

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAKARYA'DA TAŞ OCAKLARINDAN  
KAYNAKLANAN PARTİKÜL MADDE  
EMİSYONLARI VE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ekrem DEMİRCİOĞLU**

**Enstitü Anabilim Dalı** : **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**  
**Tez Danışmanı** : **Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU  
YİĞİT**

**Temmuz 2021**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAKARYA'DA TAŞ OCAKLARINDAN  
KAYNAKLANAN PARTİKÜL MADDE  
EMİSYONLARI VE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ekrem DEMİRCİOĞLU**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 27/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Jüri Başkanı**

**Üye**

**Üye**

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ekrem DEMİRCİOĞLU

23.06.2021

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanması, yazılması, düzenlenmesi ve son halini almasına kadar tüm aşamalarda yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca her konuda bana destek olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bugünlere gelmemi sağlayan canım ailem; annem İlnur DEMİRCİOĞLU, babam Abdullah DEMİRCİOĞLU, ablalarım Gizem DEMİRCİOĞLU ŐAN ve Görçem DEMİRCİOĞLU KABA'ya teşekkür ederim.

Mesleki hayatımda yardımcı ve öğretici oldukları kadar yüksek lisans eğitimim boyunca da iş yerimde bana her türlü kolaylığı sağlayan değerli abim Umut Mutlu ŐEKER ve değerli dostum Gökçe GÜNGÖR'e teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ .....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY .....	xiii

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
-------------	---

### BÖLÜM 2.

TAŞ OCAKÇILIĞI FAALİYETİ VE HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİLERİ.....	5
2.1. Taş Ocakçılığı Faaliyeti .....	5
2.1.1. Agrega üretimi.....	5
2.1.2. Taş tozu üretimi faaliyeti.....	7
2.2. Taş Ocakçılığı Üretim Süreçleri .....	7
2.2.1. Kazı işlemi.....	7
2.2.2. Patlatma.....	8
2.2.3. Kırma-eleme.....	8
2.2.4. Ürünlerin sınıflandırılması .....	9
2.2.5. Stok.....	10
2.3. Taş Ocakçılığı Faaliyetinin Ülke Ekonomisindeki Yeri .....	10
2.4. Taş Ocakçılığı Faaliyetinden Kaynaklanan Emisyonlar.....	11
2.4.1. Havada asılı partikül madde (PM <sub>10</sub> ).....	11
2.4.2. Çöken toz.....	13

2.4.2.1. Çöken toz ölçüm metodu ve cihazı.....	13
2.4.2.2. Cihaz .....	14
2.4.2.3. Toplama kabı .....	14
2.4.2.4. Toplama şişeleri.....	14
2.4.2.5. Huni .....	14
2.4.2.6. Bağlantı boruları .....	15
2.4.2.7. Fırça, lastik ve lastik silecek.....	15
2.4.2.8. Cihazın kurulması.....	15
2.4.2.9. Cihazın yerleştirilmesi .....	15
2.4.2.10. Ölçüme başlama.....	16
2.4.2.11. Ölçümü bitirme .....	16
2.5. Hava Kirliliğinin Genel Çevresel Etkileri .....	16
2.5.1. Başlıca hava kirleticileri.....	17
2.5.1.1. Birincil (primer) kirleticiler .....	17
2.5.1.2. İkincil (sekonder) kirleticiler .....	18
2.5.2. Partikül madde.....	18
2.5.3. Partikül maddenin insan sağlığı üzerine etkileri .....	19
2.5.4. Partikül maddenin bitkiler ve toprak üzerine etkileri.....	21
<b>BÖLÜM 3.</b>	
<b>MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>23</b>
3.1. Çalışma Yapılan Alan ve Tesis Hakkında Bilgi.....	23
3.1.1. Ocak işletmeciliği.....	25
3.1.2. Kırma-eleme işlemi .....	25
3.1.3. Patlatma işlemi .....	26
3.2. Ölçüm Noktaları ve Ölçüm Tarihleri.....	27
3.3. Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar ve Metotlar .....	27
3.3.1. PM <sub>10</sub> ölçüm yöntem ve metotları .....	28
3.3.2. PM <sub>10</sub> ölçüm cihazı.....	28
3.3.3. Çöken toz ölçüm yöntem ve metotları .....	30
3.3.4. Çöken toz ölçüm cihazı.....	30
3.4. Hesaplama Formülleri .....	31

3.4.1. PM <sub>10</sub> hesaplama formülü .....	31
3.4.2. Çöken toz hesaplama formülü .....	31
3.4.2.1. Tesis içi .....	31
3.4.2.2. Tesis dışı .....	32
3.4.3. Emisyon faktörü kullanılarak kütleli debi hesabı .....	33
3.4.3.1. Kontrollü kütleli debi hesabı .....	34
3.4.3.2. Toplam kütleli debi hesabı .....	37
3.5. Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi .....	38
3.5.1. AERMOD modeli .....	38
3.5.2. Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışmasında kullanılan yöntem .....	39
3.5.3. Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışmasında kullanılan alıcı ortam sistemi .....	41
3.5.4. Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışmasında kullanılan meteorolojik veri seti .....	42
BÖLÜM 4.	
ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR .....	43
4.1. Ölçüm Günü ve Meteorolojik Veriler .....	43
4.2. PM <sub>10</sub> Ölçümleri .....	43
4.2.1. 1. nokta: tesis girişi stok alanı .....	43
4.2.2. 2. nokta: kantar yanı .....	44
4.2.3. 3. nokta: bunker alanı .....	45
4.3. Çöken Toz Ölçümleri .....	45
4.3.1. Tesis içi 1. nokta: kantar yanı .....	46
4.3.2. Tesis içi 2. nokta bunker alanı .....	46
4.3.3. Tesis etki alanı 1. nokta: tesis girişi .....	47
4.3.4. Tesis etki alanı 2. nokta: stok alanı .....	48
4.4. PM <sub>10</sub> Hesaplamaları .....	48
4.4.1. 1. nokta: tesis girişi stok alanı .....	48
4.4.2. 2. nokta: kantar yanı .....	49
4.4.3. 3. nokta: bunker alanı .....	50

4.5. Çöken Toz Hesaplamaları.....	51
4.5.1. Tesis içi.....	51
4.5.1.1. Tesis içi 1. nokta kantar yanı .....	51
4.5.1.2. Tesis içi 2. nokta bunker alanı .....	52
4.5.2. Tesis etki alanı .....	53
4.5.2.1. Tesis etki alanı 1. nokta tesis girişi .....	53
4.5.2.2. Tesis etki alanı 2.nokta stok alanı .....	54
4.6. Emisyon Faktörü Kullanılarak Kütlesel Debi Hesabı .....	55
4.6.1. Kontrollü kütlesel debi hesabı.....	56
4.6.2. Kontrolsüz kütlesel debi hesabı.....	58
4.6.3. Toplam kütlesel debi hesabı .....	58
4.7. Ölçüm Sonuçlarının Modellenmesi .....	59
4.7.1. Rüzgar hızı yönü .....	59
4.7.2. Rüzgar sınıfı frekans dağılımı .....	60
4.7.3. Modelleme yapılan alanın uydu görüntüsü .....	61
4.7.4. Üretim çöken toz günlük değer .....	61
4.7.5. Üretim çöken toz yıllık değer .....	62
4.7.6. Üretim PM <sub>10</sub> günlük değer .....	63
4.7.7. Üretim PM <sub>10</sub> yıllık değer .....	64
4.7.8. Patlatma çöken toz günlük değer .....	65
4.7.9. Patlatma çöken toz günlük değer .....	66
4.7.10. Patlatma PM <sub>10</sub> günlük değer .....	67
4.7.11. Patlatma PM <sub>10</sub> yıllık değer .....	68
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME .....	70
BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	74
KAYNAKLAR.....	76
ÖZGEÇMİŞ .....	81



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$\mu\text{m}$	: Mikrometre
AERMOD	: American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model
AGÜB	: Agrega Üreticileri Birliği
AMS	: American Meteorological Society
ANFO	: Amonyum Nitrat-Fuel Oil
CALPUFF	: California Puff Model
CO	: Karbonmonoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EPA	: Environmental Protection Agency
GSYH	: Gayri Safi Yıllık Hasıla
H <sub>2</sub> S	: Hidrojensülfür
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Sülfürik Asit
HKDYY	: Hava Kalitesi Değerlendirme Ve Yönetimi Yönetmeliği
Kg	: Kilogram
Km	: Kilometre
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
KVD	: Kısa Vade Değer
lt	: Litre
m <sup>2</sup>	: Metrekare
Mapeg	: Maden Ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü)
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre

NO	: Azotmonoksit
NO <sub>2</sub>	: Azotdioksit
O <sub>3</sub>	: Ozon
PAN	: Peroksi Asetil Nitrat
PM	: Partikül Madde
Skhkky	: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SO <sub>2</sub>	: Kükürtdioksit
SO <sub>3</sub>	: Kükürttrioksit
TÜRKAK	: Türk Akreditasyon Kurumu
Uvd	: Uzun Vade Değer

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Madencilik ve Taş Ocakçılığı faaliyetinin Gayri Safi Yıllık Hasıla (GSYH) içerisindeki payı.....	11
Şekil 2.2. İllerin PM10 yıllık sınır değeri açısından değerlendirilmesi (2019).....	19
Şekil 3.1. İşletme konumu.....	23
Şekil 3.2. Tesis genel yerleşim planı.....	24
Şekil 3.3. Patlatma işleminde kullanılan delik düzeni.....	26
Şekil 3.4. Tecora Isostack G4 cihazı.....	29
Şekil 3.5. Tecora Isostack G4 cihazı.....	29
Şekil 3.6. TS 2341 düzeneği.....	30
Şekil 3.7. AERMOD modelinde kullanılan yükseklikler.....	39
Şekil 4.1. Tesis girişi stok alanına yerleştirilen cihaz.....	44
Şekil 4.2. Kantar yanına yerleştirilen cihaz.....	44
Şekil 4.3. Bunker alanına yerleştirilen cihaz.....	45
Şekil 4.4. Kantar yanına kurulan çöken toz cihazı.....	46
Şekil 4.5. Bunker alanına kurulan ölçüm cihazı.....	47
Şekil 4.6. Tesis girişine kurulan ölçüm cihazı.....	47
Şekil 4.7. Stok alanına kurulan çöken toz ölçüm cihazı.....	48
Şekil 4.8. Rüzgâr diyagramı.....	59
Şekil 4.9. Rüzgar hızına göre dağılım modeli grafiği.....	60
Şekil 4.10. Modelleme yapılan alan.....	61
Şekil 4.11. Üretim çöken toz günlük değer modellemesi.....	62
Şekil 4.12. Üretim Çöken Toz Yıllık Değer Modellemesi.....	63
Şekil 4.13. Üretim PM <sub>10</sub> günlük değer modellemesi.....	64
Şekil 4.14. Üretim PM <sub>10</sub> Yıllık Değer Modellemesi.....	65
Şekil 4.15. Patlatma çöken toz günlük değer modellemesi.....	66
Şekil 4.16. Patlatma çöken toz yıllık değer modellemesi.....	67

Şekil 4.17. Patlatma PM <sub>10</sub> günlük değer modellemesi.....	68
Şekil 4.18. Patlatma PM <sub>10</sub> yıllık değer modellemesi .....	69
Şekil 5.1. En yüksek değerlerin görüldüğü nokta uydu görüntüsü .....	70
Şekil 5.2. Çalışma alanının 3 boyutlu görünümü, hakim rüzgar yönü ve emisyon dağılım yönü .....	71

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü verilerine göre Madencilik ve Taş Ocakçılığı Faaliyetinin Gayri Safi Yıllık Hasıla (GSYH) içindeki payı.....	10
Tablo 2.2. PM <sub>10</sub> Ölçüm Yöntem ve Standartları .....	12
Tablo 3.1. Ocak sahasında uygulanan basamak parametreleri.....	25
Tablo 3.2. PM <sub>10</sub> ölçüm noktaları ve ölçüm tarihi.....	27
Tablo 3.3. Çöken toz ölçüm noktaları ve ölçüm tarihleri.....	27
Tablo 3.4. Çöken toz ölçüm noktaları ve ölçüm tarihleri.....	27
Tablo 3.5. Toz Emisyonu Kütlesel Debi Hesaplamalarında Kullanılacak Emisyon Faktörleri .....	33
Tablo 4.1. Meteorolojik Veriler .....	43
Tablo 4.2. Tesis girişi stok alanı PM <sub>10</sub> tartım sonuçları .....	48
Tablo 4.3. Kantar yanı PM <sub>10</sub> tartım sonuçları .....	49
Tablo 4.4. Bunker alanı PM <sub>10</sub> tartım sonuçları .....	50
Tablo 4.5. PM <sub>10</sub> ölçüm sonuçları ve SKHKKY sınır değerleri .....	50
Tablo 4.6. Tesis içi 1.nokta çöken toz analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı .....	51
Tablo 4.7. Tesis içi 2.nokta çöken toz analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı .....	52
Tablo 4.8. Tesis içi çöken toz ölçüm sonuçları ve SKHKKY sınır değerleri.....	53
Tablo 4.9. Tesis etki alanı 1.nokta çöken toz analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı .....	53
Tablo 4.10. Tesis etki alanı 2.nokta çöken toz analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı .....	54
Tablo 4.11. Tesis Etki Alanı Çöken Toz Ölçüm Sonuçları ve SKHKKY Sınır Değerleri.....	55

Tablo 4.12. Tesis Etki Alanı Çöken Toz Ölçüm Sonuçları ve SKHKKY Sınır Değerleri.....	59
Tablo 4.13. Rüzgar verileri.....	60

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Taş ocağı, agrega, partikül madde, hava kirliliği

Taş işleme faaliyeti ilk çağlardan bu yana 2 milyon yıldır insan hayatında önemli yere sahip olmuştur. İnsanlık tarihinde önemli yeri olan, ilk araç gereçlerin ham maddesi doğal bir maden olan taşlardır. İlkel çağlarda günlük araç gereç, tarımsal alet ve savaş aletleri yapımında kullanılan taş daha sonra medeniyetlerin kurulması şehirleşmelerin başlaması ile birlikte barınma amaçlı evlerin inşa edilmesi, yollar ya da güçlü duvarlara sahip kale ve surların yapılması gibi tarihsel süreci etkileyen en önemli madenlerden bir tanesidir.

Günümüzde başlıca yapı malzemelerinden biri olan taş hazır beton üretimi, zemin dolgu malzemesi, dekoratif kullanım, parke taşı imalatı, tren yollarında taban malzemesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Beton kullanımına bağlı olarak taş ocakları da bu sektöre ham madde üretebilecek kapasitede çalışmaktadır. Eski zamanlarda insan gücü ile elde edilen, parçalanmış, boyutlanmış taş madeni, teknolojinin gelişmesi ile birlikte yerini modern araç gereçlere bırakmıştır. Bu modern araç gereçler ve güncel madencilik teknikleri sayesinde kırılan, parçalanmış ve işlenen malzeme miktarı da artmıştır. Yer üstü madencilik dallarından biri olan taş ocakçılığı doğada bulunan agrega malzemesinin çıkartılması ve işlenmesi amacıyla faaliyet göstermektedir. Taş ocaklarının işletilmesi esnasında başlıca çevre etkisi hava kirliliğidir. Patlatma yapılması, büyük parçaların kırıcı iş makinesi ile kırılması, ocak içi nakliye, kırma-eleme tesisinde parçalanarak istenilen boyuta getirilmesi, ocak içi stok ve müşteriye sevki sırasında ise emisyon oluşmaktadır. Emisyonlar yasalar ile sınırlandırılmıştır ve sınırın üzerinde emisyon üreten tesislerin faaliyetine izin verilmemektedir. Oluşan bu emisyonların parçadan bütüne doğru etkisini düşündüğümüzde öncelikle ocak personeline, daha sonra ocak çevresindeki doğal yaşama, civarda ikamet eden insanlara, bölgeye ve en geniş kapsamda ise atmosfere etkileri bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı bu çalışmada Sakarya İli'nde aktif çalışan bir taş ocağı seçilerek, tesisten kaynaklanan partikül madde ve çöken toz emisyonları incelenmiş, ölçümler yapılmış, hesaplanmış ve AERMOD dağılım modeli kullanılarak emisyon dağılımı belirlenmiştir. Bu dağılımın çevre ve insan sağlığı etkileri belirlenmiştir. Bulunan sonuçlar yasal yönetmelik sınırlar nezdinde değerlendirilmiş ve alınması gereken önlemler konusunda öneriler oluşturulmuştur.

# **PARTICULATE MATERIAL POLLUTION GENERATING FROM QUARRIES AND ITS EFFECTS; AN EXAMPLE FROM SAKARYA**

## **SUMMARY**

Keywords: Quarry, aggregate, particulate matter, air pollution

Stone processing activity has had an important place in human life for 2 million years since the first ages. The raw material of the first tools and equipment, which has an important place in the history of humanity, is stones, which is a natural mineral. Stone, which was used in the making of daily tools, agricultural tools and war tools in primitive times, is one of the most important mines that affect the historical process such as the establishment of civilizations, the construction of houses for sheltering, the construction of roads or castles and walls with strong walls, with the beginning of urbanization.

Stone, which is one of the main building materials, is used in many areas such as ready mixed concrete production, floor filling material, decorative use, cobblestone production, base material on railways. Depending on the use of concrete, quarries also work at the capacity to produce raw materials for this sector. The stone mine, which was obtained, disintegrated and sized by human power in ancient times, has left its place to modern tools with the development of technology. Thanks to these modern tools and up-to-date mining techniques, the amount of material that is broken, shredded and processed has also increased. Quarrying, which is one of the underground mining branches, operates for the extraction and processing of aggregate material found in nature. The main environmental impact during the operation of quarries is air pollution. Emissions occur during blasting, breaking large pieces with a crusher, in-quarry transportation, crushing and sieving in the crushing-sieving facility, bringing them to the desired size, in-pit stock and shipping to the customer. Emissions are limited by law and the activities of facilities producing emissions above the limit are not allowed. Considering the effects of these emissions from part to whole, they have effects primarily on the quarry personnel, then on the natural life around the quarry, on the people residing in the vicinity, on the region and on the atmosphere in the widest extent. For this reason, in this study, an actively working quarry in Sakarya province was selected, particulate matter and precipitated dust emissions from the plant were examined, measurements were made, calculated and the emission distribution was determined using the AERMOD distribution model. The environmental and human health effects of this distribution were determined. The results were evaluated within the limits of legal regulations and suggestions were made about the precautions to be taken.



## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

İnsanlığın gelişimi ve nüfus artışına bağlı olarak yapılaşma ihtiyacı günden güne artış göstermektedir. Buna bağlı olarak yapı malzemelerinin doğal ortamdan çıkartılması, işlenmesi ve kullanım miktarları da artmaktadır. Agregalar başlıca yapı malzemelerinden bir tanesidir. Agregalar inşaat ve maden başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Betonun ağırlıkça %80'ini agregalar oluşturmaktadır. Agregalar, çimento ve su karışımı betonu meydana getirmektedir. Beton üretiminde agregalar kullanımı sertleşme ve beton hacim değişimini önlemekte veya azaltmakla birlikte çevre etkilerine karşı beton dayanıklılığını arttırmaktadır [1].

Kalsit, Dolomit, Kalker, Granit, Andezit, Bazalt gibi kayalardan agregalar, hazır beton ve asfalt yapılarak kullanılan kayalar II(a) grubu maden sınıfında yer almaktadır [2]. 31.03.2021 tarihinde güncellenen Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) verilerine göre Türkiye'de II(a) grubu maden ruhsatı bulunan 2983 adet işletme bulunmaktadır [3]. Sakarya ve taş ocakçılığı özelinde incelendiğinde ise Sakarya Ticaret ve Sanayi Odası'na kayıtlı 56 adet taş ocakçılığı faaliyeti gösteren işletme bulunmaktadır [4]. Ekonomik açıdan incelendiğinde öncelikle şehir ekonomisi, bölge ekonomisi ve genel bağlamda ülke ekonomisi açısından bu tesisler önem arz etmektedir. Çevresel açıdan bakıldığında ise taş ocaklarının işletilmesi esnasında bazı kirletici etkiler ortaya çıkmaktadır. Bu etkilerin en başında hava kirliliği gelmektedir. Taş Ocaklarında emisyon kriterleri yasal mevzuatlarla sınırlandırılmıştır. Bir taş ocağının çevre iznine tabi bir şekilde faaliyet gösterebilmesi için emisyon ölçümlerinde sınır değerleri sağlamalı ve bu ölçümleri iki yılda bir teyit ölçümleri ile tekrarlamalıdır. Taş ocaklarında baca kaynaklı bir emisyon kaynağı değil alansal bazlı bir dağılım söz konusudur. Bu sebeple ölçümlere ilave olarak modelleme çalışması yapılmaktadır.

AERMOD ve CALPUFF yaygın olarak kullanılan dağılım modelleridir. AERMOD genellikle 50 km'den yakın alan uygulamaları için tavsiye edilirken, CALPUFF genellikle 50 km'den daha uzun menzilli dağılım hesaplamaları için tavsiye edilir [5].

Amerikan Çevre Koruma Örgütü (EPA) tarafından çevre izin çalışmalarında AERMOD modeli önerilmektedir. Ayrıca ülkemizde Çevre İzin Lisans Yönetmeliği kapsamında Hava Emisyon konulu Çevre İznine tabii tesislerde izin sürecinde yapılan emisyon ölçümleri ve ilk ölçüme müteakip 2 yılda bir yapılan teyit ölçümlerindeki hava kalitesi modellemelerinde de AERMOD modeli kullanılmaktadır. Bu sebeple bu tezde AERMOD dağılım modeli kullanılmıştır.

Taş ocaklarından kaynaklanan emisyonlarla ilgili birçok araştırma mevcuttur. Bunlardan bazıları şu şekilde özetlenebilir:

12 Avrupa ülkesinin madencilik ve taş ocakçılığı faaliyetlerinin değerlendirildiği bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Almanya, İspanya, Fransa, İtalya, Hollanda, Polonya, Birleşik Krallık, Norveç ve Finlandiya'nın aralarında bulunduğu 12 ülkenin Avrupa'daki madencilik ve taş ocakçılığı sektöründeki üretim değerinin %98,3'üne tekabül ettiği ifade edilmiştir. Çalışma yapılan ülkeler arasında taş ocakçılığı faaliyetinden kaynaklanan Partikül Madde bakımından en yüksek değerler Birleşik Krallık, Norveç, Almanya ve Fransa'da görülmüştür. Dolayısıyla söz konusu dört ülke Avrupa'daki taş ocakçılığı faaliyetleri arasında çevre ve insan sağlığına en çok kirletici etkide bulunan ülkeler olarak değerlendirilmiştir [6].

Finlandiya'da yapılan bir çalışmada agregaların parçalanması için yapılan kırma sayılarının partikül madde emisyonlarının dağılımına etkisi incelenmiş ve çalışan kırıcı sayısının toz emisyonlarının dağılımı üzerine etkileri tespit edilmiştir. İkincil kırma yapılan ocaklar ile üçüncül kırma yapılan ocaklar karşılaştırıldığında üçüncül kırma yapılan ocaklarda oluşan tozun daha geniş alana yayıldığı tespit edilmiştir [7].

Nijerya’da yapılan bir çalışmada işçilerin ve ocak yakınlarındaki yöre sakinlerinin sağlığı etkisi üzerine araştırma yapmak için beş adet taş ocağı seçilmiştir. Ocak içerisindeki etki incelendiğinde delme ve kırma alanların oluşan yüksek partikül seviyesinden dolayı tehlikeli bölgeler olarak değerlendirilmiştir. Beş ocakta da delme alanındaki partikül madde seviyesinin kırma alanındaki seviyeden yüksek olduğu görülmüştür. Ocak çevresi incelendiğinde ise yöre halkının %80’inin ocaklara 100 m mesafeden daha yakında ikamet ettiği tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan anketlerde yöre halkının %73,8’inin taş ocakçılığı faaliyetiyle alakalı şikayetinin ocak faaliyetlerinden kaynaklanan tozlar olduğu görülmüştür. Çevre sakinlerinde en sık görülen rahatsızlığın burun enfeksiyonu olduğu görülmüştür. Benzer şekilde taş ocağı personeline de en sık görülen rahatsızlıkların öksürük, nezle ve sinüzit olduğu görülmüştür. Taş ocağı çalışanları ile çevre sakinlerinin benzer rahatsızlıklara sahip olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu rahatsızlıkların tozun solunmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Araştırma sonunda ocak personelinin kişisel koruyucu donanımlarını kullanması gerektiği, taş ocağı faaliyetlerinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için taş ocaklarına uygunluk izleme ziyaretlerinin rutin olarak yapılması, emisyonların azaltılması için yıkama ve toz çökeltme sistemlerinin kullanılması tavsiye edilmiştir [8].

