

**YERÜSTÜ MADENCİLİĞİNDE KULLANILAN PARTİKÜL  
MADDE EMİSYON FAKTÖRLERİNİN TÜRKİYE VE  
ULUSLARARASI UYGULAMALARLA  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**EVALUATION OF PARTICULATE MATTER EMISSION  
FACTORS USED IN SURFACE MINING WITHIN TURKEY  
AND INTERNATIONAL APPLICATIONS**

**AYŞEGÜL ÇOBAN BEŞİR**

**PROF. DR. GÜLEN GÜLLÜ**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

ÇEVRE Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

AYŞEGÜL ÇOBAN BEŞİR' in hazırladığı “**Yerüstü Madenciliğinde Kullanılan Partikül Madde Emisyon Faktörlerinin Türkiye ve Uluslararası Uygulamalarla Değerlendirilmesi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**' nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet Cemal SAYDAM

Başkan

.....

Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

Danışman

.....

Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN

Üye

.....

Yrd. Doç. Dr. Merih AYDINALP KÖKSAL

Üye

.....

Dr. Türkay ONACAK

Üye

.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

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

beyan ederim.

16/01/2015

AYŞEGÜL ÇOBAN BEŞİR

## ÖZET

# YERÜSTÜ MADENCİLİĞİNDE KULLANILAN EMİSYON FAKTÖRLERİNİN TÜRKİYE VE ULUSLARARASI UYGULAMALARLA DEĞERLENDİRİLMESİ

**AYŞEGÜL ÇOBAN BEŞİR**

**Yüksek Lisans, Çevre Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ**

**Ocak 2015, 170 sayfa**

İşletilebilir bir maden yatağının tasarımlara uygun olarak yer yüzeyinden çıkarılması ve işlenmesini kapsayan yerüstü madenciliği faaliyetleri sırasında atmosfere bir miktar toz emisyonu gerçekleşmektedir. Çevresel etkilerinin yanı sıra, insan sağlığı, iş güvenliği ve operasyonel yönden risk oluşturan toz emisyonunun madenciliğin hazırlık aşamasında değerlendirilmesi ve emisyonun önlenmesi konusunda en iyi teknolojiye uygun önlemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklanan toz emisyon miktarının belirlenmesinde, ölçüm yöntemlerinin kullanılmadığı durumlarda emisyon faktörleri ile hesaplama yöntemine başvurulmaktadır. Malzeme miktarı ile atmosfere yayılan kaçak toz miktarı arasındaki ilişkinin karakteristik değeri olan emisyon faktörleri mevzuat ve düzenlemeler çerçevesinde belirlenmiştir. Ulusal mevzuatta “taş çıkarma, kırma ve sınıflandırma tesisleri” için belirlenen emisyon faktörleri sayısal olarak belirtilmiş olup Türkiye’deki birbirinden farklı pek çok yerüstü maden işletmesinin çevresel etki değerlendirme çalışmalarına dahil edilmektedir. Ancak madencilik faaliyetleri oldukça çeşitli olduğundan üretilen/işlenen malzeme özellikleri, madencilik yöntemi, operasyonel-işleme faaliyetlerinin yanı sıra atmosferik koşullar gibi maden sahaları karakteristik özellikleri, tüm madenler için geçerli olacak toz emisyonu hesaplamalarında göz önüne alınmalıdır. Özellikle hava kalitesi modellemesi hesaplamalarında kullanılan toz

miktarlarının daha hassas ve gerçeğe yakın emisyon değerlerini temsil edebilmesi amacıyla uluslararası düzenlemelerde belirlenen, faaliyet karakteristiğine ait parametrelerin de dikkate alındığı emisyon faktörleri formülleri bu tez çalışması kapsamında araştırılmış ve sunulmuştur. Ulusal mevzuatta ve diğer ülkelerde belirlenen emisyon faktörü formüllerinin bir yerüstü maden modeli üzerinde ortaya koyduğu tahmini emisyon miktarları bu çalışma kapsamında karşılaştırılmış ve Türkiye için hesaplanan emisyon değerlerinin diğer ülkelere göre önemli derecede farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, belirlenen bu değerler üzerinde hava kalitesi modellenmesi yapılmış ve yer seviyesi konsantrasyonlarının dağılımları sınır değerler açısından değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Emisyon Faktörü, Yerüstü Madencilik, Kaçak Toz

## **ABSTRACT**

# **EVALUATION OF EMISSION FACTORS USED IN SURFACE MINING WITHIN TURKEY AND INTERNATIONAL APPLICATIONS**

**AYŞEGÜL ÇOBAN BEŞİR**

**Master of Science, Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ**

**January 2015, 170 pages**

Surface mining operations generally comprise of extracting and processing. Since dust emissions released from mining activities have an actual or potential risk to environment, health and operational issues, some precautions in accordance with reasonable control technologies have to be considered during development stage. Determination of fugitive dust emission amount results from surface mining activities is applied by using emission factors while it is not applicable to measure. Emission factors, characteristic value of relation between the amount of material and fugitive dust emitted into the atmosphere, are specified in accordance with legislation and regulations at national and international scale. Emission factors of fugitive dust in Turkish regulations, presented as a numerical value for “extracting stone, crushing and classification facilities”, are used in Environmental Impact Assessment studies of various surface mining operations in Turkey. Since mining activities are quite varied, site specific parameters including produced/processed material properties, mining method, operational/processing activities, climatic conditions should be considered in dust emission calculation, applicable for all mines. Therefore, to present calculation of amount of dust closer to actual emissions, detail research of emission factors covering site specific properties has been made within the scope of this thesis and findings are presented. Comparison and evaluation of emissions which are obtained on a typical quarry model in

accordance with legislation in Turkey and different countries has shown that emissions calculated by using Turkish emission factors are significantly different than others. Additionally, air quality modeling is used to evaluate ground level concentrations in terms of limit values.

**Key Words:** Emission Factor, Surface Mining, Quarry, Fugitive Dust

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca bilgi ve birikimleriyle yol gösteren, değerli katkılarından dolayı danıőmanım Prof. Dr. Glen GÜLLÜ'ye,

Mesleki hayatımın temelini oluşturan maden mühendisliği eğitimimin evre mühendisliği teknikleriyle zenginleőmesinde emeği geçen tüm Hacettepe evre Mühendisliği hocalarıma,

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca eş zamanlı olarak yürüttüğüm iş hayattımda beni destekleyen Genel Müdürüm David Alan BICKFORD, Müdürüm Hasan Nejat UTKUCU'ya, iş hayattımda kazandığım geniş bakış açısında büyük emeği olan, kilit noktalarımda bana yol gösteren ve her zaman manevi desteğini hissettiğim Jale ŐAKIYAN ATEŐ'e ve her zaman olumlu yönde düőünceleriyle beni teővik eden iş arkadaőlarıma,

Her zaman desteklerini hissettiğim, akademik ve kariyer hayatımda beni teővik ederek ilerlememi sağlayan ailem ve sevgili eőim Fikri zgr BEŞİR'e

En içten teőekkürlerimi sunarım.



# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELER .....	viii
ŞEKİLLER .....	xi
EKLER .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiii
1. <b>GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Tezin Amacı .....	2
1.2. Tezin Kapsam ve Yapısı .....	2
2. <b>GENEL BİLGİLER</b> .....	4
2.1.1. Madencilğe Genel Bakış .....	4
2.1.2. Yerüstü Madencilği .....	5
2.1.3. Yerüstü Madencilğinde Toz Kaynakları ve Oluşumu .....	8
2.2. Kaçak Toz .....	10
2.2.1. Kaçak Tozun Fiziksel Özellikleri .....	10
2.2.2. Kaçak Tozun Kimyasal İçeriği .....	18
2.2.3. Kaçak Tozun Etkileri .....	21
2.2.4. Kaçak Tozun Belirlenmesi .....	23
2.3. Yerüstü Madencilğinde Kaçak Toz Oranları .....	28
2.4. Yerüstü Madencilğinden Kaynaklı Toz Emisyonlarının Farklı Ülkelerin Resmi Kaynaklardaki Yeri .....	28
2.4.1. Türkiye .....	28
2.4.2. Amerika .....	33
2.4.3. Kanada .....	35
2.4.4. Avustralya .....	37
2.4.5. Avrupa Ülkeleri .....	39
2.5. Yerüstü Madencilği Faaliyetlerinde Kullanılan Toz Emisyon Faktörleri .....	43
2.5.1. Bitkisel Toprağın Kaldırılması .....	43
2.5.2. Delme ve Patlatma .....	44
2.5.3. Yükleme ve Boşaltma .....	46

2.5.4.	Servis Yolları ve Taşıma .....	49
2.5.5.	Depolama ve Stoklama .....	53
2.5.6.	Kırma-Elleme Sistemleri .....	55
2.5.7.	Tesviye Çalışmaları .....	57
2.6.	Kaçak Toz Emisyon Faktörlerinin Uygulanmasında Karşılaşılan Belirsizlikler .....	58
2.7.	Kaçak Toz İndirgeyici Önlemler ve Emisyon Azaltma Verimliliği.....	58
2.8.	Yerüstü Madencilikte Toz Emisyonu Konusunda Yapılan Diğer Bilimsel Çalışmalar .....	62
3.	<b>MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	67
3.1.	Yerüstü Maden Modelinin Belirlenmesi .....	67
3.2.	Örnek Kalker Ocağı Maden Modeli .....	69
3.3.	Emisyon Faktörlerinin Belirlenmesi.....	72
3.3.1.	Emisyon Faktörlerinin Hesaplanması.....	75
3.4.	Hava Kalitesi Modellemesi.....	81
4.	<b>SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME</b> .....	85
4.1.	Emisyon Miktarlarının Karşılaştırılması .....	85
4.2.	Kontrollü Emisyon Faktörlerinin Karşılaştırılması .....	91
4.3.	Duyarlılık Analizi .....	93
4.4.	Model Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	99
5.	<b>GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	106
	<b>KAYNAKLAR</b> .....	109
	<b>EKLER</b> .....	120
	<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	170

## ÇİZELGELER

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Çeşitli Kayaç Türlerine Göre Ortalama Özgül Ağırlık Değerleri [40] .....	16
Çizelge 2.2. Noamundi Demir Cevheri Madeni'nde Taşıma Yolundan Kaynaklanan Tozun Silika İçeriği [48].....	20
Çizelge 2.3. Noamundi Demir Cevheri Madeni'nde Taşıma Yolundan Kaynaklanan Tozun Metal İçeriği ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [48].....	20
Çizelge 2.4. Patlayıcı Kullanımından Kaynaklanan Gaz Emisyonlarına Ait Emisyon Faktörleri .....	21
Çizelge 2.5. Emisyon Faktörünün Belirlenmesinde Kullanılan Ölçüm Metodu Kalitesi [59] .....	27
Çizelge 2.6. AP-42 Emisyon Faktörü Kalite Sıralaması [59].....	27
Çizelge 2.7. Toz Emisyonu Kütlesel Debi Hesaplamalarında Kullanılacak Emisyon Faktörleri [2].....	30
Çizelge 2.8. SKHKKY'ne göre Tesis Etki Alanında Uzun Vadeli, Kısa Vadeli Sınır Değerler ve Kademeli Azaltım Tablosu [2] .....	31
Çizelge 2.9. HKDYY Ek-I B) Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşiği (PM10) [65] .....	32
Çizelge 2.10. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi Ek-II, Limit Değerlerinde Kademeli Azaltım [65] .....	32
Çizelge 2.11. İşletme Sahası İçinde Toz Emisyonu Sınır Değerleri [2] .....	33
Çizelge 2.12. USEPA Tarafından Belirlenen Partikül Madde Sınır Değerleri [76].....	35
Çizelge 2.13. Kanada'da Uygulanan Partikül Madde Sınır Değerleri .....	36
Çizelge 2.14. Avustralya Hava Kalitesi Standartlarına Ait Sınır Değerler .....	38
Çizelge 2.15. Avrupa Birliği Partikül Madde Hava Kalitesi Standartları Sınır Değerleri [94] .....	40
Çizelge 2.16. EMEP/EEA - Madencilik Faaliyetleri için Seviye-1 Tip Emisyon Faktörleri [96]. .....	41
Çizelge 2.17. EMEP/EEA - Maden Faaliyetleri için Seviye-2 Tip Emisyon Faktörleri [96] .....	41
Çizelge 2.18. EMEP/EEA - Kireç Üretimi için Seviye-1 Tip Emisyon Faktörleri [97] .....	42
Çizelge 2.19. EMEP/EEA - Mineral Depolanması, Taşınması ve İşlenmesi için Seviye-2 Tip Emisyon Faktörleri [98] .....	42

Çizelge 2.20. Delme İşlemine Ait Emisyon Faktörleri .....	45
Çizelge 2.21. Kırılmış Malzemenin Boşaltılması ve Yüklenmesi için Emisyon Faktörleri	48
Çizelge 2.22. AP-42 Taşıma Eşitliğinde Kullanılan Katsayılar (Eşitlik-14) [104].....	50
Çizelge 2.23. AP-42 Taşıma Eşitliğinde Kullanılan Katsayılar (Eşitlik-15) [104].....	51
Çizelge 2.24. AP-42 Taşıma Formüllerinin Ugulanması için Koşullar [104].....	52
Çizelge 2.25. Taş Ocaklarına Ait Kırma Eleme Sistemleri için Emisyon Faktörleri [99] ..	56
Çizelge 2.26. Metalik Cevherlerin Kırma Eleme Sistemleri için Emisyon Faktörleri [107] .....	57
Çizelge 2.27. Toz Emisyon Kaynağı Faaliyetlerinin Öngörülen Toz Azaltma Verimlilikleri .....	59
Çizelge 3.1. Çeşitli Madenlerde Kaçak Toz Oluşumuna Sebep Olan Faaliyetler [14] .....	68
Çizelge 3.2. Türkiye İşletilebilir Kireçtaşı (Kalker) Rezervleri [117] .....	69
Çizelge 3.3. Türkiye’deki Bazı Kalker Ocağı ve Kırma Eleme Tesisi Projelerine Ait Bilgiler .....	70
Çizelge 3.4. Kalker Ocağı Maden Modeline Ait Öngörülen Bilgiler.....	71
Çizelge 3.5. Kalker Ocağı Maden Modelinde Uygulanan Faaliyetler .....	72
Çizelge 3.6. Kalker Ocağı Maden Modeli Faaliyetleri için Türkiye, Amerika, Kanada ve Avustralya’da Uygulanan Toz Emisyon Faktörleri .....	73
Çizelge 3.7. DMI 2008 Rüzgar Hızı Frekans Verileri.....	77
Çizelge 3.8. Uşak İli DMI 2008 Yılı Günlük Toplam Yağış Verileri.....	77
Çizelge 3.9. Emisyon Faktörleri Hesaplamalarında Kullanılan Parametreler.....	78
Çizelge 3.10. Türkiye’de Uygulanan Kontrollü Emisyon Faktörleri .....	79
Çizelge 3.11. Kalker Ocağı Maden Modeli Faaliyetleri için Yaygın olarak Kullanılan Toz Azaltma Önlemleri .....	80
Çizelge 4.1. Amerika, Kanada ve Avustralya için TAKM ve PM10 Emisyon Değerleri (kg/sa).....	86
Çizelge 4.2. Kırma-Eleme Sistemleri için Emisyon Faktörleri .....	88
Çizelge 4.3. Türkiye’de Uygulanan Kontrollü ve Kontrolsüz Emisyon Faktörlerine Ait Toz Azaltma Verimlilikleri.....	91
Çizelge 4.4. Kireçtaşı Ocağı Maden Modeli Faaliyetleri için Toz Azaltma Verimlilik Oranlarının Karşılaştırılması .....	92
Çizelge 4.5. Ortalama Emisyon Azaltma Verimliliklerine Ait Değişimler.....	93
Çizelge 4.6. Hava Kalitesi Modelinde Kullanılan Emisyon Değerleri.....	100

Çizelge 4.7. AERMOD Hava Kalitesi Model Sonuçları – Kontrolsüz Emisyonlar.....	100
Çizelge 4.8. AERMOD Hava Kalitesi Model Sonuçları – Kontrollü Emisyonlar.....	100
Çizelge 4.9. Emisyon Azaltma Verimliliklerine Ait Değişimlerin Karşılaştırılması.....	101

## ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 2.1. Yerüstü Madenciligi Çeşitleri (1: [11],2: [12],3: [13],4: [14],5: [15]).....	6
Şekil 2.2. Yerüstü Madenciliginde Uygulanan Temel Faaliyetler ve Toz Kaynakları [21]..	9
Şekil 2.3. Partikül Boyutlarının Örneklendirilmesi [19] .....	11
Şekil 2.4. Tipik Partikül Boyut Dağılımı [31].....	12
Şekil 2.5. Avustralya'nın NSW Bölgesinde Bir Kömür Madeninde Patlatma Sırasında Oluşan Toz Emisyonunun Atmosferdeki Yüksekliği [37] .....	15
Şekil 2.6. Normal Hava Koşullarında Partikül Çapına Göre Nihai Çökme Hızları [38]..	17
Şekil 2.7. Kefar Gil'adi Kireçtaşı Ocağı Çevresinden Alınan Toz Ölçümleri [46] .....	19
Şekil 2.8. Emisyon Tahmininde Risk Analizi [59].....	24
Şekil 2.9. AP-42 Yükleme ve Boşaltma Emisyon Faktörü Formülünün (Eşitlik 10) nem içeriği ve rüzgar hızına göre değişimi [1].....	47
Şekil 2.10. Kolombiya'da 7 Açık Ocak Madenine Ait 2009 Yılı Üretim Verileri ile Emisyon Faktörleriyle Hesaplanan TAKM ve PM10 Arasındaki Korelasyon İlişisini Gösteren Grafikler [1].....	62
Şekil 2.11. Kolombiya'da 7 Açık Ocak Madenine Ait 2009 Yılı Verileri ile Hesaplanan TAKM ve PM10 Emisyonlarının Alanlara Göre Dağılımı [1].....	63
Şekil 2.12. Old Moor Taş Ocağı Toz Modeli [114] .....	65
Şekil 2.13. Açık Ocak İçerisindeki Toz Dağılımının Gauss ve CFD Modellerine Göre Karşılaştırması [115] .....	66
Şekil 3.1. 2008 Yılı Uşak DMİ İstasyonu Verilerine Ait Rüzgar Gücü Grafiği .....	76
Şekil 3.2. Kalker Ocağı Maden Modeli Alanı Topoğrafik Haritası .....	82
Şekil 4.1. Farklı Ülkelere Göre Elde Edilen Saatlik Toplam Emisyon Değerleri .....	87
Şekil 4.2. Farklı Ülkelere Göre Elde Edilen Saatlik Toplam Emisyon Değerlerinin Dağılımı .....	87
Şekil 4.3. Kalker Ocağında Uygulanan Faaliyetler Sonucu Oluşan TAKM ve PM10 Değerlerinin Farklı Uygulamalara Göre Karşılaştırılması .....	89
Şekil 4.4. Patlatma Faaliyeti Sonucu Oluşan TAKM ve PM10 Değerlerine Ait Grafik.....	90
Şekil 4.5. Duyarlılık Analizi - Taşıma Emisyon Faktörü (kg/km araç) .....	94
Şekil 4.6. Duyarlılık Analizi - Taşıma Emisyon Faktörü (kg/sa).....	95
Şekil 4.7. Duyarlılık Analizi - Yükleme ve Boşatma Emisyon Faktörü .....	95
Şekil 4.8. Duyarlılık Analizi - Buldozer ile Yükleme Emisyon Faktörü .....	96
Şekil 4.9. Duyarlılık Analizi – Aktif Stok/Depolama Alanı Emisyon Faktörü (CA&AU). 97	

Şekil 4.10. Duyarlılık Analizi – Aktif Stok/Depolama Alanı Emisyon Faktörü (US) .....	97
Şekil 4.11. Duyarlılık Analizi – Patlatma Emisyon Faktörü .....	98
Şekil 4.12. Kuru Çökelme Değerleri (Maden) .....	102
Şekil 4.13. Yer Seviyesi PM10 Değerleri (Maden).....	103
Şekil 4.14. Kuru Çökelme Değerleri (Patlatma).....	103
Şekil 4.15. PM10 Değerleri (Patlatma) .....	104

## **EKLER**

	<u>Sayfa</u>
Ek-1. Hesaplama Detayları.....	120
Ek-2. Model Çıktıları.....	145

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

PM10 10 mikro metreden küçük partiküller

### Kısaltmalar

AP-42 USEPA Hava Kirliliği Emisyon Faktörleri Derlemesi

AU Avustralya

AUNIP Avustralya Ulusal Kirlilik Envanteri Kılavuzu

CA Kanada

CAENV Kanada Çevre Koruma Kurumu

CEPA Kanada Çevre Koruma Yasası

CWS Kanada Standardı

ÇED Çevresel Etki Değerlendirme

DMİ Devlet Meteoroloji İstasyonu

EMEP/EEA Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı/Avrupa Çevre Kurumu

IPCC Devletlerarası İklim Değişikliği Paneli

KET Kırma Eleme Tesisi

TAKM Toplam Askıda Katı Madde

TPM Toplam Partikül Madde

US Amerika Birleşik Devletler

USEPA Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu



# 1. GİRİŞ

Yerüstü madenciliği yüzeyde yapılan madencilik faaliyetlerini ifade etmektedir. Açık alanda uygulanan ve genel olarak delme, patlatma, kazı ve yükleme ile taşıma ve depolama işlemlerinden oluşan madencilik faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sırasında, hava koşullarına bağlı olarak atmosfere bir miktar toz emisyonu yayılmaktadır. Yerüstü madenciliğinden kaynaklı kaçak toz olarak sınıflandırılan bu toz emisyonu doğrudan ölçüm yöntemleriyle belirlenmemektedir [1]. Bu sebeple toplam toz daha pratik bir yöntem olan emisyon faktörleri ile hesaplanmaktadır. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği [2] kapsamında “taş çıkarma, kırma ve sınıflandırma tesisleri” için patlatma, sökme, yükleme, nakliye, boşaltma, depolama, birincil, ikincil ve üçüncül kırıcılara ait kontrollü ve kontrolsüz koşullarda uygulanabilecek emisyon faktörleri belirlenmiştir. Ancak madencilik faaliyetleri oldukça çeşitlidir ve tüm madenler için geçerli olacak mutlak bir standart tanımlamak oldukça zordur. Malzeme (cevher veya pasa) özellikleri, madencilik yöntemi, operasyonel-işleme faaliyetlerinin yanı sıra atmosferik koşullar ve konum her madene özgü parametreler olduğundan maden sahaları ile ilgili çalışmalar karakteristik özelliklerine göre değerlendirilmelidir [3].

