
- [17] Karduvalı A., Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi, Atık Yakma, Aralık 2017.
- [18] URL-4: <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/life/taske/01.pdf> (Ziyaret tarihi: 3 Aralık 2019).
- [19] Sezer K., Evsel Atık Yönetiminde Yakma Teknolojileri, *2012 Atık Yönetimi Sempozyumu*, Antalya, 24-26 Nisan 2012.
- [20] ÇOB, Katı Atık Yakma Tesisleri İçin teknolojiler ve Yer Seçimi, 1999.
- [21] Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik.
- [22] Erdoğan E., Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinde Modellerin Kullanımının Karar Verme Sürecindeki Rolü., Yüksek Lisans Tezi, Kasım, 2012.
- [23] Karvounis, G., Deligiorgi, D., Philipopoulos, K. (2006). On the Sensitivity of the AERMOD to Surface Parameters Under Various Anemological Conditions, *Proceedings of the 11th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, Sf. 45-47, Greece.
- [24] Demirarslan O. A., Doğruparmak Ç. Ş., Kocaeli İli Körfez İlçesindeki Sanayi Kaynaklı Emisyonların Kent Atmosferindeki Dağılımlarının Calpuff Modeli İle Belirlenmesi, *6. Ulusal Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu*, 7-9 Ekim 2015, İzmir.
- [25] Scire, J., S., Strimaitis, D., G., Yamartino, R., J., A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version 5), *Earth Tech. Inc.*, 2000.
- [26] Rood, A., S., Performance evaluation of AERMOD, CALPUFF, and legacy air dispersion models using the Winter Validation Tracer Study Data Set, *Atmospheric Environment*, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2014.02.054, 2014.
- [27] Jeong, S., J., CALPUFF and AERMOD Dispersion Models for Estimating Odor Emissions from Industrial Complex Area Sources, *Asian Journal of Atmospheric Environment*, DOI: 10.5572/ajae.2011.5.1.001, 2011.
- [28] URL-1:<https://www.on5yirmi5.com/dosya/turkiyenin-illeri/41-kocaelihakkında-genel-bilgi> (Ziyaret tarihi: 4 Aralık 2019).
- [29] Kocaeli Akademik Odalar Birliği, Kocaeli Büyükşehir Belediyesince İnşası Planlanan "Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretim Tesisi" Adı Altında Yürütülen Projeye İlişkin Değerlendirme, İzmit, 2017.
- [30] URL-2:<https://www.kocaelikoz.com/guncel/buyuksehir-atik-yakma-tesisini-halka-anlatacak-h22739.html> (Ziyaret tarihi :3 Aralık 2019).
- [31] URL-3 : www.mmo.org.tr (Ziyaret tarihi: 20 Kasım 2019).

- [32] Döğeroğlu, T., Emisyon Envanteri Çalışmaları: Belirsizlikler ve QA/QC, *İkonair 3. Proje Çalıştayı*, Kayseri, 14 Aralık 2010.
- [33] Güneş Emre H., Emisyon Hesaplama, Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Çed, İzin Ve Denetim Genel Müdürlüğü Laboratuvar Ölçüm Ve Denetim Daire Başkanlığı, 2017.



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Mutlu D., Karademir A., Kocaeli’nde Evsel Atıklar İçin Yakma Yoluyla Bertaraf Alternatifinin Emisyonlar Açısından Değerlendirilmesi, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 26-28 Nisan 2019.



ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Erzincan’da doğdu. İlköğretimini Erzincan’da, orta ve lise öğrenimini Sakarya’da tamamladı. 2012 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 2017 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2016-2017 yılları arasında, tüm İzmit genelindeki ilkokullara gönüllü olarak “ Geri Dönüşüm” konulu eğitimler verdi. 2017 yılında Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nde başladığı yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