İsrail’de yapılan bir çalışmada dağlık alanda yer alan bir kompleks içerisinde yer alan beş taş ocağı incelenmiştir. Çalışmada karmaşık arazide hava kirliliği modellenmesinde AERMOD ve CALPUFF modelleri karşılaştırılmış ve AERMOD tarafından tahmin edilen konsantrasyonların gözlemlerle elde edilen sonuçlara daha çok uyduğu ve AERMOD’un daha doğru sonuç verdiği görülmüştür [9].

İngiltere’de yapılan bir çalışmada taş ocakçılığı faaliyetinden kaynaklanan emisyonların hesaplamalı bir çalışması ve modellenmesi yapılmıştır. Ocak içerisinde gelişen akış yapısının incelenmesi sonucunda çukurun rüzgar üstü ve rüzgar altı kenarlarındaki akış davranışının sırasıyla geriye ve ileriye dönük adımlar üzerindeki akışa benzediği tespit edilmiştir. Etraftaki yeryüzü yükseltilerinin ocak içerisindeki devridaim akışlarının gelişimi üzerinde zayıflatıcı bir etkiye sahip olduğu görüldü. Çalışma alanındaki vadinin topografyası hesaplama alanına dahil edildiğinde vadi

eksenine dik rüzgarlar için çukura girişte geriye dönük kademeli akış rejiminin gelişmemesi çevredeki yer şekillerinin potansiyel olarak rüzgara karşı akışı bozabileceğini ve taş ocağı içinde ve çevresinde toz dağılımını etkileyebileceğini göstermiştir [10].

Bu tez çalışmasının amacı başlıca amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Taş ocaklarından kaynaklanan emisyon değerlerinin incelenmesi.
- Emisyonların yayılım modellemesi ile sadece tesis bünyesinde değil tesis çevresinde de kirlenici etkilerinin belirlenmesi.
- Daha önce konu ile alakalı yapılmış olan çalışmalarla kıyaslanarak değerlendirilme yapılması.
- Oluşan emisyon kaynaklarının azaltımı için önerilerde bulunulması.
- Örnek olarak seçilen tesis nezdinde daha sonra bu konuda yapılacak çalışmalara yol gösterici olması.

## **BÖLÜM 2. TAŞ OCAKÇILIĞI FAALİYETİ VE HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİLERİ**

### **2.1. Taş Ocakçılığı Faaliyeti**

#### **2.1.1. Agreganın Üretimi**

Beton imalatında kullanılan kum, çakıl, kırma taş gibi malzemeler genel olarak agreganın adı altında adlandırılır. Beton içerisinde hacimsel bazda %60-75 civarında bulunan agreganın önemli bir bileşendir. Kum, kırma kum gibi küçük boyutlu agregalar ince agreganın ve çakıl kırmataş gibi büyük boyutlu agregalar kaba agreganın 2 başlık altında incelenir. Türk Standartları Enstitüsü tarafından ise daha detaylı olarak şu şekilde sınıflandırılmıştır [11]:

- Agreganın (Kum-Çakıl): Doğal yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin, genellikle 100 mm' ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerin bir yığınıdır.
- Doğal Agreganın: Teraslardan, nehirlerden, denizlerden, göllerden ve taşocaklarından elde edilen kırılmış veya kırılmamış yoğun yapıdaki agregadır.
- Yapay Agreganın: Yüksek fırın cüruf taşı, izabe cürufu veya yüksek fırın cüruf kumu gibi sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış yoğun yapıdaki agregadır.
- İri Agreganın: 4 mm açıklıklı kare delikli elek üzerinde kalan agreganın olup kendi içerisinde çakıl, kırma taş ve yapay taş olarak 3' e ayrılır.
- İnce Agreganın: 4 mm açıklıklı kare delikli elekten geçen agreganın olup kendi içerisinde kum, kırma kum ve yapay kum olarak 3' e ayrılmaktadır.
- Taş Unu: 0,25 mm açıklıklı kare delikli elekten geçen ince malzemedir.
- Karışık Agreganın: İnce ve iri agreganın karışımıdır ve doğal karışık agreganın, hazır karışık agreganın ve yerinde karışık agreganın olarak sınıflandırılır.

Agregalarda aranan en önemli özelliklerden bazıları şunlardır:

- Sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları,
- Zayıf taneler içermemeleri
- Basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları,
- Betona zarar verebilecek toz, toprak gibi maddeler içermemeleri,
- Yassı ve uzun taneler içermemeleri,
- Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir.

Agreganın kil, silt, mil, toz gibi maddeler içermesi betonu oluşturan bileşenlerin birbirine yapışmasını zorlaştırmaktadır. Yapışmanın zorlaşması ile birlikte bileşikte daha fazla suya ihtiyaç duyulmaktadır. Beton agregalarında kalite deneyleri belirli periyotlarda yapılarak ürün kalitesinin devamlılığı sağlanmalıdır. Beton imalatı ham maddesi olacak agregalar TS 706 EN 12620 Standardında belirlenen niteliklerde olmalıdır [11].

Beton içeriğinin %75'ini oluşturan agregalar, yenilenemeyen kaynak olduğundan dolayı hazır beton üretimi faaliyeti için günden güne önemli hale gelmektedir. Agreganın tükenebilir bir doğal kaynak olmasından dolayı bu alanda ciddi çalışmalar yapıp tedbir alınmadığı takdirde yakın gelecekte iç piyasada ihtiyaç artacak ve yurt dışından temin edilmesi gündeme gelebilecektir.

Ülkemizde faaliyet gösteren taş ocaklarının büyük çoğunluğu "beton agregası" üretmektedir. Fakat bu ocakların birçoğu geleneksel yöntemlerle çalışmaktadır. Ülkemizde bulunan taş ocaklarının birçoğu modern şartlara henüz uyum sağlamamıştır. Geleneksel yöntemlerle çalışıp gerekli tedbirleri almayan işletmeler özellikle çevresel açıdan pek çok geri dönülmez hasara sebep olmaktadır. Agregas sektöründe belli bir standart oluşturmak ve bu standartları korumak adına 2001 yılında Agregas Üreticileri Birliği (AGÜB) kurulmuştur.

### **2.1.2. Taş tozu üretimi faaliyeti**

Taş ocaklarında üretilen malzemelerden biri olan taş tozu hazır beton üretiminde ham madde olarak kullanılmaktadır. Taş tozu hem maddi açıdan hem de teknik açıdan avantajlı bir ham maddedir. Taş tozunun maliyeti çimentoya kıyasla çok daha uygundur. Teknik açıdan incelendiğinde ise katılaşan betonda hacimsel değişikliklere engel olmaktadır. Ayrıca betonun daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Beton içeriğinin önemli oranını taş tozunun oluşturması nedeniyle ham madde seçimi büyük önem arz etmektedir. Hazır beton çok çeşitli şartlara sahip ortamlarda kullanılmaktadır. Bu sebeple içeriğinde bulunan taş tozunun da hazır betonun kullanılacağı şartlara karşı dayanıklı yapıya sahip olması gerekmektedir.

Tane boyutu 4 mm altında bulunan taş ocağı ürünlerine taş tozu, 4 mm üzerinde olan ürünlere ise çakıl ya da mıcır ismi verilmektedir. Taş tozu içeriğindeki hava boşluğunun az olması yoğunluğunu arttırarak daha iyi bir karışımın elde edilmesini sağlayacaktır.

### **2.2. Taş Ocakçılığı Üretim Süreçleri**

Taş ocakçılığı üretim süreçleri kazı işlemi, patlatma, kırma-eleme, ürünlerin sınıflandırılması, stok olarak sıralanır.

#### **2.2.1. Kazı işlemi**

Kırılgan yapıya sahip ve erişilebilir saha şartlarında bulunan kayalar kırıcı iş makinesi ile kazılarak ham madde çıkarımı sağlanmaktadır. Fakat sahadaki fiziksel yapının iş makinesinin çalışma şartlarına uygun olmaması veya kayaların çok sert yapıda olduğu durumlarda malzeme patlatma işlemi ile çıkartılmaktadır

### **2.2.2. Patlatma**

Delme işlemleri istenilen çapta delik delebilen Wagon-Drill kullanılarak yapılmaktadır. Yapılan patlatma işlemleri gevşetme patlatması niteliğinde olmaktadır. Patlatma yapılacak alan üzerinde delikler açılarak içleri patlayıcı maddeler ile doldurulmaktadır

Faaliyet alanında patlayıcı madde depolanmamakta, patlatma gününden önce yetkili patlatıcı madde tedarikçilerinden patlatmada kullanılacak miktarda satın alınmaktadır. Ateşleyici belgesi bulunan personel ve işletme teknik nezaretçisi görevini yürüten maden mühendisi kontrolünde patlatma yapılmaktadır. Patlatmanın bir gün öncesinde yakın çevrede ikamet eden halka anons ve duyuru ile patlatma yapılacağı bilgisi ilan edilmektedir. Patlatma esnasında en yakın kolluk birimi olarak polis veya jandarma hazır bulunmakta ve patlatmayı kontrol etmektedir. Patlatma işlemleri başlamadan önce siren çalınarak son uyarı yapılmaktadır.

Daha sonra patlayıcının konulacağı alan hazırlanmaktadır. Patlatmada patlayıcı madde olarak Amonyum Nitrat-Fuel Oil (ANFO) ve dinamit kullanılmaktadır. Deliklere yerleştirilen patlayıcı maddeler fitil ile ateşlenmektedir. Bir patlatmada kullanılacak delik çapına göre delik başına kullanılacak olan ANFO ve dinamit miktarı literatürdeki eşikler kullanılarak hesaplanır.

Mümkün olduğunca hidrolik kırıcı ekskavatör kullanılarak malzeme alınmakta olup bunun mümkün olmadığı, malzemenin çok sert olduğu durumda ise patlatma yapılarak malzeme kaynağından ayrılır.

### **2.2.3. Kırma-eleme**

Kamyonlar ile kırma eleme tesisine getirilen malzeme tesisi besleyen ekipman olan bunkere verilir. Bunkerden konveyör bantlar vasıtasıyla alınan malzeme 1. eleğe beslenerek burada ayrıştırılmaktadır. 1. elekten bypass eleğine aktarılan ve kısmi elenmiş olan malzeme, burada boyutlarına göre elek altı ve elek üstü malzeme olarak ayrılmaktadır. Elek üstü malzeme bypass eleğinden tekrar 1.kırıcıya aktarılarak



kırılmakta sonrasında ise bypass eleğine verilmektedir. Böylece bunkere beslenen malzemenin tamamının istenen boyutta kırılması sağlanmaktadır.

Bypass eleğinden, elek altı olarak alınan kısmi olarak kırılmış olan malzeme ise sekonder (ikincil) kırıcıya verilmektedir. Sekonder kırıcının ayarları hidrolik sistem yardımıyla yapılmakta böylece konkasör tesisinden alınacak olan kırılmış malzemenin tane boyutu istenilen seviyeye göre ayarlanabilmektedir. Sekonder kırıcıda kırılan malzeme 2.eleğe verilmekte ve malzeme tekrar elek altı ve elek üstü malzeme olarak ayrılmaktadır. Elek üstü malzeme tekrar ikincil eleğe beslenmekte, elek altı malzeme ise cevher silosuna aktarılmaktadır.

#### **2.2.4. Ürünlerin sınıflandırılması**

Malzemenin kırma-eleme tesisinde kırılarak boyutuna göre sınıflandırılması sonucu satılan ürünler ise şu şekildedir:

1 Numara Mıçır: Kırma taş, 8-16 mm arasındadır. Asfalt yollarda ve beton santrallerinde kullanılmaktadır.

2 Numara Mıçır: Kırma taş, 16-22 mm arasındadır. 1 No Mıçır gibi asfalt yollarda ve beton santrallerinde kullanılmaktadır.

Taş Tozu: 0-8 mm arası ince, tozsuz yapılı agregadan oluşmaktadır. Sıkıştırma ve esneklik gerektiren işlerde, asfalt yollarda ve beton santrallerinde kullanılmaktadır.

By-Pass: Plentmiks, taş tozu, 1 no mıçır ve 2 no mıçırın karıştırılması ile elde edilen karışık ince agregadır. Genellikle asfaltta yollarda dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Balans: Karışık agrega sınıfına girmektedir. %45 0-8 mm, %30 8-16 mm, %15 16-22 mm, %10 22-38 mm karışık malzeme özelliğine sahip alt taban malzemesi olup genellikle demiryollarında zemin malzemesi olarak kullanılmaktadır.

### 2.2.5. Stok

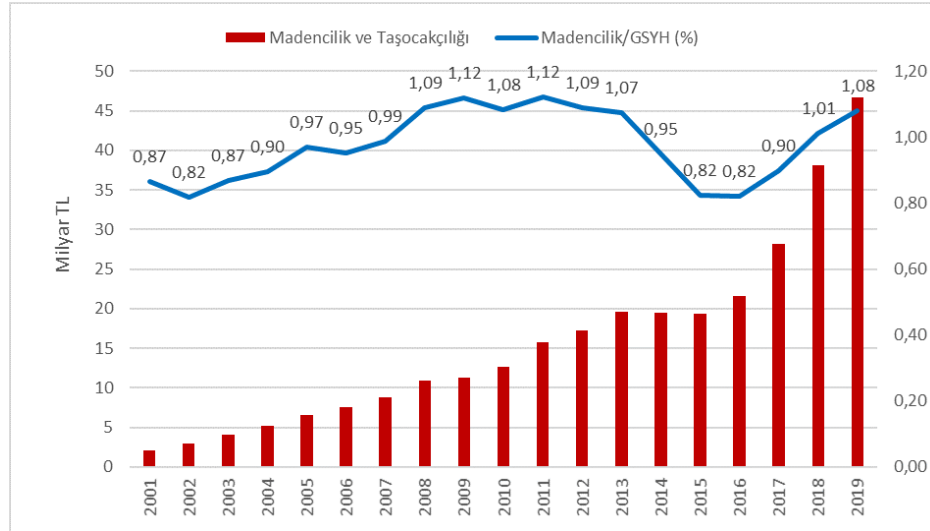
Cevher silosundan alınan malzeme kamyonlar vasıtası ile tane boyutuna göre stok alanlarına taşınmaktadır. Stok yapılan malzeme müşteri talepleri doğrultusunda nakliye araçları ile sevk edilmektedir.

### 2.3. Taş Ocakçılığı Faaliyetinin Ülke Ekonomisindeki Yeri

Madencilik ve Taş Ocakçılığı faaliyetleri sanayi ve yaşamsal ihtiyaçlar sebebi ile her yıl artış göstermektedir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü verilerine göre Madencilik ve Taş Ocakçılığı faaliyetinin Gayri Safi Yıllık Hasıla (GSYH) içindeki payı Tablo 2.1. ve Şekil 2.1.'de verilmiştir [12].

Tablo 2.1. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü verilerine göre Madencilik ve Taş Ocakçılığı Faaliyetinin Gayri Safi Yıllık Hasıla (GSYH) içindeki payı [12]

Yıllar	Madencilik/GSYH (%)	Madencilik ve Taş Ocakçılığı (TL)	GSYH (TL)
2001	0,87	2.139.900	247.266.207
2002	0,82	2.967.526	362.109.648
2003	0,87	4.103.945	472.171.775
2004	0,90	5.228.008	582.852.799
2005	0,97	6.600.035	680.275.847
2006	0,95	7.590.252	795.757.109
2007	0,99	8.784.598	887.714.414
2008	1,09	10.925.565	1.002.756.496
2009	1,12	11.269.715	1.006.372.482
2010	1,08	12.669.105	1.167.664.479
2011	1,12	15.755.858	1.404.927.615
2012	1,09	17.236.605	1.581.479.251
2013	1,07	19.591.329	1.823.427.315
2014	0,95	19.535.981	2.054.897.828
2015	0,82	19.375.648	2.350.941.343
2016	0,82	21.549.569	2.626.559.710
2017	0,90	28.159.268	3.133.704.267
2018	1,01	38.078.052	3.758.315.621
2019	1,08	46.678.959	4.320.191.227



Şekil 2.1. Madencilik ve Taş Ocakçılığı faaliyetinin Gayri Safi Yıllık Hasıla (GSYH) içerisindeki payı [12]

Tablo 2.1. ve Şekil 2.1.'de görüldüğü üzere Madencilik ve Taş Ocakçılığı faaliyetleri hızla artmaktadır. Bu artışa bağlı olarak Madencilik ve Taş Ocakçılığı faaliyetinin çevresel etkileri de artış göstermektedir. Çevresel açıdan bakıldığında prosesin başından sonuna kadar her safhasında çevresel etkileri bulunmaktadır. Öncelikle taş ocağının faaliyet göstereceği alan kurulurken doğal bitki örtüsünün sıyrılması ile doğal alanlara etkisi bulunmaktadır. Ocak içerisindeki tesislerin çalıştırılmasında elektrik kullanımı, kamyon ve iş makinelerinde fosil yakıt kullanımı ve egzoz emisyonları, bakım çalışmaları esnasında tehlikeli atık oluşumunun her biri çevresel etki meydana getirmektedir.

#### 2.4. Taş Ocakçılığı Faaliyetinden Kaynaklanan Emisyonlar

Tez çalışmasında taş ocaklarından kaynaklanan PM<sub>10</sub> ve Çöken Toz ölçümleri yapılmıştır.

##### 2.4.1. Havada asılı partikül madde (PM<sub>10</sub>)

Çapı 10 µm (mikrometre)'den daha küçük olan toz zerreciklerini ifade etmektedir. Taş ocaklarında kazı, patlatma, tesis içi nakliye, kırma-eleme, stoklama işlemleri ile oluşmakta ve rüzgar etkisi ile dağılmaktadır. Bu kirliliğin oluşumu ve kontrol altında

tutulması, gerekli durumlarda iyileştirme çalışmaları yapılması amacıyla taş ocakçılığı faaliyeti gösteren tesislerde ölçümler yapılmaktadır.

### Havada Asılı Partikül Madde (PM<sub>10</sub>) Ölçüm Yöntemi

Havada asılı partikül madde konsantrasyonunun ölçülmesinde çeşitli yöntemler bulunmakla beraber, üç ana yöntem kullanılmaktadır:

- Filtre sisteminde kütle konsantrasyonu yönteminde; hava örneği bir pompa yardımı ile sabit debide alınarak darası alınmış bir filtre sisteminden geçirilmekte ve daha sonra tartımla havada asılı partikül madde konsantrasyonu hesaplanmaktadır. Bu yöntemde, kullanılan filtrenin özelliklerine bağlı olarak belli bir boyuttan daha küçük partiküller ölçülemez. Bu boyuttan daha büyük partiküllerin tümü ölçüme girmektedir.
- Havada asılı partikül madde konsantrasyonunun ölçülmesinde kullanılan radyoaktif bir yöntem de filtre sistemli beta ışınları kırınımı yöntemidir.
- Partikül madde konsantrasyonu ölçümlerinde kullanılan bir diğer yöntem ise optik yöntemlerdir. Optik bir yöntem olan ışığın saçılması yönteminde pompa vasıtasıyla alınan sabit debideki hava örneği ışık demeti içerisinde geçirilir. Partikül miktarınca ışık saçılımı olacağından ışık seviyesi ile konsantrasyon belirlenir.

PM<sub>10</sub> ölçümlerinde referans olarak kabul edilen 2 tane uluslararası standart bulunmaktadır. Bunlar TS EN 12341 ve EPA CFR PART 50'dir [13,14]. Tablo 2.2.'de bu iki standart karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.2. PM<sub>10</sub> Ölçüm Yöntem ve Standartları

	TS EN 12341	EPA 40 CFR PART 50
Filtre Şartlandırma	Sıcaklık 19-21 °C Nem % 45-50 48 saat	Sıcaklık 15-30°C ±3° Nem % 20-45 % ± 5 24 saat
Numune Alma Süresi ve Debisi	24 saat, 2,3 m <sup>3</sup> /h = 38,33 lt/dk	24 saat, 1 m <sup>3</sup> /h = 16,67 lt/dk
Kalibrasyon	Okunan değerler girilen değerlerin ±%2 aralığında olmalıdır.	Okunan değer girilen değerinin ±%5 aralığında olmalıdır

## Havada Asılı Partikül Madde (PM<sub>10</sub>) Ölçüm Cihazı

Havada asılı partikül madde seviyesinin tespiti ölçümlerinde ortamda toz örnekleme cihazları kullanılmaktadır. Örnekleme metoduna istinaden seçilen cihaz ile numuneler aşağıda belirtilen ekipmanlar kullanılarak örnekleme işlemi gerçekleştirilir. Örneklenen numuneler tartılarak toz konsantrasyonu hesap edilir. Gerekli ekipmanlar şu şekilde sıralanabilir:

- Cihazın örnekleme için PM<sub>10</sub> başlığı ve bağlantı ekipmanları
- Debimetre
- Hat üzerinde toz örnekleme filtresi için filtre tutucu kısım
- Filtrelerin sabit tartıma getirilmesi için etüv ve filtreleri nemden korumak için desikatör
- Örneklenen filtrelerin tartımı için hassas terazi

Hava kalitesi ölçümleri yer seviyesinden, 1,5 - 4,0 metre arasındaki yüksekliklerde, binada (veya ekili alandan) en az 1,5 metre yan mesafe tutularak yapılmaktadır. Ormanda yapılan ölçümler, ağaç seviyesinden daha yüksekte yapılmalıdır [15].

### 2.4.2. Çöken toz

Emisyon kaynağı bulunan işletmeden atmosfere is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halinde yayılımlar olmaktadır. Bu şekilde yayılım gösteren emisyonları kontrol altına almak için çöken toz ölçümleri yapılmaktadır.

#### 2.4.2.1. Çöken toz ölçüm metodu ve cihazı

Atmosferde bulunan, kendi ağırlığıyla veya yağmur gibi etkilerle çöken tanecik niteliğindeki safsızlıkların toplanması ve ölçülmesinde aşağıda maddeler halinde sıralanan hususlara dikkat edilmelidir.

#### **2.4.2.2. Cihaz**

Cihaz sehпасı, yumuşak çelikten imal edilmiş olmalı ve sehpanın tamamına galvaniz işlemi yapılmış olmalıdır. Ölçümler açık alanda yapıldığından dolayı ölçümler esnasında kuşların düzeneğe zarar vermemesi için koruyucu kafes bulunmalıdır. Bu koruyucu kafesin delik açıklığı yaklaşık 0.7 mm olmalıdır. Koruyucu kafes sehpa ana gövdesine bağlı bulunmalıdır. Toplama şişelerinin buldukları raflardan düşmelerini önlemek için uygun bir sabitleyici bulunmalıdır.

#### **2.4.2.3. Toplama kabı**

Toplama kabı cam veya plastik malzemeden seçilerek statik elektrige ve kimyasal aşınmalara karşı dayanıklı olması sağlanmalıdır. Emisyon faktörü hesabı her bir kap için farklı hesaplanacağı için ölçüm öncesinde etiketleme yapılmalıdır. Hesaplanan emisyon faktörünün toplanan çökeltinin ağırlığı ile arğılmasıyla toplanan numune sonuçları  $mg/m^2$  olarak sonuç hesap edilir.

#### **2.4.2.4. Toplama şişeleri**

Toplama şişeleri, polietilen ve benzeri bir materyale sahip bir plastik malzemeden yapılmış olmalıdır. şişenin boynu ile birleşen kısmı öncelikle, yaklaşık olarak 45°C'lik bir açıda olmalı ve diğer boyutları da aşağıda verilen değerlere uygun olmalıdır.

#### **2.4.2.5. Huni**

Huni, paslanmaz çelikten veya polietilenden yapılmış olmalıdır. Eğer elik malzeme tercih edildiyse tüp kısmı CrNiMo 18/6/3 paslanmaz çeliğinden imal edilmelidir. Konik ve silindir bölgeler aynı cins çelikten, uygun görülürse CrNi 18/8 çeliğinden yapılmalıdır. Huni ve tüp kaynaklanarak birleştirilmeli, sonra seyreltik nitrik asit oksitlerden iyice arındırılmalıdır. Huniyi suda kaynatarak ve iyice çalkalayarak asit kalıntıları uzaklaştırılmalıdır. Polietilen malzeme kullanılmışsa konik ve silindir bölgeler tek parça halinde imal edilmiş olmalıdır.