Hava kalitesi kapsamındaki toz emisyonu Türkiye’de Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği [4]’ne tabi projeler kapsamında değerlendirilmektedir. Günümüzde bu projelerden ÇED Yönetmeliği’nde belirtilen seçme eleme kriterlerine göre yüksek kapasitede olanlar için ÇED Başvuru Doyası ve akabinde detaylı ÇED Raporu hazırlanarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığına, kriterlerin altında kapasiteye sahip olanlar için ise Proje Tanıtım Dosyası hazırlanarak İl Çevre Müdürlükleri’ne sunulmaktadır. Türkiye’de 2009 yılında yapılan değerlendirmeye göre ÇED başvurusu yapan yatırımlar arasında madencilik sektörü birinci sırada belirlenmiş ve bu sektörde en çok ÇED başvurusu yapılan bölüm ise %50 ile endüstriyel hammaddeler konulu projeler olduğu kaydedilmiştir [5]. Madencilik konulu çevresel etki değerlendirme çalışmalarında sunulan hava kalitesi değerlendirmeleri mevcut tesislerde periyodik olarak yapılan toz ölçümlerinden faydalanılarak gerçekleştirilirken henüz planlama aşamasında olan işletmelerde ise Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği [2]’nde yer alan emisyon faktörleri kullanılarak hesaplama ve değerlendirmeler yapılmaktadır. Söz konusu emisyon faktörleri rakamsal olarak ifade edilmiş olup bu değerlerin nasıl geliştirildiğine dair yönetmelikte herhangi bir kaynak belirtilmemektedir. Dolayısıyla özellikle planlama aşamasında bu emisyon faktörleriyle elde

edilen hesaplamalar sonucunda yapılan değerlendirmelerin gerçek durumda çevresel açıdan potansiyel etkilerinin yanısıra bu değerlendirmeler sonucunda kabul edilmeyen projelerin ülke ekonomisine olası etkileri yadsınamayacak önemli bir konudur. Aynı zamanda bir maden işletmesinin kendi içindeki planlamalarını ve fizibilitesini de etkileme potansiyeline sahip olan hava kalitesi değerlendirmelerinin maden işletmesine özgü karakteristik değerlerle yapılabilmesi için yerüstü madenciliği kaynaklı kaçak tozların belirlenmesinde dünyadaki diğer uygulamaların araştırılması bu tez konusunun odak noktasını oluşturmuştur.

### **1.1. Tezin Amacı**

Bu tezin amacı;

- Yerüstü madenciliğinden kaynaklı toz emisyonlarının belirlenmesinde kullanılan, dünya çapında yapılan çalışmalar ve düzenlemelerde sahaya özgü koşulların da dikkate alındığı emisyon faktörlerinin araştırılması,
- Türkiye ve diğer ülkelerde kullanılan emisyon faktörlerinin örnek maden modelinde karşılaştırılması,
- Elde edilen emisyon değerlerinin hava kalitesi modelinde ortaya koyduğu sonuçların değerlendirilmesidir.

### **1.2. Tezin Kapsam ve Yapısı**

Tez kapsamında madencilik faaliyetlerinden kaynaklı kaçak toz emsiyonunun belirlenmesi konusunda yerüstü madenciliğinin alt faaliyetlerine kadar hemen hemen her aşamasında emisyon faktörünün sunulduğu lkeler Türkiye, Amerika, Kanada ve Avustralya olarak belirlenmiştir. Araştırmalar sonucunda Türkiye dışındaki ülkelerde Amerika'da kullanılan AP-42 emisyon faktörlerinin esas alındığı görülmektedir. Söz konusu ülkelerin mevzuat ve yönergelerinde sunulan emisyon faktörlerinin karşılaştırılması amacıyla hayali bir kalker ocağı maden modeli oluşturulmuştur. Maden modelinde öngörülen veriler ile ülkelere göre değişen emisyon faktörlerinden yararlanılarak hesaplamalar yapılmış ve karşılaştırmalar sunulmuştur. Ayrıca elde edilen kaçak toz emisyon değerlerinin oluşturduğu yer seviyesi konsantrasyonlarının değerlendirilmesi için AERMOD hava kalitesi dağılımı modellemesinden yararlanılmıştır.

Tezin ilk bölümünde literatür araştırmaları sunulmakta olup yerüstü madencilik ve toz emisyonuna sebep olan faaliyetler hakkında kısa bilgilerle birlikte kaçak tozun oluşumu ve özellikleri hakkında detaylı araştırmalara yer verilmiştir. Ek olarak çeşitli ülkelerin toz emisyonu ile ilgili düzenlemelerin kronolojik düzende anlatılmasının ardından konu olarak bu tez çalışmasına yakın bazı örnek çalışmalar aktarılmıştır. İkinci bölümde tez çalışması kapsamında kullanılan yöntem ve hesaplamalar ayrıntılarıyla anlatılarak bir yerüstü maden modeli üzerinde ülkelere göre farklılık gösteren toz emisyon faktörleri uygulanmıştır. Belirlenen toplam emisyon miktarlarının karşılaştırılmasına ek olarak yer seviyesi konsantrasyonlarının ve dağılımının incelenmesi amacıyla çalıştırılan hava kalitesi modeli uygulamasıyla birlikte elde edilen sonuçlar üçüncü bölümde sunulmuş olup sınır değerlere göre değerlendirilmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1.1. Madencilğe Genel Bakış

Madencilik genel olarak yer kabuğundaki minerallerin elde edilmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Mineral, belirli fiziksel ve kimyasal karakteristik özelliklere sahip inorganik element veya bileşiklerdir. Bir veya daha çok mineralin çeşitli volkanik ve doğa olayları sonucu yer kabuğunda oluşturdukları ekonomik değer taşıyan birikimler maden yatağını, diğer bir deyişle cevheri oluşturmaktadır [6].

Mineraller temel bileşenleri ve kullanım alanlarına göre metalik cevherler, metalik olmayan cevherler ve enerji mineralleri olmak üzere üç sınıfta incelenmektedir. “Metalik cevherler; ferrometaller (demir, manganez, molibden, tungsten gibi), baz metaller (bakır, kurşun, çinko, kalay gibi), değerli metaller (altın, gümüş, platin gibi) ve radyoaktif metallere (uranyum, toryum, radyum gibi) oluşur. Metalik olmayan cevherler fosfat, potas, taş, kum, çakıl, sülfür, tuz gibi endüstriyel mineralleri içerir. Enerji mineralleri ise kömür, petrol, doğal gaz, uranyum, linyit, bitümlü şist gibi kaynakları kapsar” [7].

Bir cevher oluşumunun bulunmasından sahanın terk edilmesine dek madencilik süreci 5 temel aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar (1) prospeksiyon, (2) arama, (3) geliştirme, (4) üretim ve (5) rehabilitasyon şeklindedir [6]. Mineral yataklarının görsel incelenmesi, jeolojik çalışmalar, hava fotoğrafları, haritalama, jeofizik ve jeokimya gibi yöntemler kullanılarak aranması prospeksiyon olarak adlandırılmaktadır. Bu aşamada tespit edilen mineral yatağının boyut, şekil, lokasyon ve ekonomik değeri hakkında daha kapsamlı ve detaylı bilgiler arama safhasında elde edilmeye çalışılır. Birbirine bağlantılı olarak yürütülen bu iki aşamada; kesin olarak belirlenen maden yatağına ulaşmada kullanılacak yöntem ile cevher üretim yöntemi de belirlenmektedir. Elde edilen tüm bilgiler ışığında maden işletmeciliğinin maden ömrü boyunca uygulayacağı tüm faaliyetler de göz önünde bulundurularak yatırımın karlı olacağı tespit edilmesi durumunda hazırlık çalışmaları başlamaktadır. Hazırlık çalışmaları; üretime başlanması amacıyla cevhere erişim çalışmaları, cevher hazırlama dahil yerüstü tesislerinin inşası, istihdamın oluşturulması, çevre ve iş sağlığı-güvenliği gerekliliklerinin sağlanması ve cevherin satılacağı piyasanın ya da kullanılacağı alanın belirlenmesi faaliyetlerini içermektedir. Bir sonraki safha olan üretim aşamasında cevherin bulunduğu yerden çıkartılarak işlenmesini kapsayan faaliyetler gerçekleştirilmektedir [7]. Madenin kapatılması ve sahanın doğaya uygun nitelikte ve

kalitede bırakılması için gereken faaliyetler ve kapama sonrası çevresel izleme çalışmaları ise rehabilitasyon dönemini oluşturmaktadır.

Madencilik sürecinde üretim faaliyeti genel olarak iki metot altında incelenmektedir. Bunlar açık ocak kazısı şeklinde uygulanan yerüstü madenciliği ve cevherin derinde olduğu durumda kuyu ve tüneller kullanılarak gerçekleştirilen yeraltı madenciliğidir. Söz konusu üretim yöntemlerine karar verilmesi için dikkate alınan başlıca iki etken cevher kütlesinin boyutu ve yüzeye yakınlığıdır [7].

Yeraltı madenciliğinde üretim faaliyetleri tamamen kuyu ve yeraltı galerileri ile uygulanırken yerüstü madenciliğinde tüm faaliyetler işin doğası gereği açık alanda gerçekleştirilmektedir. Özellikle açık alanda gerçekleştirilen faaliyetlerin yeraltı madenciliğine kıyasla daha fazla olması, dolayısıyla madencilik faaliyeti kaynaklı çevresel ve görsel etki potansiyelinin daha yüksek olması sebebiyle söz konusu etki boyutunun ele alındığı tez kapsamındaki çalışmalar yerüstü madenciliği üzerine odaklanmaktadır.

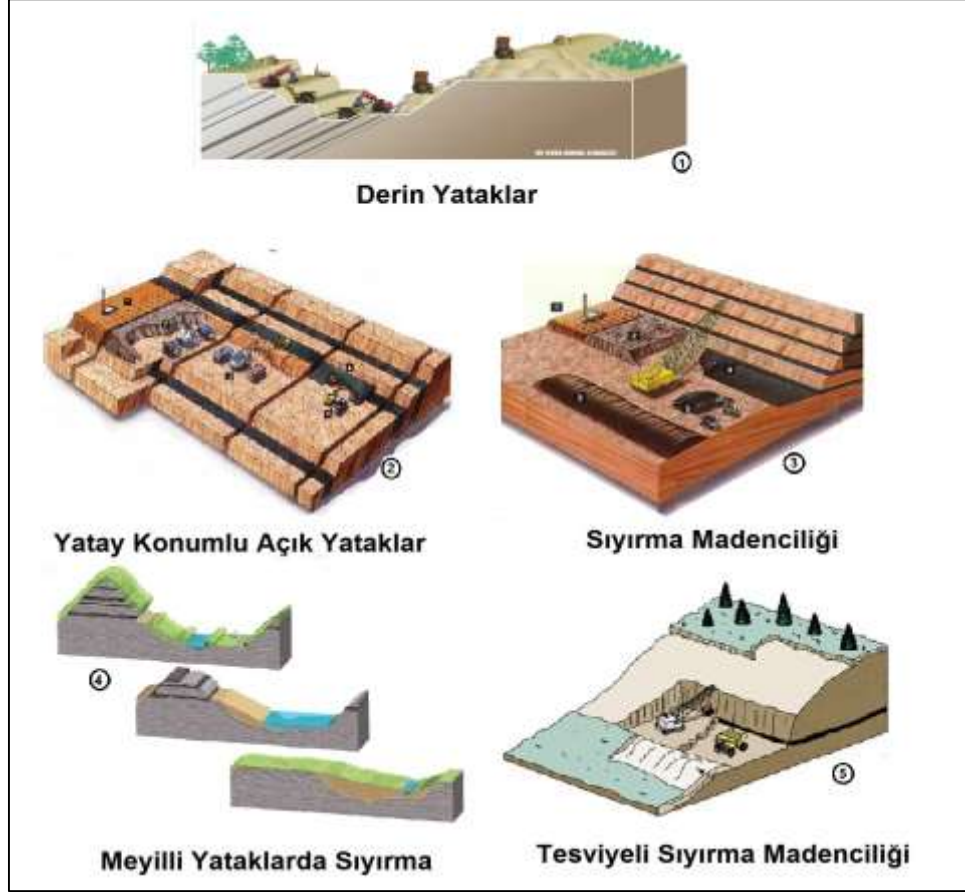
### **2.1.2. Yerüstü Madenciliği**

Yerüstü madenciliği daha önce de bahsedildiği gibi madenin yer yüzeyine yakın bulunduğu alanlarda maden üzerindeki örtü tabakasının alınarak ekonomik şekilde çıkarılması için uygulanan üretim şeklidir. Yüzeye yakın olan cevherin oluşum şekli ve boyutu yerüstü madenciliğinin de kendi içerisinde çeşitlenmesini sağlamıştır. Cevher türünün başlıca etken olduğu ve üretim sırasında kullanılan ekipmanların da farklılık gösterdiği yerüstü ocak yapılarının cevherin çıkarılış şekline göre en sık rastlanan çeşitleri şöyledir [8]:

- Derin Yataklarda Yerüstü Madenciliği
- Yatay Konumlu Açık Yataklarda Yerüstü Madenciliği
- Sıyırma Yönteminin Uygulandığı Yerüstü Madenciliği
- Meyilli Yataklarda Sıyırma Yönteminin Uygulandığı Yerüstü Madenciliği
- Tesviyeli Sıyırma Yönteminin Uygulandığı Yerüstü Madenciliği

Yukarıda listelenen yerüstü madenciliği yöntemlerinin daha rahat anlaşılabilmesi için örnek görsel diyagramlar Şekil 2.1'de sunulmaktadır. Söz konusu yerüstü madencilik yöntemlerinde kömür gibi cevherin yatay ilerlediği ve yüksek oranda kazı gerektiren durumlarda dragline (sallama kepçeli ekskavatör) ya da döner kepçeli ekskavatör tercih

edilmektedirken metal ve taş ocakları gibi cevherin damar tipi veya masif yatak gösterdiği, daha dar alanda çalışılan durumlarda ekskavatör ve kamyon birlikte kullanılmaktadır. Türkiye’de linyit üretiminin %90’ı yerüstü madenciliği ile gerçekleştirilirken kum, çakıl, kırma taş (agrega) ocaklarının da büyük çoğunluğu açık ocak kazısı yöntemini kullanmaktadır [9] [10].



**Şekil 2.1.** Yerüstü Madenciliği Çeşitleri (1: [11],2: [12],3: [13],4: [14],5: [15])

Tipik bir maden işletmeciliğinin çevresel etkileri faaliyet alanında gerçekleştirilen arama, geliştirme, işletme ve kapama-rehabilitasyon dönemi olmak üzere dört aşamada incelenmektedir. Her aşamada gerçekleştirilecek faaliyetler fizibilite çalışmaları sırasında planlanmakta ve çevresel etki değerlendirmesi yapılmaktadır. Çevresel etki değerlendirme çalışmaları; madencilik faaliyetleri kaynaklı olması muhtemel çevresel etkilerin önceden belirlenerek gerekli önlemlerin alınmasını sağlamakta olup maden sahasında uygulanacak tasarımların da bu yönde geliştirilmesinde etkili olmaktadır. Bir yerüstü madenin çevresel etkilerine baktığımızda öne çıkan temel konuları şu şekilde sıralayabiliriz [16]:

- Yeraltı ve yüzey sularına etkisi
- Hava kalitesine etkisi
- Toprak kalitesine etkisi
- Gürültü kalitesine etkisi
- Flora ve faunaya etkisi
- Sosyal çevreye etkisi
- Ekonomik etkiler

Yerüstü madenciliğinde örtü tabakasının kaldırılması ve cevher üretimi için uygulanan işlemler sırasında toprak ve kayacın mekanik olarak parçalanması gerçekleştiğinden maden işleyişinin hemen hemen her aşamasında toz oluşumu meydana gelmektedir. Dolayısıyla yerüstü madenciliğinin çevresel etki değerlendirme çalışmalarına konu olan hava kalitesine etki eden başlıca parametre tozun temel parçası olan partikül maddedir [17].

Bir yerüstü maden projesinin arama döneminde faaliyet alanında gerçekleştirilen işlemler genellikle sondaj ve yarma gibi numune alınmasına yönelik faaliyetlerdir. Ekonomik yönden madenin çıkarılmasına karar verilmesi ile başlayan, hazırlık aşaması olarak da ifade edilen inşaat dönemi ise devam eden sondaj faaliyetlerine ek olarak faaliyet alanı içerisinde kullanılacak her bir alandaki bitkisel toprağın sıyırılması, taşınması ve depolanması, maden ulaşım ve servis yollarının oluşturulması, kullanılacak yapıların ve altyapı birimlerinin inşa edilmesi gibi temel faaliyetleri kapsamaktadır.

Cevherin çıkarılmasından hedeflenen son ürünün elde edilmesine kadar gerçekleştirilen delme-patlatma, kazı ve yükleme, taşıma, boşaltma, depolama/stoklama ve kırma-eleme ile cevherin yapısına göre belirlenen zenginleştirme yöntemlerinin uygulanması projenin işletme faaliyeti boyunca sürekli veya sık periyotlarda bir arada yürütülmektedir. Ayrıca maden içi yolların bakımı, çalışma alanlarında tesviye, düzleme işlemleri de maden ömrü süresince sık periyotlarda yapılan faaliyetlerdir. Ayrıca projenin ilerleme aşamasına bağlı olarak yeni kurulacak veya aktif kullanım alanı genişleyen ünitelerde arazi hazırlama kapsamında bitkisel toprağın sıyırılması, taşınması ve daha sonra kullanılmak üzere geçici depolanması ve akabinde söz konusu ünitenin inşaat işlemleri de sık olmamakla birlikte işletme faaliyetlerine paralel olarak yapılabilmektedir.

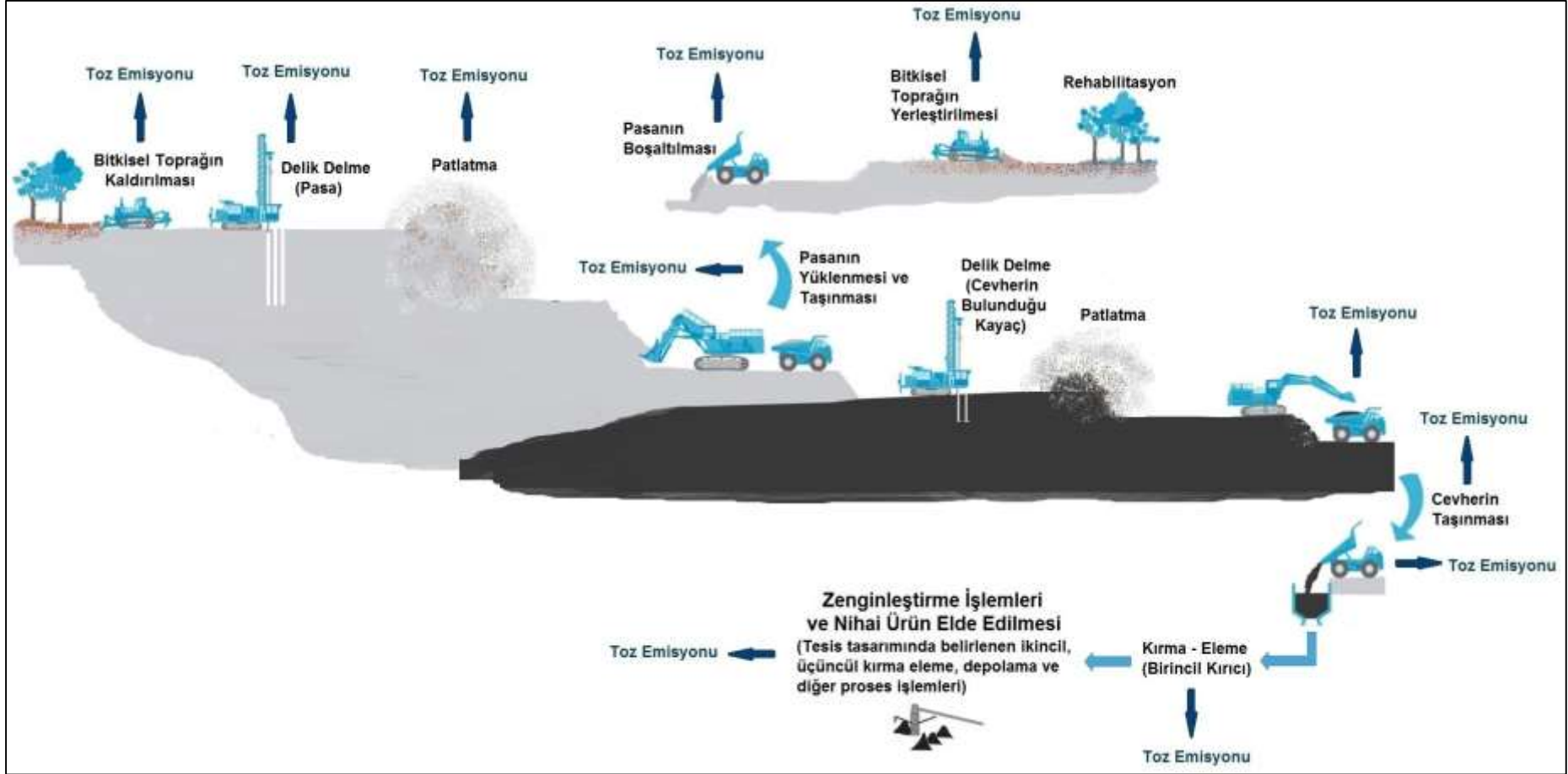
Madencilik projesinin son aşaması gibi algılanan kapama ve rehabilitasyon dönemi aslında işletme faaliyetleri ile birlikte yürütülmekte, işletme dönemi sonunda da belirli bir süre devam etmektedir. İşletme faaliyetleri ile paralel yürütülen kapama ve rehabilitasyon faaliyetleri; üretim veya depolama işlemi bitmiş alanların ve geçici olarak kullanılmış alanların uygun nitelikte doğaya yeniden kazandırılması amacıyla alanın tesviye edilmesi veya tasarımına uygun şekilde üst örtü teşkili ile kapatılması ve inşaat döneminde sıyrılan bitkisel toprağın bu alanlara tekrar taşınarak serilmesi şeklinde sıralanabilir. İşletme dönemi sonunda ise yapıların sökülmesi, tüm faaliyet alanının topoğrafyaya uygun şekilde tesviye edilmesi ve rehabilitasyon planlamasına (bitkisel toprak serilmesi, ağaçlandırma, vs.) dahil edilen faaliyetlerin yapılarak alanın doğaya uyum sağlaması amaçlanır.