- Dış: 90 mm (en fazla)
- İç: 40-75 mm
- Hacim: 10-20 litre

#### **2.4.2.6. Bağlantı boruları**

Toplama kabı ve huni ilk olarak uygun bir plastik veya kimyasal etkenlere dirençli bir plastik boru ile bağlanmalıdır. Her iki şekilde de kullanılan borular toplama kabının ve huninin bağlantı uçlarını sıkıca kavramalıdır.

#### **2.4.2.7. Fırça, lastik ve lastik silecek**

Tüp fırçasının ucuna lastik tıpa geçirilerek veya kısa bir büret fırçası kullanılarak fırça ekipmanı elde edilebilir. Silecek ise bir sapa bağlı lastik bir şeritten oluşmaktadır.

#### **2.4.2.8. Cihazın kurulması**

Cihaz TS 2341 standardında açıklandığı şekilde birleştirilir. Huninin silindirik kısmı, şişenin konik kısmına olabildiğince yakın olmalıdır. Birleştirildikten sonra borular yapışkan bantla iki kat olarak sarılmalıdır. Bu sayede sistem güneşin ve havanın etkisinden korunmuş olur ve yıpranma hızı azalmış olur.

#### **2.4.2.9. Cihazın yerleştirilmesi**

Ölçümlerde kullanılacak cihaz ölçüm yapılacak alan içerisinde belirlenmiş, etrafta ölçümü engelleyecek yapıda dış faktör bulunmayan engebesiz bir zemine yerleştirilmelidir. Eğer zemin engebeliyse toplama kabı yatay olacak şekilde cihaz sabitlenmelidir. Cihaz çevresinde yüksek cisimlerin bulunması halinde cihaz toplama kabı ile yüksek cisim arasındaki yükseklik farkının en az iki katı mesafeye yerleştirilmelidir. Cihaz zeminden daha yükseğe yerleştirilecekse toplama kabının üst kısmı zeminden 5 metreyi geçmeyecek şekilde yerleştirilmelidir.

#### 2.4.2.10. Ölçüme başlama

Kurulan cihaz ile seçilen noktada ölçüme başlanır. Toplama şişesine 10 ml 0,02 N bakır sülfat çözeltisi (2,5 g/l Cu804.5H30) konularak toplanan çözeltinin yapısına etki edecek mikroorganizmaların oluşması engellenir.

#### 2.4.2.11. Ölçümü bitirme

Ölçüme başlandıktan tam bir ay sonra cihazın içine böcek ve yaprak gibi dış etkenler girdiyse temizlenmeli ve cihaz genel olarak kontrol edilmelidir. Borular ve huni fırça yardımıyla temizlenmelidir. Toplama şişesinden yaklaşık 0,5 l sıvı, toplama kabına aktarılır. Toplama kabının iç çeperlerine yapışan çökeltiler silecek yardımıyla sıvı faza eklenir. Şişedeki sıvı yetersiz kalıyorsa hacmi bilinen damıtılmış su kullanılabilir. Damıtılmış su kullanılmışsa toplama kabında bulunan su ile aynı şişede toplanmalıdır. İkinci ayın ölçümlerini başlatmak için cihaz tekrar ayarlanır ve işlemler tekrarlanır. İlk ay için alınmış olan numune etiketlenir ve mühürlenir. Bu etikete bölgenin adı, bölgenin özellikleri, numunenin toplanma süresi, cihazın dönüştürme faktörü, toplama kabını temizlemekte kullanılmışsa damıtık su miktarı, çökeltilerin miktarını ve özelliğini etkileyebilecek özellikte dış etkenler varsa bu etkenler yazılmalıdır [16].

### 2.5. Hava Kirliliğinin Genel Çevresel Etkileri

2030 yılına kadar Dünya genelinde hava kirletici emisyonların günümüze oranla beş kat artacağı düşünülmektedir. Türkiye’de hava kirliliği 20. yüzyılın ortalarından sonra nüfusun hızlı artması, kentleşmenin hızlanması ve sanayileşme ile birlikte yakıt ve enerji sarfiyatının artmasıyla önemli bir sorun haline gelmiştir [17]. 1970’li yıllara gelindiğinde Ankara başta olmak üzere büyük şehirlerin hemen hemen hepsinde yüksek oranda kirli hava ile karşı karşıya kalınmış ve özellikle Muğla’da yer alan Yatağan ve Yeniköy termik santralleri hava kirletici etkileriyle kamuoyunda tartışılmıştır. Hava kirliliği; orman yangınları ve volkan patlamaları gibi doğal etkenlerden veya insanların üretim ve yaşamsal faaliyetleri neticesinde meydana gelen, atmosferin doğal dengesini bozan, insan sağlığına, bitkiler ve hayvanlara zarar



veren gazlar veya tanecikler olarak ifade edilmektedir [18]. Yer şekilleri ve iklimsel özelliklere dikkat edilmeden yapılan yanlış kentleşme, uygun olmayan yakma teknikleri, bitki alanlarında görülen azalma, fosil yakıtlı araç sayısında yaşanan artış, atıkların doğaya salınımı hava kirliliğinin artışı hızlandırmıştır [17].

Hava Kirliliği yalnızca kirliliğin kaynağı ve yakın çevresini etkilememektedir. Atmosfere yayılan kirleticiler küresel ölçekte kirliliğe sebep olmaktadır. Dünya genelinde CO<sub>2</sub> artışının sebep olduğu ozon tabakasında delinme ve sera etkisi gibi etkilerin atmosferde önemli oranda iklimsel değişikliklere sebep olmaktadır. Hava kirliliğinden kaynaklanan asit yağmurları ormanlara zarar vermekle birlikte gölleri asidik hale getirerek doğal dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Kirletici parametrelere maruz kalınmasıyla birlikte canlılar ve tarım alanları üzerinde olumsuz etkiler meydana gelmektedir [19].

Dünyada bulunan nüfusun %91'inin kirli havaya maruz kaldığı ve her sene 4.2 milyon insanın bu sebeple hayatını kaybettiği Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından belirlenmiştir [20].

### **2.5.1. Başlıca hava kirleticileri**

Hava kirleticileri atmosfere yayılım çeşitlerine göre birincil ve ikincil kirleticiler olarak iki başlık altında incelenmektedir [21].

#### **2.5.1.1. Birincil (primer) kirleticiler**

Oluştığı noktadan atmosfere doğrudan giden ve herhangi bir başkalaşıma uğramayan kirleticiler birincil kirletici sınıfında yer almaktadır. Bu kirleticiler; Hidrojensülfür (H<sub>2</sub>S), Azot-monoksit (NO), Azotdioksit (NO<sub>2</sub>), Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), Karbonmonoksit (CO), Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve Partikül Madde (PM) olarak sıralanabilir.

### 2.5.1.2. İkincil (sekonder) kirleticiler

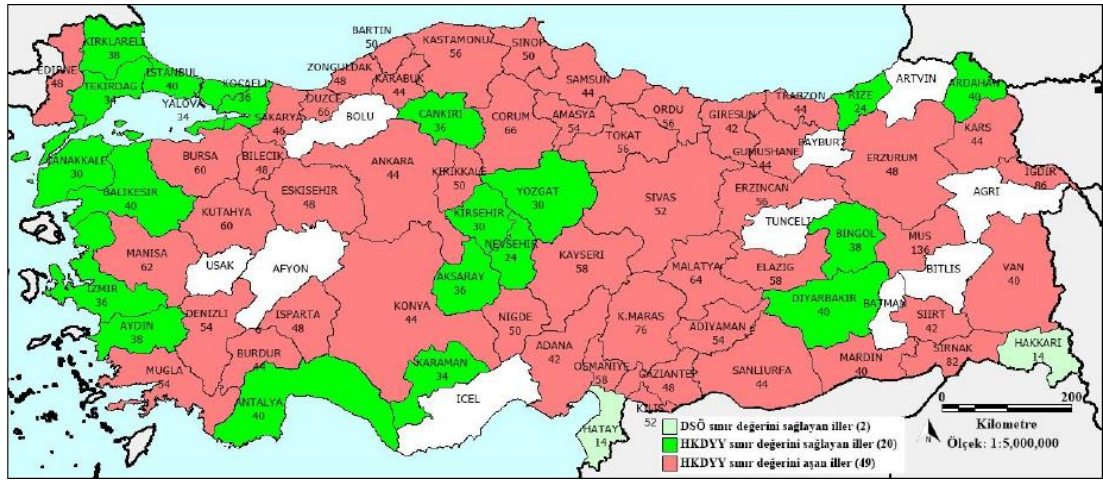
Oluştığı noktadan çıkmasının ardından atmosferde yer alan diğer faktörlerle etkileşime girerek yeni bileşik oluşturan kirleticiler ikincil kirletici sınıfında yer almaktadır. Bu kirleticiler; Sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ), Ozon ( $O_3$ ), Kükürttrioksit ( $SO_3$ ), Peroksi Asetil Nitrat (PAN) Aldehit ve Ketonlar, olarak sıralanabilir. Bun kirleticilerin oluşmasına neden olan NO ve hidrokarbonlar birincil kirletici grubunda yer almaktadır.

### 2.5.2. Partikül madde

Birincil Kirletici sınıfında yer alan Partikül Maddeler ( $PM_{10}$  ve  $PM_{2,5}$ ) solunum yolu ile akciğerlere girme sebebiyle en tehlikeli kirleticilerden bir tanesidir. Tanecik çapı 10  $\mu m$ 'den daha küçük olan partiküller  $PM_{10}$ , tanecik çapı 2.5  $\mu m$ 'den daha küçük olan partiküller ise  $PM_{2,5}$  olarak isimlendirilmektedir [22]. Partikül maddelere maruz kalınması literatürde solunum ve dolaşım sistemi hastalıklarıyla ilişkilendirilmiştir [23]. Güncel araştırma sonuçları partikül madde kirliliğinin solunum ve dolaşım sistemi hastalıklarının yanı sıra daha birçok sağlık sorununa sebep olduğunu göstermiştir. Partikül maddeler insan sağlığına olan olumsuz etkiler dışında zemine çökme ile doğal sistemlerin yapısına karışarak toprağın doğal yapısına olumsuz etkide bulunmaktadır [24]. İnsan ve doğa dışında bakılacak olursa güneş panellerinin üzerine çöken partikül maddeler güneş enerjisi ile elde edilen enerjilerin verimliliğini azaltmaktadır [25]. Söz konusu etkilerin en aza indirgenmesi için partikül madde takip edilerek tedbir alınması gereken durumlarda gerekli müdahaleler yapılmalıdır.

2019 senesinde Avrupa Birliği ile aynı limit değerleri kullanmaya başlayan ülkemizde partikül madde sınır değerleri yıllık  $40 \mu g / m^3$  ve günlük  $50 \mu g / m^3$ 'tür. 2019 yılında yapılan bir araştırmada Türkiye'deki bütün hava kalitesi izleme istasyonları incelenmiş ve 176 istasyondan 71 tanesi yıllık sınır değerlerin altında kalırken 105 tanesinde ise eşik değer üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek değerler Muş, Iğdır ve Kahramanmaraş-Elbistan istasyonlarında görülmüştür. Günlük ölçümlerde ise 176 istasyondan 145'inde sınır değerlerin aşıldığı görülmüştür. Marmara Denizi

etrafında nispeten düşük değerler gözlemlenmiş olup Iğdır ve Muş partikül madde bakımından en yüksek değerler görülen şehirler olarak tespit edilmiştir. 2019'da Türkiye'nin 49 şehri partikül madde bakımından kirli havaya maruz kalmıştır. Şekil 2.2.'de yer alan haritada Hakkâri ve Hatay 2019 yılında Dünya Sağlık Örgütü tarafından tavsiye edilen yıllık ortalama değerinin altında kalmıştır. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) yıllık ortalama PM<sub>10</sub> eşik değerinin altında yer alan 20 şehir tespit edilmiştir [26].



İstanbul'da gerçekleştirilen bir çalışmada günlük Partikül Madde seviyeleri ile genel ölüm oranı arasında bağ olduğu görülmüştür [29]. 0-2 yaş aralığında bulunan çocuklarda hava kirliliğinin artmasına bağlı olarak zatürre, sinüzit, bronşit gibi solunum yolu hastalıklarına bağlı hastane yatış oranında bağ olduğu tespit edilmiştir [30].

Hava kirliliği ile halk arasında saman nezlesi olarak ifade edilen hastalığın incelendiği bir çalışmada, kirliliğin artmasıyla birlikte bu hastalıkta artış olduğu görülmüştür [31].

İzmir'de yapılan bir araştırmada farklı iklimsel bilgilerle PM ve SO<sub>2</sub> seviyeleri ile burundan geçen havaya karşı oluşan burnun değişik bölgelerinde ortaya çıkan anatomik ve fonksiyonel direnç toplamı anlamına gelen nazal rezistans arasında bağ olduğu görülmüştür [32].

İzmit'te yapılan bir çalışmada Partikül Madde oranı ve havadaki nem miktarıyla alakalı astım kaynaklı sağlık kuruluşu başvuru sayılarında yükseliş olduğu tespit edilmiştir [33].

Gaziantep'te yapılan bir araştırmada hava kirliliği oranı ile astım tedavisinde kullanılan ilaçların kullanım oranındaki artış arasında bağ olduğu tespit edilmiştir [34].

Ankara'da gerçekleştirilen bir araştırmada da SO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonlarının artmasıyla astım hastalığına dayalı sağlık kuruluşlarına yapılan başvurular arasında bağ tespit edilmiştir [35].

Denizli'de yapılan bir araştırmada SO<sub>2</sub> ve PM artışına bağlı olarak KOAH rahatsızlığında artış olduğu tespit edilmiştir [36]. Ayrıca kış mevsiminde SO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonlarında artış görüldüğü ve buna bağlı olarak astım atakları sebebiyle sağlık kuruluşlarına başvuru arasında bağ olduğu tespit edilmiştir [37].

#### 2.5.4. Partikül maddenin bitkiler ve toprak üzerine etkileri

Havada bulunan kirleticilerin bitkilerdeki zehirleyici etkisi, hangi kirleticiye ve ne kadar oranda maruz kaldığına, sıcaklık seviyesi, bitki türü gibi bir çok değişkene bağlıdır [38]. Kirliliğe sebep olan kirletici maddeler yaprakların üzerinde birikerek bitkinin solunumuna olumsuz etkide bulunmaktadır [39]. Yapraklarda biriken kirleticiler bitkide klorofil miktarının azalmasına neden olup fotosentez aktivitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Fotosentezin olumsuz etkilenmesi nedeniyle bitkilerde büyüme hızı yavaşlamaktadır [40]. Kirletici emisyonlar aynı zamanda bitkilerde besin kalitesinde düşüş ve verimde azalmaya sebep olmaktadır [41].

Kuzey Amerika'da ve Güney Asya'da yapılan kapsamlı çalışmalara göre, kirletici emisyonların bitkisel ürünlerin veriminde azalmaya sebep olduğu görülmüştür [42,43].

Kirli havaya maruz kalan ağaçların gelişim evrelerinde olumsuz etkiler görülmüş ve kirliliğin hassas türlerde azalmalara yol açtığı tespit edilmiştir [44].

Kirli havanın Avrupa kayını ve Norveç ladini türlerinde kalıtsat farklılıklara yol açtığı görülmüştür. Ayrıca kirli havaya maruz kalan göknar ağacı türünde azalmalar tespit edilmiştir [45].

İzmir'in kuzeyinde yer alan sanayi işletmelerinden kaynaklanan kirletici emisyonlar karaçam ve kızılçam ağaç türlerinin yıl halkalarında azalmaya neden olduğu görülmüştür [46].

Yeniköy termik santrali etrafında yer alan kızılçam ağaçlarının yapraklarında hava kirliliğinden kaynaklı olarak 2-3 yaşlı iğne yaprakların olması gerekenden önce döküldüğü tespit edilmiştir [47].

Linyit kömürüyle faaliyet gösteren bir termik santral etrafında meydana gelen hava kirliliği ise bitkilerde fotosentetik pigmentlerde azalmalara yol açtığı görülmüştür.

Ayrıca *Azadirachta indica* A.Juss isimli ağaçta fotosentez tepkimelerinin en önemli enzimi olan rubisco enziminin büyük oranda bozulmasına neden olduğu görülmüştür [48].

Hava Kirliliğinin bitkiler üzerindeki etkisine partikül madde özelinde bakıldığında, kirli havada içerisinde fazla oranda partikül madde bulunmasının kloroplastlara olan ışık aktarımının ve gaz değişim etkinliğinin azalmasına neden olduğu görülmüştür. Öte yandan, partikül kirliliği tomurcuk patlaması, tozlaşma ve ışık emilimi/yansıması gibi diğer fizyolojik proseslere engel olabilmektedir. Partikül maddelerin bitkilerin patojen enfeksiyonuna karşı hassasiyeti arttırdığı ve genetik yapılarında uzun süreli değişimlere neden olduğu da görülmüştür [49].

Partikül Maddeler bitkilerde su dengesi ve sentez faaliyetlerini bozmakta, gelişim bozukluklarına, verim ve kalitede azalmalara yol açmaktadır. Öte yandan, kalabalık yerleşim bölgeleri ve sanayi alanlarında, havaya yayılan tozlar içerisinde yer alan kurşun gibi çeşitli metaller bitkiler tarafından alınarak kök, gövde ve yapraklarda depolanmaktadır. Bunun sonucunda başta fotosentez olmak üzere pek çok fizyolojik olay olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca, köklerde biriken metaller baklagillerde kök ile rhizobium denilen ve azot depo eden bakterilerin ortak yaşamaları sonucu köklerde meydana gelen yumru şeklindeki yapılar olarak ifade edilen nodülasyonu engellemek suretiyle bağlanan azot miktarında önemli azalmalara neden olmaktadır [50].

Partikül Maddelerin toprak yüzeyine çökmesi ile yine bitkilerin oluşum ve gelişim evrelerini olumsuz olarak etkilemektedir [51].

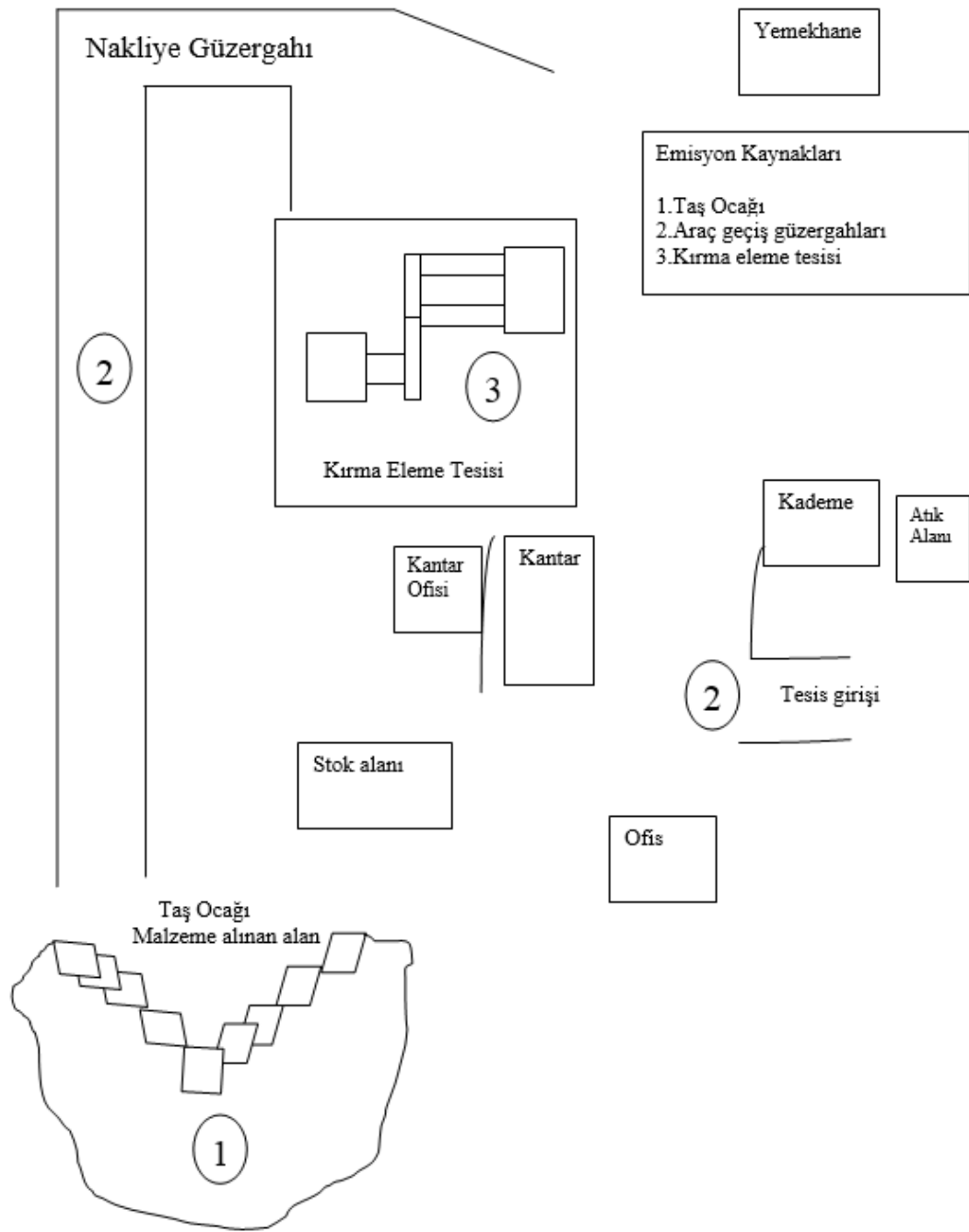
## BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Çalışma Yapılan Alan ve Tesis Hakkında Bilgi

Tez çalışması için Sakarya'nın Ferizli İlçesinde yer alan 997.800 m<sup>2</sup> II-a Grubu Maden işletme ruhsatlı, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünden 200.206 m<sup>2</sup> Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) gerekli değildir görüşü bulunan alan üzerinde Agregatör (Mıdır) ve Taş Tozu imalatı faaliyeti göstermekte olan işletme seçilmiştir. Şekil 3.1.'de Türkiye Haritası üzerinde işletmenin bulunduğu yer gösterilmiştir.



Şekil 3.1. İşletme konumu



Şekil 3.2. Tesis genel yerleşim planı

Şekil 3.2.'de yer alan yerleşim planında 1 numaralı kısımda bulunan ocak alanından patlatma ve kırma işlemleri ile alınan malzeme tesis içi nakliye kamyonları ile 2 numara ile gösterilen tesis içi yol ile 3 numara ile gösterilen kırma eleme tesisine taşınır. Kırma eleme tesisinde istenilen ölçüde kırılan malzeme stok alanına alınır. Müşteri talebi olduğunda kantarda tartılarak satışa hazır hale getirilir ve sevk edilir.



### 3.1.1. Ocak işletmeciliği

Proje kapsamında açık işletme yöntemi uygulanmakta olup; işletme projesine uygun basamak ve kademeler uygulanmaktadır. Ocaktaki basamakların yüksekliği 13 m, genişliği 6 m ve basamak şev açıları  $80^\circ$  olarak uygulanmaktadır. Tablo 3.1.'de ocak sahasında uygulanan basamak parametreleri listelenmiştir.

Tablo 3.1. Ocak sahasında uygulanan basamak parametreleri

Basamak Yüksekliği	13 m
Basamak Genişliği	6 m
Basamak Sayısı	5 adet
Basamak Şev Açısı	$80^\circ$
Genel Şev Açısı	$75^\circ$

Kayacın kazanılması için yüzeyde bulunan malzeme için iş makinalarıyla çalışma yapılmakta, iş makinaların zorlandığı ve yeterli olmadığı yerlerde delici ile delikler delinecek, delikler patlayıcı ile doldurularak gerekli önlemler alındıktan sonra ateşleyici tarafından gevşetme patlatması yapılmaktadır. Patlatmadan sonra gevşeyen malzeme iş makinesi ile yerinden alınmakta olup ile tesis içi kamyonlara doldurularak istenilen boyuta getirilmesi için kırma-eleme tesisine götürülmekte, kalan kısmı ise tüvenan olarak satışa sunulmaktadır. Ocak sahasında poligon sınırlarını belirten tabelalar mevcuttur.

### 3.1.2. Kırma-eleme işlemi

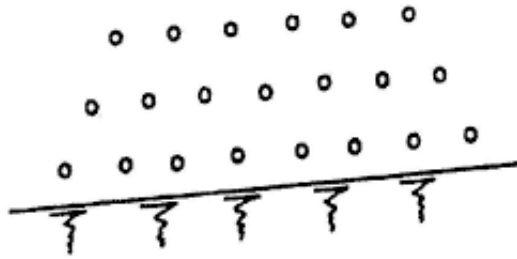
Kırma-eleme işlemine tabi tutulan malzeme, ekskavatör yardımıyla kamyonlara yüklenerek ocak sahası içerisinde bulunan kırma-eleme tesisine getirilmektedir. Kırma-eleme tesisine gelen malzeme ilk olarak bunkere boşaltılmakta, buradan titreşimli besleyici yardımıyla kırıcıya getirilen malzeme kırılmakta ve kırılan malzeme titreşimli elek-elek kombinasyonuna gönderilerek, istenilen çeşitli boyutlarda ayrı ayrı bant altlarında bulunan silolarda toplanmaktadır. Bu şekilde üretilen malzeme sevkiyata hazır hale getirilmektedir.

### 3.1.3. Patlatma işlemi

İşletme üretimlerin ekonomik ve verimli bir şekilde yapılması için patlatmalı kaya kazılarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İşletme ÇED Gerekli Değildir Raporu'na göre aylık 15, yıllık 150 adet patlatma kapasitesi mevcuttur. Bir patlatmada kullanılacak sarf malzemeleri ise; ANFO 1400 kg, dinamit 99 kg'dır. Bir patlatmada delinecek delik sayısı ise 18 adettir. Bir deliğin çapı ise 89 mm'dir.

Proje kapsamında ocak sahasında patlayıcı madde olarak ANFO kullanılmaktadır. ANFO Amonyum Nitrat ve motorin karışımı bir patlayıcıdır. Bünyesinde % 96 amonyum nitrat ve % 4 motorin bulunmaktadır. Bu karışımın her ortamda yapılabilmesi ve maliyetinin düşük olması ANFO'nun tercih edilme nedenidir. Karışımda homojenliğin sağlanması için karışıma bir miktar talaş eklenmekte olup kullanılacak olan ANFO ister patlatmadan hemen önce istenirse daha önce hazırlanarak rutubet geçirmeyen özel kaplarda muhafaza edilmektedir.

Ocak sahasında yapılacak delme-patlatma işlemi rock-drill ile deliklerin açılması, ANFO'nun hazırlanması, sıkılanması ve patlatılması sırasıyla yapılmaktadır. Delikler şeşbeş düzende ve 89 mm genişlikte delinmektedir. Şekil 3.3.'de patlatma işleminde kullanılan ve şeş-beş düzeni olarak adlandırılan delik düzeni yer almaktadır.



Şekil 3.3. Patlatma işleminde kullanılan delik düzeni

### 3.2. Ölçüm Noktaları ve Ölçüm Tarihleri

Tane boyutu 5mm'den büyük maddelerin doldurma, ayırma, eleme, taşıma, kırma, öğütme işlemlerinde çöken toz, tane boyutu 1 mm ile 5 mm arasında ise doldurma, ayırma, eleme, taşıma, kırma, öğütme işlemlerinde PM<sub>10</sub> ve çöken toz ölçümleri yapılmalıdır. Tesiste 4 Nuktada Çöken Toz, 3 Nuktada PM<sub>10</sub> ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tesiste ölçüm yapılan kaynaklar ve ölçülen parametreler Tablo 3.2. ve Tablo 3.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.2. PM<sub>10</sub> ölçüm noktaları ve ölçüm tarihi

Emisyon kaynak no	Ölçüm noktası	Parametre	
		PM 10	Ölçüm Tarihi
1	PM <sub>10</sub> 1.Nokta-Tesis girişi stok alanı	+	29.12.2020
2	PM <sub>10</sub> 2.Nokta-Kantar yanı	+	29.12.2020
3	PM <sub>10</sub> 3.Nokta Bunker alanı	+	29.12.2020

Tablo 3.3. Çöken toz ölçüm noktaları ve ölçüm tarihleri

Emisyon kaynak no	Ölçüm noktası	Parametre	
		Çöken toz	Ölçüm tarihi
1	Tesis İçi 1.Nokta-Kantar yanı	+	29.12.2020-29.01.2021 ve 29.01.2021-28.02.2021
2	Tesis içi 2.Nokta-Bunker alanı	+	29.12.2020-29.01.2021 ve 29.01.2021-28.02.2021
3	Tesis etki alanı 1.Nokta-Tesis girişi	+	29.12.2020-29.01.2021 ve 29.01.2021-28.02.2021
4	Tesis etki alanı 2.Nokta-Stok alanı	+	29.12.2020-29.01.2021 ve 29.01.2021-28.02.2021

### 3.3. Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar ve Metotlar

Ölçümlerde kullanılan cihazlar ve metotlara ait bilgiler Tablo 3.4.'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Çöken toz ölçüm noktaları ve ölçüm tarihleri

Parametreler	Kapsam	Ölçüm Yöntemleri	Metotlar	Ölçüm, numune alma ve analizde kullanılan cihazlar
PM <sub>10</sub>	B/T*	Gravimetrik Metot	EPA 40 CFR PART 50	TECORA / ECHO PM / E1223281
Çöken Toz	B/T*	Gravimetrik Metot	TS 2341	Çöken Toz Aparatları

\*B: Bakanlık yetki belgesi kapsamındaki parametre, T: TÜRKAK yeterlik belgesi kapsamında parametre

### 3.3.1. PM<sub>10</sub> ölçüm yöntem ve metotları

Havada asılı partikül maddelerin (PM<sub>10</sub>) konsantrasyonları belirlenirken Gravimetrik prensip ile örnekleme yapılarak EPA 40 CFR Part 50 standardına uygun olarak ölçümler yapılmıştır. Bu standarda göre, birincil havanın elde edilmesi ve sürdürülmesinin belirlenmesi maksadıyla 24 saatlik bir süre boyunca ortam havasında 10 mikrometreden daha küçük veya eşit bir aerodinamik çapa sahip partikül maddenin kütle konsantrasyonunun ölçülmesi sağlanır. PM<sub>10</sub> boyut aralığındaki maddeler örnekleme süresince filtrede toplanır. Toplanan PM<sub>10</sub> miktarının belirlenebilmesi amacıyla filtreler kullanımdan önce ve sonra tartılır. EPA standardında belirtilen 25 C° sıcaklık ve 101,3 kPa basınç referans koşullarına göre düzeltilmiş numune alınan havanın toplam hacmi, ölçülen akış hızı ve numune alma süresi ile belirlenir. Ortam havasında bulunan PM<sub>10</sub> kütle konsantrasyonu, PM<sub>10</sub> boyut aralığında toplanan partiküllerin toplam kütlesi numune alınan hava hacmine bölünerek hesaplanır ve standart metreküp başına mikrogram ( $\mu\text{g}/\text{std m}^3$ ) olarak ifade edilir [14].

EPA referans koşullarından önemli ölçüde farklı sıcaklıklarda ve basınçlarda toplanan PM<sub>10</sub> numuneleri için, bu düzeltilmiş konsantrasyonlar bazen özellikle yüksek rakımlarda gerçek konsantrasyonlardan (gerçek metreküp başına mikrogram olarak) önemli farklılıklar gösterebilir. Bu gibi durumlarda gerçek PM<sub>10</sub> konsantrasyonu, örnekleme periyodu sırasında ortalama ortam sıcaklığı ve barometrik basınç kullanılarak düzeltilmiş konsantrasyondan hesaplanabilir.

### 3.3.2. PM<sub>10</sub> ölçüm cihazı

Havada asılı partikül madde mertebesinin tespiti ölçümlerinde Şekil 3.4.'te yer alan TECORA marka ISOSTACK G4/12390984P ve Şekil 3.5.'te yer alan ECHO PM/E1223281 model ortamda toz örnekleme cihazı kullanılmıştır. Örnekleme metoduna uygun toz örnekleme cihazı ile numuneler aşağıda sıralanan parçalar kullanılarak örneklenmiş ve gravimetrik olarak tartımla toz konsantrasyonu bulunmuştur.

- Cihazın örnekleme için PM<sub>10</sub> başlığı ve bağlantı ekipmanları
- Debimetre
- Hat üzerinde toz örnekleme filtresi için filtre tutucu kısım
- Filtrelerin sabit tartıma getirilmesi için etüv ve filtreleri nemden korumak için desikatör
- Örneklenen filtrelerin tartımı için hassas terazi



Şekil 3.4. Tecora Isostack G4 cihazı



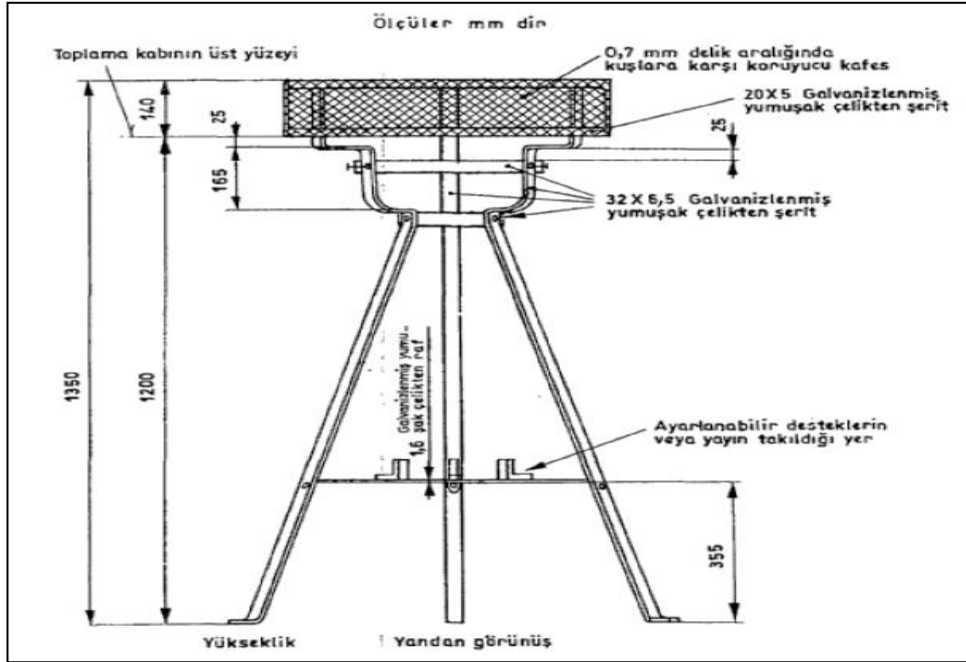
Şekil 3.5. Tecora Isostack G4 cihazı

### 3.3.3. Çöken toz ölçüm yöntem ve metotları

Çöken toz ölçümleri için tesis içinde kantar yanı ve bunker alanı, tesis etki alanında ise tesis girişi ve stok alanı olmak üzere 4 nokta belirlenmiştir. Çöken toz konsantrasyonları belirlenirken gravimetrik metot prensibi ile örnekleme ve TS 2341 standardına uygun ölçüm yapılmıştır.

### 3.3.4. Çöken toz ölçüm cihazı

Şekil 3.6.'da TS2341 standardınca belirlenen çöken toz ölçüm cihazı yer almaktadır. Bu standarda göre düzeneğin yerden yüksekliği 1350 mm, yerden toplama kabının üst yüzeyine kadar olan yükseklik 1200 mm, toplama kabının yüksekliği 165 mm, kuşlara karşı koruyucu kafesin yüksekliği 140 mm, düzeneğin ayak kısmındaki ayarlanabilir desteklerin yerden yüksekliği 355 mm olmalıdır. Toplama kabını sabitleyen şeritler 32x6,5 mm ebatlarında, koruyucu kafesi sabitleyen şerit 20x5 ebadında galvanizlenmiş yumuşak çelikten olmalıdır. Koruyucu kafesin delik aralığı ise 0,7 mm olmalıdır [16].



Şekil 3.6. TS 2341 düzeneği [16]

### 3.4. Hesaplama Formülleri

#### 3.4.1. PM<sub>10</sub> hesaplama formülü

PM<sub>10</sub> ölçüm cihazı ile gravimetrik yöntem kullanılarak her bir ölçüm noktasından üçer adet örnekleme yapılmıştır. Elde edilen gr birimindeki sonuç mg'a çevrilmiştir. Toplanan toz örnekleme filtreleri hassas terazi ile tartılmış ve ortalama 1 m<sup>3</sup> standart hacim içerisindeki mg konsantrasyonu bulunmuştur.

Her bir ölçüm noktasının ortalama mg/Nm<sup>3</sup> değeri için aşağıdaki eşitlik kullanılarak (Denklem 3.1.) hesaplanmıştır.

$$\text{Ortalama mg/m}^2 = \frac{(1.\text{ölçüm ağırlığı (mg)}+2.\text{ölçüm ağırlığı (mg)}+3.\text{ölçüm ağırlığı (mg)})}{3} \quad (3.1)$$

#### 3.4.2. Çöken toz hesaplama formülü

##### 3.4.2.1. Tesis içi

Tesis içinde belirlenen 2 noktada 2 ay boyunca devam eden ölçümlerde ilk ayın sonu ve ikinci ayın sonunda olmak üzere 2 kez numune alımı gerçekleştirilmiştir. Alınan numuneler hassas terazi ile tartılmıştır. TS 2341 Standardı doğrultusunda her kap için Denklem 3.2'deki dönüştürme faktörü (F) bulunmuştur.

$$F = \frac{127,3 \cdot 10^4}{D^2} \quad (3.2)$$

Denkleme göre:

F = Dönüştürme faktörü

D= Çap (mm)

Denklem 3.3'te yer alan formül ile toplanan numunelerdeki çökeltilerin mg cinsinden ağırlığı faktör değeri ile çarpılarak her bir ölçüm noktasındaki bir dönemlik çöken toz konsantrasyonu  $mg/m^2$  cinsinden elde edilmiştir. Denklem 3.4'te ifade edildiği üzere ilk ay ve ikinci ay sonuçları toplanıp ikiye bölünerek her bir nokta için ortalama değerler bulunmuştur.

$$\text{Analiz sonucu (mg)} \times F \text{ faktörü} \frac{1}{m^2} \times \text{ölçüm gün sayısı} = \text{Sonuç (mg/m}^2\text{)} \quad (3.3)$$

$$\text{Ortalama (mg/m}^2\text{)} = \frac{(1.\text{dönem ölçüm sonucu (mg/m}^2\text{)} + 2.\text{dönem ölçüm sonucu (mg/m}^2\text{)})}{2} \quad (3.4)$$

### 3.4.2.2. Tesis dışı

Tesis dışında belirlenen 2 noktada da tesis içindeki noktalarda olduğu gibi 2 ay boyunca devam eden ölçümlerde ilk ayın sonu ve ikinci ayın sonunda olmak üzere 2 kez numune alımı gerçekleştirilmiştir. Alınan numuneler hassas terazi ile tartılarak tesis içinde olduğu gibi hesaplamalar yapılmıştır. Tesis içinden ayrı olarak tesis etki alanında Kısa Vade Değer (KVD) ve Uzun Vade Değer (UVD) hesaplanmıştır.

Her bir ölçüm noktasındaki bir dönemlik Çöken Toz konsantrasyonu Denklem 3.5'teki gibidir.

Çöken Toz Konsantrasyonu =

$$\text{Analiz sonucu (mg)} \times F \text{ faktörü} \left(\frac{1}{m^2}\right) \times \text{Ölçüm Gün Sayısı} = \text{Sonuç} \left(\frac{mg}{m^2}\right) \quad (3.5)$$

Çöken Toz konsantrasyonu ortalama değeri ise Denklem 3.6'da yer alan formül ile hesaplanır.

$$\text{Ortalama değer} = \frac{1.\text{ölçüm dönemi sonucu} \left(\frac{mg}{m^2}\right) + 2.\text{ölçüm dönemi sonucu} \left(\frac{mg}{m^2}\right)}{2} = \text{Sonuç} \left(\frac{mg}{m^2}\right) \quad (3.6)$$

Kısa Vadeli Değer (KVD): Maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm



sonuçlarının %95'ine tekabül eden değeri, çöken tozlar için farklı olarak aşılmaması gereken maksimum aylık ortalama değerlerdir.

Uzun Vadeli Değer (UVD): Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerdir.

### 3.4.3. Emisyon faktörü kullanılarak kütleli debi hesabı

Taş ocağında gerçekleştirilen işlemlerden kaynaklanan toz emisyonu kütleli debisi Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan, Tablo 3.5.'te gösterilen emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır [15].

Tablo 3.5. Toz Emisyonu Kütleli Debi Hesaplamalarında Kullanılacak Emisyon Faktörleri [15]

Kaynaklar	Emisyon Faktörleri kg/ton		
	Kontrolsüz	Kontrollü	
Patlatma	0,080	-	
Sökme	0,025	0,0125	
Yükleme	0,010	0,005	
Boşaltma	0,010	0,005	Kg/ton
Birincil Kırıcı	0,0243	0,0243	
İkincil Kırıcı	0,0585	0,0585	
Üçüncül Kırıcı	0,0585	0,0585	
Nakliye (gidiş-dönüş toplam mesafesi)	0,7	0,35	Kg/km-araç
Depolama	5,8	2,9	Kg toz/ha-gün

Kütleli debiler hesaplanırken tesis kapasitesi üzerinden hesaplama yapılmıştır. Saatlik kütleli debiler yıllık 300 gün ve günlük 8 saat çalışmaya göre tespit edilmiştir.

Saatlik Üretim Miktarı (Denklemler 3.7)'deki formül ile hesaplanmıştır.

$$\frac{\text{Tesis yıllık üretim kapasitesi (ton/yıl)}}{\text{Yıllık çalışma günü (yıl/gün)}} / \text{Günlük çalışma saati (gün/saat)} = \text{Saatlik üretim miktarı (ton/saat)} \quad (3.7)$$

### 3.4.3.1. Kontrollü kütleli debi hesabı

Taşıma sonucu oluşacak toz emisyonu hesaplanması:

Taşıma sonucu oluşacak toz emisyonlarının hesaplanabilmesi için öncelikle (Denklem 3.8) kullanılarak sefer sayısı bulunur.

$$Sefer\ sayısı = \frac{Günlük\ üretim\ miktarı}{Kamyon\ taşıma\ kapasitesi} \quad (3.8)$$

Günlük üretim miktarı = Kapasite raporundaki veri kullanılır (ton/saat).

Kamyon taşıma kapasitesi = Tesiste kullanılan kamyon modeli baz alınır (ton/sefer).

Daha sonra (Denklem 3.9) kullanılarak toplam alınan yol bulunur.

$$Toplam\ alınan\ yol(km/saat) = Sefer\ sayısı \times Sefer\ uzunluğu \quad (3.9)$$

Sefer sayısı = (Denklem 3.8)'den bulunan değer (sefer/saat).

Sefer uzunluğu = Çalışma yapılan sahadaki güzergah baz alınır (km/sefer).

(Denklem 3.10) ile taşıma sonucu oluşacak toz emisyonu bulunur.

$$Taşıma\ sonucu\ oluşacak\ toz\ emisyonu = Toplam\ alınan\ yol \times Nakliye\ emisyon\ faktörü = Sonuç\ (kg/saat) \quad (3.10)$$

Toplam alınan yol= (Denklem 3.9)'dan bulunan değer (km/saat).

Nakliye emisyon faktörü = Tablo 3.5.'ten alınan değer (kg/km-araç).

Yüklemede oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Yüklemede oluşan toz emisyonları (Denklem 3.11) kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned} & \text{Yüklemede oluşan toz emisyonu} = \\ & \text{Yükleme emisyon faktörü} \times \text{Saatlik üretim miktarı} = \text{Sonuç (kg/saat)} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Yükleme emisyon faktörü = Tablo 3.5.'ten alınan değer (kg/ton).

Saatlik üretim miktarı = (Denklem 3.7)'den elde edilen değer (ton/saat).

Boşaltmada oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Boşaltmada oluşan toz emisyonları (Denklem 3.12) kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned} & \text{Boşaltmada oluşan toz emisyonu} = \\ & \text{Boşaltma emisyon faktörü} \times \text{Saatlik üretim miktarı} = \text{Sonuç (kg/saat)} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Boşaltma emisyon faktörü = Tablo 3.5.'ten alınan değer (kg/ton).

Saatlik üretim miktarı = (Denklem 3.7)'den elde edilen değer (ton/saat).

Depolamada oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Depolamada oluşan toz emisyonları (Denklem 3.13) kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned} & \text{Depolamada oluşan toz emisyonu} = \\ & \frac{\text{Depolama emisyon faktörü} \times \text{Depolama alanı}}{\text{Günlük çalışma saati}} = \text{Sonuç (kg/saat)} \end{aligned} \quad (3.13)$$

Depolama emisyon faktörü = Tablo 3.5.'ten alınan değer (kg-toz/ha-gün).

Depolama alanı = Çalışma yapılan tesisteki depolama alanı baz alınır (ha).

Saatlik üretim miktarı = (Denklem 3.7)'den elde edilen değer (ton/saat).

Birincil kırıcı sonucunda oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Birincil kırıcıdan oluşan toz emisyonları (Denklem 3.14) kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned}
& \text{Birincil kırıcıda oluşan toz emisyonu} = \\
& \text{Birincil kırıcı emisyon faktörü} \times \text{Saatlik üretim miktarı} \times \text{Kırıcı sayısı} = \\
& \text{Sonuç (kg/saat)} \tag{3.14}
\end{aligned}$$

Birincil kırıcı emisyon faktörü = Tablo 3.5.'ten alınan değer (kg/ton).  
 Saatlik üretim miktarı = (Denklem 3.7)'den elde edilen değer (ton/saat).  
 Kırıcı sayısı = Çalışma yapılan tesisteki kırıcı sayısı baz alınır (adet).

İkincil kırıcı sonucunda oluşan toz emisyonu hesaplanması:

İkincil kırıcıdan oluşan toz emisyonları (Denklem 3.15) kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned}
& \text{İkincil kırıcıda oluşan toz emisyonu} = \\
& \text{İkincil kırıcı emisyon faktörü} \times \text{Saatlik üretim miktarı} \times \text{Kırıcı sayısı} = \\
& \text{Sonuç (kg/saat)} \tag{3.15}
\end{aligned}$$

İkincil kırıcı emisyon faktörü = Tablo 3.5.'ten alınan değer (kg/ton).  
 Saatlik üretim miktarı = (Denklem 3.7)'den elde edilen değer (ton/saat).  
 Kırıcı sayısı = Çalışma yapılan tesisteki kırıcı sayısı baz alınır (adet).

Üçüncül kırıcı sonucunda oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Üçüncül kırıcıdan oluşan toz emisyonları (Denklem 3.16) kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned}
& \text{Üçüncül kırıcıda oluşan toz emisyonu} = \\
& \text{Üçüncül kırıcı emisyon faktörü} \times \text{Saatlik üretim miktarı} \times \text{Kırıcı sayısı} = \\
& \text{Sonuç (kg/saat)} \tag{3.16}
\end{aligned}$$

Üçüncül kırıcı emisyon faktörü = Tablo 3.5.'ten alınan değer (kg/ton).  
 Saatlik üretim miktarı = (Denklem 3.7)'den elde edilen değer (ton/saat).  
 Kırıcı sayısı = Çalışma yapılan tesisteki kırıcı sayısı baz alınır (adet).

Sökmede oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Sökme faaliyetinden oluşan toz emisyonları (Denklem 3.17) kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned} & \text{Sökmeden oluşan toz emisyonu} = \\ & \text{Sökme emisyon faktörü} \times \text{Saatlik üretim miktarı} = \text{Sonuç (kg/saat)} \end{aligned} \quad (3.17)$$

Sökme emisyon faktörü = Tablo 3.5.'ten alınan değer (kg/ton).

Saatlik üretim miktarı = (Denklem 3.7)'den elde edilen değer (ton/saat).

**Kontrolsüz Kütleli Debi Hesabı**

Kontrolsüz kütleli debi (Denklem 3.18) kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned} & \text{Kontrolsüz kütleli debi} = \text{Patlatma emisyon faktörü} \times \text{Saatlik üretim miktarı} = \\ & \text{Sonuç (kg/saat)} \end{aligned} \quad (3.18)$$

Patlatma emisyon faktörü = Tablo 3.5.'ten alınan değer (kg/ton).

Saatlik üretim miktarı = (Denklem 3.7)'den elde edilen değer (ton/saat).