### **2.1.3. Yerüstü Madenciliğinde Toz Kaynakları ve Oluşumu**

Toz; genel tanımıyla atmosferde asılı kalan ince taneli partikül maddelerdir. Dünya Sağlık Örgütü ise havada bulunması veya oluşumu kaynağına, fiziksel karakteristiğine ve hava koşullarına bağlı olan, boyutları 1 µm ile 100 µm arasında değişen katı partikülleri toz olarak tanımlamaktadır [18].

Partiküller çok farklı boyut, şekil ve kimyasal içerikte oluşabilmektedir. Oluşum mekanizmalarına göre partiküller birincil ve ikincil partiküller olmak üzere iki şekilde incelenmektedir. Birincil partiküller inşaat sahaları, stabilize yollar, bozuk araziler, baca veya yangınlar gibi emisyon kaynaklarından doğrudan salınan partiküllerdir. Diğer partiküller ise elektrik santralleri, endüstriyel tesisler ve otomobil egzozlarından salınan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazlarının atmosferdeki kimyasal reaksiyonları sonucunda oluşmakta olup ikincil partikül adını alır [19]. Ayrıca partiküller kaynağına göre doğal ve antropojenik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Doğal olarak oluşan partiküller volkanlar, deniz spreyleri, otlak yangınları, çöl tozu ve polen, bakteri, mantar sporları, bitki ve hayvan organizmalarının parçalanması gibi çeşitli biyolojik kaynaklardan oluşmaktadır. Antropojenik kaynaklı partiküller ise araçlarda, ısınma amaçlı, elektrik santralleri ve endüstriyel tesislerde yakıt yakılması gibi insan kaynaklı aktiviteler sonucunda ortaya çıkmaktadır [20]. Tez çalışmasının odak noktasını oluşturan yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklı toz emisyonları antropojenik partikül madde kaynakları arasında yer almaktadır. Tipik bir yerüstü madenciliğinde toz oluşumuna neden olan temel faaliyetler Şekil 2.2'de gösterilmektedir.





Şekil 2.2. Yerüstü Madenciliğinde Uygulanan Temel Faaliyetler ve Toz Kaynakları [21]

## 2.2. Kaçak Toz

Delme, patlatma, kazı ve yükleme, boşaltma, depolama, kırma-eleme ve nakliye gibi yüzeyde gerçekleştirilen yerüstü madenciliği temel faaliyetlerinden kaynaklanan tozlar taneli parçacıkların mekanik olarak aşınması ve rüzgar etkisi sonucunda serbest bir şekilde atmosfere yayılmasıyla oluşmaktadır. Literatürde “Kaçak Toz” olarak adlandırılan bu toz tipi noktasal olmayan, baca dışı kaynaklı toz emisyonu olarak tanımlanmaktadır. Stabilize yollardaki trafik, tarım amaçlı toprağın sürülmesi, geçici depolama amaçlı agrega yığınları ve inşaat faaliyetleri madencilik dışında sık karşılaşılan kaçak toz kaynaklarıdır.

Kaçak toz oluşumunda iki temel fiziksel proses söz konusudur [22]:

1. Gerçekleştirilen işlemler sırasında uygulanan mekanik kuvvet ile oluşan pulverizasyon ve yüzey malzemenin aşınması (tekerlek, kesiciler vs.)
2. Türbülanslı hava akımı sebebiyle toz parçacıklarının sürüklenmesi (örneğin: rüzgar hızının 19 km/saat'ten yüksek olduğu durumlarda çıplak yüzeylerde oluşan rüzgar erozyonu)

Çeşitli toz kontrol önlemlerinin alınmasına rağmen yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklanan kaçak tozun en fazla görüldüğü alan stabilize taşıma yollarıdır [23]. Everett tarafından yapılan çalışmaya göre stabilize taşıma yollarının ilk 8 m'sinden sonra 50 µm'dan büyük partiküllerde 30 m sonrasında ise 20 µm'dan büyük partiküllerde büyük bir düşme olmaktadır [24]. Ayrıca Midwest Research Institute tarafından kırılmış malzemenin stoklandığı alandan alınan örneklemeler sonucunda elde edilen verilere göre oluşan kaçak tozun %12'si stok yığına boşaltırken, %33'ü rüzgar erozyonu sonucunda, %15'i stok yığından yüklerken, en yüksek oran olan %40'ı ise stok alanında ekipman ve araçların hareketi sırasında oluştuğu belirlenmiştir [23].

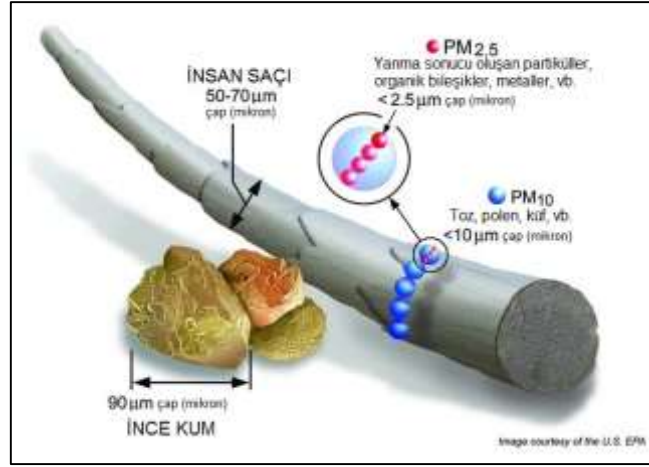
### 2.2.1. Kaçak Tozun Fiziksel Özellikleri

#### Partikül Madde Boyutu

Partikül maddenin en önemli özelliklerinden biri partikül boyutudur ve partikül maddenin diğer hemen hemen tüm özellikleri için belirleyici bir parametredir. Partiküllerin çökme hızları ve solunum sisteminden girebilme yeteneği, şekil, büyüklük ve yoğunluğuna bağlı olduğundan partikül boyutlarının standart bir parametre altında sınıflandırılabilmesi için

aerodinamik çap dikkate alınmaktadır. Aerodinamik çap partikül çökme hızı ile aynı hıza sahip olan birim yoğunluktaki ( $1 \text{ g/cm}^3$ ) bir kürenin çapı olarak ifade edilmektedir. Örneğin fiziksel büyüklüğü 4,5mikron ve yoğunluğu  $5,2\text{g/cm}^3$  olan demir partikülü yaklaşık 10 mikron aerodinamik çapında partikül gibi davranış göstermektedir [18].

USEPA'nın sınıflandırmasına göre aerodinamik çapı  $0,1\mu\text{m}$ 'den küçük partiküller çok (ultra) ince,  $0,1 \mu\text{m}$  ile  $2,5 \mu\text{m}$  ( $2,5 \mu\text{m}$  dahil) arasındaki partiküller ince,  $2,5 \mu\text{m}$  ile  $10 \mu\text{m}$  arasındaki partiküller kaba (coarse) ve  $10 \mu\text{m}$ 'den büyük partiküller ise çok kaba partiküller olarak tanımlanmaktadır [19]. Şekil 2.3'de partikül boyutlarının daha kolay algılanabilmesi amacıyla bir örneklendirme gösterilmektedir.



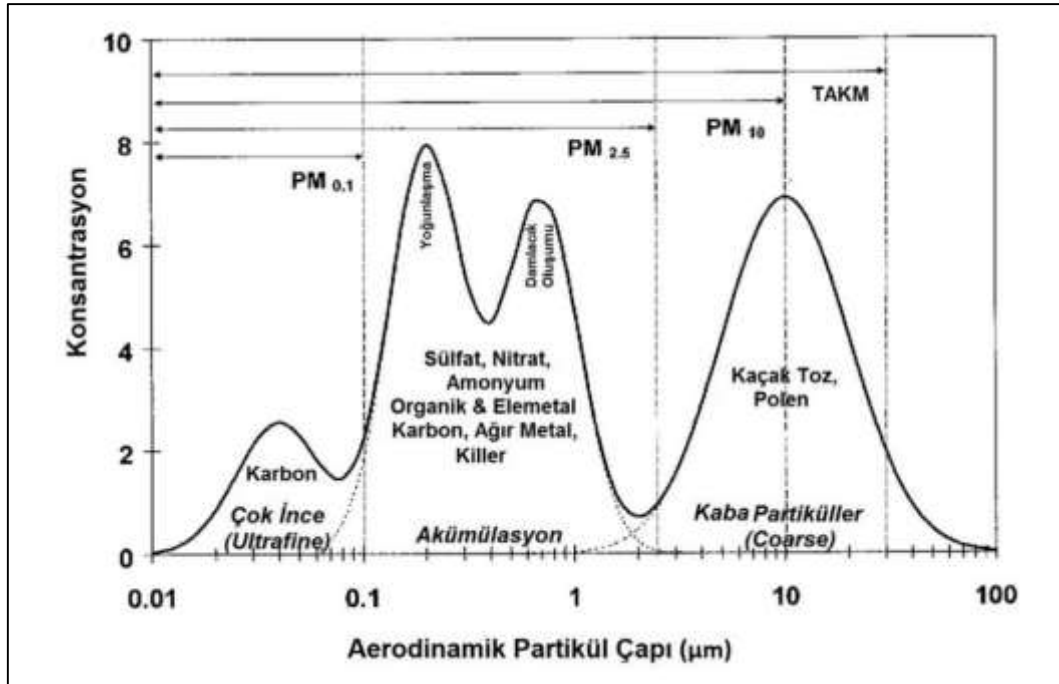
Şekil 2.3. Partikül Boyutlarının Örneklendirilmesi [19]

Partiküllerin özellikle boyutlarına göre incelenmesinin temel sebebi sağlık problemlerinin oluşma nedenleri ile doğrudan bağlantılı olmasıdır [25]. Partikül boyutu küçüldükçe partiküllerin solunum sisteminde yol alması kolaylaşmaktadır. Burundan nefes alınması sırasında burundaki tüyler ve mukus  $10\mu\text{m}$ 'yi aşan partiküller için çok etkili bir filtre görevi görür ve partiküller hızla çökerek soluk borusuna veya bronşlara yerleşme eğilimi gösterirler [26]. İnsan sağlığı açısından büyük risk taşıyan  $10 \mu\text{m}$ 'den daha küçük partiküller ise solunum sisteminde geniz yolundan başlayarak alveollere kadar ilerleyebilmektedir. Londahl vd. tarafından yapılan çalışmaya göre  $5-10 \mu\text{m}$  arasındaki partiküller trakebronşiyal yapı içerisinde çöklerken  $1-5 \mu\text{m}$  arasındaki partiküller bronşçuklarda ve gaz dönüşümlerinin gerçekleştiği alveolde birikmekte ve nihayetinde kana karışarak ciddi sağlık problemlerine sebep olmaktadır [27].  $1 \mu\text{m}$ 'den küçük partiküller ise gaz molekülleri ile benzer davranış göstermekte olup solunduğunda direk alveollere ulaşmakta ve doku

hücrelerine ve/veya dolaşım sistemine geçiş yapabilmektedir [28]. Madencilik faaliyetlerinde çalışanlarda görülen rahatsızlıklar genel olarak astım, siyah akciğer hastalığı, silikosis, asbest hastalığı, berilyoz hastalığı, inflamasyon, boksit fibrosis ve sideroz gibi partikül madde solunmasından kaynaklanmaktadır [29].

### **Partikül Madde Boyut Dağılımı**

Partikül boyut dağılımı aşağıda kalan katı ve sıvı parçacıklar olarak tanımlanan aerosol oluşumu sırasında gerçekleşen atmosferik prosesin tanımlanması ve bununla birlikte partikül maddenin insan sağlığı ve çevresel etkilerinin incelendiği maruziyet ile risk araştırmalarında kullanılmaktadır. Atmosferde gözlenen tipik ince ve kaba parçacıklar mod yapısında boyut dağılımı ile tanımlanmaktadır [30]. Whitby tarafından 1972 [31] yılında tanımlanan ve Şekil 2.4’de gösterildiği gibi geliştirilen tipik partikül boyut dağılımı EPA tarafından yapılan partikül boyut sınıflandırmasına paralel olmakla birlikte pek çok bilimsel araştırmacı tarafından da kabul edilmiştir.



**Şekil 2.4.** Tipik Partikül Boyut Dağılımı [31]

Partikül boyut dağılımı modlu karakteri; bir yandan sürekli partikül oluşturan proseslerin, diğer yandan atmosferden partikül giderimine neden olan proseslerin sonucudur. İlk oluşan

partiküllerin boyutu ve bileşimi; yoğunlaşma, buharlaşma, diğer partiküllerle koagülasyon veya kimyasal reaksiyonlar gibi etkenlerle değişebilir. Diğer bir deyişle partikül boyut dağılımındaki modların sayısı; aerosolün yaşına, oluşum şekline ve çevrede farklı boyutlarda partikül oluşturan aktif kaynakların varlığına göre çeşitlilik gösterebilir [32]. Ayrıca Hien vd. tarafından yapılan çalışmada ince ve kaba mod yapısındaki partikül dağılımlarının rüzgar hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem gibi meteorolojik şartlara kuvvetli bir şekilde bağlı olduğu belirtilmiştir [33].

Whitby tarafından tanımlanan partikül boyut dağılımında yaklaşık 2  $\mu\text{m}$ 'den büyük partiküller kaba partiküller olup öğütme işlemi ve jeolojik kökenli malzemeden kaynaklanırken, yaklaşık 0,08  $\mu\text{m}$ 'den küçük partiküller çok ince partiküller olarak sınıflandırılmakta ve yanma işlemi sonucunda veya atmosfere salınan gazın soğumasıyla oluşmaktadır. Aynı zamanda kristalleşme sürecinin ilk aşaması olan çekirdeklenme (nucleation) modu bu boyut aralığında gözlenmektedir. Akümülyasyon oluşumunun gerçekleştiği ve ince partiküller olarak adlandırılan yaklaşık 0,08  $\mu\text{m}$  ile 2  $\mu\text{m}$  arasındaki partiküller ise yanma işlemi sonucunda, gazdan partikül yapıya çevrimde, uçucu maddelerin yoğunlaşması sırasında ve yüzeydeki çok ince toz parçacıklarının parçalanmasıyla oluşan daha küçük parçacıkların koagülasyonu sonucunda oluşmaktadır [31].

Öncelikli olarak insan sağlığının korunması ve çevresel etkilerin en aza indirilebilmesi amacıyla kaçak toza ait partikül madde boyut dağılımında Şekil 2.4'te de görüldüğü gibi PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> ve TAKM olmak üzere parametreler belirtilmiş ve pek çok ülke tarafından da bu parametreler hava kalitesi standardı olarak kabul edilmektedir. Partikül Boyut Dağılımında kaçak tozu oluşturan kaba partiküllerde konsantrasyonun en yüksek olduğu boyut PM<sub>10</sub> olarak görülmektedir. Ancak kaba partikül modunun pik noktası kaçak tozun ölçüm lokasyonuna göre ~6 ile ~25  $\mu\text{m}$  arasında değişebilmektedir [34].

Aerodinamik çapı 2,5  $\mu\text{m}$ 'nin altında olan partikül maddelerin toplamı olarak ifade edilen PM<sub>2,5</sub> ince (fine) partikül olarak da isimlendirilmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalara göre akciğer rahatsızlıklarıyla ilgili hastane kayıtlarının PM<sub>2,5</sub> ve elemental karbon konsantrasyonu verileriyle bağlantılı olduğu belirlenmiştir [35]. Bu sebeple özellikle gelişmiş ülkelerde hava kalitesi standartlarında görülen bir parametredir. Aerodinamik çapı 10 $\mu\text{m}$ 'nin (insan saç teli kalınlığının yedide biri) altında olan partikül maddelerin toplamı PM<sub>10</sub> olarak tanımlanmaktadır. PM<sub>10</sub> temel birincil Ulusal Hava Kalitesi Standardı olarak belirlendiğinden mevzuat ve düzenlemelerde en çok üzerinde durulan temsili parametredir.

Toplam askıda katı madde (TAKM) ikincil temel hava kalitesi standardı olarak kabul edilmektedir. TAKM ölçümünde kullanılan filtreleme tekniğine dayanan yüksek hacimli örnekleme sistemleri 10 µm altındaki partikülleri %100 oranında yakalayabilirken 100 µm kadar büyük partikülleri tamamıyla yakalayamamaktadır. Bu sebeple yüksek hacimli örnekleme cihazları kesin bir partikül boyut aralığı hakkında bilgi veremezler. Ancak bu tip standart örnekleme cihazlarında belirlenen ve yaygın olarak kullanılan TAKM için en efektif partikül aerodinamik çapı 30 µm olarak kullanılmaktadır [22]. Bu partiküller çok yüksek seviyeye püskürtülmediği takdirde havada asılı kaldığı andan itibaren bir saat içinde yer yüzeyine çökmektedir [31].

Mineral tozların oluştuğu endüstriyel faaliyetlerde (ör: seramik, çimento veya tuğla üretimi gibi daha çok kaçak toz emisyonuna sebep olan faaliyetler) toz buyutu genellikle 2,5 µm'den büyük olduğundan partikül madde kirliliğinin izlenmesi için en uygun parametre olarak PM10 önerilmektedir [36]. Ayrıca Kolombiya Çevre Bakanlığı'nın desteklemiş olduğu yerüstü madencilik emisyonlarıyla ilgili çalışmada da TAKM ve PM10 emisyonları için emisyon envanteri yönetilmesi konusunda standart bir metodolojinin oluşturulması gerekliliği belirtilmiştir [1].

### **Partikül Madde Sürüklenme Mesafesi ve Cökme Hızı**

Partiküllerin atmosferde sürüklenme potansiyeli kaynağından ilk çıkış (püskürme) yüksekliğine, cökme hızına ve atmosferik türbülans derecesine bağlıdır. Kaçak toz partiküllerinin teorik olarak sürüklenme mesafesi partikül çapı ve ortalama rüzgar hızının bir fonksiyonu şeklinde hesaplanmaktadır. USEPA tarafından sunulan bu teorik hesaplama sonuçlarına göre tipik 16km/sa ortalama rüzgar hızında 100 µm'den büyük partiküllerin yol kenarının veya diğer noktasal emisyon kaynağının 6-9 m ilerisinde, 30 ile 100 µm arasında aerodinamik çapa sahip partiküllerin atmosferik türbülans derecesine bağlı olarak yoldan en az 30m ilerisinde çökme ihtimali yüksek olduğu belirlenmiştir. Daha küçük partiküller ise daha düşük yer çekimi kuvvetine maruz kalacağından çökme potansiyeli atmosferik türbülans tarafından bir miktar engellenmektedir [22].

Emisyon çıkış yüksekliği her bir kaynağa göre farklılık göstermektedir. Yerüstü madencilikte patlatma dışındaki kaçak toz kaynaklı faaliyetlerde oluşan toz emisyon yüksekliği oldukça düşüktür. Patlatma faaliyetinde ise toz emisyonunun püskürme yüksekliği her patlatma faaliyetinde değişebilmektedir. Patlatmanın temel amacı kayaçların



yavaşlar. Dolayısıyla çökme hızının belirlenmesinde partikül boyutu en önemli parametrelerden biridir. Örneğin çapı 1mm olan bir partikülün (özellik ağırlığı:2gr/cm<sup>3</sup>) havadaki çökme hızı 600cm/sn iken çapı 1µm olan aynı tür partikülün çökme hızı 0,006cm/sn'dir. Dolayısıyla atmosferdeki belirli çaptaki partiküller kolaylıkla çökebilirken bir kısmı da ortamda asılı halde kalabilmektedir. Söz konusu iki durum arasında belirgin bir sınır olmamakla birlikte mutlaka bir sınır belirlenmesi gerektiği durumda bu değer 10µ'a yakın bir yerde olmalıdır [38].

Partikül çapı açısından toz taneciklerinin atmosferdeki hareketi üç sınıfta incelenmektedir [39]:

- Newton hareketi:

Partikülün ağırlığı etkisiyle oluşan yer çekimi kuvvetinin baskın olduğu harekettir. Özellikle ağırlığı büyük olan partiküller diğer partiküllere göre daha çabuk çökerler. Bazı kayaç türlerine ait ortalama özgül ağırlık değerleri Çizelge 2.1'de sunulmaktadır.

**Çizelge 2.1.** Çeşitli Kayaç Türlerine Göre Ortalama Özgül Ağırlık Değerleri [40]

Kayaç Türü	Özellik Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
Andezit	2,5-2,8
Bazalt	2,8-3,0
Taş Kömürü	1,3
Bakır	2
Granit	2,6-2,7
Demir	4,5-5,3
Galen (PbS)	7,5
Kireç Taşı	2,3-2,7
Mermer	2,4-2,7
Kuars	2,6-2,8
Kaya Tuzu	2,5-2,6

- Stokes' hareketi:

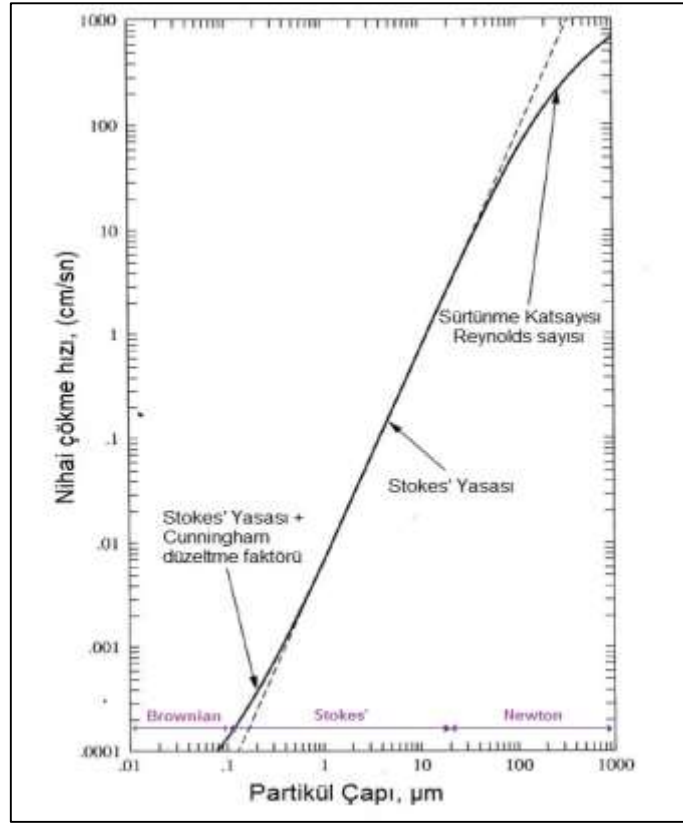
Küre şeklindeki partikülün yerçekimi kuvveti; sürtünme ve kaldırma kuvvetine eşitlendiğinde, meteorolojik koşullar hesaba katılmadan sabit hızla çökmesidir.