### **3.4.3.2. Toplam kütleli debi hesabı**

Kontrollü ve kontrolsüz kütleli debilerin hesaplanmasının ardından (Denklem 3.19)'da verilen formül ile toplam kütleli debi bulunur.

$$\begin{aligned} & \text{Toplam kütleli debi} = \text{Kontrollü Kütleli Debiler Toplamı} + \\ & \text{Kontrolsüz Kütleli Debi} = \text{Sonuç (kg/saat)} \end{aligned} \quad (3.19)$$

### 3.5. Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi

#### 3.5.1. AERMOD modeli

AERMOD Amerikan Meteoroloji Derneği (AMS) ve Amerikan Çevre Koruma Örgütü (EPA) tarafından geliştirilen ve “Amerikan Meteoroloji Derneği/Amerikan Çevre Koruma Örgütü Düzenleyici Modeli” (AMS/EPA Regulatory Model) isminin kısaltması olarak ifade edilen bir gauss dispersiyon modelidir. EPA tarafından çevre izin çalışmalarında bu model önerilmektedir. Doğrusal, kararlı hal hüzme modeli olan AERMOD çok sayıda noktasal, hacimsel ve alansal kaynakları düz ve engebeli arazide modelleme özelliğine sahiptir. AERMOD 50 km’ye kadar olan mesafelerde kirletici konsantrasyonları hesaplayabilmektedir [52].

AERMOD meteorolojik verilerin işlenmesi amacıyla AERMET adındaki meteorolojik önışlemciyi kullanır. Rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık, basınç ve bulutluluk oranı gibi saatlik meteorolojik verileri ve yüzey özelliklerini kullanan AERMET önışlemcisi gezegen sınır katmanı parametreleri olan sürtünme hızı, Monin-Ubukhov uzunluğu, konvektif hız ölçeği, sıcaklık ölçeği, karışım yüksekliği ve yüzey ısı akısı gibi parametreleri hesaplar. Arazi topografik yapısı ile ilgili veriler ise AERMAP adındaki topografya önışlemcisi kullanılarak hesaplanmaktadır [53].

(Denklem 3.20)’de AERMOD modelinin, engebeli bir arazi için stabil ve konvektif durumlarda konsantrasyon hesabı için kullandığı formül yer almaktadır. Yatay hüzmeden kaynaklanan konsantrasyon ve araziden yansımadan kaynaklanan konsantrasyonun toplamı, toplam konsantrasyona eşittir. Şekil 3.7.’de toplam konsantrasyon hesaplamada kullanılan yükseklikler gösterilmiştir [54,55].

$$CT \{xr, yr, zr, \} = fxCc, s \{xr, yr, zr, \} + (1 - f) \{xr, yr, zp, \} \quad (3.20)$$

$CT \{xr, yr, zr, \}$ : Toplam konsantrasyon ( $g/m^3$ )

$Cc, s \{xr, yr, zr, \}$ : Yatay hüzmeden kaynaklanan konsantrasyon ( $g/m^3$ )

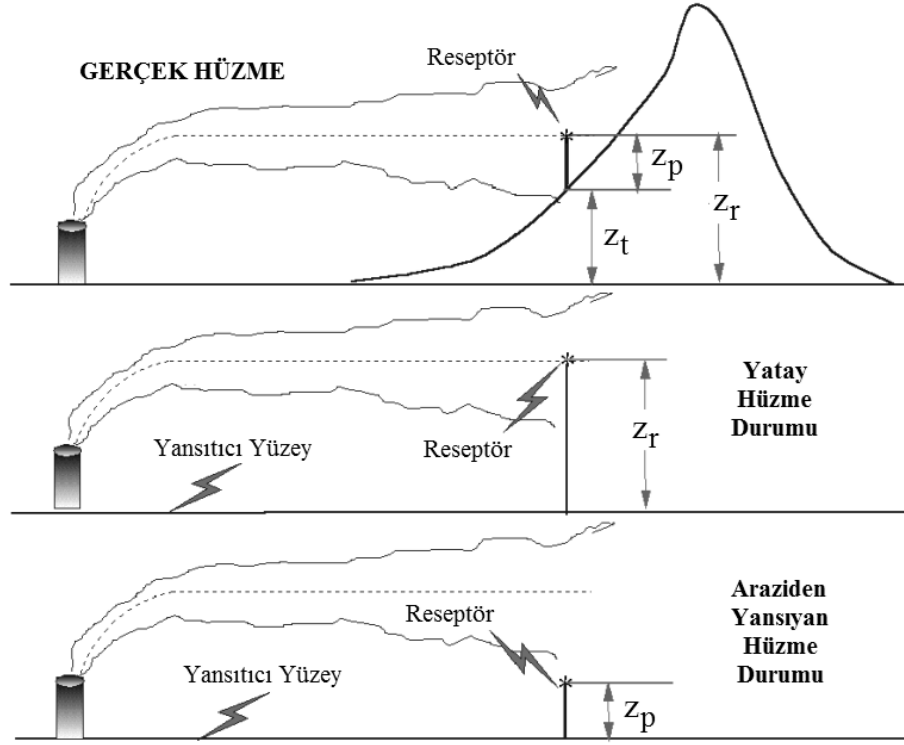
$Cc, s \{xr, yr, zp, \}$ : Araziden yansımadan kaynaklanan konsantrasyon ( $g/m^3$ )

f: Hüzme ağırlık fonksiyonu

$z_r$ : Hüzme merkez çizgisi yüksekliği (m)

$z_t$ : Reseptör noktasındaki arazinin yüksekliği (m)

$z_p$ : Reseptörün yüksekliği (m)'dir.



Şekil 3.7. AERMOD modelinde kullanılan yükseklikler [55]

Denklem (3.20)'deki alt indisler "c" ve "s" konvektif ve stabil şartları ifade etmektedir. Reseptör noktasının yüksekliği, hüzme merkez çizgisinin yüksekliği ile reseptör noktasındaki arazinin yükseklikleri arasındaki farka eşittir. Düz arazide ise arazi yüksekliği ( $z_t$ ) sıfır olacağı için konsantrasyon yalnızca yataydaki hüzmeden kaynaklanacaktır [55].

### 3.5.2. Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışmasında kullanılan yöntem

Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması ile tesisten kaynaklanan kirlenici emisyonların etki alanı içerisinde, mevcut meteoroloji koşullar altında ne şekilde yayılacağı, bu yayılma sonucunda söz konusu kirlenicilerin neden olacağı muhtemel

yer seviyesi çökelmeleri incelenmiştir. Yayılım hesapları AERMOD modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Emisyon kaynaklarının yüzey dağılımı  $0,04 \text{ km}^2$ 'den büyük olduğu durumlarda tesis etki alanı bir kenar uzunluğu 2 km olan kare şeklindeki alan olarak belirlenir [15]. Bu alan bir kenarı 100 m olan kareler halinde alıcı ortam elemanlarına ayrılır. Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması ile kirletici emisyonları için her bir alıcı ortam elemanının köşe noktalarında oluşan yer seviyesi konsantrasyonları (YSK), bir yıllık modelleme süresi için günlük ve yıllık olarak hesaplanmıştır.

Model zamanla farklılık gösteren gerçek zaman verilerini baz alarak günlük ve yıllık yer seviyesi konsantrasyonları değerlerini tahmin edebilen en gelişmiş bilgisayar modellerinden bir tanesidir.

AERMOD modeli, kullanıcı tarafından tanımlanan bir ağ sisteminde çalışmakta olup hesaplar ağ sistemini oluşturan her bir alıcı ortam elemanının köşe noktaları için yapılmaktadır. AERMOD modelinin kullanıldığı ağ sistemi, polar veya kartezyen olarak tanımlanabilmekte, ayrıca ağ sistemi dışında da ayırık alıcı noktalar belirlenerek bu noktalarda daha detaylı hesaplar yapılabilmektedir.

Yayılım hesaplarında Pasquill kararlılık sınıfı kullanılmaktadır. Modelde ayrıca engebeli yapıdaki araziye göz önüne almak için bir seçenek bulunmaktadır. AERMOD modeli aşağıdaki dört değişik veri türünü kullanmaktadır:

- Rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, sıcaklık, Pasquill kararlılık sınıfı, kullanıcının seçimine bağlı olarak karışma yüksekliği, rüzgâr profili eksponenti ile potansiyel dikey sıcaklık farkını kapsayan saatlik meteorolojik veri seti,
- Alıcı ortam olarak tanımlanan ağ sistemindeki her bir elemanın koordinatları ve yüksekliği,
- Kullanıcı tarafından tespit edilen bir başlangıç noktasına göre belirlenen kaynak koordinatları, kaynak yüksekliği, çap, kirletici hızı, sıcaklığı ve debisini kapsayan kaynak verileri,



- AERMOD'da ayrıca kullanıcının seçimine bağlı birçok kontrol parametresi bulunmaktadır.

AERMOD çıktıları, etki alanının tamamı için dağılım haritaları hazırlanmasına imkan sağlayacak yapıdadır. Böylece yörenin hava kalitesini değişik arıtma koşulları, farklı kirletici kaynaklar veya değişen mevsim şartları gibi değişik senaryolar altında değerlendirmek mümkün olmaktadır. Gaz ve toz formdaki kirleticilerin ortam havasındaki konsantrasyonlarının matematiksel hesaplamalar yoluyla tahin edilmesini sağlayan hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır:

- Kaynaklara ait dağılım bölgesi belirlenir.
- Bu dağılım bölgesi 100 m x 100 m ebadında karelere ayrılır. Enlem, boylam ve yükseklik bilgileri temin edilir. Karelerin köşe noktaları, tepe noktalarıdır.
- Kirletici kaynaklara ait bilgiler belirlenir.
- Temsili bir yıla ait saatlik meteoroloji verileri temin edilir.

Bu işlemlerin aktarılması sonrasında AERMOD'un çalıştırılması ile birlikte kirleticilerin ortam havasındaki saatlik, günlük ve yıllık yer seviyesi konsantrasyon değerleri tahmin edilebilmektedir.

### **3.5.3. Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışmasında kullanılan alıcı ortam sistemi**

Bir önceki başlık altında da belirtildiği gibi AERMOD modeli için bir çalışma alanının tanımlanması ve bu alanın alıcı ortam elemanlarına ayrılması gerekmektedir. Bu çalışma için alıcı ortam olarak tanımlanan dörtgen alan, tesis merkezde yer almak üzere seçilmiştir. Ağ sistemi, Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönünde 2 km x 2 km'lik bir alan içerisinde 100 m x 100 m'lik 441 adet alıcı ortam noktasını kapsamaktadır.

#### **3.5.4. Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışmasında kullanılan meteorolojik veri seti**

Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışmasında ihtiyaç duyulan uzun dönemli meteorolojik veriler, yörede mevcut bulunan meteoroloji istasyonlarından sağlanmaktadır. Bu çalışmada gerekli saatlik meteorolojik veri setleri proje yerine en yakın istasyon olan Sakaya Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilmiştir ve bu istasyona ait meteoroloji veriler hava kalitesi dağılım çalışmasında kullanılmıştır.

AERMOD modeli için saatlik yüzey istasyonu verileri ve radiosonde cihazı denilen ve balonla birlikte serbest atmosfere gönderilen ölçüm aletleri ile ölçüm yapan ravinsonde tipi istasyonlarda ölçülen meteorolojik sondaj verisi gerekmektedir. Sondaj verileri ise Türkiye'de 8 adet bulunan ravinsonde istasyonlarından proje yerine en yakın olan İstanbul Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilmiştir [56].

## BÖLÜM 4. ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR

### 4.1. Ölçüm Günü ve Meteorolojik Veriler

Ortamda Toz Ölçümleme cihazı ile öncelikle ortamdaki meteorolojik veriler tespit edilmiştir. Tablo 4.1.'de ölçümlere başlanan gündeki meteorolojik veriler yer almaktadır. Hâkim rüzgar yönünün kuzeybatı yönü olduğu, basıncın 1000,4 mmBar, sıcaklığın 16 C°, nem oranının %51 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.1. Meteorolojik Veriler

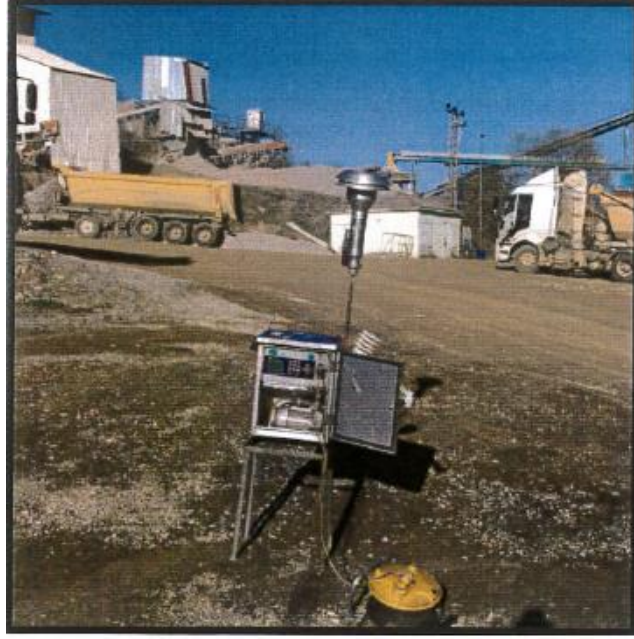
Tarih	Rüzgâr yönü	Basıncı (mmBar)	Sıcaklık (°C)	Nem (%)
29.12.2020	Kuzeybatı	1000,4	16	51

### 4.2. PM<sub>10</sub> Ölçümleri

Tesis girişi stok alanı, kantar yanı ve bunker alanı olmak üzere 3 noktaya PM ölçüm cihazları yerleştirilmiştir.

#### 4.2.1. 1. nokta: tesis girişi stok alanı

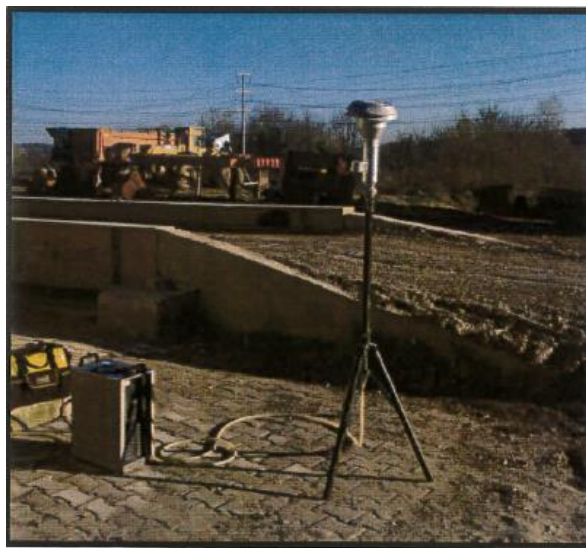
Kamyon ve tırların tesise giriş çıkış yaptığı tesis girişi ile bu kısımda yer alan stok alanının kesişim noktasına Şekil 4.1.'de yer alan ölçüm cihazı kurulmuştur.



Şekil 4.1. Tesis girişi stok alanına yerleştirilen cihaz

#### 4.2.2. 2. nokta: kantar yanı

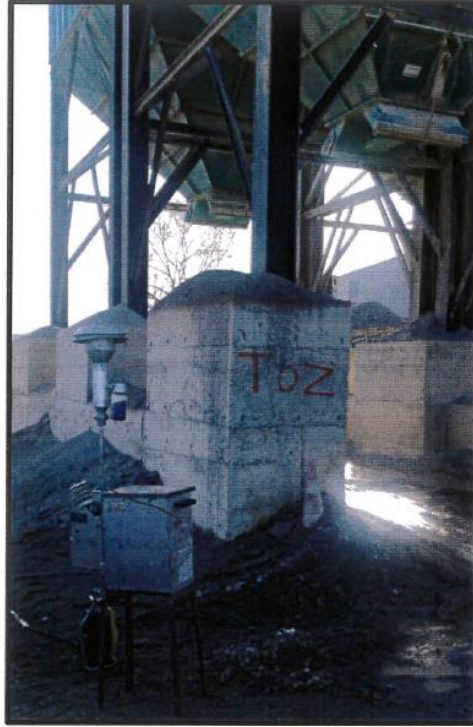
Satışa hazır ürünlerin kamyon ve tırlara yüklenmesinin ardından satış miktarının belirlenmesi amacıyla araçlar tesiste bulunan kantarda tartılmaktadır. Kantar alanında araç yoğunluğundan dolayı tozuma oluşmaktadır. Bu sebeple ikinci nokta olarak kantar yanı belirlenmiş ve Şekil 4.2.'de yer alan ölçüm cihazı kurulmuştur.



Şekil 4.2. Kantar yanına yerleştirilen cihaz

### 4.2.3. 3. nokta: bunker alanı

Kırma-eleme tesisinde kırılan taşlar bunkerlere alınarak araçlara buradan yükleme yapılmaktadır. Bunker alanında yükleme esnasında tozuma oluşmaktadır. Bu sebeple bu nokta da 3. ölçüm noktası olarak belirlenerek Şekil 4.3.'te yer alan ölçüm cihazı kurulmuştur.



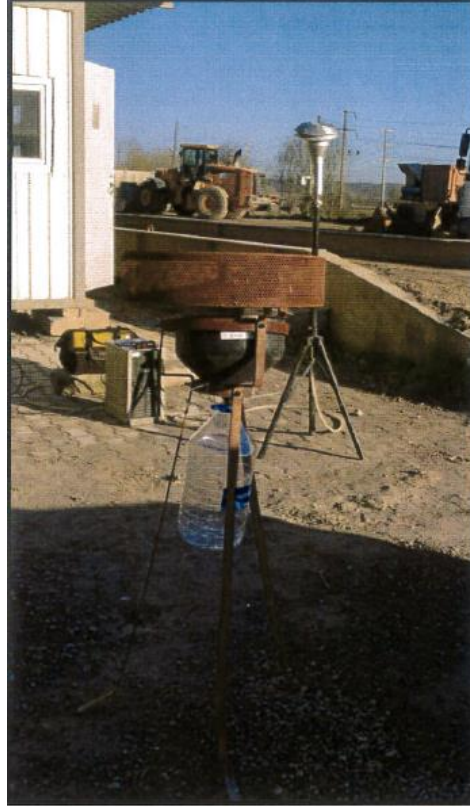
Şekil 4.3. Bunker alanına yerleştirilen cihaz

### 4.3. Çöken Toz Ölçümleri

Çöken Toz ölçümleri için tesis içinde kantar yanı ve bunker alanı, tesis etki alanında ise tesis girişi ve stok alanı olmak üzere 4 noktaya çöken toz ölçüm cihazı kurulmuştur. Birinci ay sonunda cihazlardan ölçüm örnekleri alınmış ve ikinci ay ölçümleri başlatılmıştır. İkinci ay ölçümleri sonunda tekrar ölçüm örnekleri alınmış ve ölçümler tamamlanmıştır.

#### 4.3.1. Tesis içi 1. nokta: kantar yanı

Kantar alanında araç yoğunluğundan dolayı tozuma oluşması sebebi ile  $PM_{10}$  ölçüm cihazı kurulan noktaya Şekil 4.4.'te yer alan çöken toz ölçüm cihazı da kurulmuştur.



Şekil 4.4. Kantar yanına kurulan çöken toz cihazı

#### 4.3.2. Tesis içi 2. nokta bunker alanı

Bunker alanında yükleme esnasında tozuma oluşması sebebiyle  $PM_{10}$  ölçüm cihazı kurulan noktaya Şekil 4.5.'te yer alan çöken toz ölçüm cihazı da kurulmuştur.



Şekil 4.5. Bunker alanına kurulan ölçüm cihazı

#### 4.3.3. Tesis etki alanı 1. nokta: tesis girişi

Kamyon ve tırların tesise giriş çıkış yaptığı tesis girişinde emisyon oluşması sebebi ile Şekil 4.6.'da yer alan çöken toz ölçüm cihazı yerleştirilmiştir.



Şekil 4.6. Tesis girişine kurulan ölçüm cihazı

#### 4.3.4. Tesis etki alanı 2. nokta: stok alanı

Malzeme boşaltma ve yükleme esnasında emisyon oluşması sebebi ile stok alanına Şekil 4.7.'de yer alan çöken toz ölçüm cihazı yerleştirilmiştir.



Şekil 4.7. Stok alanına kurulan çöken toz ölçüm cihazı

#### 4.4. PM<sub>10</sub> Hesaplamaları

PM<sub>10</sub> ölçüm cihazı ile gravimetrik yöntem kullanılarak her bir ölçüm noktasından üçer adet örnekleme yapılmıştır. Cihazdan çıkarılan filtreler hassas terazi ile tartılmıştır.

##### 4.4.1. 1. nokta: tesis girişi stok alanı

Tablo 4.2. Tesis girişi stok alanı PM<sub>10</sub> tartım sonuçları

Ortam Toz 1.Ölçüm		Ortam Toz 2.Ölçüm		Ortam Toz 3.Ölçüm	
Çekilen Standart Hacim (m <sup>3</sup> )	1,00	Çekilen Standart Hacim (m <sup>3</sup> )	1,00	Çekilen Standart Hacim (m <sup>3</sup> )	1,00
Filtre Tartım Sonucu (gr)	0,00129	Filtre Tartım Sonucu (gr)	0,00108	Filtre Tartım Sonucu (gr)	0,00116
Filtre Tartım Sonucu (mg)	1,29	Filtre Tartım Sonucu (mg)	1,08	Filtre Tartım Sonucu (mg)	1,16



Tablo 4.2.'de 1.Nokta olan Tesis Girişi Stok Alanındaki ölçümlere ait tartım sonuçları yer almaktadır. Elde edilen gr birimindeki sonuç mg'a çevrilmiştir. Toplanan toz örnekleme filtreleri hassas terazi ile tartılmış ve ortalama 1 m<sup>3</sup> standart hacim içerisindeki mg konsantrasyonu bulunmuştur.

Yapılan üç ölçümün ortalama değeri (Denklem 4.1)'de hesaplanmıştır.

$$\frac{1.\text{ölçüm}+2.\text{ölçüm}+3.\text{ölçüm}}{3} = \text{Ortalama Değer}$$

$$\frac{1,29 \text{ mg/m}^3 + 1,08 \text{ mg/m}^3 + 1,16 \text{ mg/m}^3}{3} = 1,18 \text{ mg/Nm}^3 \quad (4.1)$$

#### 4.4.2. 2. nokta: kantar yanı

Tablo 4.3. Kantar yanı PM10 tartım sonuçları

Ortam Toz 1.Ölçüm		Ortam Toz 2.Ölçüm		Ortam Toz 3.Ölçüm	
Çekilen Standart Hacim (m <sup>3</sup> )	1,00	Çekilen Standart Hacim (m <sup>3</sup> )	1,00	Çekilen Standart Hacim (m <sup>3</sup> )	1,00
Filtre Tartım Sonucu (gr)	0,00096	Filtre Tartım Sonucu (gr)	0,00089	Filtre Tartım Sonucu (gr)	0,00091
Filtre Tartım Sonucu (mg)	0,96	Filtre Tartım Sonucu (mg)	0,89	Filtre Tartım Sonucu (mg)	0,91

Tablo 4.3.'te 2.Nokta olan Kantar Yanındaki ölçümlere ait tartım sonuçları yer almaktadır. Elde edilen gr birimindeki sonuç mg'a çevrilmiştir. Toplanan toz örnekleme filtreleri hassas terazi ile tartılmış ve ortalama 1 m<sup>3</sup> standart hacim içerisindeki mg konsantrasyonu bulunmuştur.

Yapılan üç ölçümün ortalama değeri (Denklem 4.2)'de hesaplanmıştır.

$$\frac{1.\text{ölçüm}+2.\text{ölçüm}+3.\text{ölçüm}}{3} = \text{Ortalama Değer}$$

$$\frac{0,96 \text{ mg/m}^3 + 0,89 \text{ mg/m}^3 + 0,91 \text{ mg/m}^3}{3} = 0,92 \text{ mg/Nm}^3 \quad (4.2)$$

#### 4.4.3. 3. nokta: bunker alanı

Tablo 4.4. Bunker alanı PM<sub>10</sub> tartım sonuçları

Ortam Toz 1.Ölçüm		Ortam Toz 2.Ölçüm		Ortam Toz 3.Ölçüm	
Çekilen Standart Hacim (m <sup>3</sup> )	1,00	Çekilen Standart Hacim (m <sup>3</sup> )	1,00	Çekilen Standart Hacim (m <sup>3</sup> )	1,00
Filtre Tartım Sonucu (gr)	0,00132	Filtre Tartım Sonucu (gr)	0,00116	Filtre Tartım Sonucu (gr)	0,00121
Filtre Tartım Sonucu (mg)	1,32	Filtre Tartım Sonucu (mg)	1,16	Filtre Tartım Sonucu (mg)	1,21

Tablo 4.4.'te 3.Nokta olan Bunker Alanındaki ölçümlere ait tartım sonuçları yer almaktadır. Elde edilen gr birimindeki sonuç mg'a çevrilmiştir. Toplanan toz örnekleme filtreleri hassas terazi ile tartılmış ve ortalama 1 m<sup>3</sup> standart hacim içerisindeki mg konsantrasyonu bulunmuştur.

Yapılan üç ölçümün ortalama mg/Nm<sup>3</sup> (Denklem 4.3)'te hesaplanmıştır.

$$\frac{1.\text{ölçüm}+2.\text{ölçüm}+3.\text{ölçüm}}{3} = \text{Ortalama Değer}$$

$$\frac{1,32 \text{ mg/m}^3 + 1,16 \text{ mg/m}^3 + 1,21 \text{ mg/m}^3}{3} = 1,23 \text{ mg/Nm}^3 \quad (4.3)$$

Tablo 4.5. PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçları ve SKHKKY sınır değerleri

Ünite	Koordinatlar	Ölçümler Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )			Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Sınır Değer (mg/Nm <sup>3</sup> )*
		1	2	3		
PM10 1.Nokta – Tesis Girişi Stok Alanı	40.96395 30.497988	1,29	1,08	1,16	1,18	3
PM10 2.Nokta-Kantar Yanı	40.963945	0,96	0,89	0,91	0,92	3
PM10 3.Nokta-Bunker Alanı	40.964471 30.498206	1,32	1,16	1,21	1,23	3

\*SKHKKY PM<sub>10</sub> sınır değerleri [15]

Tablo 4.5.'te her bir ölçüm noktasında yapılan üçer örnekleme değeri ve bu değerlerin ortalaması yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm değerlerin sınır değerinin altında olduğu görülmüştür.

## 4.5. Çöken Toz Hesaplamaları

### 4.5.1. Tesis içi

Tesis içinde belirlenen 2 noktada 2 ay boyunca devam eden ölçümlerde ilk ayın sonu ve ikinci ayın sonunda olmak üzere 2 kez numune alımı gerçekleştirilmiştir. Alınan numuneler hassas terazi ile tartılmıştır. TS 2341 Standardı doğrultusunda her kap için (Denklem 3.1)'de verilen formül kullanılarak dönüştürme faktörü (f) bulunmuştur [16].

Toplanan numunelerdeki çökeltilerin mg cinsinden ağırlığı faktör değeri ile çarpılarak  $\text{mg}/\text{m}^2$  cinsinden çöken toz konsantrasyonu elde edilmiştir. İlk ay ve ikinci ay sonuçları toplanıp ikiye bölünerek her bir nokta için ortalama değerler bulunmuştur.

#### 4.5.1.1. Tesis içi 1. nokta kantar yanı

Tablo 4.6. Tesis içi 1.nokta çöken toz analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı

Nokta adı	Analiz Sonucu (mg)	f faktörü ( $1/\text{m}^2$ )	Ölçüm gün sayısı
Tesis içi	478,62	13,412	30
1.nokta	394,79	13,412	30

Tablo 4.6.'da Tesis İçi 1. Nokta analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı verilmiştir. Tablo 4.6.'da yer alan veriler ile (Denklem 4.4) ve (Denklem 4.5)'te 1. ay ve 2. ay sonuçları hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar (Denklem 4.6)'da toplanıp ikiye bölünerek ortalama değer bulunmuştur.

1. Ay hesabı

$$\frac{478,62 \text{ mg} \times 13,412 \text{ } 1/\text{m}^2}{30} = 214 \text{ mg}/\text{m}^2 - \text{gün} \quad (4.4)$$

2.Ay hesabı

$$\frac{394,79 \text{ mg} \times 13,412 \text{ } 1/\text{m}^2}{30} = 176 \text{ mg}/\text{m}^2 - \text{gün} \quad (4.5)$$

Ortalama değer hesabı;

$$\frac{214 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} + 176 \text{ mg/m}^2 - \text{gün}}{2} = 195 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} \quad (4.6)$$

#### 4.5.1.2. Tesis içi 2. nokta bunker alanı

Tablo 4.7. Tesis içi 2.nokta çöken toz analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı

Nokta adı		Analiz Sonucu (mg)	f faktörü (1/m <sup>2</sup> )	Ölçüm gün sayısı
Tesis içi	1.ay	436,27	13,383	30
2.nokta	2.ay	401,12	13,383	30

Tablo 4.7.'de Tesis İçi 2.Nokta analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı verilmiştir. Tablo 4.7.'de yer alan veriler ile (Denklem 4.7) ve (Denklem 4.8)'te 1.ay ve 2.ay sonuçları hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar (Denklem 4.9)'da toplanıp ikiye bölünerek ortalama değer bulunmuştur.

##### 1. Ay Hesabı

$$\frac{436,27 \text{ mg} \times 13,383 \text{ 1/m}^2}{30} = 195 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} \quad (4.7)$$

##### 2. Ay Hesabı

$$\frac{401,12 \text{ mg} \times 13,383 \text{ 1/m}^2}{30} = 179 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} \quad (4.8)$$

Ortalama değer hesabı ;

$$\frac{195 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} + 179 \text{ mg/m}^2 - \text{gün}}{2} = 187 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} \quad (4.9)$$

Tablo 4.8. Tesis içi çöken toz ölçüm sonuçları ve SKHKKY sınır değerleri

Nokta adı	Koordinatlar		Ölçüm sonuçları (mg/m <sup>2</sup> -gün)		Ortalama (mg/m <sup>2</sup> - gün)	Sınır değer (mg/m <sup>2</sup> - gün) *
	X	Y	1.Dönem	2.Dönem		
Tesis içi 1.nokta kantar yanı	40.9638	30.498155	214	176	195	450
Tesis içi 2.nokta bunker alanı	40.96426 5	30.497815	195	179	187	450

\*SKHKKY çöken toz sınır değerleri [15]

Tablo 4.8.'de çöken toz ölçümü yapılan koordinatlar, ölçüm sonuçları ve ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri verilmiş olup yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ölçülen değerlerin sınır değerler altında kaldığı görülmüştür.

#### 4.5.2. Tesis etki alanı

##### 4.5.2.1. Tesis etki alanı 1. nokta tesis girişi

Tablo 4.9. Tesis etki alanı 1.nokta çöken toz analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı

Nokta adı		Analiz Sonucu (mg)	f faktörü (1/m <sup>2</sup> )	Ölçüm gün sayısı
Tesis etki alanı 1.nokta	1.ay	305,55	13,2895	30
	2.ay	285,64	13,2895	30

Tablo 4.9.'da Tesis Etki Alanı 1.Nokta analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı verilmiştir. Tablo 4.9.'da yer alan veriler ile (Denklem 4.11) ve (Denklem 4.12)'de 1. ay ve 2. ay sonuçları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile (Denklem 4.13)'te Uzun Vadeli Değer bulunmuştur.

1. Ay Hesabı:

$$\frac{305,55 \text{ mg} \times 13,2895 \text{ 1/m}^2}{30} = 134,02 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} \quad (4.11)$$

2. Ay Hesabı:

$$\frac{285,64 \text{ mg} \times 13,2895 \text{ 1/m}^2}{30} = 126,53 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} \quad (4.12)$$

Kısa vadeli değer:

En yüksek aylık değer = 134 mg/m<sup>2</sup>-gün

Uzun vadeli değer hesabı:

$$\frac{134 \text{ mg/m}^2 \text{ -gün} + 126,53 \text{ mg/m}^2 \text{ -gün}}{2} = 130,28 \text{ mg/m}^2 \text{ - gün} \quad (4.13)$$

#### 4.5.2.2. Tesis etki alanı 2.nokta stok alanı

Tablo 4.10. Tesis etki alanı 2.nokta çöken toz analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı

Nokta adı		Analiz Sonucu (mg)	f faktörü (1/m <sup>2</sup> )	Ölçüm gün sayısı
Tesis etki alanı 2.nokta	1.ay	347,88	13,412	30
	2.ay	252,73	13,2004	30

Tablo 4.10.'da Tesis Etki Alanı 2.Nokta analiz sonuçları, faktör değerleri ve ölçüm gün sayısı verilmiştir. Tablo 4.10.'da yer alan veriler ile (Denklem 4.14) ve (Denklem 4.15)'te 1. ay ve 2. ay sonuçları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile (Denklem 4.16)'da Uzun Vadeli Değer bulunmuştur.

1. Ay Hesabı:

$$\frac{347,88 \text{ mg} \times 13,412 \text{ 1/m}^2}{30} = 153,07 \text{ mg/m}^2 \text{ - gün} \quad (4.14)$$

2. Ay Hesabı:

$$\frac{252,73 \text{ mg} \times 13,2004 \text{ 1/m}^2}{30} = 111,20 \text{ mg/m}^2 \text{ - gün} \quad (4.15)$$

Kısa vadeli değer

En yüksek aylık değer = 153 mg/m<sup>2</sup>-gün

Uzun vadeli değer hesabı:

$$\frac{153 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} + 111 \text{ mg/m}^2 - \text{gün}}{2} = 132 \text{ mg/m}^2 - \text{gün} \quad (4.16)$$

Tesis etki alanı ölçümlerinde iki ay süren ölçümlerin birinci ay ve ikinci ay sonuçları bulunmuştur. Etki alanı ölçümlerinde en yüksek değer olan Kısa Vadeli Değer (KVD) ve ortalama değer olan Uzun Vadeli Değer (UVD) Tablo 4.11.'de gösterilmiş olup yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların sınır değerler altında kaldığı görülmüştür.

Tablo 4.11. Tesis Etki Alanı Çöken Toz Ölçüm Sonuçları ve SKHKKY Sınır Değerleri

Nokta Adı	Koordinatlar		Ölçüm Sonuçları (mg/m <sup>2</sup> -gün)		KVD(mg/m <sup>2</sup> - gün)	UVD (mg/m <sup>2</sup> - gün)
	X	Y	1.Dönem	2.Dönem		
Tesis Etki Alanı						
1.Nokta	40.963292	30.498162	134	127	134	130,5
Tesis Girişi						
Tesis Etki Alanı						
2.Nokta	40.965116	30.498502	153	111	153	132,0
Stok Alanı						
UVS*					390	
KVS*					210	

\*SKHKKY uzun vadeli sınır değer ve kısa vadeli sınır değerleri [15]

#### 4.6. Emisyon Faktörü Kullanılarak Kütleli Debi Hesabı

Taş ocağında gerçekleştirilen işlemlerden kaynaklanan toz emisyonu kütleli debileri Bölüm 3.'teki Tablo 3.5.'te yer alan emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Saatlik Üretim Miktarı Hesaplanması:

Saatlik üretim miktarı Bölüm 3.'te yer alan (Denklem 3.7) kullanılarak (Denklem 4.17'de) hesaplanmıştır.

$$\text{Saatlik üretim miktarı} = \frac{398.400 \frac{\text{ton}}{\text{yıl}}}{\frac{300 \text{ gün/yıl}}{8 \text{ saat/gün}}} = 166 \text{ ton/saat} \quad (4.17)$$

#### 4.6.1. Kontrollü kütleli debi hesabı

Taşıma sonucu oluşacak toz emisyonu hesaplanması:

Sefer sayısı Bölüm 3.'te yer alan (Denklem 3.8) kullanılarak (Denklem 4.18)'de hesaplanmıştır.

$$Sefer\ sayısı = \frac{166\ ton/saat}{25\ ton/sefer} = 6,64\ sefer/saat \quad (4.18)$$

Toplam alınan yol Bölüm 3.'te yer alan (Denklem 3.9) kullanılarak (Denklem 4.19)'da hesaplanmıştır.

$$Toplam\ alınan\ yol = 6,64\ \frac{sefer}{saat} \times 1,5\ \frac{km}{sefer} = 9,96\ km/saat \quad (4.19)$$

Taşıma sonucu oluşan toz emisyonu Bölüm 3.'te yer alan (Denklem 3.10) kullanılarak (Denklem 4.20)'de hesaplanmıştır.

$$Taşıma\ sonucu\ oluşacak\ toz\ emisyonu = 9,96\ \frac{km}{saat} \times 0,35\ \frac{kg}{km} = 3,486\ \frac{kg}{saat} \quad (4.20)$$

Yüklemede oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Yüklemede oluşan toz emisyonu Bölüm 3.'te yer alan (Denklem 3.11) kullanılarak (Denklem 4.21)'de hesaplanmıştır.

$$Yüklemede\ oluşan\ toz\ emisyonu = 0,005\ \frac{kg}{ton} \times 166\ \frac{ton}{saat} = 0,83\ \frac{kg}{saat} \quad (4.21)$$

Boşaltmada oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Boşaltmada oluşan toz emisyonu Bölüm 3.'te yer alan (Denklem 3.12) kullanılarak (Denklem 4.22)'de hesaplanmıştır.



$$\text{Boşaltmada oluşan toz emisyonu} = 0,005 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times 166 \frac{\text{ton}}{\text{saat}} = 0,83 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} \quad (4.22)$$

Depolamada oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Depolamada oluşan toz emisyonu Bölüm 3.'te yer alan (Denklem 3.13) kullanılarak (Denklem 4.23)'te hesaplanmıştır.

$$\text{Depolamada oluşan toz emisyonu} = \frac{2,9 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \cdot \text{gün} \times 0,25 \text{ ha}}{8 \frac{\text{saat}}{\text{gün}}} = 0,091 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} \quad (4.23)$$

Birincil kırıcı sonucunda oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Birincil kırıcı sonucunda oluşan toz emisyonu Bölüm 3.'te yer alan (Denklem 3.14) kullanılarak (Denklem 4.24)'te hesaplanmıştır.

$$\text{Birincil kırıcıda oluşan to emisyonu} = 0,0243 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times 166 \frac{\text{ton}}{\text{saat}} \times 1 = 4,0338 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} \quad (4.24)$$

İkincil kırıcı sonucunda oluşan toz emisyonu hesaplanması:

İkincil kırıcı sonucunda oluşan toz emisyonu Bölüm 3'te yer alan (Denklem 3.15) kullanılarak (Denklem 4.25)'te hesaplanmıştır.

$$\text{İkincil kırıcıda oluşan toz emisyonu} = 0,0585 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times 166 \frac{\text{ton}}{\text{saat}} \times 1 = 9,711 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} \quad (4.25)$$

Üçüncül kırıcı sonucunda oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Üçüncül kırıcı sonucunda oluşan toz emisyonu Bölüm 3'te yer alan (Denklem 3.16) kullanılarak (Denklem 4.26)'da hesaplanmıştır.

$$\text{Üçüncül kırıcıda oluşan toz emisyonu} = 0,0585 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times 166 \frac{\text{ton}}{\text{saat}} \times 1 = 9,711 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} \quad (4.26)$$

Sökmede oluşan toz emisyonu hesaplanması:

Sökmede oluşan toz emisyonu Bölüm 3'te yer alan (Denklem 3.13) kullanılarak (Denklem 4.27)'de hesaplanmıştır.

$$\text{Sökmede oluşan toz emisyonu} = 0,0125 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times 166 \frac{\text{ton}}{\text{saat}} = 2,075 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} \quad (4.27)$$

Toplam kontrollü kütleli debinin hesaplanması:

Hesaplanan her bir kontrollü kütleli debi (Denklem 4.28)'de toplanarak toplam kontrollü kütleli debi hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Toplam kontrollü kütleli debi} &= 3,486 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} + 0,83 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} + 0,83 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} + \\ &0,091 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} + 4,0338 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} + 9,711 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} + 2,075 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} = 30,77 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} \end{aligned} \quad (4.28)$$

#### 4.6.2. Kontrolsüz kütleli debi hesabı

Kontrolsüz kütleli debi Bölüm 3'te yer alan (Denklem 3.18) kullanılarak (Denklem 4.29)'da hesaplanmıştır.

$$\text{Kontrolsüz kütleli debi} = 0,080 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times 166 \frac{\text{ton}}{\text{saat}} = 13,28 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} \quad (4.29)$$

#### 4.6.3. Toplam kütleli debi hesabı

Toplam kütleli debi Bölüm 3'te yer alan (Denklem 3.19) kullanılarak (Denklem 4.30)'da hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam kütleli debi} = 30,77 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} + 13,28 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} = 44,05 \frac{\text{kg}}{\text{saat}} \quad (4.30)$$

Hesaplanan kontrollü kütleli debi, kontrolsüz kütleli debi ve toplam kütleli debi değerleri Tablo 4.12.'de gösterilmiştir.

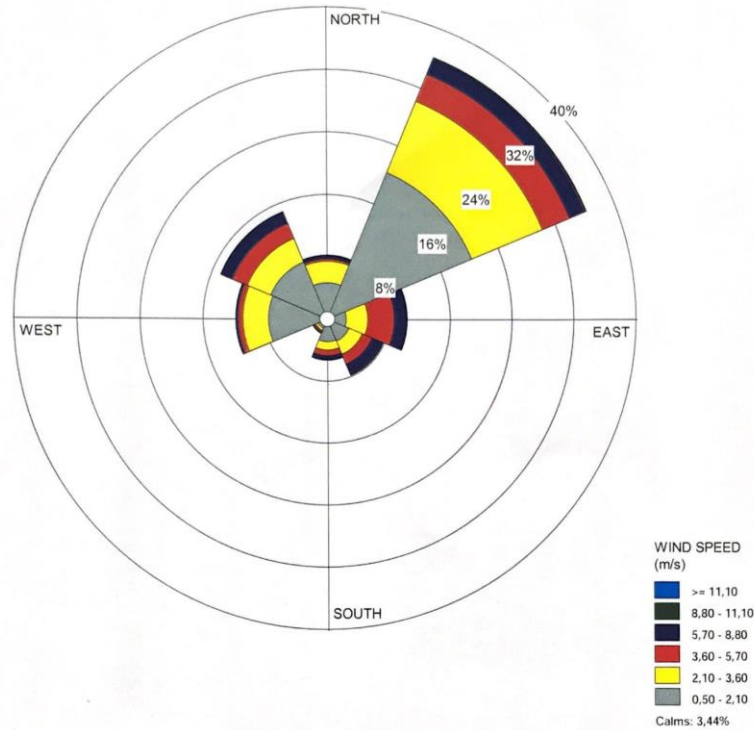
Tablo 4.12. Tesis Etki Alanı Çöken Toz Ölçüm Sonuçları ve SKHKKY Sınır Değerleri

Kontrollü Kütleli Debi	Sonuç (kg/saat)
Taşıma sonucu oluşacak toz emisyonu	3,486
Yüklemede oluşacak toz emisyon debisi	0,83
Boşaltmada oluşacak toz emisyon debisi	0,83
Depolamada oluşacak toz emisyon debisi	0,091
Birincil kırıcı sonucunda oluşacak toz emisyon debisi	4,0338
İkincil kırıcı sonucunda oluşacak toz emisyon debisi	9,711
Üçüncül kırıcı sonucunda oluşacak toz emisyon debisi	9,711
Sökme sonucunda oluşacak toz emisyon debisi	2,075
Konrollü Kütleli Debi Toplamı (kg/saat)	30,77
Kontrolsüz Kütleli Debi	13,28
Toplam Kütleli Debi	44,05

## 4.7. Ölçüm Sonuçlarının Modellenmesi

### 4.7.1. Rüzgar hızı yönü

Hava kalitesi dağılım modellemesi çalışmasında 2020 yılı verileri kullanılmıştır. Rüzgar dağılım diyagramı Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Rüzgâr diyagramı

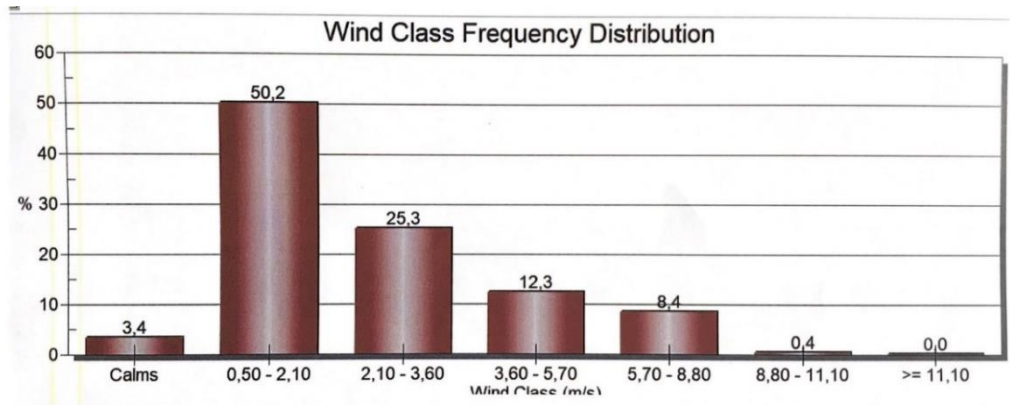
Tablo 4.13. Rüzgar verileri

Veri Periyodu	01.01.2020, 00:00 – 31.12.2020 23:00
Sakin Rüzgarlar	%3,44
Ortalama Rüzgar Hızı	2,49 m/s
Toplam Zaman	8760 saat

Tablo 4.13.'te rüzgar verileri verilmiş olup 01.01.2020-31.12.2020 tarihleri arasındaki veri periyodu incelendiğinde hakim rüzgar yönünün tesisin kuzeydoğusu olduğu ve ortalama rüzgar hızının 2,49 m/s olduğu görülmüştür.

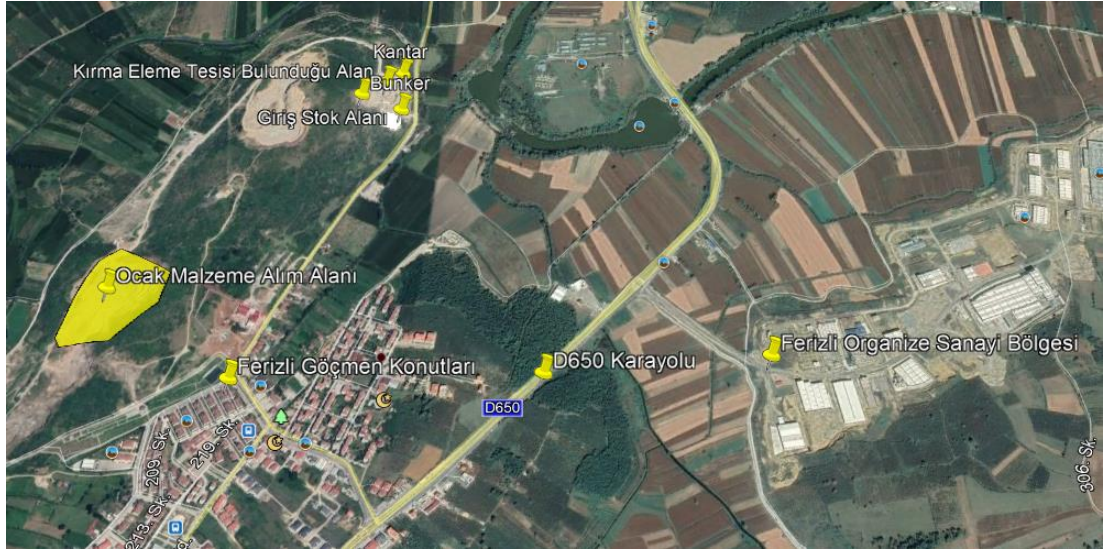
#### 4.7.2. Rüzgar sınıfı frekans dağılımı

Tesisten kaynaklanan kirletici emisyonların modellenmesinde Şekil 4.9.'da verilen kaynak parametreleri kullanılmıştır. AERMOD modelinde toz emisyonları için farklı parçacık büyüklüklerine sahip sınıflar belirlenmiş, bunlara ait farklı terminal hız ve yerde yansıma katsayıları ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.9. Rüzgar hızına göre dağılım modeli grafiği

### 4.7.3. Modelleme yapılan alanın uydu görüntüsü



Şekil 4.10. Modelleme yapılan alan

Şekil 4.10.'da tesiste yer alan ocak malzeme alım alanı, giriş stok alanı, kırma- eleme tesisinin bulunduğu alan, bunker, kantar gibi kısımlar ve tesis çevresinde yer alan önemli noktalar işaretlenmiştir. Tesisin güney kısmında konutlar, doğusu boyunca uzanan D650 karayolu ve güneydoğusunda ise Ferizli Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır.