- Brownian hareketi:

Atmosferdeki atom ve moleküllerin birbirleriyle çarpışmaları sonucunda yine atmosferde bulunan askıdaki partiküllerin rastgele oluşturduğu zikzak şeklindeki hareketlerdir.

Partikül çapıyla doğrudan orantılı olan bu üç temel hareketin Stokes' Yasası temel alınarak partikül çapına göre etkin oldukları aralıklar özgül ağırlığı  $2 \text{ gr/cm}^3$  olan parçacık için Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



**Şekil 2.6.** Normal Hava Koşullarında Partikül Çapına Göre Nihai Çökme Hızları [38]

Stokes' Hareketi partikülün çapı ve partikül yoğunluğu ile ortam yoğunluğunun farkının bir fonksiyonudur ve partikülün sabit hızla hareket ettiği kabul edilir. Partiküllerin çapı, içinde bulunduğu ortamdaki gaz molekülleri veya atomları arasındaki mesafeden büyük olduğunda ortamın akışkanlığı partikülleri etkisi altına alır. Ancak partikül çapı moleküller arasındaki ortalama mesafeden küçük olduğunda ortamın akışkanlığı ile partiküller arasındaki etkileşim değişir ve moleküller birbirleriyle çarpışmaya başlarlar. Bu çarpışmanın az sayıda olduğu durum Cunningham düzeltme faktörüyle açıklanırken çarpışmanın hızlı olduğu Stokes' Yasasından tamamen uzaklaşmaktadır [38]. Genellikle  $0,1 \mu\text{m}$ 'den ince olan bu partiküller

Brownian hareketi yaparlar ve genellikle koagülasyon, çekirdeklenme prosesleri ve yağış ile yıkanarak su damlacığı şeklinde düşme sonucunda tükenirler [41] [42]. Partikül çapının büyümesi ve akışkan ortamın partikül çevresinde türbülans oluşturması da yine Stokes' Yasasının temel kabullerine uygun düşmemektedir. Partikül çapıyla doğru orantılı olarak bu durumun ilk etkileri sürtünme katsayısı ve Reynolds sayısı (akışkan deformasyonu direncinin akışkan kütesinin hızlanmaya karşı direncine oranı) ile açıklanmakla birlikte ağırlığın da artması sebebiyle Newton hareketinin varlığını ortaya koymaktadır. Genellikle aerodinamik çapı 20  $\mu\text{m}$ 'den büyük olan partiküller Newton hareketinin etkisiyle havada asılı halde uzun süre kalamazlar [41].

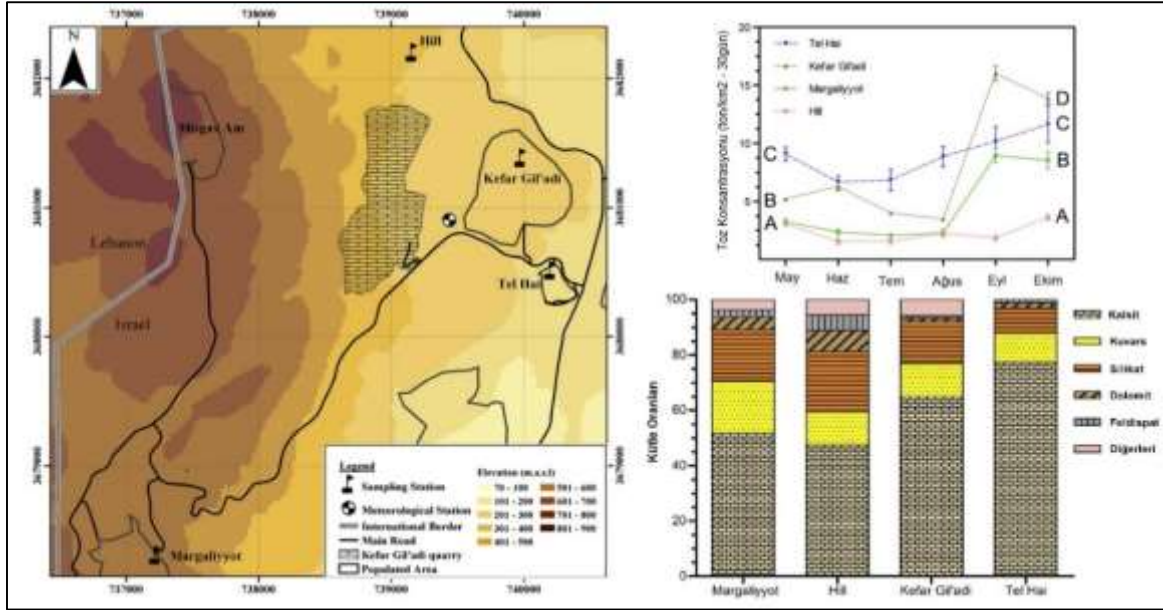
Çöken ince ve kaba partiküllerin karakteristiği atmosferdeki nem, yağış ve rüzgar oluşumu nedeniyle farklı mekanizmalara göre değişim göstermektedir [43]. Partiküllerin sürüklenme potansiyelinde etkin rol oynayan atmosferik türbülans; yoğunluk, basınç, nem, sıcaklık ve hareket yönüne bağlı olarak hava kütleleri arasında meydana gelen dikine ya da karışık hava hareketleri olarak tanımlanmakta olup hafif, orta ve şiddetli olmak üzere dereceleri ve oluşumlarına göre çeşitleri bulunmaktadır [44]. Kuvvetli rüzgar koşulları altında ve pürüzlü yüzeylerde aerodinamik çapı 100  $\mu\text{m}$ 'ye kadar olan partiküller askıda kalabilirken, hafif rüzgarlı havalarda bu partiküller birkaç dakika içinde çökelebilmektedir [42].

### **2.2.2. Kaçak Tozun Kimyasal İçeriği**

Oluşum mekanizması temelde mekanik parçalanmaya ve rüzgar erozyonuna dayanan kaçak tozun kimyasal içeriği de olduğu yere göre farklılık göstermektedir. Tipik partikül boyut dağılımında (Bknz. Şekil 2.4) kaçak toz sınıfına giren kaba partikül fraksiyonu olduğu yerdeki yer kabuğunun karakterini gösterirler ve daha çok silikon, alüminyum, demir ve kalsiyum oksitleri ile zengindir. İnce partikül fraksiyonu ise genellikle organik ve inorganik karbonlu bileşikler, sülfat, nitrat, amonyum ile kurşun, kadmiyum gibi çeşitli iz elementlerden oluşmaktadır [45].

Literatürde partikül maddenin kimyasal içeriği ile ilgili yapılan çalışmalarda mineral toz olarak da isimlendirilen söz konusu kaçak tozlar atmosfere salındığı ortamın karakteristiğine sahiptirler. Benzer bir bakış açısıyla yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklanan kaçak tozların mineralizasyon içeriğinin de genellikle işletilen madende çıkarılan ve işlenen malzeme ile aynı özellik gösterdiği söylenebilir. Bunu destekleyen çalışmalardan biri Bluvshstein vd. tarafından yapılan çalışmada görülmektedir [46]. İsrail'in Yukarı Galilee

bölgesinde yer alan Kefar Gil'adi kireçtaşı ocağından kaynaklanan tozların bölgenin toz yüküne etkisinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla maden alanı çevresinde 4 ayrı noktadan alınan toz ölçümlerinin gravimetrik ve mineralojik analizleri yapılmıştır. Mayıs-Ekim 2009 döneminde alınan aylık toz ölçümlerinde Şekil 2.7'de görüldüğü gibi kalsit, oranı en yüksek mineral olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 2.7. Kefar Gil'adi Kireçtaşı Ocağı Çevresinden Alınan Toz Ölçümleri [46]

Maden alanının genel jeolojisi oluşumunda ilk 200m'de kalker tabakası, sonraki 400m'de ise Neojen yaşlı konglomera, kireç ve kil formasyonu bulunmakta ve ocak faaliyetleri genellikle kireç ve konglomera yapısında gerçekleşmektedir. Konglomera formasyonu genel olarak kalsit, kuvars, kil [47] ve cipsüm içerirken kireç içeriğinde büyük oranda kalsit bulunmaktadır. Dolayısıyla analiz sonuçlarında kalsit ile birlikte kuvars ve silikatın ana mineraller; dolomit, feldispat ve cipsümün minör olarak görülmesi bölgenin jeolojik formasyonunu yansıttığını ortaya koymaktadır.

Benzer bir çalışma da Hindistan'da açık ocak metoduyla işletilen Noamundi Demir Cevheri Madeni'nde taşıma yolundan kaynaklanan tozun karakterize edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir [48]. 1994 yılında Sinha ve Banerjee tarafından yapılan çalışmada yol kenarındaki farklı üç noktada 1 aylık periyotta 24 saat toz örnekleme yapılmıştır. Farklı boyut aralıklarına göre yapılan Çizelge 2.2'deki analiz sonuçlarına göre ince partiküllerde silika içeriğinin arttığı gözlenmiştir.

**Çizelge 2.2.** Noamundi Demir Cevheri Madeni'nde Taşıma Yolundan Kaynaklanan Tozun Silika İçeriği [48]

	<b>0,05-1,1µm</b>	<b>1,1-2,0µm</b>	<b>2,0-3,3µm</b>	<b>3,3-7,0µm</b>	<b>&gt;7,0µm</b>
TAKM (0.05-100µm) İçindeki Oranı	5,00%	8,00%	15,00%	28,00%	44,00%
Silika Oranı	1,15%	1,30%	1,30%	1,20%	1,10%

Ayrıca 15 toz örneği için yapılan metal analiz sonuçlarına göre Çizelge 2.3'de görüldüğü gibi bölgede demir cevherinin yoğun olmasından kaynaklı olarak yüksek miktarda Fe içeriği tespit edilmiş olup Mn ve Cd konsantrasyonunun da cevherin yapısı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ek olarak yüksek çıkan Zn konsantrasyonunun araçların galvanizlenmiş materyallerinden, üretimi sırasında çinko kullanılan lastik tekerleklerden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca yapılan araştırmalar sonucunda Pb'nin egzoz gazı ile Cu ve Ni elementlerinin ise metalik parçaların korozyonu ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Noamundi Demir Cevheri Madeni'nde Taşıma Yolundan Kaynaklanan Tozun Metal İçeriği (µg/m<sup>3</sup>) [48]

<b>Element</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>Ortalama ± S.S.</b>
Çinko (Zn)	13,92	16,34	15,13 ± 1,21
Bakır (Cu)	0,06	0,09	0,08 ± 0,01
Kurşun (Pb)	0,71	0,79	0,75 ± 0,04
Mangan (Mn)	0,14	0,15	0,15 ± 0,005
Kobalt (Co)	0,09	0,11	0,09 ± 0,01
Nikel (Ni)	0,16	0,17	0,16 ± 0,007
Kadmiyum (Cd)	0,003	0,004	0,003 ± 0,001
Demir (Fe)	390	401,2	395,6 ± 5,59

Yerüstü madencilikte patlatma faaliyeti sonucunda tozun yanı sıra patlayıcının ateşlenmesi ile birlikte oluşan kimyasal reaksiyon sonucunda bazı gazlar da atmosfere yayılmaktadır. Yerüstü madencilikte yaygın olarak kullanılan ANFO (Amonyum Nitrat + Fuel Oil karışımı) ideal koşullar altında CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ve N<sub>2</sub> gazı açığa çıkarmaktadır. Ancak ANFO hazırlanması sırasında karışım oranlarının değiştirilmesi, kayacın mineralizasyonu, nem vb. faktörlerin de etkisiyle CO, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> gazlarının açığa çıktığı belirlenmiştir. Örneğin Avustralya'nın NSW Bölgesindeki bir kömür ocağında patlatma sırasında atmosfere salınan NO<sub>x</sub> gazı lazer ışını teknolojisi ile ölçülerek en yüksek konsantrasyon yer

seviyesinde 7ppm olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplara göre ortalama 210 metrik ton ANFO kullanılan patlatma operasyonu sırasında 0,04-5,3kg NO<sub>x</sub>/ton ANFO olduğu ve oluşan NO<sub>x</sub> gazı bulutunun ölçüm aletinin bulunduğu yeri terk etme süresinin 550sn sürdüğü gözlenmiştir [37]. Ayrıca Amerika ve Avustralya Çevre Kurumları tarafından bu gazların hesaplanabilmesi ve raporlanması amacıyla Çizelge 2.4’de belirtilen emisyon faktörleri geliştirilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Patlayıcı Kullanımından Kaynaklanan Gaz Emisyonlarına Ait Emisyon Faktörleri

Patlayıcı Türü	Uygulanan Ülke	CO (kg/t)	NO <sub>x</sub> (kg/t)	SO <sub>2</sub> (kg/t)	H <sub>2</sub> S (kg/t)	Kaynak
ANFO (%5,8-8 Fuel Oil)	US, CA	34	8	1		[49], [50]
ANFO (152mm'den küçük ANFO Paketleri)	AU	21	3,8			[51]
Dinamit, Amonyum (%20-60 Nitrogliserin, amonyum nitrat, sodyum nitrat, ahşap, çamur)	US, CA	32	ND	-	16	[49], [50]
Dinamit, jelatin (20-100% Nitrogliserin)	US, CA	52	26	1	2	[49], [50]
Dynamite	AU				2	[51]
Dynamite (Gelatin)	AU	52		1		[51]

\*US:Amerika, CA:Kanada, AU:Avustralya

### 2.2.3. Kaçak Tozun Etkileri

Yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklanan kaçak tozun etkileri genel anlamda çevresel ve operasyonel olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir. Madencilik faaliyetleri kaynaklı kaçak tozlar birim zamanda salınan toplam toz emisyonuna ve meteorolojik koşullara bağlı olarak atmosferde taşınarak maden sahası çevresindeki yerleşimler gibi hassas alıcı ortamlarda insan sağlığını direk etkileyebilmektedir. Bununla birlikte maden sahası çevresindeki tarımsal ve bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda ve hatta maden sahası içindeki rehabilitasyon alanlarında bulunan bitki yapılarındaki gözeneklerin tıkanmasına yol açmakta ve dolayısıyla susuzluk, böcek ve patojen gibi ikincil etkenlerin şiddetlenmesine veya zehirli metallerin veya fitotoksik gaz kirleticilerinin nüfuz etmesine olanak sağlayabilmektedir [52]. Krajickova & Mejstrik tarafından yapılan çalışmada bu gözenek çapının 8-12µm arasında değiştiği, dolayısıyla partikül boyutunun gözenek fonksiyonlarının çalışmasında büyük rol oynadığı belirlenmiştir [53]. Bazı araştırmalar partikül maddenin yapraklı yüzeylerde fiziksel etkilerinden çok kimyasal etkilerinin daha büyük önem

taşıdığını göstermektedir. Özellikle partikül maddenin kimyasal etkisinin en belirgin olarak görüldüğü alanlar kireç üretimi yapan yerüstü madenleri, çimento fırınları ve demir, kurşun veya diğer metallerin ergitildiği işletmeler gibi ağır sanayi kaynaklarının çevresi olarak belirlenmiştir. Partiküllerin vejetasyon üzerindeki toksik etkilerinin asidite, eser miktarda metal içeriği, besin içeriği, yüzey aktif maddesi ve tuzlanma ile ilişkili olduğu belgelerle ortaya konmuştur [43]. Ayrıca inert veya aktif tozların direk veya dolaylı olarak toprak yüzeyine çökmesi sonucunda da yine bitkilerin oluşması, büyümesi, gelişmesi, çiçeklenmesi ve üremesi olumsuz yönde etkilenmektedir [54]. Kaçak toz insan sağlığı ve vejetasyon etkilerinin yanı sıra bölgede yaşayan fauna unsurlarını da olumsuz yönde etkileyebilmektedir [55]. Bunların dışında aşırı miktarda kaçak toz emisyonuna sebep olan madencilik faaliyetleri estetik görüntünün bozulmasına da sebep olabilmektedir.

Diğer taraftan Olson ve Veith tarafından yapılan bir çalışmada yerüstü madeninde kaçak toz emisyonunun fazla olması durumunda olabilecek operasyonel etkiler aşağıda listelenmiştir [56]:

- I. Hareket eden araçların görüş mesafelerinin azalması
- II. Ekipmanlardaki hareket eden parçaların, motorların ve taşıyıcı parçalarının daha fazla koruyucu ile kaplanması
- III. Normal kullanıma göre daha sık yağ ve filtre değişiminden dolayı bakım onarım maliyetinin artması
- IV. Kısıtlı görüş alanı oluşmasından dolayı kamyon hızının düşmesi sonucunda üretimin azalması
- V. Stabilize yollarda ince malzeme oranının artması sonucunda kamyon tekerleklerinin yüzey malzemesinin içine daha çok girmesi ve dolayısıyla yakıt tüketiminin artması
- VI. Maden çalışanları için sağlıksız çalışma koşullarının oluşması
- VII. Yeni rehabilite edilmiş alanlardaki bitkilerin zarar görmesi

Kaçak tozun sadece operasyonel etkileri işletme maliyetlerine doğrudan yansıyor gibi görünse de aslında çevresel yönde oluşan herhangi olumsuz bir etki direk işletmenin sorumluluğunda olacağı için her iki yönden olası risklerin çevresel etki değerlendirme çalışmaları kapsamına alınması madencilik projelerinde ciddi bir önem arz etmektedir.

Partikül madde etkilerine global ölçekte bakıldığında küresel ısınmaya sağladığı katkı oldukça önem taşımaktadır. Atmosferde asılı kalan partiküllerin artması yerden yansıyan güneş ışınlarının emilmesini sağladığından yüzeydeki ısınmayı arttırmakta ve sera etkisi

yaratmaktadır. Tozun konsantrasyonu, atmosfer kolonunda dikey dağılımı, partiküllerin parça boyut dağılımı ve mineralojik içeriği gibi karakteristik özellikleri ve yer yüzeyinin sıcaklığı ile albedo etkisi gibi diğer etkenler yer yüzeyinin ısınması veya soğumasına sebep olan belirleyici etkenlerdir [57]. IPCC tarafından hazırlanan Üçüncü Değerlendirme Raporuna göre atmosferdeki toplam aerosol yükünün yarısı (2µm'dan küçük partiküller için) antropojenik kaynaklı olup bu kategorideki ciddi derecede belirsizliğin is (siyah karbon) ve organik karbon aerosolleri ile toz miktarlarında görülmektedir [58]. Dolayısıyla antropojenik kaynaklı tozların iklim değişikliğine olan etki derecesi ile ilgili araştırmalar kısıtlı kaldığından kaçak tozların küresel ölçekte etkisinin muhtemel seviyede olduğu söylenebilir. Özellikle iklim değişikliğine etkinin tahmin edilebilmesi için meteorolojik ve topoğrafik verilere göre modeller yapılması ve bu modellerin uydu verileri ile doğrulanması gerçeğe en yakın sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

#### **2.2.4. Kaçak Tozun Belirlenmesi**

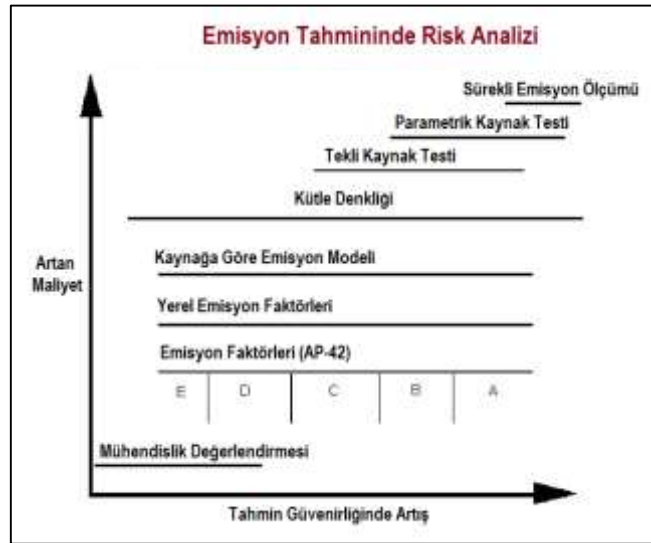
##### **Emisyon Miktarı Belirleme Teknikleri**

Emisyon kontrol stratejilerinin geliştirilmesinde, devlet otoritesine ait izin ve kontrol programlarının uygulanabilirliğinin belirlenmesinde, emisyon kaynağı etkilerinin ve uygun emisyon azaltma yöntemlerinin ortaya konmasında ve sektörel, danışmanlık, yerel yönetim ve devlet otoritesi gibi değerlendirme mercileri tarafından uygulanan işlemlerde emisyonun tahmin edilmesi önemli bir konudur [59]. Hava kalitesi yönetiminin temel bileşenlerinden biri olan emisyon envanterinin oluşturulmasında gerçeğe en yakın emisyon miktarının elde edilmesi; projelerin tasarımlarında ve projeleri hayata geçirmede oluşabilecek uygulama hatalarının en aza indirilmesinde büyük rol oynamaktadır. Avustralya Hükümeti Sürdürülebilirlik, Çevre, Su, Nüfus ve Toplum Bölümü tarafından oluşturulan Ulusal Kirlilik Envanteri (NPI), Madencilik için Emisyon Tahmin Teknikleri Kılavuzunda Emisyon tahmininin belirlenmesine ilişkin beş adet teknik aşağıdaki şekilde belirtilmiştir [60]:

- Örnekleme veya yerinde ölçüm alma
- Kütle denkliği
- Yakıt analizi veya diğer mühendislik hesaplamaları
- Emisyon faktörleri
- Yerel yönetimler tarafından onaylanan alternatifler

Toz emisyonu tahmininde kaynağa özgü emisyon testleri veya sürekli emisyon ölçümleriyle elde edilen sonuçlar, emisyon miktarının belirlenmesinde en iyi temsili veridir. Ancak her bir kaynağa ait test verisi veya sürekli ölçüm sonuçları her zaman ulaşılabilir olamamakta, ulaşılabilen veriler ise gerçek emisyonla ait çeşitlilikleri yansıtamayabilmektedir. Ölçüm yöntemiyle elde edilen veriler sadece ölçülen zaman aralığına ait bilgi verdiği için uzun vadeli (günlük, yıllık gibi) emisyon tahmini rutin operasyon koşullarını yansıtan temsili bir değer olmalıdır. Kütle denkliği yöntemi malzemenin ilk aşamasında belirlenen girdi miktarının son aşamasına gelene kadar emisyonlar da dahil olmak üzere tüm ürün miktarına eşitlenmesi yoluyla uygulanmaktadır. Bu yöntem toz şeklinde atmosfere salınan malzeme miktarının yüksek oranda olduğu durumda kullanılabilir. Bu yöntemde, sistemdeki kısa dönemli ani dalgalanmalar ortalamayı büyük oranda etkilemediğinden uzun vadeli emisyon miktarının bulunması açısından avantaj sağlamaktadır. Toz emisyon miktarı hesabının yapılmasında örnekleme/ölçme ve kütle denkliği tekniklerinin elverişli olmadığı durumda emisyon faktörleri kullanım sınırlamalarına rağmen emisyon tahmininde sık uygulanan mevcut en iyi ve tek metottur [59]. Bu yöntemler dışında malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve matematiksel fonksiyonlara dayanan mühendislik hesaplamalarının kullanılması ve yerel yönetimler tarafından onaylanan alternatifler de değerlendirilen diğer tekniklerdir.