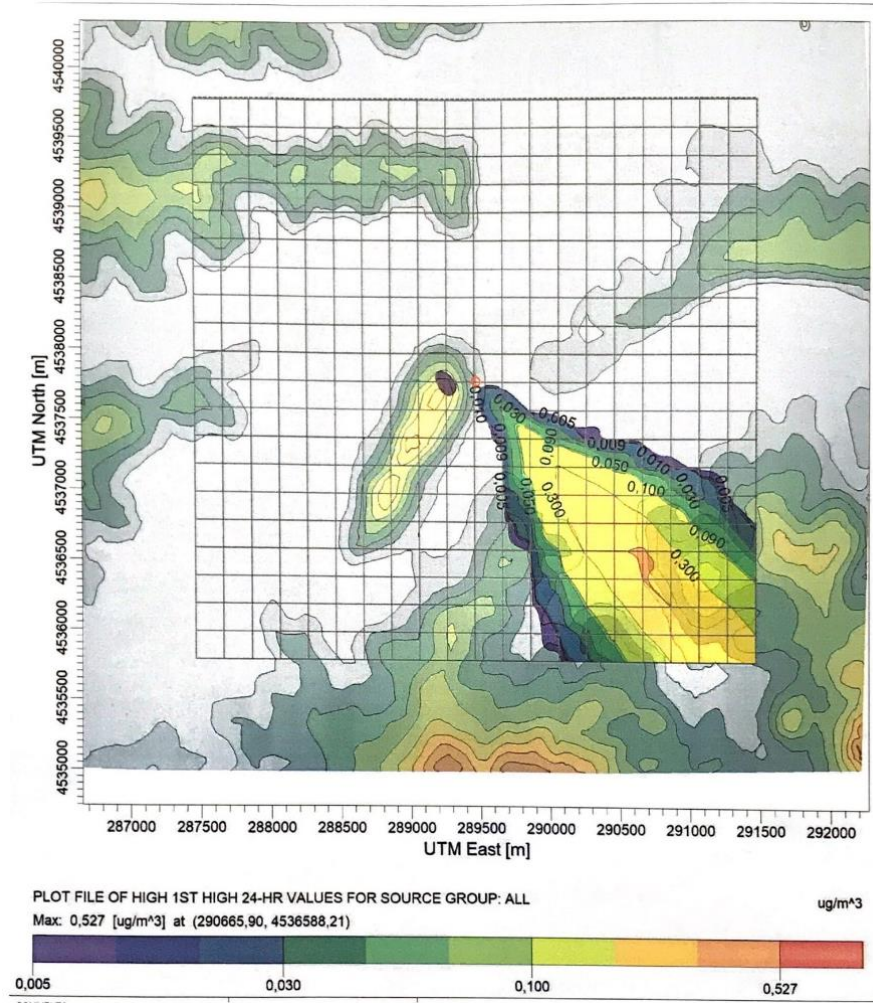
### 4.7.4. Üretim çöken toz günlük değer

Gerçekleştirilen hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması sonucunda Çöken Toz emisyonları için günlük hava kirlenmesine katkı değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

En yüksek değer:  $0,527 \mu\text{g} / \text{m}^3$

En yüksek değer görüldüğü koordinat: 290665,90, 4536588,21

Şekil 4.11.'de dağılımın güneydoğu yönünde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.11. Üretim çöken toz günlük değer modellemesi

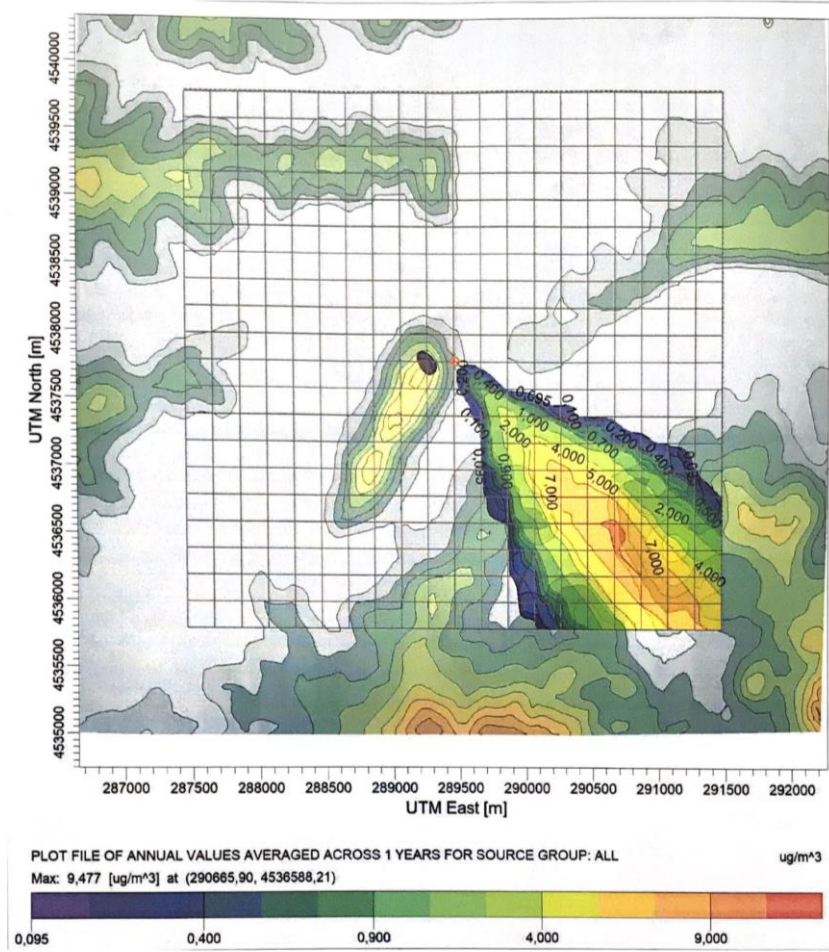
#### 4.7.5. Üretim çöken toz yıllık değer

Gerçekleştirilen hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması sonucunda Çöken Toz emisyonları için yıllık hava kirlenmesine katkı değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

En yüksek değer: 9,477  $\mu\text{g} / \text{m}^3$

Görüldüğü koordinat: 290665,90, 4536588,21

Şekil 4.12.'de dağılımın güneydoğu yönünde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.12. Üretim Çöken Toz Yıllık Değer Modellemesi

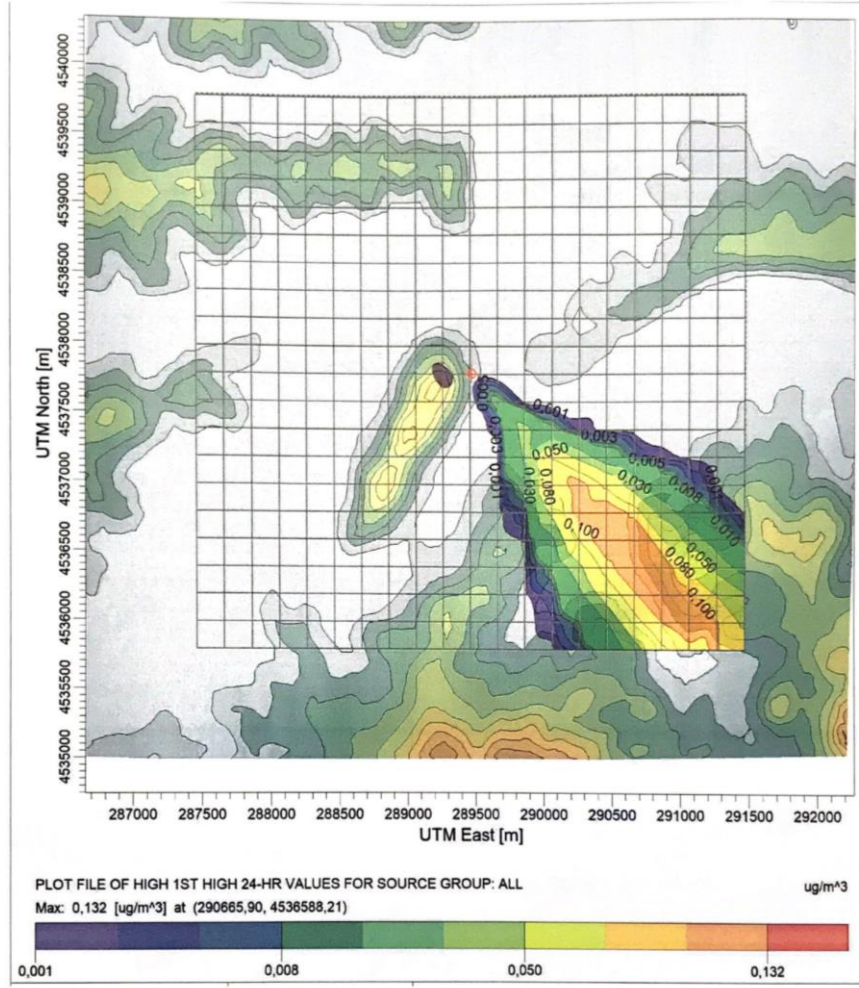
#### 4.7.6. Üretim PM<sub>10</sub> günlük değer

Gerçekleştirilen hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması sonucunda PM<sub>10</sub> emisyonları için günlük hava kirlenmesine katkı değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

En yüksek değer: 0,132  $\mu\text{g} / \text{m}^3$

En yüksek değerın görüldüğü koordinat: 290665,90, 4536588,21

Şekil 4.13.'te dağılımın güneydoğu yönünde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.13. Üretim PM<sub>10</sub> günlük değer modellemesi

#### 4.7.7. Üretim PM<sub>10</sub> yıllık değer

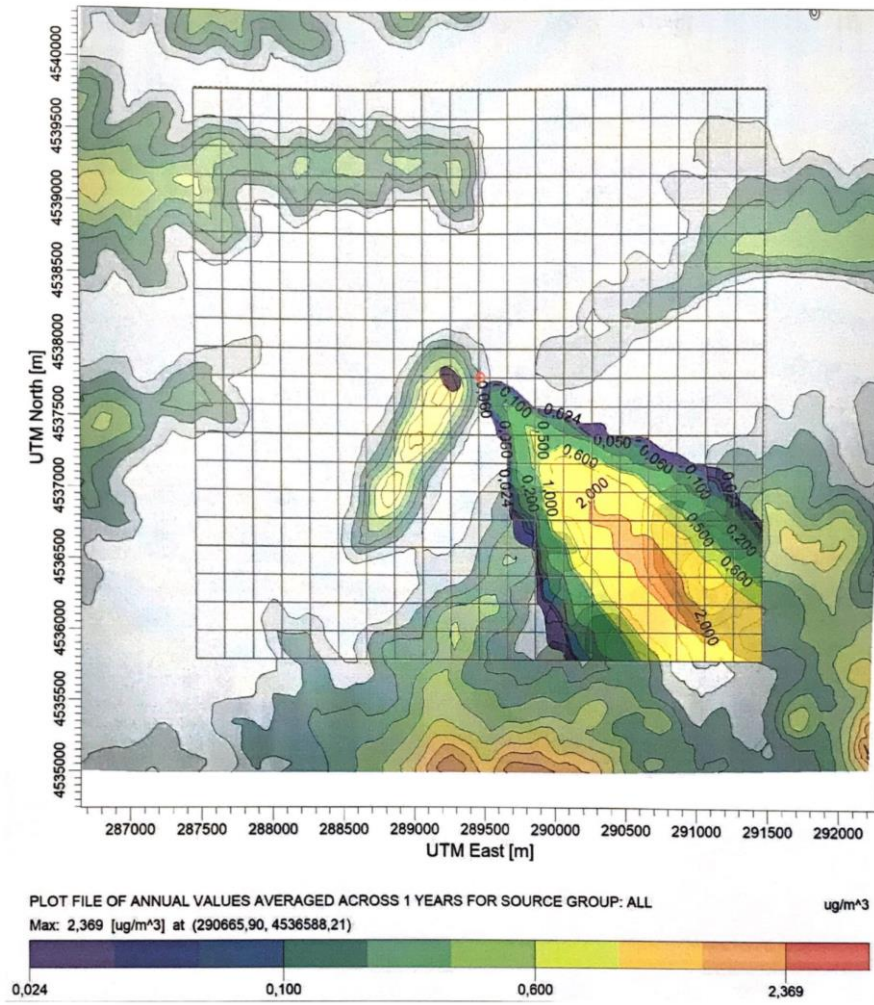
Gerçekleştirilen hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması sonucunda PM<sub>10</sub> emisyonları için yıllık hava kirlenmesine katkı değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

En yüksek değer: 2,369  $\mu\text{g} / \text{m}^3$

En yüksek değerın görüldüğü koordinat: 290665,90, 4536588,21

Şekil 4.14.'te dağılımın güneydoğu yönünde yoğunlaştığı görülmüştür.





Şekil 4.14. Üretim PM<sub>10</sub> Yıllık Değer Modellemesi

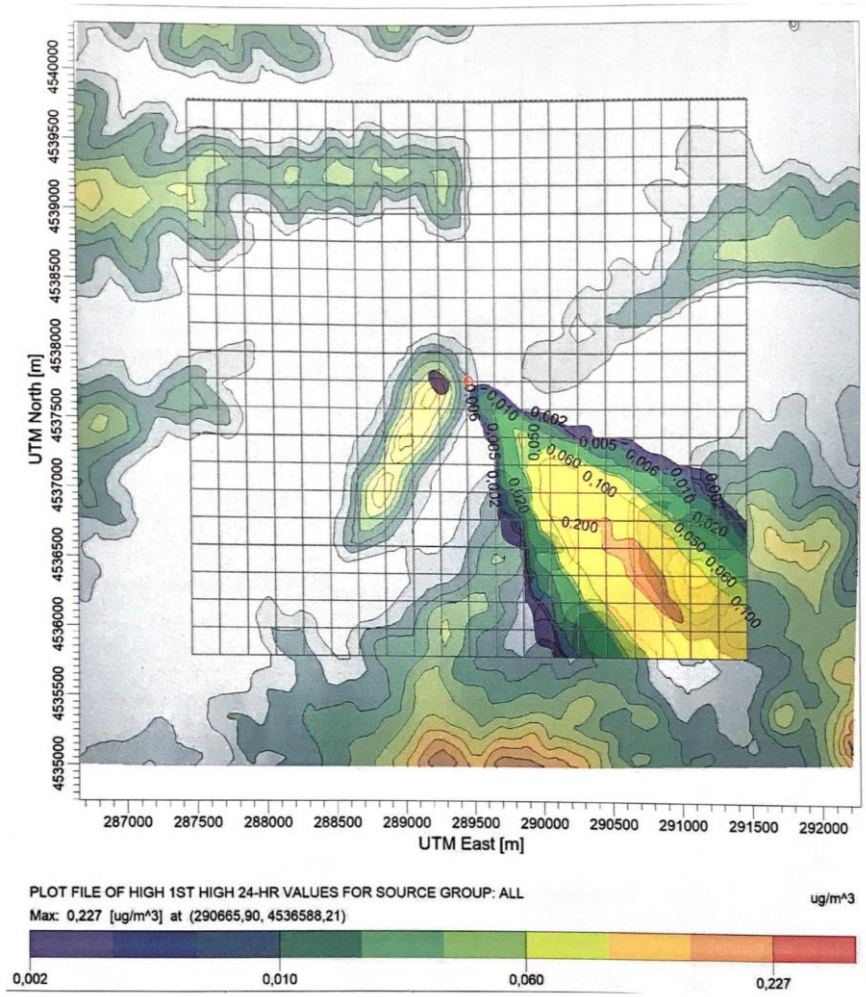
#### 4.7.8. Patlatma çöken toz günlük değer

Gerçekleştirilen hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması sonucunda Çöken Toz emisyonları için günlük hava kirlenmesine katkı değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

En yüksek değer: 0,227  $\mu\text{g} / \text{m}^3$

En yüksek değer görüldüğü koordinat: 290665,90, 4536588,21

Şekil 4.15.'te dağılımın güneydoğu yönünde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.15. Patlatma çöken toz günlük değer modellemesi

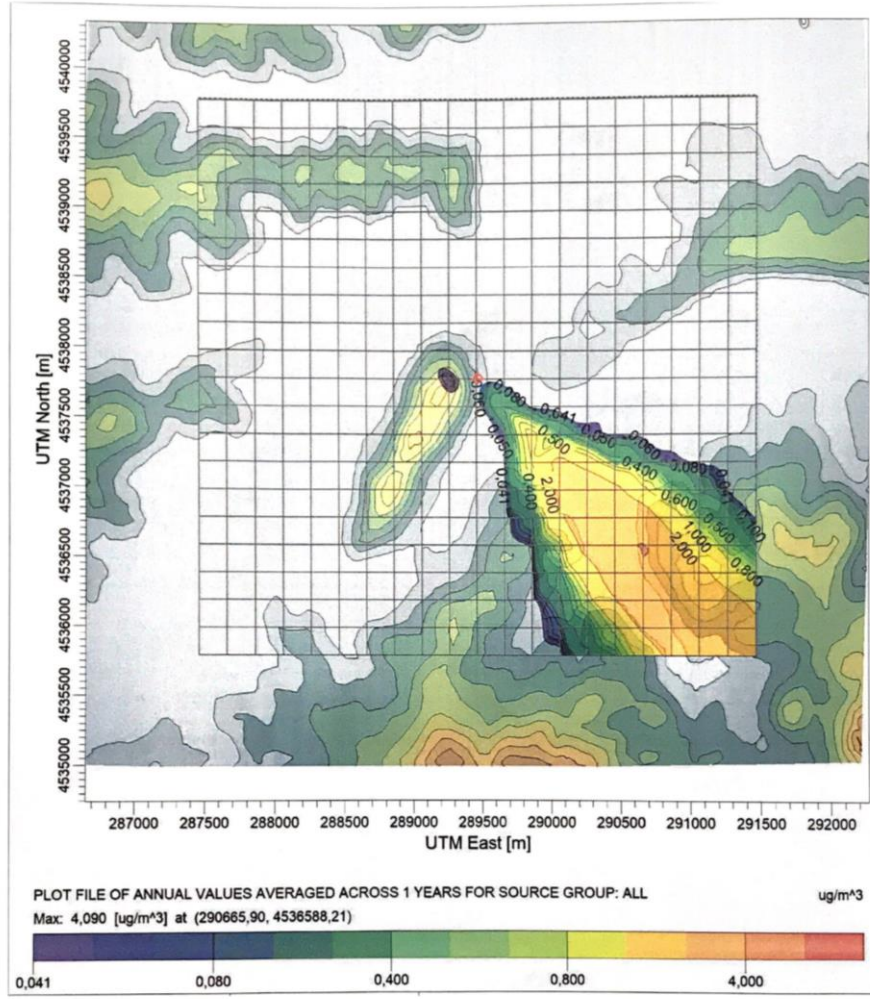
#### 4.7.9. Patlatma çöken toz günlük değer

Gerçekleştirilen hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması sonucunda Çöken Toz emisyonları için yıllık hava kirlenmesine katkı değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

En yüksek değer: 4,090  $\mu\text{g} / \text{m}^3$

En yüksek değer görüldüğü koordinat: 290665,90, 4536588,21

Şekil 4.16.'da dağılımın güneydoğu yönünde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.16. Patlatma çöken toz yıllık değer modellemesi

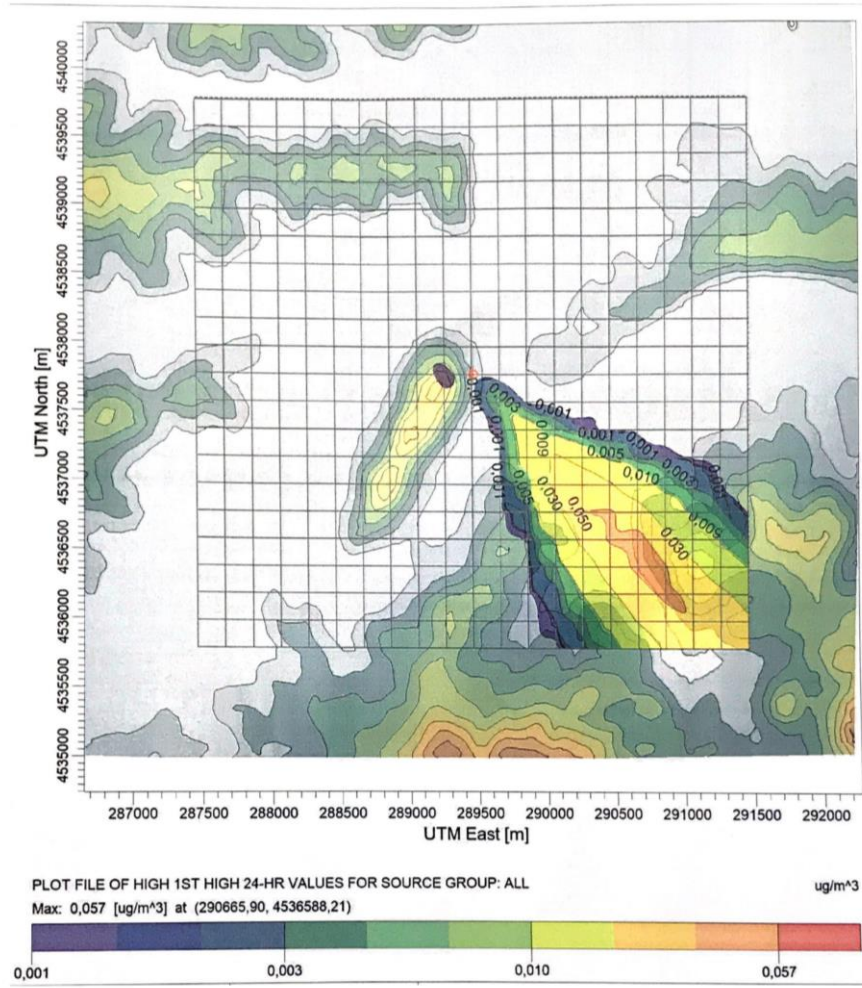
#### 4.7.10. Patlatma PM<sub>10</sub> günlük değer

Gerçekleştirilen hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması sonucunda PM<sub>10</sub> emisyonları için günlük hava kirlenmesine katkı değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

En yüksek değer 0,057 µg / m<sup>3</sup>

En yüksek değer görüldüğü koordinat: 290665,90, 4536588,21

Şekil 4.17.'de dağılımın güneydoğu yönünde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.17. Patlatma PM<sub>10</sub> günlük değer modellemesi

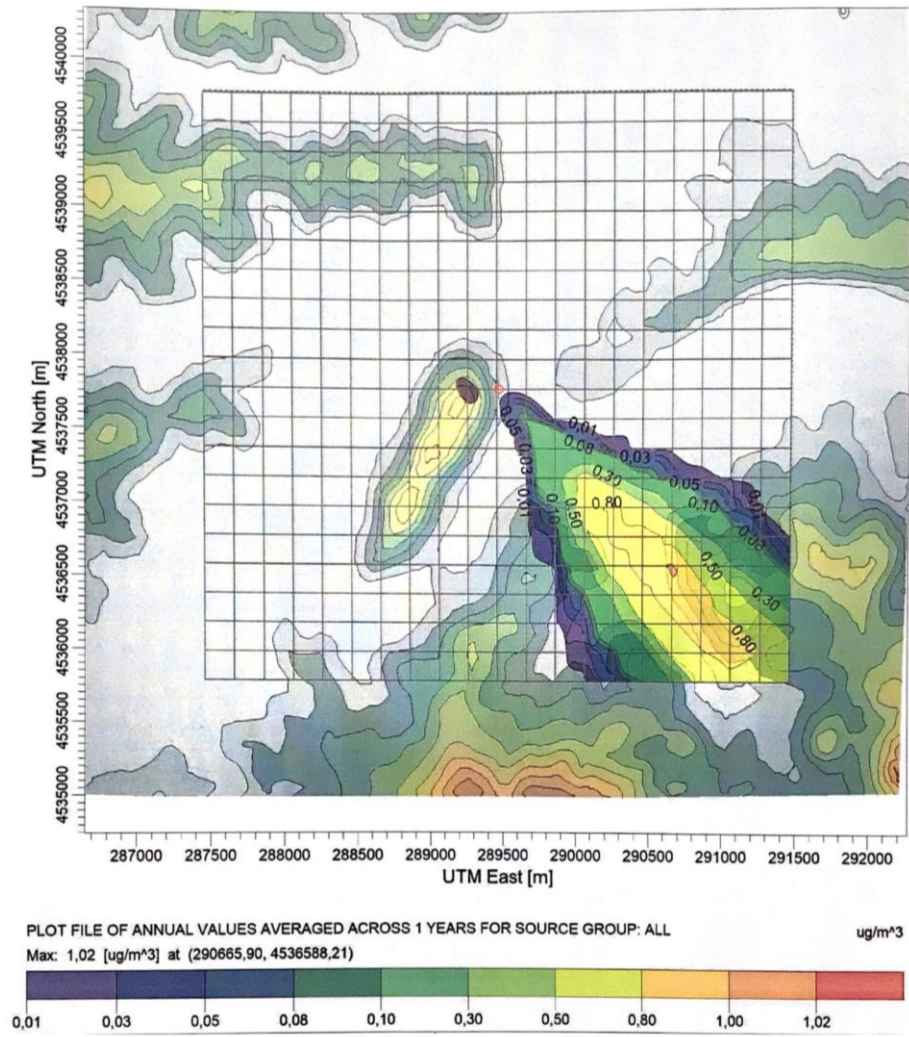
#### 4.7.11. Patlatma PM<sub>10</sub> yıllık değer

Gerçekleştirilen hava kalitesi dağılım modellemesi çalışması sonucunda PM<sub>10</sub> emisyonları için yıllık hava kirlenmesine katkı değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

En yüksek değer: 1,02 µg / m<sup>3</sup>

En yüksek değerın görüldüğü koordinat: 290665,90, 4536588,21

Şekil 4.18.'de dağılımın güneydoğu yönünde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.18. Patlatma PM<sub>10</sub> yıllık değer modellemesi

## BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Taş ocakları genellikle şehir merkezlerinden uzakta bulunmaktadır. Fakat her ne kadar şehir merkezinde bulunmasa da etrafında yerleşim birimleri, ana yollar ve sanayi tesisleri bulunabilmektedir. Örnek olarak seçmiş olduğumuz tesis civarında da tesis güneyinde toplu konutlar, tesis doğu hattı boyunca uzanan D650 karayolu ve tesis güneydoğusunda Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır.



Şekil 5.1. En yüksek değerlerin görüldüğü nokta uydu görüntüsü

2020 yılı verileri ile oluşturulan rüzgar dağılım diyagramına göre hakim rüzgar yönü kuzeydoğudur. Yapılan modelleme çalışmalarında PM<sub>10</sub> ve Çöken Toz dağılımlarının tesisin güneydoğusu doğrultusunda yayıldığı tespit edilmiştir. En yüksek değerlerin görüldüğü 290665,90, 4536588,21 koordinatı Ferizli Organize Sanayi Bölgesi içerisinde bulunan sanayi işletmesinin bulunduğu alana denk gelmektedir. En yüksek değerlerin görüldüğü nokta Şekil 5.1.'de uydu görüntüsünde kırmızı ile işaretlenmiştir. En yüksek değerlerin görüldüğü nokta tesis girişinden 1620 metre uzaklıktadır.

Düz arazi koşullarında emisyon dağılımının hakim rüzgar yönüne uygun oluşması beklenirken çalışmada farklı sonuç elde edilmiştir. Hakim rüzgar yönünün etkisi ile dağılımın güneybatı yönünde olması beklenirken güneydoğu olmasının sebebi ise ölçüm cihazlarının kurulduğu tesis stok alanı, bunker, kantar, kırma eleme tesisi gibi emisyon kaynaklarının tesisin batısına oranla Şekil 5.2.'de de görüldüğü üzere daha alçakta bulunması olduğu ve bu sebeple batı yönüne dağılımın yükselti ile engellendiği gözlemlenmiştir.

İngiltere'de yapılan bir çalışmada Old Moor Taşocağı örneğinde çevredeki yer şekillerinin rüzgara karşı akışı bozabileceği ve taş ocağı içinde ve çevresinde toz dağılımını etkileyeceği tespit edilmiştir [10]. Balıkesirde yapılan bir çalışmada da şehrin topoğrafik yapısının hava kirliliği dağılımına olan etkisi ortaya koyulmuştur [57].

2 boyutlu uydu görüntüsünde bu durum fark edilmese de Şekil 5.2.'de çalışma alanının 3 boyutlu görüntüsü verilmiştir. Yükselti farkına bağlı olarak en yüksek değerlerin görüldüğü noktanın farklılık göstermesi yükselti ile dağılımın ilgisinin bulunduğu dair literatür bilgilerini doğrular niteliktedir.



Şekil 5.2. Çalışma alanının 3 boyutlu görünümü, hakim rüzgar yönü ve emisyon dağılım yönü

En yüksek değerlerin görüldüğü nokta ve bu noktaya ulaşıncaya kadar emisyonun taşındığı hat incelendiğinde ağırlıklı olarak tarım arazilerinin etkilendiği söylenebilir. Partikül madde emisyonlarının bitkiler üzerinde olumsuz etkilere sebep olduğundan tarım ve diğer bitkilerin tomurcuk patlaması, tozlaşma ve ışık emilimi/yansıması gibi fizyolojik proseslerinin engellenmesi, su dengesi ve sentez faaliyetleri bozulacağından ürün kalitesinin azalması, gelişim evrelerinin olumsuz yönde etkilenmesi söz konusu olacaktır.

Bu olumsuz etkiler göz önünde bulundurulduğunda emisyon yayılım alanında ağırlıklı olarak bulunan tarım arazilerindeki bitkilerde partikül maddeye maruziyet ile orantılı olarak özellikle uzun vadede ciddi degradasyonun olması kaçınılmazdır.

En yüksek değerlerin görüldüğü sanayi alanında ise üretime bağlı olarak çalışan personelin bu emisyon dağılımından etkilenebileceği açıktır. Yapılan literatür çalışmalarında partikül madde emisyonlarının ağırlıklı olarak solunum yolu hastalıklarına sebep olduğu görülmüştür. Emisyon etki alanında çalışmakta olan personelin partikül madde emisyonlarına maruziyeti ile orantılı olarak solunum yolu hastalıklarına yakalanabilecekleri sonucuna varılmıştır.

Tesise yakın konutlar güney kısmında yoğunlaştığından nispeten emisyon dağılımı etki alanından daha az etkilenmektedir. Emisyon etki alanında bulunan tarım arazilerinin zamanla konut arazilerine dönüşmesi söz konusu olursa burada ikamet edecek insanların solunum yolu hastalıklarına yakalanma riski bulunmaktadır.

Yapılan modelleme çalışmalarında en yüksek hava kirliliği değerlerinin üretim faaliyetinden kaynaklanan çöken toz sebebi ile dağıldığı, en düşük değerlerin ise patlatma faaliyetinden kaynaklanan PM<sub>10</sub> sebebi ile dağıldığı görülmüştür. Üretimden kaynaklanan çöken toz emisyonlarına en büyük katkı literatür çalışmalarına uyumlu olarak kırıcı faaliyetinden kaynaklanmaktadır. Üretim ayda 25, yılda 300 gün yapılmaktadır. Patlatma ise ayda 15, yılda 150 adet yapılmaktadır. Patlatmalar anlık emisyon oluşturduğundan dolayı üretime oranla kirleticisi oranının daha az olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerlerin görüldüğü üretim faaliyetinden kaynaklanan çöken



toz emisyonlarından ise yılda 300 gün faaliyet olduğu göz önünde bulundurulduğunda sürekli bir emisyon kaynağı olarak bahsedilebilir. Bu sebeple özellikle üretimden kaynaklanan emisyonların azaltımı daha da önem kazanmaktadır.

İşletmede emisyon azaltıcı faaliyetlerin bulunduğu görülmüştür. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Kırma eleme tesisi tozumayı engelleme amacı ile sac plakalarla kapatılmıştır.
- Taşıyıcıyı konveyör bantların üzerleri kapatılmıştır.
- Saha belli periyotlarla sulama aracı ile sulanmaktadır.

Alınan tedbirlere rağmen:

- İşletme içi yollar tozumaya müsait malzemedan oluşmaktadır. Nakliye araçları tesis içerisinde sefer yaptıkça tozuma oluşacaktır.
- Sulama aracı sabit araç değildir ve tüm gün sahada dolaştırılmasının imkanı yoktur. Özellikle sulama aracının sahada aktif olmadığı durumlarda zemin kuruyarak tozumaya neden olacaktır.
- Emisyon dağılımı görülen güneydoğu cephesinde dağılımı engelleyecek herhangi bir set yoktur. Bu da tesis içerisinde tozun kolaylıkla yayılmasına sebep olmaktadır.

## BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı sektörünün en önemli ham maddelerinden biri olan doğal taşların kaynağından çıkarılıp işlenmesi ihtiyacı tartışmasız bir gerçektir. Bu çalışmada örnek olarak bir tesis seçilmiş, seçilen tesiste PM<sub>10</sub> ve çöken toz ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm değerleri ve kütleli debiler hesaplanmış, AERMOD yöntemi ile modelleme çalışmaları yapılarak taş ocakçılığı faaliyetinin hava kalitesine etkileri gözlemlenmiştir.

Yapılan ölçüm ve hesaplamalarda ölçüm değerlerinin sınır değerleri sağladığı tespit edilmiştir. Ancak sınır değerler sağlansa da tesisten kaynaklanan emisyonlar tesis çevresine dağılarak doğal ortamı etkilemektedir. Bu çalışmada bu etkilerin gözlemlenmesi, dağılımlarının incelenmesi ve azaltımı için tavsiyelerde bulunulması amaçlanmıştır.

Toz emisyonları baca dışı emisyon kaynağı olduğundan dolayı herhangi bir filtre sistemi ile emisyon azaltımı yapmak mümkün değildir. Toz emisyonlarının dağılımını engellemek için öncelikle kaynağında tedbir alınmalıdır.

Tesiste alınmış tedbirlere ilave olarak alınması gereken tedbirler ise şu şekilde sıralanabilir:

- Tesis içi yolların toprak ve stabilize malzeme olduğu görülmüştür. Toprak ve stabilize malzeme üzerinde nakliye işlemi yapan araçlar tozumu arttırmaktadır. Tozuma sebep olan toprak ve stabilize yolların beton veya asfalt malzeme ile kaplanarak tozuma azaltılabilir.
- Yüksek basınç pompaları sayesinde havasız bir şekilde su atomize hale getirilmektedir. Su taneciklerinin bu şekilde çok küçük boyutlara getirilerek havada asılı alan partikül maddelere yapışarak yere inmelerini sağlar. Bu

sistem pulvarizasyon sistemi olarak adlandırılır. Çalışma sahasına pulvarizasyon sistemi kurularak toz emisyonlarının dağılmadan hapsedilmesi ve zemine çöktürülmesi sağlanabilir.

- Toz emisyonlar en çok kuru ve yağışsız havalarda oluşmaktadır. Özellikle yaz mevsimi ve yağışsız havalarda saha daha sık sulanarak tozların indirgenmesi sağlanmalıdır. Havadaki tozların zemine indirgenmesi ve zemindeki tozların da nemlendirilmesi ile tozuma engellenebilir.
- İnsan ve çevre sağlığına zehirleyici etkisi bulunmayan kimyasal toz bastırma sistemlerinin kurulması ile emisyon oluşumu engellenebilir.
- Tesisten kaynaklanan emisyonlar en çok güneydoğu cephesinde görülmüştür. Yer şekilleri göz önünde bulundurulduğunda bu cephede herhangi bir engelin bulunmadığı ve dağılımın kolaylıkla gerçekleştiği görülmüştür. Bu sebeple güneydoğu cephesine yapay setler yapılması veya doğal bir set olan ağaçlandırma çalışması yapılması ile yayılım azaltılabilir.

Sonuç olarak taş ocakçılığı önemli bir sektördür ve taş ocakçılığı faaliyetlerinin artarak devam edeceği gerçeği kaçınılmazdır. Buna bağlı olarak taş ocakçılığından kaynaklanan emisyonlar da kaçınılmazdır. Alınacak tedbirler ise bu emisyonların zararlı etkilerini en aza indirmeye yardımcı olacaktır. Bu tez çalışmasında taş ocakçılığı faaliyetlerinden kaynaklanan hava kirletici etkilerin tozuma ile yayıldığı görülmüştür. Oluşan bu emisyonların fiziksel yöntemler kullanılarak minimize edilebilir. Bu sebeple öncelikle tozumanın kaynağından yayılımını azaltmak için özellikle yayılım alanı yönünde doğal veya yapay setler kurulabileceği ve tozumanın ilk olarak kaynağında kontrol altına alınıp su veya kimyasal toz bastırma sistemleri ile çöktürülmesi ile büyük oranda emisyon azaltımı olabileceği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Akman, S., Beton Teknolojisine Giriş, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1992.
- [2] Maden Kanunu (3213 S.K), Resmi Gazete, 18785, 1985.
- [3] [www.mapeg.gov.tr/maden\\_istatistik.aspx#collapseTwentySeven](http://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx#collapseTwentySeven)., Erişim Tarihi: 25.05.2021.
- [4] [www.ticaret.satso.org.tr/nace/174/08-diger-madencilik-ve-tas-ocakciligi.aspx?sayfa=4](http://www.ticaret.satso.org.tr/nace/174/08-diger-madencilik-ve-tas-ocakciligi.aspx?sayfa=4)., Erişim Tarihi: 25.05.2021.
- [5] [www.epa.gov/national-air-toxics-assessment/2005-national-air-toxics-assessment](http://www.epa.gov/national-air-toxics-assessment/2005-national-air-toxics-assessment)., Erişim Tarihi: 27.05.2021.
- [6] Fugiel, A., Burchart-Korol, D., Czaplicka-Kolarz, K., & Smoliński, A., Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries. *Journal of cleaner production*, 143, 159-168, 2017.
- [7] Sairanen, M., & Rinne, M., Dust emission from crushing of hard rock aggregates. *Atmospheric Pollution Research*, 10(2), 656-664, 2019.
- [8] Olusegun, O., Adeniyi, A., & Adeola, G. T., Impact of granite quarrying on the health of workers and nearby residents in Abeokuta Ogun State, Nigeria. *Ethiopian journal of environmental studies and management*, 2(1), 2009.
- [9] Tartakovsky, D., Stern, E., & Broday, D. M., Dispersion of TSP and PM10 emissions from quarries in complex terrain. *Science of the Total Environment*, 542, 946-954, 2016.
- [10] Joseph, G. M. D., Lowndes, I. S., & Hargreaves, D. M. (2018). A computational study of particulate emissions from Old Moor Quarry, UK. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 172, 68-84, 2018.
- [11] TSE, Türk Standartları Enstitüsü. TS 706, TS 3529, TS 3694, TS 3526, TS 3527, TS 3530, TS 3814, TS 635, Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
- [12] [www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-dis-ticaret](http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-dis-ticaret)., Erişim Tarihi: 18.04.2021.

- [13] TSE, Türk Standartları Enstitüsü. TS EN 12341 Askıdaki Tanecikli Maddenin PM10 Veya PM2,5 Kütle Derişimlerinin Tayini İçin Standart Gravimetrik Ölçme Yöntemi, Ankara, 2014.
- [14] [www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=7ff694bc18232d725b1904fd6d707e00&mc=true&node=se40.2.50\\_16&rgn=div8](http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=7ff694bc18232d725b1904fd6d707e00&mc=true&node=se40.2.50_16&rgn=div8), Erişim Tarihi: 18.04.2021.
- [15] Çevre ve Orman Bakanlığı, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 2009.
- [16] TSE, Türk Standartları Enstitüsü. TS 2341 Hava Kirliliği Tortu Göstergelerinin Ölçüm Yöntemleri,, Ankara, 1976.
- [17] Bayram, H., Türkiye’de hava kirliliği sorunu: Nedenleri, alınan önlemler ve mevcut durum. *Toraks Dergisi*, 6(2), 159-165., 2005.
- [18] Eğri, M., 1996-1997 Kış Döneminde Malatya İl Merkezi Hava Kirliliği Parametrelerine Meteorolojik Koşulların Etkisi, *Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi*, 4(3): 265-269., 1997.
- [19] Amil, M., Ankara Hava Kalitesinin Alansal ve Zamansal Değişiminin İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2005.
- [20] [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_2](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2), WHO (World Health Organization), 2020. Air Pollution., Erişim Tarihi: 26.05.2021.
- [21] Çınar, Ö., Çevre Kirliliği ve Kontrolü, Nobel Yayıncılık, Ankara, 2008.
- [22] Kim, E., Park, H., Park, E. A., Hong, Y. C., Ha, M., Kim, H. C., & Ha, E. H., Particulate matter and early childhood body weight. *Environment international*, 94, 591-599, 2016.
- [23] Polichetti, G., Cocco, S., Spinali, A., Trimarco, V., & Nunziata, A., Effects of particulate matter (PM10, PM2. 5 and PM1) on the cardiovascular system. *Toxicology*, 261(1-2), 1-8, 2009.
- [24] Rai, P. K., Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. *Ecotoxicology and environmental safety*, 129, 120-136, 2016.
- [25] Sarver, T., Al-Qaraghuli, A., & Kazmerski, L. L., A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: History, investigations, results, literature, and mitigation approaches. *Renewable and sustainable energy Reviews*, 22, 698-733, 2013.
- [26] Zeydan, Ö., 2019 Yılında Türkiye’deki Partikül Madde (PM 10) Kirliliğinin Değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(1), 106-118, 2021.

- [27] Wang, P., Thevenot, P., Saravia, J., Ahlert, T., & Cormier, S. A., Radical-containing particles activate dendritic cells and enhance Th17 inflammation in a mouse model of asthma. *American journal of respiratory cell and molecular biology*, 45(5), 977-983, 2011.
- [28] van Voorhis, M., Knopp, S., Julliard, W., Fechner, J. H., Zhang, X., Schauer, J. J., & Mezrich, J. D., Exposure to atmospheric particulate matter enhances Th17 polarization through the aryl hydrocarbon receptor. *PloS one*, 8(12), e82545, 2013.
- [29] Şahin Ü., İstanbul'da 1994-1998 hava kirliliği düzeyleri ile mortalite arasındaki ilişki. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 2000.
- [30] Olgun, Ç., Hava Kirliliğinin 0-2 Yaş Grubunda Solunum Sistemi Enfeksiyonlarında Mortalite ve Morbidite Yönünden Etkisi. Şişli Etfal Hastanesi, Uzmanlık Tezi, İstanbul, 1996.
- [31] Keles, N., Ilıcalı, Ö. C., & Deger, K., Impact of air pollution on prevalence of rhinitis in Istanbul. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 54(1), 48-51, 1999.
- [32] Özür, M. Z., Günhan, Ö., & Cura, O., Değişik klimatolojik ve hava kirliliği değerlerinin nazal rezistansa etkisi. *KBB ve Baş Boyun Cerrahisi Dergisi*, 7, 91-95, 1999.
- [33] Çelikoğlu M. Kocaeli ilinde hava kirliliği ve meteorolojik faktörlerin astma bronşiale üzerindeki etkileri. Uzmanlık Tezi, Kocaeli, 1999.
- [34] ERGENOĞLU, T., HAZAR, M., BEYDAĞI, H., BOZKURT, A. İ., & MENDEŞ, B., Hava kirliliğinin aerobik kapasite ve solunum fonksiyonlarına etkisi. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi*, 21(4), 292-295, 2001.
- [35] Berktaş, B. M., & Bircan, A., Effects of atmospheric sulphur dioxide and particulate matter concentrations on emergency room admissions due to asthma in Ankara. *Tüberk Toraks*, 51(3), 231-238, 2003.
- [36] Fişekçi, F., Özkurt, S., Başer, S., Daloğlu, G., & Hacıoğlu, M., Effect of air pollution on COPD exacerbations. *Eur Respir J*, 14(Suppl 30), 393, 1999.
- [37] Fişekçi F, Özkurt S, Başer S, Air pollution and asthma attacks. *Eur Respir J*,: 16 (Suppl 31): 290, 2000.
- [38] Elkoca, E., Hava Kirliliği ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(4): 367-374, 2002.
- [39] Kantarcı, D., Hava Kirliliğinin Bitkiler Üzerine Doğrudan ve Dolaylı Etkileri. İTÜ, II. Hava Kirlenmesi, Modellenmesi ve Kontrolü Sempozyumu, 234-251, 1995.

- [40] Pandey, J., & Agrawal, M. (1994). Growth responses of tomato plants to low concentrations of sulphur dioxide and nitrogen dioxide. *Scientia horticultrae*, 58(1-2), 67-76, 1994.
- [41] Ashmore, M.R., Marshall, F.M., Ozone Impacts on Agriculture: An Issue of Global Concern. *Advances in Botanical Research*, 29: 32– 49, 1999.
- [42] Heck, W. W., & Taylor, O. C. (Eds.), Assessment of crop loss from air pollutants. Springer Science & Business Media, 2012.
- [43] Wahid, A., Maggs, R. S. R. A., Shamsi, S. R. A., Bell, J. N. B., & Ashmore, M. R., Air pollution and its impacts on wheat yield in the Pakistan Punjab. *Environmental Pollution*, 88(2), 147-154, 1995.
- [44] Karnosky, D., Witter, J., Gagnon, Z., Reed, D., Effects of Genotype on The Response of *Populus-Tremuloides Michx* to Ozone and Nitrogen Deposition. *Water Air and Soil Pollution*, 62(3-4): 189-199, 1992.
- [45] Longauer, R., Gömöry, D., Paule, L., Blada I., Popescu, F., Mankovska, B., Müller-Starck, G., Schubert, R., Percy, K., Szaro, R.C., Karnosky, D.F, Genetic Effects of Air Pollution on Forest Tree Species of The Carpathian Mountains. *Environmental Pollution*, 139: 85-92, 2004.
- [46] Tolunay, D., Öztürk, S., Karakaş, A., Akkaş, M., Adıgüzel, U., Gürlevik, N., Taşdemir, C., Aytar, F., Türkiye’de Hava Kirliliğinin Ormanlar Üzerindeki Etkilerinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi Uluslararası İşbirliği Programı (Icp Forests)’ndan Elde Edilen Sonuçlar. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 6-21, 2013.
- [47] Nuhoglu, Y., The harmful effects of air pollutants around the Yenikoy thermal power plant on architecture of Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) needles. *Journal of Environmental Biology*, 26(2 Suppl), 315-322, 2005.
- [48] Govindaraju. M., Ganeshkumar. R.S., Suganthi. P., Muthukumaran. V.R, Visvanathan. P., Impact Assessment of Air Pollution Stress on Plant Species through Biochemical Estimations. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 48: 933-936, 2010.
- [49] Emberson, L., Air pollution impacts on crops and forests: an introduction. *Air pollution impacts on crops and forests: a global assessment*, 3-29, 2003.
- [50] Singh, R. P., Tripathi, R. D., Sinha, S. K., Maheshwari, R., & Srivastava, H. S., Response of higher plants to lead contaminated environment. *Chemosphere*, 34(11), 2467-2493, 1997.
- [51] Legge, A., Krupa, S., Terrestrial vegetation-air pollutant interactions:nongaseous air pollutants, *Advances in Environmental Science and Technology*, 18, 389-394, 1986.

- [52] Holmes, N. S., & Morawska, L., A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: an overview of different dispersion models available. *Atmospheric environment*, 40(30), 5902-5928, 2006.
- [53] Vijay Bhaskar, B., Jeba Rajasekhar, R. V., Muthusubramanian, P., & Kesarkar, A. P., Measurement and modeling of respirable particulate (PM 10) and lead pollution over Madurai, India. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1(1), 45-55, 2008.
- [54] Cimorelli A. J., Perry S. G., Venkatram A., Weil J. C., Paine R. J., Wilson R. B., Lee R. F. Peters W. D., Brode R. W., Paumier J. O., AERMOD: Description of Model Formulation, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-454/R-03-004, 40-42, 2004.
- [55] Jeong S. J., CALPUFF and AERMOD Dispersion Models for Estimating Odor Emissions From Industrial Complex Area Sources, *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 5(1), 1-7, 2011.
- [56] [www.istanbul.mgm.gov.tr](http://www.istanbul.mgm.gov.tr), Erişim tarihi 02.03.2021.
- [57] Tağil, Ő., Balıkesir’de hava kirliliğinin solunum yolu hastalıklarının mekânsal dağılışı üzerine etkisini anlamada jeo-istatistik teknikler. *Coğrafî Bilimler Dergisi*, 5(1), 37-56, 2007..



## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Ekrem DEMİRCİOĞLU

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/ Çevre Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği	2017
Lise	Tes-İş Adapazarı Anadolu Lisesi	2012

### İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	Zen Çevre ve İş Güvenliği Danışmanlık Ticaret Ltd.Şti.	Çevre Mühendisi
2017--2017	Desay Geri Dönüşüm Ambalaj ve Palet San. Tic. Ltd. Şti.	Çevre Mühendisi

### YABANCI DİL

İngilizce

### ESERLER

1. Demircioğlu E, Yiğit M.G., Taş Ocaklarından Kaynaklanan Partikül Madde Kirliliği ve Etkileri; Sakarya'dan Bir Örnek, Isarc 2.Uluslararası Mühendislik ve Mimarlık Kongresi Kongre Kitabı, 2021.