Amerikan Çevre Koruma Kurumu; emisyon tahmini konusundaki yaklaşımları tanımlarken yöntemlerin gereklilik ve çeşitlilik etkenlerindeki hiyerarşiyi, maliyet ve güvenilirlik arasındaki ilişki yönünden Şekil 2.8’de sunulan risk analizi şeklinde ortaya koymuştur.



**Şekil 2.8.** Emisyon Tahmininde Risk Analizi [59]



Emisyon tahmini risk analizi grafiğine göre riskin düşük olduğu yani emisyon tahmin kalitesinin yüksek olduğu sürekli ölçüm ve test ölçümleri maliyeti arttırdığından uygulayıcılar tarafından tercih edilmezken düşük maliyetli emisyon faktörleri ve emisyon modelleri böyle durumlarda uygun ve tatmin edici bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Bir faaliyete ait emisyon faktörünün olmadığı ve emisyon tahmini güvenilirliği riskinin düşük olduğu, diğer bir deyişle emisyon kaynaklı ciddi bir çevresel etkinin söz konusu olmaması durumunda mühendislik değerlendirmeleri yapılarak benzer kaynak kategorisindeki bir emisyon faktörünün kullanılması uygun olmaktadır. Dolayısıyla emisyon kaynağına sahip işletmelerle birlikte bu konuyla ilgili mevzuat ve düzenlemelerden yetkili otoritenin de söz konusu risk ve maliyetleri göz önünde bulundurarak bir değerlendirme yapması önerilmektedir [59].

### **Emisyon Faktörü**

Emisyon faktörü birim aktivite başına atmosfere yayılan kirletici miktarını belirten karakteristik temsili değer olarak tanımlanmaktadır. Temel olarak ortalama bir emisyon oranını temsil eden emisyon faktörleri kirletici kütesinin birim aktiviteye (ağırlık, hacim, mesafe veya süre) bölümü şeklinde ifade edilmektedir. Madencilik operasyonlarında ise emisyon faktörleri genellikle her bir faaliyete özgü olarak ton başına malzeme miktarı için belirlenen toz emisyonu miktarına karşılık gelmektedir. Emisyon faktörünün genel formülü şöyledir [59]:

$$E = A \times EF \times \left(1 - \frac{ER}{100}\right) \quad \text{Eşitlik - 1}$$

E = Emisyon (salınan toz miktarı/zaman)

A = Aktivite Oranı (çıkarılacak malzeme/zaman)

EF = Emisyon Faktörü (oluşacak toz/çıkarılacak malzeme)

ER = Genel Emisyon Azaltma Verimliliği (%)

Birden fazla toz azaltma önlemi uygulanması durumunda her bir etki azaltıcı önleme ait ER değeri çarpım olarak eşitliğe eklenmektedir (Ör:  $ERT=(1-ER_1) \times (1-ER_2) \times \dots \times (1-ER_n)$ ). Emisyon azaltma amaçlı herhangi bir önlem alınmadığı durumlarda ise aşağıdaki eşitlik uygulanmaktadır.

$$E = A \times EF \quad \text{Eşitlik - 2}$$

Madencilik projeleri doğası gereği bulunduğu yere göre farklı meteorolojik karaktere (rüzgar hızı, yıllık yağış miktarı vs.) sahip olmakla birlikte projedeki faaliyetlerde toz emisyonuna neden olan malzemenin de kendine özgü farklı fiziksel özellikleri (nem ve silt içeriği vs.) bulunmaktadır. Dolayısıyla her madencilik projesi için sahanın kendine özgü karakteristik verileri kullanılarak faaliyetlere ait emisyon faktörlerinin hesaplanabilmesi, toz emisyonu tahmininin daha gerçeğe yakın bulunabilmesini sağlamaktadır. Ölçümler veya hesaplamalarla bulunmuş belirli bir madene özgü emisyon faktörünün başka bir maden için kullanılabilmesi sadece emisyon faktörünün geliştirildiği madene çok benzer karakteristik özellikleri bulunması durumunda kabul edilebilmektedir. Belirli bir madene özgü olarak geliştirilmediği belirtilen diğer emisyon faktörleri ise pek çok maden işletmesi için uygulanabilmektedir [61].

### **Emisyon Faktörü Kalite Değerlendirmesi**

Emisyon faktörlerinin doğru emisyon tahminlerini sağlaması bu faktörler belirlenirken yapılan ölçümlerin kalitesine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Amerika Çevre Koruma Kurumu (USEPA) tarafından geliştirilen AP-42 emisyon faktörleri güvenilirlik ölçütlerine göre A, B, C, D, E olmak üzere 5 farklı kalite sıralamasına ayrılmaktadır. Test ölçümlerinin güvenilirliğini temel alan bu sınıflandırmanın amacı emisyon faktörünün geliştirilerek emisyon miktarını ve söz konusu veriyi en iyi şekilde karakterize etmesini sağlamaktır. Emisyon faktörleri genellikle pek çok gözlem ve dünyaca kabul görmüş test prosedürlerine göre belirlenmektedir. Ancak her emisyon faktörü için aynı sayıda gözlem ve test ölçümü yapılamadığı için faktörlerin birbirleri arasında kalite farklılığının ortaya konması amacıyla oluşturulan kalite sıralaması yaklaşımı emisyonun doğruluk ve kesinliği hakkında bir gösterge niteliği taşımaktadır.

USEPA tarafından sunulan emisyon faktörü kalite sıralaması iki aşamada belirlenmektedir. İlk aşamada emisyon faktörünün belirlenmesinde kullanılan ölçüm metodunun kalitesi değerlendirilirken, ikinci aşamada kaynak aktivite için kullanılacak emisyon faktörünün bir ulusal yıllık ortalama emisyon faktörü olarak kullanılabilirliği değerlendirilmektedir. Her iki kalite sıralamasında “A” kesinlik ve doğruluk açısından en iyi değeri ifade etmektedir. Söz konusu aşamalar için uygulanan sıralama aşağıda Çizelge 2.5 ve Şekil 2.6’da sunulmaktadır.

**Çizelge 2.5.** Emisyon Faktörünün Belirlenmesinde Kullanılan Ölçüm Metodu Kalitesi [59]

A	Testler referans ölçüm metotları ile gerçekleştirilmiş ve gerekli doğrulama için detaylı olarak raporlanmıştır.
B	Testler yaygın olarak kullanılan ancak validasyonu henüz tamamlanmamış ölçüm metotları ile gerçekleştirilmiştir.
C	Testler ispatlanmamış ölçüm metoduna veya yeni bir ölçüm metoduna dayanmaktadır ya da önemli ölçüde bilgi yetersizliği mevcuttur.
D	Testler henüz kabul görmemiş ölçüm metoduna dayanmaktadır, ancak yöntem emisyon kaynağı için bir büyüklük değeri sağlayabilmektedir.

**Çizelge 2.6.** AP-42 Emisyon Faktörü Kalite Sıralaması [59]

A	Mükemmel	A ve B kalitesindeki ölçüm teknikleri kullanılarak ve kirletici kaynağı yeterince temsil edebilecek sayıda ölçüm alınarak belirlenmiş emisyon faktörü
B	Ortalamanın Üzerinde	A ve B kalitesindeki ölçüm teknikleri kullanılarak makul sayıda kirletici kaynaktan alınan ölçümlere dayalı olarak üretilmiş emisyon faktörü. Ancak ölçümlerin kaynakları ne oranda temsil ettiği açık değil
C	Ortalama	A, B ve/veya C kalitesindeki ölçüm teknikleri kullanılarak makul sayıda kirletici kaynaktan alınan ölçümlere dayalı olarak üretilmiş emisyon faktörü. Ancak ölçümlerin kaynakları ne oranda temsil ettiği açık değil
D	Ortalamanın Altında	A B ve/veya C kalitesindeki ölçüm teknikleri kullanılarak az sayıda kirletici kaynaktan alınan ölçümlere dayalı olarak üretilmiş emisyon faktörü. Ancak ölçümlerin kaynakları ne oranda temsil ettiği açık değil
E	Zayıf	C ve D kalitesindeki ölçüm teknikleri kullanılarak az sayıda kirletici kaynaktan alınan ölçümlere dayalı olarak üretilmiş emisyon faktörü. Kaynakları ne oranda temsil ettiği ise açık değil

Amerikan Çevre Koruma Kurumu tarafından tahmini emisyon miktarının belirlenmesi amacıyla geliştirilen emisyon faktörü formülleri için aynı zamanda emisyon kalite değerlendirmesi de yapılmış olup uygulayıcının emisyon miktarı tahmin kalitesini göz önünde bulundurması sağlanmıştır. Ancak belirlenen kalite seviyesinin doğru işleyebilmesi için emisyon kaynağına özgü parametrenin güvenilir olması ve geliştirilen formül için belirlenen bir takım karakteristik özelliklere ait değer aralıklarının sağlanması gerekmektedir [61].

### **2.3. Yerüstü Madenciliğinde Kaçak Toz Oranları**

Almanya’da Dreiseidler vd. tarafından çeşitli endüstriyel tesislerde ölçülen partikül madde boyut ve miktarlarının belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada kırma eleme işlemlerinin gerçekleştiği bir taş ocağında en büyük partikül aerodinamik çapının 7µm olduğu belirlenmiştir. Ölçümlerin fraksiyon değerleri incelendiğinde kırma işlemi için ortalama 0,9mg/m<sup>3</sup> toplam partikül maddenin %72’si PM10, %13’ü PM2,5, eleme işlemi için ortalama 10 mg/m<sup>3</sup> toplam partikül maddenin ise %60’ı PM10 ve %6’sı PM2,5 olarak gözlenmiştir [62]. Diğer yandan Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı web sayfasında sunulan yerüstü madenciliği projelerine ilişkin çevresel etki değerlendirme çalışmaları incelendiğinde üretim faaliyetlerinden ve patlatmadan kaynaklanan toz emisyon debisi ayrı ayrı değerlendirilmekte ve her iki kaynak türü için çöken tozda %80, PM10 değerinde %20 fraksiyon değeri kabul edilmektedir.

### **2.4. Yerüstü Madenciliğinden Kaynaklı Toz Emisyonlarının Farklı Ülkelerin Resmi Kaynaklardaki Yeri**

Türkiye ile madencilik faaliyetlerinden kaynaklı toz emisyonlarını yasal zeminde detaylı olarak ele alan Amerika, Kanada, Avustralya ve Avrupa’da hava kirliliğinin insan sağlığını olumsuz etkilemesiyle başlayan hava kalitesi çalışmalarının yerüstü madenciliği için günümüzde hangi noktaya geldiği ve bu kapsamda izlenen standartlar kısaca bu başlık altında özetlenmektedir. Madencilğe özgü çevresel açıdan herhangi bir hava kalitesi standardı olmadığından tüm ülkeler ulusal hava kalitesi standartlarına göre maden projelerinin etkilerini değerlendirmektedir. Ayrıca Amerika Çevre Koruma Kurumu (USEPA) kapsamında gerçekleştirilen ve özellikle hava kalitesi yönetiminde uygulanan tekniklerin diğer ülkeler açısından örnek model oluşturması ve geliştirilen çalışmalara esas teşkil edilmesi tespit edilen diğer bir önemli noktadır.

#### **2.4.1. Türkiye**

Türkiye’de sanayileşme hareketlerinin 19. yüzyılda hava kirliliği kaynağı olarak hissedilmeye başlamasıyla hava kalitesine yönelik olarak ilk yasal düzenlemeler 20. yüzyıl başlarında kaydedilmiştir. İlerleyen süreçte hava kirliliği sorununun çözümüne yönelik pek çok tasarımlar hazırlanmış ve 1972 ve 1977 yıllarında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

tarafından yakıt tüketiminden kaynaklı hava kirliliğinin azaltılması ile ilgili yönetmelikler yayımlanmıştır. Ancak bu yönetmeliklerle istenilen düzeyde uygulama sağlanamayınca atmosfere bırakılan tüm emisyonların kontrolünü sağlayan daha kapsamlı ve yasal dayanağını 1983 yılında çıkan 2872 sayılı Çevre Yasası'ndan alan Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği oluşturularak 1986 yılında yürürlüğe girmiştir [63]. Toz emisyonu ile ilgili ölçüm, hesaplama ve sınırlamalara da yer verilen bu yönetmeliğin ardından son olarak Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği [64], Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği [65], Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği, Kontrolü Yönetmeliği [2] ve Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü ile Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği [66] yürürlüğe konularak ulusal ölçekte hava kalitesi konusu, büyük oranda uygulamaya yönelik olarak şekillendirilmiştir.

Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı toz emisyonunun değerlendirilmesi 3 Temmuz 2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ne (SKHKKY) yönelik olarak yapılmaktadır. Bu yönetmelik bacadan ve baca dışı yerlerden olmak üzere tüm emisyon kaynaklarını kapsamaktadır. Baca dışı yerlerden kaynaklanan emisyon kategorisi altındaki madencilik faaliyetlerinden oluşan toz emisyonu için normal işletme şartlarında ve haftalık iş günlerindeki işletme saatleri için işletmenin tamamından yayılan kütleli emisyon debisi Yönetmelik Ek-2 Tablo 2.1'de 1 kg/saat olarak sınırlandırılmıştır [2]. Kütleli emisyon debisi baca dışından atmosfere verilen emisyonlar için emisyon faktörleri kullanılarak tespit edilmektedir. Yönetmelik Ek-12'de "Taş çıkarma, kırma ve sınıflandırma tesisleri" kapsamına giren madencilik faaliyetlerinden kaynaklı toz emisyonunun hesaplanabilmesi için oluşturulan emisyon faktörleri kontrollü ve kontrolsüz durumlara göre ayrı olarak belirlenmiş olup Yönetmelik'te belirtildiği şekliyle Çizelge 2.7'de sunulmuştur. Yönetmelik'te emisyon faktörlerinin hesaplanma detayları veya referans alındığı kaynak belirtilmemiştir. Ancak Çevre ve Orman Bakanlığı İl Müdürlüklerine sunulan Temmuz 2007 tarihli "Alçıtaşı Ocağı ve Kırma-Elemente Tesisi Proje Tanıtım Dosyası" ve Nisan-2009 tarihli "Seramik Kili – Kömür Ocağı ve Kırma Tesisi Nihai Proje Tanıtım Dosyası" raporlarında söz konusu emisyon faktörlerinin Prof. Dr. Aysen Müezzinoğlu'nun T.C Bayındırlık ve İskan Genel Müdürlüğü Karayolları Genel Müdürlüğü'nün sorduğu hususlarla ilgili görüşlerini içeren 05-12-1996 tarihli resmi yazısından alındığı belirtilmiştir [67] [68].

Çizelge 2.7'de belirtilen Kontrollü Emisyon Faktörleri sulama, kapalı taşıma sistemlerinin kullanılması, malzemenin nemli tutulması, savrulma yapılmadan yükleme ve boşaltma

yapılması gibi toz emisyonunu azaltma önlemlerinin kullanıldığı durumlara yönelik olarak belirlenmiş olup hiçbir önlem alınmadığı koşullarda oluşacak toz miktarının belirlenmesi için ise Kontrolsüz Emisyon Faktörleri oluşturulmuştur.

**Çizelge 2.7.** Toz Emisyonu Kütlesel Debi Hesaplamalarında Kullanılacak Emisyon Faktörleri [2]

Kaynaklar	Emisyon Faktörleri		Birim
	Kontrolsüz	Kontrollü	
Patlatma	0,080	-	kg/ton
Sökme	0,025	0,0125	kg/ton
Yükleme	0,010	0,005	kg/ton
Nakliye (gidiş-dönüş toplam mesafesi)	0,7	0,35	kg/km-araç
Boşaltma	0,010	0,005	kg/ton
Depolama	5,8	2,9	kg/ha-gün
Birincil Kırıcı	0,243	0,0243	kg/ton
İkincil Kırıcı	0,585	0,0585	kg/ton
Üçüncül Kırıcı	0,585	0,0585	kg/ton

Madencilik faaliyetlerinde patlatma; çevre ve iş güvenliğinin sağlanması amacıyla diğer faaliyetlerin durdurulması sonrasında gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple taş çıkarma, kırma ve sınıflandırma tesislerinden kaynaklı toplam toz emisyonu hesaplamalarında patlatmadan kaynaklanacak toz emisyonu diğer faaliyetlerden ayrı olarak değerlendirilmektedir. Yönetmelik çerçevesinde emisyon faktörü ile yapılan hesaplama sonucunda baca dışı yerlerden kaynaklı kütlesel toz debisi sınır değerinin (1kg/sa) aşılması halinde çöken toz ve havada asılı partikül madde (PM10) parametreleri için hava kalitesi modellemesinin yapılması Hava Kirlenmesine Katkı Değerlerinin hesaplanarak kirletici parametrelerin dağılımının harita üzerinde gösterilmesi istenmektedir.

Aynı yönetmelikte baca dışı emisyon kaynaklarının (alan kaynak) yüzey dağılımının 0,04km<sup>2</sup>'den büyük olduğu durumda alan kaynak karenin ortasında olmak üzere bir kenar uzunluğu 2km olan kare şeklindeki alanı tesis etki alanı olarak tanımlamaktadır. Emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanan patlatma dışındaki faaliyetlere ait toplam toz emisyon değerinin kütlesel toz debisi sınır değerini (1kg/sa) aştığı durumda, tesis etki alanında çöken toz ölçümlerinin alınması ve Yönetmelik Ek-2 Tablo 2.2'de belirtilen ve aşağıda Çizelge 2.8 altında sunulan sınır değerlerin dikkate alınması gerekmektedir [2].

**Çizelge 2.8.** SKHKKY’ne göre Tesis Etki Alanında Uzun Vadeli, Kısa Vadeli Sınır Değerler ve Kademeli Azaltım Tablosu [2]

Parametre	HKD	2014	2015	2016	2017	2018	2019-2023	2024 ve sonrası
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24 Saatlik*	100	90	80	70	60	50	50
	Yıllık	60	56	52	48	44	40	40
Çöken Toz ( $\text{mg}/\text{m}^2\text{gün}$ )	KVS	390	390	390	390	390	390	390
	UVS	210	210	210	210	210	210	210

\*Bir yılda 35 defadan fazla aşılamaz

Hava Kalitesi Değerleri (HKD) kategorisi altında sunulan Kısa Vadeli Sınır (KVS) ve Uzun Vadeli Sınır (KVS) değerlerinin aşılmaması amacıyla incelenecek Kısa ve Uzun Vadeli Değer (KVD ve UVD) tanımları Yönetmelik’te belirtildiği şekliyle şöyledir [2]:

*“KVD: Maksimum günlük ortalama değerler veya sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95’ine tekabül eden değerdir. Çöken tozlar için farklı olarak maksimum aylık ortalama değerdir.”*

*UVD: Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerdir.”*

Diğer yandan 06/06/2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmış olan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’nde (HKDYY) PM10 ve PM2,5 ölçümlerinin temsili noktalarda Bakanlık ve il çevre müdürlükleri tarafından yapılmasını ve bu parametrelere ait konsantrasyonların azaltılmasını hedeflemektedir. Yönetmelik çerçevesinde PM2,5 için bir sınır değer belirtilmemiş olup PM10 için bölgesel ölçekte Çizelge 2.9’da sunulan limitler göz önüne alınmakta, limitlerin aşıldığı yerlerde temiz hava planlamaları gerçekleştirilmektedir [65].

**Çizelge 2.9.** HKDYY Ek-I B) Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşiği (PM10) [65]

Kirletici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşiği	Alt değerlendirme eşiği	Limit değere ulaşılacak tarih
PM(10)	24 saatlik	50 µg/m <sup>3</sup> (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 50 µg/m <sup>3</sup> (% 100) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	30 µg/m <sup>3</sup> (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	20 µg/m <sup>3</sup> (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	1 Ocak 2019
	yıllık	40.µg/m <sup>3</sup>	1.1.2014 tarihinde <b>20 µg/m<sup>3</sup></b> (% 50) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	14 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	1 Ocak 2019

Ayrıca 09/09/2013 tarihinde yayımlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesinde ise toz emisyonlarına ait sadece PM10 değerleri için 2019 yılına kadar belirlenen kademeli azaltım sınır değerleri sunulmuştur (Çizelge 2.10) [69].

**Çizelge 2.10.** Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi Ek-II, Limit Değerlerinde Kademeli Azaltım [65]

		Limit Değer (µg/m <sup>3</sup> )						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
PM10 (İnsan sağlığının korunması için)	24 Saatlik	100	100	90	80	70	60	50
	Yıllık	60	60	56	52	48	44	40

Bahsi geçen yıllık sınır değerlere ek olarak tozlu maddelerin üretimi, işlenmesi, taşınması, doldurulması, boşaltılması ve tasnifinin gerçekleştirildiği işletmelerde toz ölçümlerinin değerlendirilebilmesi amacıyla SKHKKY Ek-1'de sunulan PM10 ve çöken toz parametreleri için tane boyutu ve alan özelliği esas alınarak aşılması gereken sınır değerler Çizelge 2.11'de belirlenmiştir.



**Çizelge 2.11.** İşletme Sahası İçinde Toz Emisyonu Sınır Değerleri [2]

Tane Boyutu	Açık Alan		Kapalı Alan (Baca ile atmosfere verilmesi)
	PM10	Çöken Toz	Toz Emisyonu
≥5 mm	-	450mg/m <sup>2</sup> gün**	Emisyon Debisi ≤ 1,5kg/sa ise 200mg/Nm <sup>3</sup> Emisyon Debisi: 1,5 - 2,5kg/sa ise 150mg/Nm <sup>3</sup> Emisyon Debisi ≥ 2,5kg/sa ise 100mg/Nm <sup>3</sup>
1-5 mm	3 mg/Nm <sup>3</sup> *	450mg/m <sup>2</sup> gün**	75 mg/Nm <sup>3</sup>
≤1 mm	Açık alanda yapılamaz		75 mg/Nm <sup>3</sup>

\*Toz Kaynağından 3m uzaklıktaki sınır değer

\*\* Aylık Ortalama Değer

#### 2.4.2. Amerika

1940'lı yılların başında Pittsburgh ve Chicago gibi endüstrinin hızla geliştiği ve aynı zamanda New York, Los Angeles gibi şehirleşmenin arttığı alanların çevresinde oluşan hava kirliliğinin açık bir şekilde problem haline gelmesi, Amerika Birleşik Devletlerinde hava kalitesinin korunmasına yönelik düzenlemelerin gerekliliğini ortaya koyarak ulusal ölçekte hava kirliliği problemlerinin tanımlanması ve niceliğinin belirlenmesi yönünde ilk resmi Federal programın oluşturulmasını sağlamıştır. 1945'te Los Angeles'ta yerel sağlık idareleri tarafından bölgesel hava kirliliği kontrolü kuruluşu kurulsa da bu kapsamda ilk resmi devlet kuruluşu 1947 yılında California Yasası tarafından onaylanmıştır [70]. 1949 yılında California'da gerçekleştirilen ilk Ulusal Hava Kirliliği Sempozyumu ile de konuya ilişkin bilimsel araştırmaların hız kazandığı görülmektedir. İlerleyen süreçte hava kirliliği kontrolüne ilişkin teknik kılavuz niteliğinde ve bu konuda araştırmaların yapılmasına yardımcı olması için ilk federal kanun 1955 yılında Hava Kirliliği Kontrolü Yasası adı altında kabul edilmiş ve 1963 yılında Temiz Hava Kanunu (Clean Air Act – CAA) yürürlüğe girmiştir. Bu gelişmeler başta Avrupa ülkeleri olmak üzere pek çok ülkede hava kirliliğine yönelik yasaların kabul edilmesi sonucunu ortaya çıkarmıştır [63].

Ulusal ölçekte hava kirliliği kontrolünün yönetilmesine yönelik çıkarılan Temiz Hava Kanununa ek olarak ve devletlerarası hava kalitesinin de yönetimi amacıyla 1967 yılında Hava Kalitesi Yasası (The Air Quality Act) kabul edilmiştir. Ancak çevresel izin ve direktifler açısından önemli olan ilk yasa 1970 yılında Ulusal Çevre Politikası Yasası adı altında yürürlüğe girmiştir [70]. İlk kez Çevresel Etki Değerlendirme kavramı bu yasa da ortaya konarak yasal bir zorunluluk haline getirilmiştir. Ayrıca aynı yıl çevre ile ilgili tüm

konuların tek bir çatı altında araştırılması, izlenmesi, standartların oluşturulması ve çevresel koruma önlemlerinin alınması amacıyla Çevre Koruma Kurumu (EPA: Environmental Protection Agency) kurulmuştur [71].

Hava kirleticileri emisyonları ile ilgili en kapsamlı çalışmalar EPA tarafından oluşturulan Emisyon Faktörleri ve Envanteri Grubu'nun 1972 yılında oluşturduğu AP-42 Hava Kirleticileri Emisyon Faktörlerinin Derlenmesi (Compilation of Air Pollutant Emission Factors) adı altında gerçekleştirilmiş ve 200'den fazla kirletici kaynağa ait emisyon faktörü bilgileri sunulmuştur. Emisyon kaynaklarına ait test verileri, kütle denge çalışmaları ve mühendislik yaklaşımlarına göre oluşturulan ve geliştirilen AP-42 emisyon faktörlerinin en son beşinci versiyonu Ocak 1995'te yayımlanmıştır [72].

1970-1980 yıllarında Amerika'daki en geniş madencilik faaliyetlerinin kömür ocaklarında görülmesi, ciddi önem arz eden partikül madde emisyonlarına yönelik araştırma ve çalışmaların bu madenlerde yapılmasını sağlamıştır [73]. Özellikle Amerika'nın pasifik kıyısı ve Alaska bölgesi dışındaki batı bölgede bulunan ve Amerika'nın %64 oranındaki kömür rezervinin işletildiği 12 adet kömür madeninden örnekler alınmış, incelenmiş ve emisyon faktörlerinin oluşturulması sağlanmıştır. Dolayısıyla tüm endüstriyel tesislerin ayrı ayrı ele alındığı AP 42 Emisyon Faktörleri içerisinde yerüstü madenciliği faaliyetlerine ait emisyon faktörleri sadece kömür ocakları üzerine odaklanmaktadır. Literatür araştırmalarına göre kömür dışındaki madenler ise söz konusu emisyon faktörlerine ilişkin benzer faaliyetleri gerçekleştirmesi durumunda aynı yöntemle kaçak toz emisyonlarını hesaplamaktadır.

Üretimin devamı olan cevher zenginleştirme işlemleri sırasında uygulanan faaliyetlerden kaynaklı partikül madde emisyon faktörleri için ise 1979 yılında taş ocaklarındaki kırma-eleme ünitelerinde yer alan toz toplama filtreleri incelenmiştir [74]. Ayrıca AP-42 kapsamında metal madenlerinde gerçekleştirilen cevher hazırlama işlemleri için de emisyon faktörlerine yer verilmiştir.

Genel olarak AP-42 tahmini emisyon faktörü formüllerindeki madencilik faaliyetlerine ilişkin emisyon kaynağına yönelik temel değişkenler şöyledir [61]:

- 1) Kaynak faaliyetin ölçütü veya tüketilen enerji (ör: stabilize bir yolda giden aracın ağırlığı ve hızı)
- 2) Örselenen malzemenin karakteristiği (ör: stabilize bir yolun yüzey malzemesindeki askıda kalabilen ince parçacıklar)

### 3) İklim (ör: ortalama rüzgar hızı)

Hava kalitesi standartlarında ise partikül madde için 1971 yılında oluşturulan ilk Ulusal Hava Kalitesi Standardı askıda katı maddenin (TSP: Total Suspended Particulate) ölçülmesi üzerine dayanmaktadır. 1979 yılında EPA tarafından PM10 partikül boyut aralığı da standart olarak eklenmiş olup 1987 yılı itibariyle TAKM standart parametreler arasından çıkarılmış ve PM10 resmi olarak geçerli birincil hava kalitesi standardı olarak belirlenmiştir. Atmosferdeki partikül madde boyutu ve insan sağlığı açısından etkileri üzerine araştırmaların geliştirilmesi ve çeşitli revizyonların yapılmasıyla 18 Temmuz 1997'de EPA tarafından aerodinamik çapı 2,5 µm ve altı partikülleri ifade eden PM2,5 ikincil standart olarak kabul edilmiştir [75]. Son revizyonu 2012 yılında yapılan PM10 ve PM2,5 standartlarına ait sınır değerler Çizelge 2.12'de sunulmaktadır [76].

**Çizelge 2.12.** USEPA Tarafından Belirlenen Partikül Madde Sınır Değerleri [76]

Parametre	Dönem	Sınır Değer	Aşma Sınırı
PM2,5	Yıllık	12,0 µg/m <sup>3</sup>	3 yıllık periyotta aşılmaması gereken yıllık ortalama değer
	24 Saatlik	35 µg/m <sup>3</sup>	Yıllık değerlerin %98'ine denk gelen ve 3 yıllık periyotta aşılmaması gereken değer
PM10	24 Saatlik	150 µg/m <sup>3</sup>	3 yıllık periyot içinde yılda bir defadan fazla aşılmaması gereken değer

Amerika Birleşik Devletleri'nde çevre kalitesi yönetiminin geliştirilmesi üzerine gerçekleştirilen çalışmalar EPA programı altında dünya çapında kapsamlı olarak yürütülmektedir. Afrika'nın güney sahra çölü kısmı, Çin, Hindistan, Endonezya, Singapur, Tayvan, Brezilya, Dominik Cumhuriyeti, Kanada, Meksika ve Ukrayna hava kalitesi konusunda EPA ile anlaşma yapan devletlerdir [77].

### 2.4.3. Kanada

Endüstriyellemenin hız kazanmasıyla 20. yüzyılın ilk yarısında Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri arasında uluslararası sınır niteliğindeki Detroit Irmağı etrafında yaşanan ciddi boyuttaki hava kirliliği vakaları, çevre sorunlarına devletlerarası bir egemenlik mücadelesi olarak yaklaşım sağlamıştır. Hava kirliliği konusunda araştırmaların başlamasını sağlayan bu yaklaşım; 1941 yılında iki devlet arasında gerçekleşen Trail Smelter hakemlik

kararına yansımış ve devletlerin yan yana birbirine dokunmadan varlığını sürdürmesi esasına dayanarak uluslararası hukukta da “iyi komşuluk”, “zarar verme yasağı” gibi ilkelerle somutlaşmıştır [78] [79]. 1950’li yıllarda yapılan toz ölçümleriyle günlük ve yıllık konsantrasyonlar, tozun çevre üzerinde belirgin etkileri gibi karakteristik özelliklerin belirlenmesinde önemli aşamalar kaydedilmiştir [80]. Partikül madde, Kanada’nın Ulusal Çevre Hava Kalitesi Hedefleri (NAAQOs: National Ambient Air Quality Objectives) kapsamına ilk kez 1970’li yıllarda girmiş ve 1980’li yıllarda revize edilmiştir. Ancak bilimsel çalışmalar Amerika, Kanada, İngiltere ve Avrupa’da 1990’ların başlarında yayımlanmaya başladığından bu zamana kadar partikül madde ciddi ölçüde zararlı etkisi olmayan, sadece rahatsızlık verici bir kirletici olarak tanımlanmaktadır [81]. Ayrıca ülke içinde partikül madde kaynaklı hastalıkların ve erken ölümlerin 1990’lı yıllarda artmasıyla bu alandaki düzenlemelerin oluşturulması önem kazanmıştır.

Kanada’nın yürürlükte olan iki ayrı hava kalitesi standardı bulunmaktadır. Birincisi Ulusal Çevre Hava Kalitesi Hedeflerinin geliştirilmesiyle 1999 yılında yürürlüğe giren Kanada Çevre Koruma Yasası (CEPA), diğeri ise ülke sınırları içerisindeki tüm federal, eyalet ve bölgesel hükümetler (Quebec dışında) tarafından kabul edilen ozon ve ince partikül maddenin kontrolü amacıyla belirlenmiş olan Kanada Standardı’dır (CWS:Canada Wide Standard). Kanada Standardı 2000 yılında yürürlüğe girmiş ve 2007 yılında revize edilmiştir [82]. Her iki hava kalitesi standardına ait aşılmaması istenen sınır değerler Çizelge 2.13’de sunulmaktadır.

**Çizelge 2.13.** Kanada’da Uygulanan Partikül Madde Sınır Değerleri

Parametre	Standart	Sınır Değer ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Kaynak
PM10* (24 saatlik ortalama)	CEPA	25	[83]
PM2,5** (24 saatlik ortalama)	CEPA	15	[83]
PM2,5 (24 saatlik ortalama)	CWS	30	[83]
TAKM (Yıllık geometrik ortalama)	NAAQO	70	[84]
TAKM (24 saatlik ortalama)	NAAQO	120	[84]

\* insan ve çevre sağlığı için tehlike oluşturabilecek sınır değer

\*\*Yıllık ölçümlerin %98’ine tekabül eden ve 3 yıl içinde aşılmaması gereken değer

Ayrıca Uluslararası ölçekte kirlilik seviyelerinin kontrol edilmesinin bir gereklilik haline gelmesiyle 1991 yılında Amerika ile Hava Kalitesi Anlaşması imzalanmış ve sınır ötesi hava kirliliğinin azaltılması yönünde düzenleyici uygulamalar bu kapsamda belirlenmiştir. Gerçekleştirilen uygulamalar ve anlaşma kapsamında emisyonların azaltılması yönünde elde edilen sonuçlar iki yıllık raporlar halinde sunulmaktadır. 2012 yılında yayımlanan son rapora göre her iki devletin PM10 ve PM2,5 değerleri tahmin edilen değerlerin altında izlenmektedir [85].

Ulusal ve uluslararası ölçekte partikül madde konsantrasyonlarının izlenmesinden ayrı olarak emisyonların hesaplanmasına yönelik Kanada Çevre Kurumu tarafından sektörlere özgü uygulama kılavuzları geliştirilmiştir. Bu kapsamda metalik ve metalik olmayan açık yerüstü madencilikine özgü emisyonların hesaplanması ve değerlendirilmesinde yol gösterici olması amacıyla detaylı bir kılavuz hazırlanmıştır. Bu kılavuza göre üretimi 500.000 tondan büyük olan yerüstü madencilik işletmelerine 2007 yılı itibariyle Ulusal Kirletici Salınım Envanteri için yıllık raporlama hükümlülüğü getirilmiştir [50]. Ayrıca stabilize yol kullanan tüm işletmelerin araç başına 10.000 km'den fazla yol alındığı takdirde Toplam Partikül Madde, PM10 ve PM2,5 emisyon miktarlarını raporlaması gerekmektedir [86].

#### **2.4.4. Avustralya**

Avustralya; 1901 Anayasasına dayanan federal hükümet sistemi devletlerarası işbirliği modelinin oluşturulmasını sağlamıştır. Bu modelin çevresel etkiler üzerine yansımaları 1992 yılında imzalanan Devletlerarası Çevre Anlaşması (IGAE: Intergovernmental Agreement on the Environment) ile göze çarpmaktadır. Anlaşma kapsamında federal hükümet tarafından 1994 yılında Avustralya Çevre Koruma Kurumu Konseyi Kanunu (National Environmental Protection Council Act) yürürlüğe girmiş ve bu kanun kapsamında oluşturulan Ulusal Çevre Koruma Önlemleri (NEPMs: National Environment Protection Measures) 1995 yılında çevre kalitesinin korunması ve yönetimi amacıyla çalışmalarına başlamıştır [87]. NEPMs kapsamında gerçekleştirilen Ortam Hava Kalitesine (Ambient Air Quality) yönelik çalışmalar sonucunda 1998 yılında ilk kez hava kalitesi standartları oluşturulmuştur. PM10, ozon, sülfür dioksit, nitrojen dioksit, karbon monoksit ve kurşun konsantrasyonları olmak üzere 6 parametreden oluşan hava kalitesi standartlarının ulusal ölçekte izlenmesi ve raporlanması zorunluluk haline getirilmiştir [88]. İlerleyen süreçte hava kirliliğinin sağlık

etkileri yönünden ciddiyetine bağlı olarak çeşitlendirilen hava kalitesi parametreleri arasında partikül madde ile ilişkili olarak TAKM, Çöken toz ve PM<sub>2,5</sub> seviyeleri de eklenmiştir. Özellikle çevresel etki değerlendirme çalışmaları kapsamında incelenen hava kalitesi standartlarında partikül madde için belirlenen sınır seviyeler Çizelge 2.14’de sunulmaktadır.

**Çizelge 2.14.** Avustralya Hava Kalitesi Standartlarına Ait Sınır Değerler

<b>Parametre</b>	<b>24 saatlik Konsantrasyon Seviyesi Üst Limit</b>	<b>Yıllık Konsantrasyon Seviyesi Üst Limit</b>	<b>Kaynak</b>
PM <sub>10</sub> *	50 µg/m <sup>3</sup>	30 µg/m <sup>3</sup>	[89]
PM <sub>2,5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup>	8 µg/m <sup>3</sup>	[90]
TAKM	-	90 µg/m <sup>3</sup>	[89]
	<b>İzin Verilen En Yüksek Kuru Çökme Akısı</b>	<b>İzin Verilen En Yüksek Toplam Kuru Çökme</b>	
Çöken Toz	2 g/m <sup>2</sup> ay	4 g/m <sup>2</sup> ay	[89]

\* Yılda en fazla 5 kez üst limitin aşılma sınırı bulunmaktadır.

Avustralya Çevre Koruma Kurumu Konseyi Kanununa ait son güncelleme 1 Temmuz 2014 yılında yayımlanmış olup ortam hava kalitesi standartlarının geliştirilmesi ile ilgili de yine 2014 yılında görüşler toplanmıştır.

NEPMs kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar dahilinde, ulusal ölçekte tüm emisyon miktarları ve türlerine ait bilgilerin kayıt altında tutulmasıyla bu bilgilerle hesaplama yöntemlerinin geliştirilerek çevresel etki değerlendirme çalışmalarına katkı sağlanması ve yapılan çalışmaların devlete, endüstrilere ve halka sunulması amaçlanmış, bir anlamda Ulusal Kirletici Envanteri (NPI: National Pollution Inventory) programı oluşturulması hedeflenmiştir. Bu program kapsamında hemen hemen tüm sektörlere özgü emisyon hesaplamalarında yol gösterici kaynak olması amacıyla Emisyon Tahmin Teknikleri El Kitapları (Emission Estimation Technique Manuals) yayımlanmıştır. Madencilik sektöründen çeşitli katılımcılar ve danışmanlar tarafından kömür ve metalik madenciliği faaliyetleri üzerine hazırlanan “*Madencilik için Emisyon Tahmin Teknikleri Kılavuzu*” (Emission Estimation Technique Manual for Mining) 1999 yılı Mart ayında yayımlanmış olup son revizyonu (Versiyon 3.1) 2012 yılı Ocak ayında sunulmuştur. Aynı zamanda metalik olmayan madencilik faaliyetleri ve cevher zenginleştirme yöntemleri üzerine Kasım 1999 yılında “*Metalik Olmayan Minerallerin Madenciliği ve Prosesi için Emisyon Tahmin Teknikleri Kılavuzu*” (Emission Estimation Technique Manual for Mining and Processing

of Non-Metallic Minerals) adı altında bir yardımcı kaynak oluşturulmuş, son güncel hali (Versiyon 2) 2000 yılı Ağustos ayında yayımlanmıştır.

Bu kılavuzlarda yeraltı ve yerüstü madencilik faaliyetlerinden kaynaklanabilecek hemen hemen tüm emisyonlar tanımlanmış ve gerçeğe yakın olarak belirlenebilmesi için hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir. Yüzeyde gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerinden kaynaklı toz emisyonlarının belirlenebilmesi konusunda özellikle Avustralya’da uygulanan madencilik faaliyetlerinden toplanan bilgiler ve USEPA tarafından sunulan AP-42 Emisyon Faktörleri esas alınarak toz emisyon faktörleri belirlenmiş ve örnek uygulamaları sunulmuştur.

#### **2.4.5. Avrupa Ülkeleri**

Batı Avrupa’da 13. yüzyılda tarla ve otlak açmanın yanı sıra sanayileşmenin gelişmesine paralel olarak sanayi fırınlarında odun yakılması ihtiyacının ormanlık alanları hızla tüketmesi ve sonraki süreçte kömürün yaygın olarak kullanılması sebebiyle hava kirliliğinden ilk etkilenen kent Londra olmuştur. Dolayısıyla ülke çapında hava kirliliğinin de önlenmesi amacıyla ilk yasal düzenleme 1388 yılında İngiltere Parlamentosu tarafından kabul edilmiştir [91]. Krallık yönetimlerine göre ilerleyen süreçte hava kirliliğinin önlenmesine yönelik ilk olarak kömür kullanımı yasaklanmış, daha sonraki dönemlerde hava kirliliğini denetlemeyi amaçlayan çeşitli kararlar alınmıştır [63].

19. Yüzyılın başlarında hava kirliliğine yönelik olarak hükümet tarafından 1819 yılında bir araştırma komisyonunun görevlendirilmesiyle başlayan süreç 1952’de yaşanan “Büyük Sis” (Great Fog) olayında 4000’den fazla insanın ölümüne sebep olmasının da etkisiyle 1956 yılında Temiz Hava Yasası’nın (Clean Air Act) kabulünü gerekli kılmıştır [63].

II. Dünya Savaşı sonrasında hız kazanan Avrupa ülkelerinin ekonomik ve siyasi yönden birleşme çabaları sonucunda 1951 yılında Avrupa Birliği adı altında kurulan örgütlenmenin ilk temelleri atılmıştır [92]. Yaşam standartlarının en üst seviyede tutulmasını hedefleyen ve 6 ülke ile başlayıp 2013 yılı itibarıyla 28 ülkeyi kapsayan Avrupa Birliği’nin temel politika alanları içerisinde yer alan çevre konusu 1973 yılında Avrupa Komisyonu Çevre Genel Kurulu’nun kurulmasıyla kendini göstermektedir. Çevre korunmasına yönelik tüm konuların tek çatı altında toplanarak yürütülmesi amacıyla kurulan bu kurul tarafından hava kalitesine yönelik ilk direktif 1996 yılında çıkarılmış ve son güncellenmiş hali 2008 yılında sunulmuştur (2008/50/EC) [93]. Avrupa ülkelerinin tabi olduğu söz konusu direktifler

çerçevesinde oluşturulan yürürlükteki temel hava kalitesi standartlarına ait sınır değerler Çizelge 2.15’de sunulmaktadır.

**Çizelge 2.15.** Avrupa Birliği Partikül Madde Hava Kalitesi Standartları Sınır Değerleri [94]

	<b>Değerlendirme Periyodu (Ort)</b>	<b>Konsantrasyon (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Yıl İçinde İzin Verilen Aşılma Sayısı</b>
PM <sub>2,5</sub>	Yıllık	25	-
PM <sub>10</sub>	Yıllık	40	-
PM <sub>10</sub>	24 saatlik	50	35

Avrupa Bakanlar Konseyi ilk emisyon envanteri programını CORINAIR adı altında 1985 yılında kurmuştur. Öncelikle sera gazlarına yönelik geliştirilen CORINAIR’e ilişkin 1991 yılında yapılan kapsamlı bir çalışmada Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi gereği raporlama yapılabilmesi için Birleşmiş Milletler Ekonomi Komisyonu (UNECE) temel kategorilerin tanımlanmasına katkı sağlamıştır. Avrupa Birliği Çevre Kurumu (European Environment Agency) tarafından Şubat 1996’da ilk versiyonu yayımlanan Emisyon Envanteri Kılavuzu revize edilerek en son versiyonu 2013 yılında yayımlanmıştır. Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İngiltere söz konusu emisyon envanteri kılavuzu kapsamındaki ülkelerdir [95].

Bu kılavuzda kömür dışındaki yerüstü madenciliğinden kaynaklanan, ancak sadece cevherin çıkarılmasını kapsayan kaçak toz emisyonlarının belirlenebilmesi için en kaba hesaplama yönteminden en hassas yöntemlere göre sırayla Seviye-1, Seviye-2 ve Seviye-3 olmak üzere 3 farklı yöntem kullanılması önerilmiştir. Maden faaliyetlerinin en kötü koşul senaryosu olarak ifadelendirilen hiç bir toz azaltma önlemi almadan faaliyet gösterilmesi durumundaki emisyonların hesaplanması için Çizelge 2.16’da belirtilen Seviye-1 Tip Emisyon Faktörleri uygulanmaktadır [96].



**Çizelge 2.16.** EMEP/EEA - Madencilik Faaliyetleri için Seviye-1 Tip Emisyon Faktörleri [96].

Parametre	Değer (g/Mg mineral)	%95 Güven Aralığı	
		En Düşük	En Yüksek
TAKM	102	50	200
PM10	50	25	100
PM2,5	5	2,5	10

Seviye-2 tip emisyon faktörleri madencilik faaliyetinden kaynaklanan emisyon miktarının düşük ile orta derece ve orta ile yüksek derece arasında olmasına göre belirlenerek kullanılmakta olup Çizelge 2.17’de sunulmaktadır. Söz konusu derece düzeylerinin arasındaki ayırım tam olarak belirlenmemiştir, ancak iyi teknolojik uygulamalarla kurulmuş olan tesisler için düşük derece, kalite yönünden zayıf uygulamaların gerçekleştiği ve çok eski madencilik işletmeleri için yüksek derece kullanılması önerilmektedir [96].

**Çizelge 2.17.** EMEP/EEA - Maden Faaliyetleri için Seviye-2 Tip Emisyon Faktörleri [96]

Parametre	Düşük - Orta Derece Emisyona Sebep Olan Madenler			Orta - Yüksek Derece Emisyona Sebep Olan Madenler		
	Değer (g/Mg mineral)	%95 Güven Aralığı		Değer (g/Mg mineral)	%95 Güven Aralığı	
		En Düşük	En Yüksek		En Düşük	En Yüksek
TAKM	51	25	100	102	50	200
PM10	25	13	50	50	25	100
PM2,5	3.8	1.9	7,6	5	2.5	10

Madencilik faaliyetini bütünden ele alan Seviye-1 ve Seviye-2 yaklaşımları dışında madencilik faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sırasında uygulanan her bir alt faaliyete göre emisyonların hesaplanması ise Seviye-3 olarak nitelendirmektedir. Ancak bu konuyla ilgili yeterli kaynak bulunamadığından USEPA tarafından sunulan AP-42 emisyon faktörleri referans gösterilmiştir.

Cevherin çıkarılmasından ayrı olarak malzemenin taşınması, depolanması ve mekanik işlemlere maruz kalarak işlenmesi sonucunda oluşan toz emisyonları için de benzer şekilde 3 farklı seviyede emisyon belirleme yöntemi kullanılması önerilmiştir. Kireç ve çimento işletmeleri için geliştirilen emisyon faktörlerinin kullanılması durumunda cevherin çıkarılmasından taşınması, depolanması, işlenmesi, yakma işlemi dahil satış için nakliyesine

kadar tüm faaliyet sırasında oluşan toz emisyonları hesaplamaya dahil olmaktadır. Bu sebeple söz konusu sektörler için ayrı olarak taşıma, depolama ve işlemeden kaynaklı toz emisyon hesabı yapılmamakta olup bu durum Seviye-1 olarak nitelendirilmektedir. Kılavuzda belirtilen kireç üretimi yapan işletmelere yönelik Seviye-1 tip emisyon faktörleri Çizelge 2.18’de sunulmaktadır [97].

**Çizelge 2.18.** EMEP/EEA - Kireç Üretimi için Seviye-1 Tip Emisyon Faktörleri [97]

Parametre	Kireç Üretimi			Klinker Üretimi		
	Değer (g/Mg kireç)	%95 Güven Aralığı		Değer (g/Mg klinker)	%95 Güven Aralığı	
		En Düşük	En Yüksek		En Düşük	En Yüksek
TAKM	9000	3000	22000	260	130	520
PM10	3500	1000	9000	234	117	468
PM2,5	700	300	2000	130	65	260

Kireç ve çimento sektörü dışındaki işletmelerde malzemenin taşınması, depolanması ve işlenmesi sonucunda oluşan toz emisyonlarına yönelik Çizelge 2.19’da sunulan Seviye-2 emisyon faktörleri Hollanda’da uygulanan bir takım ölçüm ve metodolojilere dayanarak oluşturulmuş olup Hollanda’daki faaliyetler için Seviye-3 niteliği taşıırken diğer ülkeler için Seviye-2 olarak kabul edilmektedir [98].

**Çizelge 2.19.** EMEP/EEA - Mineral Depolanması, Taşınması ve İşlenmesi için Seviye-2 Tip Emisyon Faktörleri [98]

Parametre	Kontrollü			KontROLSÜZ			KontROLSÜZ		
	Değer (ton/ha /yıl)	%95 Güven Aralığı		Değer (ton/ha /yıl)	%95 Güven Aralığı		Değer (g/ton)	%95 Güven Aralığı	
		En Düşük	En Yüksek		En Düşük	En Yüksek		En Düşük	En Yüksek
TAKM	16.4	8.2	32.8	1.64	0.62	3.28	12	6	24
PM10	8.2	4.1	16.4	0.82	0.41	1.64	6	3	12
PM2,5	0.82	0.41	1.64	0.082	0.041	0.164	0.6	0.3	1.2

Tesise ait ölçüm ve modellerin yapılabildiği işletmelerde hesaplanan emisyon miktarları ise Seviye-3 olarak nitelendirilmiştir.

## 2.5. Yerüstü Madencilik Faaliyetlerinde Kullanılan Toz Emisyon Faktörleri

Yerüstü madencilik işletmelerinde uygulanan her bir faaliyetin işleyişi ve tozun kaynaklandığı malzeme ile etkileşimi farklıdır. Bu sebeple bilimsel olarak gerçekleştirilen araştırmalar ve ölçümler sonucunda partikül madde emisyonlarının belirlenebilmesi için her bir işleme ait emisyon faktörü geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalara göre kaçak toz emisyon kaynağından salınan emisyon miktarındaki etkin parametreler malzemenin parça boyut dağılımı ve nem içeriği, üretim miktarı, ekipman türü ile topoğrafik ve iklimsel faktörlerdir. Bu etkenler arasında yer alan malzemenin nem içeriği ve rüzgar hızı, kontrol edilemeyen ve coğrafi konuma göre değişiklik gösteren parametreler olduğundan kaçak tozlar kuru iklimlerde ve yaz aylarında daha fazla gözlenmektedir [99].

Yerüstü madenciliğinde uygulanan ve kaçak toz emisyonuna sebep olan faaliyetler ve bu faaliyetler için geliştirilen emisyon faktörleri bu bölümde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

### 2.5.1. Bitkisel Toprağın Kaldırılması

Bir yerüstü madeninde inşaat çalışmaları öncesinde ilk olarak bitkisel toprak kalınlığı belirlenmekte ve genellikle traktör yardımıyla sıyırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Toprak kalitesinin korunması ve rehabilitasyon aşamasında tekrar kullanılmak üzere sıyrılan bitkisel toprak geçici olarak uygun bir alanda verimliliğini koruyacak şekilde depolanmaktadır. Aynı zamanda bu işlem proje ilerleme aşamasına bağlı olarak yeni kurulacak veya aktif kullanım alanı genişleyen ünitelerde arazi hazırlama kapsamında üretime paralel bir şekilde de yürütülebilmektedir.

Özellikle inşaat faaliyetleri sırasında yoğun olarak gerçekleştirilen bitkisel toprağın sıyırılması işlemi esnasında oluşan toz emisyonunun hesaplanabilmesi için USEPA tarafından kömür madenleri için yapılan araştırmalar sonucunda bir emisyon faktörü belirlenmiş ve 0,029 kg TAKM/ton toprak şeklinde 2008 yılı AP-42 Revizyon dokümanında sunulmuştur. Avustralya Hükümeti tarafından sunulan madencilik için emisyon tahminleri kılavuzunda da kullanılması uygun görülen bu emisyon faktörlerine ek olarak toprak kazıyıcı makinenin (scraper) kazıma yapmadan ilerlemesi sırasında oluşan toz emisyonunun belirlenebilmesi amacıyla emisyon faktörü formülü belirtilmiştir [51].

$$\text{Emisyon Faktörü} = \frac{k \times s^{1,3} \times W^{2,4}}{1.000.000}$$

*Eşitlik 3*

*k: Partikül aerodinamik çapı (TAKM:9,6, PM10:1,32)*

*s = Malzemenin silt içeriği (%)*

*W= Araç ağırlığı (ton)*

*Emisyon Faktörü Birimi: kg/km araç*

Türkiye mevzuatında yer alan SKHKKY’de ise bu işleme karşılık gelen emisyon faktörü “sökme” olarak ifadelendirilen diğer bir deyişle patlatma ile gevşetmenin gerek olmadığı yumuşak malzemenin kazılması faaliyetlerine ait toz emisyonu hesaplamalarında kullanılmak üzere kontrollü durumlar için 0,025 kg/ton, kontrolsüz durumlar için ise 0,0125 kg/ton olarak belirlenmiştir.

### **2.5.2. Delme ve Patlatma**

Yerüstü madencilikte cevher ya da pasanın kazı yapılarak alınmadığı durumlarda söz konusu kayacın gevşetilmesi amacıyla delme ve patlatma işlemi uygulanmaktadır.

Delme işlemi; kayaç yapısına göre uygun patlayıcının yerleştirilmesi için çapı 1 ile 17,5 inch (2,54 ile 43,18 cm) arasında [100] olan, uzunluğu genellikle ocakta uygulanan basamak boyuna ve kullanılan kazı makinesine göre değişen, çoğunlukla dik ya da dike yakın eğimli olacak şekilde, elde edilecek malzemenin miktarına göre belirlenen sayıda deliklerin delinmesi olarak açıklanabilir. Delme makinesinin çalışma prensibi gereği delme esnasında tij ucunun soğutulması amacıyla su spreyleme yapılsa da delme sırasında delik içinin oyulması ve delik içinde oyulan ince malzemenin dışarı çıkarılması sonucunda bir miktar toz oluşumu söz konusu olmaktadır. Oluşan toz miktarının belirlenmesinde delik çapı, delik derinliği ve nem miktarı sahaya özgü parametreler olarak önem taşımaktadır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalarda delme parametreleriyle ilgili veri eksikliği nedeniyle toz miktarının tahmin edilebilmesinde sadece su spreylemeden kaynaklı toz indirgenmesi göz önünde bulundurularak EPA, Kanada ve Avustralya kılavuzlarında delik başına toz emisyon faktörleri belirlenmiş olup Çizelge 2.20’de sunulmuştur. Türkiye mevzuatında delme işlemi ile ilgili emisyon faktörü belirtilmemiştir.

**Çizelge 2.20.** Delme İşlemine Ait Emisyon Faktörleri

	TAKM ( $\leq 30 \mu\text{m}$ )	PM10	PM10/ TAKM	PM2,5/ TAKM	Kaynak
USEPA AP-42	0,59 kg/delik	0,00004 kg/ton	-	-	[61], [99]
Kanada	0,59 kg/delik	0,31 kg/delik	0,52	0,52	[50]
Avustralya	0,59 kg/delik	0,31 kg/delik	0,52	-	[51]

Patlatma faaliyetinde ise alınması istenen malzeme miktarına göre patlatma alanı (poligonu) belirlenmekte, bu poligona uygun delme paterni oluşturulmakta ve formasyon yapısına göre uygun patlayıcının ve ateşleme sisteminin seçilerek deliklerin içine yerleştirilmesi sonucunda patlatma işlemi gerçekleştirilmekte, diğer bir deyişle cevher ya da ekonomik değeri olmayan kayacın maden makineleriyle kazılıp taşınabilmesi için gevşetilmektedir. Patlatma sırasında kayaçların kırılması, enerji yayılması ve kırılan kayaçların yere çok kısa sürede düşmesiyle oluşan havanın yer değiştirmesi ve aktarılması sonucunda toz oluşumu meydana gelmektedir [101]. Söz konusu toz miktarının tahmin edilmesinde sahaya özgü parametrelerin de dikkate alınması amacıyla EPA tarafından 14 kömür grubu ve 4 ekonomik değeri olmayan kaya patlatmasından edinilen verilere dayanarak 1998 yılına kadar aşağıdaki formülün kullanılması önerilmekte idi.

$$\text{Emisyon Faktörü (TSP } \leq 30\mu\text{m)} = \frac{344 \times A^{0,8}}{M^{1,9} \times D^{1,8}} \quad \text{Eşitlik 4}$$

*A: Patlatma yapılan alan ( $m^2$ )*

*M: Patlatılan malzemenin nem içeriği (%)*

*D: Patlatma deliğinin derinliği (m)*

*Emisyon Faktörü Birimi: kg/patlatma*

Ancak kırılmamış, blok halindeki kayaç içerisindeki çok düşük nem içeriği nedeniyle bu formülle yapılan hesaplamalarda gerçek durumda oluşan toz miktarının çok üzerinde değerler alındığı gözlenerek yine USEPA tarafından yeni bir formül geliştirilmiş ve bu formül Kanada ve Avustralya kılavuzlarında da emisyon hesaplamalarına dahil edilmiştir [42]. Aşağıda sunulan bu formüller Amerika'nın batı bölümündeki yerüstü kömür maden ocaklarında yapılan gözlemler ve incelemeler sonucunda oluşturulduğundan bu bölge dışındaki madenler için formülün kullanılması emisyon miktarı tahmin kalitesini düşürebilmektedir.

$$\text{Emisyon Faktörü (PM} \leq 30\mu\text{m)} = 0,00022 \times A^{1,5} \quad \text{Eşitlik 5}$$

$$\text{Emisyon Faktörü (PM10)} = 0,000114 \times A^{1,5} \quad \text{Eşitlik 6}$$

$$\text{Emisyon Faktörü (PM2,5)} = 0,000114 \times A^{1,5} \quad \text{Eşitlik 7}$$

*A: Patlatma yapılacak yatay alan (m<sup>2</sup>), patlatma derinliği ≤ 21m*

*Emisyon Faktörü Birimi: kg/patlatma*

2012 yılı Ocak ayında Avustralya Hükümeti tarafından hazırlanan Ulusal Kirlilik Envanteri Madencilikte Emisyon Tahmini için Teknik Kılavuz'da patlatma için bahsedilen Eşitlik 4' de nemin %5 olarak kabul edildiği durumda ancak 30 metrelik delik için yapılan hesaplamanın ancak diğer geliştirilen Eşitlik 5 ile benzer sonuçlar gösterebildiği ortaya konmuştur. Ayrıca Eşitlik 5-6-7 için patlatma deliği derinliğinin en fazla 21 metre olması koşulu getirildiğinden Eşitlik 4'ün uygulanması önerilmemektedir.

Türkiye mevzuatında SKHKKY'de patlatma faaliyeti için kullanılacak emisyon faktörü ton başına elde edilecek malzeme için 0,08 kg toz olarak belirlenmiştir. Bu değer kontrolsüz durum için belirlenmiş olup kontrollü durumda bir emisyon faktörü belirtilmemiştir.

### 2.5.3. Yükleme ve Boşaltma

Daha önce de belirtildiği gibi kayacın doğrudan kazılarak yükleyici ile alınmadığı durumda patlatma ile gevşetme sağlanmaktadır. Patlatma sonrası taşıma için elverişli boyuta gelen malzeme ekskavatör veya kepçe yardımıyla kamyonlara yüklenerek direk kırma eleme hattına, stok alanına veya depolama alanına taşınmaktadır.

USEPA tarafından kömür madenlerinde yapılan çalışmalar sonucunda ocak alanında patlatma ile gevşetilen kömürün kamyonu yüklenmesi sırasında oluşan toz emisyonunun belirlenmesi amacıyla bir emisyon faktörü formülü geliştirilmiştir [61]:

$$\text{Emisyon Faktörü (TAKM} \leq 30\mu\text{m)} = \frac{0,580}{M^{1,2}} \quad \text{Eşitlik 8}$$

$$\text{Emisyon Faktörü (PM10)} = 0,75 \times \frac{0,0596}{M^{0,9}} \quad \text{Eşitlik 9}$$

*Malzemenin nem içeriği (%)*

*Emisyon Faktörü Birimi: kg/Mg*

Alternatif olarak depolama ve stoklama faaliyetleri sırasında malzeme boşaltılması veya yüklenmesi sırasında oluşan toz emisyonunun belirlenmesi için yine EPA tarafından

ortalama rüzgar hızının ve malzemenin nem içeriğinin de dahil edildiği bir emisyon faktörü formülü geliştirilmiştir [102].

$$\text{Emisyon Faktörü} = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \quad \text{Eşitlik 10}$$

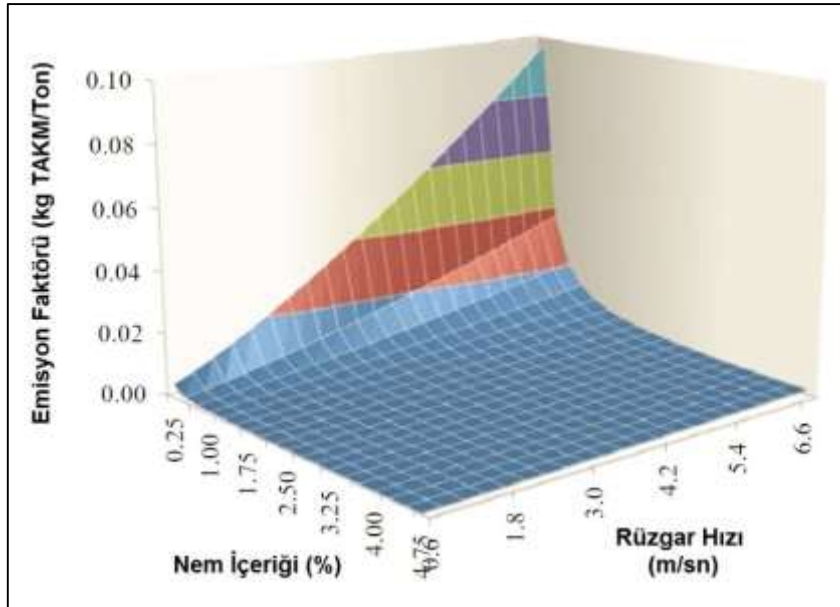
$k$  = Parça boyut çarpanı (birimsiz)

$U$  = Ortalama rüzgar hızı (m/sn)

$M$  = Malzemenin nem içeriği (%)

Emisyon Faktörü Birimi: kg/Mg

Parça boyut çarpanı <30µm aerodinamik çaplı toz parçacıkları için 0,74, <10 µm için 0,35, <2,5 µm için ise 0,053 alınmaktadır. Ayrıca Eşitlik 10'un kullanımında emisyon miktarı tahmin kalitesinin yüksek olması için malzemenin silt içeriğinin %0,4 - %19 arasında, nem içeriğinin %0,25 - %4,8 arasında, ortalama rüzgar hızının ise 0,6 – 6,7 m/sn değer aralığında olması istenmektedir. Emisyon faktörünün TAKM (<30µm) için nem içeriği ve rüzgar hızı değişimlerine göre davranışı Şekil 2.9'da sunulmaktadır. Söz konusu değer aralıkları dışında veri ile çalışılması gerektiğinde emisyon miktarı tahmin kalitesi bir seviye düşmekte ve elde edilen değer en olumsuz koşullara göre oluşabilecek sonucu temsil etmektedir [1].



**Şekil 2.9.** AP-42 Yükleme ve Boşaltma Emisyon Faktörü Formülünün (Eşitlik 10) nem içeriği ve rüzgar hızına göre değişimi [1]

Ayrıca yerüstü kömür işletmelerinde yumuşak karakterdeki kömürün çıkarılması sırasında kullanılan döner kepçeli ekskavatörün patlatma yapılmadan kömürün kazılması, yüklenmesi ve konveyör banta boşaltılması işlemlerini bir arada gerçekleştirmesi sırasında oluşan toz emisyonunun belirlenebilmesi için de Avustralya Hükümeti tarafından sunulan kılavuzda *Eşitlik 10*'un kullanılması önerilmektedir [51].

Türk mevzuatında yer alan SKHKKY'de yükleme ve boşaltma faaliyetlerine ilişkin kullanılan toz debisi emisyon faktörü kontrolsüz durumda ton başına elde edilecek malzeme için 0,01 kg, kontrollü durumda ise 0,005kg olarak belirlenmiştir.

USEPA, CAENV ve AUNIP tarafından kırma-eleme işlemlerinde kullanılacak emisyon faktörleriyle ilgili sunulan dokümanda kırılmış malzemenin yüklenmesi ve boşaltılması sırasında uygulanacak emisyon faktörleri Çizelge 2.21'deki şekilde belirtilmiştir [99] [50] [51]. Tabloda belirtilen konveyör transfer noktaları için emisyon azaltma verimliliği %95,9 olarak uygulanmıştır [99].

**Çizelge 2.21.** Kırılmış Malzemenin Boşaltılması ve Yüklenmesi için Emisyon Faktörleri

Kaynak	Ülke	Kontrolsüz (kg/Mg)			Kontrollü (kg/Mg)		
		TAKM	Toplam PM10	Toplam PM2,5	TAKM	Toplam PM10	Toplam PM2,5
Kamyondan Boşaltma	US, AU	ND	8,0x10 <sup>-6</sup>	ND	ND	ND	ND
Konveyörden Kamyonu Yükleme	US, AU	ND	5,0x10 <sup>-5</sup>	ND	ND	ND	ND
Konveyör Transfer Noktası	US, CA, AU	0,0015	0,00055	ND	0,00007	2,3x10 <sup>-5</sup>	6,5x10 <sup>-6</sup>
Stok Alanına Yükleme	AU	0,004	0,0017	ND	ND	ND	ND
Stok Alanından Yükleme	AU	0,03	0,013	ND	ND	ND	ND
Stok Alanından Trene Yükleme	AU	0,0004	0,00017	ND	ND	ND	ND

\*ND: Veri bulunmamaktadır.

\*Kaynak: US(Amerika): [99], CA(Kanada): [50], AU(Avustralya): [103]

Genellikle kömür madenlerinde kömür üzerindeki ekonomik değeri olmayan malzeme çok büyük miktarlarda olduğundan dragline (sallama kepçeli ekskavatör) kullanılmaktadır. Dekapaj olarak da adlandırılan bu işlem sırasında dragline ile malzeme hem kovaya yüklenmekte hem de depolama alanına boşaltılmaktadır. Dragline çalışması sırasında oluşan



toz emisyonunun hesaplanabilmesi için USEPA tarafından geliştirilen ve aşağıda sunulan emisyon faktöründe dragline kovanın boşaltma anında yere yüksekliği ve malzemenin nem içeriği madene özgü parametrelerdir [61].

$$\text{Emisyon Faktörü (PM} \leq 10\mu\text{m)} = \frac{0,0046 \times d^{1,1}}{M^{0,3}} \quad \text{Eşitlik 11}$$

$$\text{Emisyon Faktörü (PM} \leq 10\mu\text{m)} = \frac{0,0022 \times d^{0,7}}{M^{0,3}} \quad \text{Eşitlik 12}$$

$$\text{Emisyon Faktörü (PM} \leq 2,5\mu\text{m)} = \frac{0,0000782 \times d^{1,1}}{M^{0,3}} \quad \text{Eşitlik 13}$$

$d$  = Dragline kovanın malzemeyi bırakma yüksekliği (m)

$M$  = Malzemenin nem içeriği (%)

Emisyon Faktörü Birimi:  $\text{kg/m}^3$

#### 2.5.4. Servis Yolları ve Taşıma

Yerüstü madenciliğinde malzemenin taşınması maden işleyişinin akışını sağlayan bir faaliyet olmasının yanı sıra kaçak toz emisyonu potansiyelinin en yüksek olduğu pek çok araştırma sonucunda ortaya konmuştur. Sıyrılan bitkisel toprağın taşınması, ocaktan çıkarılan pasanın depolama alanına ve cevherin kırma-eleme hattına veya geçici stok alanına taşınması genellikle kamyonlar ile sağlanmaktadır. Ayrıca piyasaya sunulan son ürünün de taşınması kamyonlarla gerçekleştirilebilmektedir.

Maden içi servis yolları genellikle mevcut yüzeyin sıkıştırılması ve üzerine kum, çakıl veya mucur ve bağlayıcı olarak kil karışımının serilerek yine silindire sıkıştırılması şeklinde oluşturulmaktadır. Stabilize yapıdaki yollarda asfaltlanmış yollara oranla daha fazla toz emisyonu gerçekleşmektedir. Stabilize yolda tekerin yol yüzeyine uyguladığı kuvvetin etkisiyle yüzey malzemesi mekanik olarak parçalanarak toz haline gelmektedir. Tekerlek döndükçe partiküller havalanarak tekrar yere düşmekte ve yol yüzeyi sürtünmenin etkisiyle kuvvetli bir türbülansa maruz kalmakta ve araç geçene kadar bu hava akımı devam etmektedir [104]. Dolayısıyla araçların sıklık derecesi emisyon oluşumunda etkili olmaktadır. Ayrıca madencilikte kullanılan ekipmanlar ağır araç sınıfına girdiğinden söz konusu stabilize yollar araçların ağırlığına bağlı olarak kullanıldıkça sık sık bozulmakta ve yol bakım araçlarının devamlı çalışmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla bu durum taşıma yollarındaki toz emisyonunu bir miktar daha arttırdığından madenciliğin yanı sıra stabilize

yolun bulunduğu her yerde kaçak toz emisyonu hava kalitesinin korunması açısından önem arz etmektedir.

Yerüstü madenciliğinde kullanılan yollar için gerçekleştirilen emisyon faktörü oluşturma çalışmalarında maden sahasındaki araç hızı, ağırlığı, uygulanan toz kontrolünün tahmini verimliliği ve iklim koşulları emisyon miktarını etkileyen başlıca en önemli değişkenlerdir. Bu konuda yapılan çalışmalar kamyonun birim hareket mesafesinde oluşturduğu toz miktarının kamyon hızıyla geometrik olarak arttığını ortaya koymaktadır. Stabilize bir yolda birim hareket mesafesi için (1mil=1.609km) hızı 16 km/sa olan kamyonun tek dış lastiği 3,6 kg toz oluştururken 32 km/sa hızla hareket eden bir kamyon 23 kg'dan fazla toz oluşturmaktadır [105].

Endüstriyel faaliyet gösteren alanlarda stabilize yollardan kaynaklı kaçak toz emisyonunun tahmininde sahaya özgü parametrelerin kullanıldığı emisyon faktörü formülü USEPA tarafından 2006 yılında son revizyonu oluşturulan AP-42 dökümanında sunulmuştur [104]. Aynı zamanda Kanada Hükümeti Çevre Kurumu tarafından hazırlanan kılavuzda da bu formüllerin kullanılması önerilmektedir.

$$\text{Emisyon Faktörü} = 0,2819 \times k \times \left(\frac{s}{12}\right)^a \times \left(\frac{W}{3}\right)^b \quad \text{Eşitlik 14}$$

*k, a, b = partikül boyutuna göre belirlenen katsayılar (birimsiz)*

*s = Yüzey malzemenin silt içeriği (%)*

*W = Ortalama Kamyon Ağırlığı (ton)*

*Emisyon Faktörü Birimi: kg/km-araç*

Eşitlik 14'te istenen parametrelerden yüzey malzemenin silt içeriği aerodinamik çapı 75 µm'den düşük partikülleri ifade etmektedir. Katsayılar ise Çizelge 2.22'den istenilen partikül boyutuna göre belirlenmektedir.

**Çizelge 2.22.** AP-42 Taşıma Eşitliğinde Kullanılan Katsayılar (Eşitlik-14) [104]

Katsayı	PM2,5	PM10	PM30
k	0,15	1,5	4,9
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

Ayrıca faaliyet alanında genellikle servis araçlarının kullanıldığı ve daha az trafiğin olduğu stabilize yapıdaki ulaşım yollarından kaynaklı kaçak toz emisyonlarının hesaplanabilmesi için yine aynı AP-42 dokümanında aşağıdaki şekilde bir emisyon faktörü formülü sunulmaktadır:

$$\text{Emisyon Faktörü} = \frac{0,2819 \times k \times \left(\frac{s}{12}\right)^a \times \left(\frac{S}{30}\right)^d}{\left(\frac{M}{0,5}\right)^c} - C \quad \text{Eşitlik 15}$$

$k, a, c, d$  = partikül boyutuna göre belirlenen katsayılar (birimsiz)

$s$  = Yüzey malzemenin silt içeriği (%)

$S$  = Ortalama araç hızı (km/sa)

$M$  = Yol yüzey malzemesinin nem içeriği (%)

$C$  = 1980 ve sonrası model yılına sahip araçlar için emisyon faktörü

Emisyon Faktörü Birimi: kg/km-araç

Eşitlik 15’de belirtilen katsayılar ile 1980 ve sonrası model yılına sahip araç filolarının egzoz, fren aşınması ve tekerlek lastiğinin aşınmasından kaynaklı partikülleri ifade eden emisyon faktörü partikül boyutlarına göre Çizelge 2.23’de belirtilmiştir:

**Çizelge 2.23.** AP-42 Taşıma Eşitliğinde Kullanılan Katsayılar (Eşitlik-15) [104]

Katsayı/ Emisyon Faktörü	PM2,5	PM10	PM30
k	0,18	1,8	6,0
a	1	1	1
c	0,2	0,2	0,2
d	0,5	0,5	0,3
C	1,015x10 <sup>-4</sup>	1,325x10 <sup>-4</sup>	1,325x10 <sup>-4</sup>

Eşitlik 14 ve 15’in geliştirilmesi sırasında test edilen örneklemelerin değer aralıkları bu formüllerin uygulanması sırasında da koşul olarak belirtilmiş olup Çizelge 2.24’de sunulmuştur:

**Çizelge 2.24.** AP-42 Taşıma Formüllerinin Ugulanması için Koşullar [104]

Emisyon Faktörü	Yüzey Malzemenin Silt İçeriği (%)	Ortalama Araç Ağırlığı (ton)	Ortalama Araç Hızı (km/sa)	Tekerlek Sayısı	Yüzey Malzemenin Nem İçeriği (5)
Eşitlik 14	1,8-25,2	2-290	8-69	4-17	0,03-13
Eşitlik 15	1,8-35	1,5-3	16-88	4-4,8	0,03-13

Ayrıca yağışlı günlerde stabilize yollar için doğal bir toz önleme gerçekleştiğinden emisyon faktörüne bu etken aşağıdaki formülle entegre edilebilmektedir:

$$E_{ext} = \text{Emisyon Faktörü} \times \left[ \frac{365-(P+F)}{365} \right] \quad \text{Eşitlik 16}$$

$E_{ext}$  = Yıla özgü yağış miktarının dikkate alındığı emisyon faktörü (kg/km-araç)

$P$  = Yağış miktarı 254mm'den az olmamak koşuluyla bir yıl içindeki yağışlı gün sayısı

$F$  = Yıl içinde yolların karlı veya buzlu olduğu gün sayısı

Emisyon Faktörü = Eşitlik 14 veya 15

Stabilize yollardan kaynaklanan yıllık toplam toz emisyonu; Eşitlik 14 ve 15 ile elde edilen emisyon faktörlerinin yıl içindeki ortalama sefer sayısı ile çarpımı şeklinde bulunmaktadır.

Türk mevzuatında yer alan SKHKKY'de taşıma faaliyeti için kullanılan emisyon faktörü kontrolsüz koşullar için 0,7 kg/km araç, kontrollü koşullar için 0,35 kg/km araç olarak belirlenmiştir.

Stabilize yolların periyodik bakım çalışmalarında en sık uygulanan greyder ile düzleme işlemi sırasında oluşan toz emisyonunun belirlenebilmesi için USEPA tarafından araç hızının dikkate alındığı bir emisyon faktörü formülü geliştirilmiştir (Eşitlik 17, 18, 19) [61]. Aynı zamanda Kanada Hükümet Çevre Kurumunun yayımladığı kılavuzda da bu emisyon faktörünün kullanılması önerilmektedir.

$$\text{Emisyon Faktörü (TAKM} \leq 30\mu\text{m)} = 0,0034 \times S^{2,5} \quad \text{Eşitlik 17}$$

$$\text{Emisyon Faktörü (TAKM} \leq 10\mu\text{m)} = 0,00336 \times S^{2,0} \quad \text{Eşitlik 18}$$

$$\text{Emisyon Faktörü (TAKM} \leq 2,5\mu\text{m)} = 0,0001054 \times S^{2,5} \quad \text{Eşitlik 19}$$

$S$  = ortalama araç hızı (km/sa)

Emisyon Faktörü Birimi: kg/km-araç

Yerüstü madencilik çalışmalarında ocaktan çıkarılan cevherin kırıcıya taşınması, proses tesisi içinde üniteler arası malzeme aktarımı ve proses tesisinden çıkan nihai ürünün alıcıya gönderilmesinde kullanılan ekipmanlar her maden işletmesine göre farklılık göstermektedir. Bazı maden işletmelerinde ağırlıklı olarak kamyonla taşıma yapılırken bazı madenlerde kilometrelerce konveyör bant sistemi oluşturulmaktadır. Konveyör bant ile taşıma sistemlerinde malzeme kaybı öncelikli olarak dökülme ve rüzgar nedeniyle besleme, boşaltma ve başka bir banta transfer noktalarında oluşmaktadır. Ancak bu döküntüler konveyör bantın bulunduğu hat boyunca bulunduğu alana birikmekte ve rüzgara maruz kalan malzeme ise çoğunlukla çökebilecek boyut aralığında olduğundan söz konusu geçiş noktalarında oluşan toplam kayıp konveyör bant ile taşıma faaliyeti sırasında oluşan kaçak tozdan oldukça fazla oluşmaktadır. Ayrıca taşınan malzemenin fazla nemli olması veya hava akımına maruz kalması konveyör bantın boşaltma noktasında problemlere yol açtığından pek çok yerüstü maden işletmesinde konveyör bantların üzeri kapatılmakta, hatta bazılarında transfer noktalarına toz toplayıcı sistemler yerleştirilmektedir [23]. Granit açık ocak madeninde bu konuda yapılan ölçüme dayalı bir çalışmada da kırılmış granitin konveyörle taşınması sırasında oluşan kaçak tozun ihmal edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür [106].

### **2.5.5. Depolama ve Stoklama**

Yerüstü madencilik işletmelerinin çoğunda cevherin çıkarılması amacıyla öncelikle pasanın (ekonomik olmayan kayaç) alınması ve uygun bir alana taşınarak sürekli veya geçici olarak depolanması gerekmektedir. Pasadan ayrı olarak düşük tenörlü cevher ve proses atığı da yerüstü madencilikte geçici depolanabilen diğer malzemeler olup önemli miktarda kaçak toz emisyonu oluşturmamaktadır [23]. Depolamaya benzer bir faaliyet olan stoklama ise cevherin proses işlemlerine akıcı bir şekilde aktarılması amacıyla malzemenin geçici olarak bir yığın halinde biriktirilmesidir. Geçici olarak stoklama; tekrar yükleme, taşıma ve boşaltma işlemini gerektirdiğinden sistemin akışında bir zorunluluk oluşturmadığı sürece tercih edilmemektedir. Özellikle soğuk veya yağışlı iklime sahip bölgelerde malzeme kapalı silolarda stoklanmakta olup bu yöntem bazı madenlerde de toz kontrolü amacıyla uygulanabilmektedir. Açık alanda depolama ve stoklama esnasında toz emisyonuna sebep olan kaynak faaliyetler şöyle sıralanabilir [102]:

- Yığın üzerine malzemenin boşaltılması (sürekli ya da kesik kesik)
- Yığın üzerinde araçların hareket etmesi

- Yığın yüzeyinde ve etrafında rüzgar erozyonu
- Sevkiyat veya proses akışına döndürmek amacıyla yığından malzemenin yüklenmesi

Depolama işlemi sırasında yığın halindeki malzeme uygun şekilde bitkilendirme yoluyla rehabilite edilene kadar yüzeyi açık kalan alanlar rüzgar erozyonuna maruz kalmaktadır. Aynı şekilde ilk aşamada bitkisel toprak sıyrılması sonucunda oluşan verimli toprak yığınlarında da üzerinde vejetasyon görülene dek rüzgar erozyonu söz konusu olabilmektedir. Stoklanan malzemenin ise toz emisyon miktarı stoklama döngüsündeki hacmine bağlı olmakla birlikte yığının bekleme süresine, nem içeriğine ve kırılmış ince malzemenin oranına bağlıdır. Yeni kırılan malzemenin toz emisyon potansiyeli maksimum düzeyde olduğundan ince parçacıklar kolayca ayrılabilen ve başka bir yere transfer edilmesi sırasında veya şiddetli rüzgar sonucunda hava akımına maruz kalarak atmosfere salınmaktadır [102].

USEPA tarafından sunulan AP-42 emisyon faktörleri dokümanında rüzgar erozyonuna maruz kalan aktif stok alanları için de ortalama rüzgar hızının da dikkate alındığı bir emisyon faktörü formülü belirtilmiştir [61]:

$$\text{Emisyon Faktörü (TAKM} \leq 30\mu\text{m}) = 1,8 \times u \quad \text{Eşitlik 20}$$

$u = \text{rüzgar hızı (m/sn)}$

*Emisyon Faktörü Birimi: kg/ha-yıl*

Kanada Çevre Kurumu ise stoklanan veya depolanan malzeme yüzeylerinde oluşan rüzgar erozyonundan kaynaklı toz emisyonunun belirlenebilmesi için silt içeriği ve yağış etkisinin de dikkate alındığı bir emisyon faktörü formülü önermektedir [50]:

$$\text{Emisyon Faktörü} = 1,12 \times 10^{-4} \times J \times 1,7 \times \frac{s}{1,5} \times 365 \left( \frac{365 - P}{235} \right) \times \frac{I}{15} \quad \text{Eşitlik 21}$$

$J = \text{Partikül aerodinamik çap faktörü (} J_{\text{TSP}}=1, J_{\text{PM}_{10}}=0,5, J_{\text{PM}_{2,5}}=0,2)$

$s = \text{Stoklanan malzemenin silt içeriği (\%)}$

$I = \text{Yıl içinde rüzgar hızının } 19,3\text{km/sa (} 5,36\text{m/sn)} \text{'ten büyük olduğu zaman (\%)}$

*Emisyon Faktörü Birimi: kg/m<sup>2</sup>*

Rüzgar erozyonuna maruz kalan stok yığınının alanı ise aşağıdaki eşitlik ile bulunabilmektedir [50]:

$$Alan = \pi \times R \sqrt{R^2 + H^2}$$

Eşitlik 22

$$\Pi = 3,1416$$

$R$  = Stok yığının yarıçapı

$H$  = Stok yığının yüksekliği

$A$  = Rüzgar erozyonuna maruz kalan alan ( $m^2$ )

Türk mevzuatında yer alan SKHKKY’de depolama faaliyeti için kullanılan emisyon faktörü kontrolsüz koşullar için 5,8 kg/ha gün, kontrollü koşullar için 2,9 kg/ha gün olarak belirlenmiştir.

Ayrıca stoklama ve depolama alanlarının dışında bitkilendirilmeyen, rüzgar erozyonu potansiyeli olan alanlar da kaçak toz emisyonuna katkı sağlamaktadır. Bu emisyon miktarının tahmin edilebilmesi için USEPA tarafından  $30\mu m$ ’den küçük partiküllerin toplamı için hektar başına 0,85 ton/yıl, Avustralya Hükümeti tarafından hazırlanan madencilik için emisyon tahminleri kılavuzunda da 0,4 kg/ha sa olmak üzere emisyon faktörleri belirlenmiştir [61].

### 2.5.6. Kırma-Eleme Sistemleri

Yerüstü madenciliğinde ocaktan çıkarılan cevher genellikle kamyonlar ile taşınarak doğrudan kırma-eleme hattının ilk basamağı olan, kaba kırma işleminin gerçekleştiği birincil kırıcıya dökülür. Birincil kırıcı sonrasında hedeflenen cevher boyutunun sağlanabilmesi için ihtiyaca göre elek sistemleri, ikincil ve üçüncül kırıcılar ve akabinde diğer fiziksel veya kimyasal proses işlemleri uygulanabilmektedir. Kırma işlemi sırasında emisyon miktarını etkileyen çeşitli malzeme, ekipman ve operasyonel faktörler kırılan malzemenin cinsi, kırıcıya besleme boyutu ve dağılımı, nem içeriği, üretim miktarı, boyut küçültme oranı ve ince malzeme içeriğidir [99].

Ocaktan çıkarılan kayaçlar kırıldıkça malzemenin yüzey alanı daha da artmaktadır. Linyit kömürü gibi nem içeriği yüksek olan cevherin kırılması sırasında yeni oluşan yüzeyler nemli olduğundan toz oluşmamaktadır. Ancak nem içeriği düşük olan kayaçların kırılması havada taşınabilen toz üretme potansiyelini arttırmaktadır. Prosesin akışına göre malzemenin konveyörle ikincil kırıcı ve eleklerle taşınması kırılma anında oluşan yeni yüzeyler daha da

kuruma eğilimi göstermektedir. Cevher ne kadar çok kuru yapıda ve ince kırılırsa proses içinde toz oluşumu daha fazla olacaktır [23]. Dolayısıyla su ile toz bastırma sistemi içeren proses tesislerinde malzemenin zenginleştirilmesi süresince nem içeriği daha yüksektir. Tipik ıslak malzeme %1,5'ten fazla su içermektedir [99].

Kırma-eleme sistemleri için USEPA tarafından bazalt ve kireçtaşının proses işlemlerinden elde edilen veriler doğrultusunda oluşturulan ve son revizyonu 2004 yılında sunulan emisyon faktörleri Çizelge 2.25'de gösterilmektedir. Tabloda kontrollü olarak belirtilen emisyon faktörleri su ile toz bastırma teknolojisi kullanan tesisler için belirlenmiştir. Emisyon faktörleri belirlenirken su bastırma teknolojisi kullanmayan işlemlerde nem içeriğinin %0,21-%1,3 aralığında, bu teknolojinin kullanıldığı işlemlerde ise %0,55-%2,88 aralığında olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca tabloda belirtilen üçüncül kırıcı ve eleme işlemleri için uygulanan emisyon azaltma verimliliği sırasıyla %77,7 ve %91,6'dır [99].

**Çizelge 2.25.** Taş Ocaklarına Ait Kırma Eleme Sistemleri için Emisyon Faktörleri [99]

Kaynak	KontROLSÜZ (kg/t)			KONTROLLÜ (kg/t)		
	TAKM*	Toplam PM10	Toplam PM2,5	TAKM	Toplam PM10	Toplam PM2,5
Birincil Kırıcı	ND	0,0012	ND	ND	0,00027	ND
İkincil Kırıcı	ND	0,0012	ND	ND	0,00027	ND
Üçüncül Kırıcı	0,0027	0,0012	ND	0,0006	0,00027	0,00005
Eleme	0,0125	0,0043	ND	0,0011	0,00037	0,000025

\*TAKM 100µm ve altındaki partikül maddeyi kapsamaktadır.

Ek olarak metalik madenlerde cevher hazırlama işlemlerine yönelik toz emisyon faktörleri de yine USEPA tarafından 1982 yılında sunulan AP-42 dokümanında Çizelge 2.26'daki şekilde belirtilmiş olup Avustralya Hükümeti tarafından hazırlanan madencilik için emisyon tahminleri kılavuzunda da bu emisyon faktörlerinin kullanılması önerilmiştir.

Türk mevzuatında yer alan SKHKKY'de birincil, ikincil ve üçüncül kırıcılar için kullanılan emisyon faktörü kontrolsüz koşullar için sırasıyla 0,243kg/ton, 0,585kg/ton ve 0,585kg/ton iken kontrollü koşullar için 0,0243kg/ton, 0,0585kg/ton, 0,0585kg/ton olarak belirlenmiştir.



**Çizelge 2.26.** Metalik Cevherlerin Kırma Eleme Sistemleri için Emisyon Faktörleri [107]

Faaliyet	Yüksek Nem İçerikli Cevher (kg/ton)			Düşük Nem İçerikli Cevher (kg/ton)		
	TAKM	PM10	PM10/TAKM	TAKM	PM10	PM10/TAKM
Birincil Kırıcı	0,01	0,004	0,4	0,2	0,02	0,1
İkincil Kırıcı	0,03	0,012	0,4	0,6	ND	0,06
Üçüncül Kırıcı	0,03	0,01	0,33	1,4	0,08	0,9
Islak Öğütme	Önemsiz	Önemsiz		Önemsiz	Önemsiz	
Kuru Öğütme (hava akımı yoluyla ayırım yapılması koşuluyla)	14,4	13	0,9	14,4	13	0,13
Kuru Öğütme (hava akımı yoluyla ayırım yapılmadan)	1,2	0,16	0,13	1,2	0,16	0,6
Kurutma (titanyum ve zirkonyum kumu hariç tüm mineraller)	9,8	5,9	0,6	9,8	5,9	0,5
Döner kepçeli ekskavatör dahil transfer, konveyör ile aktarma	0,005	0,002	0,4	0,06	0,03	0,75
Eleme	-	-	-	0,08	0,06	-
Boksit/Alumina	-	-	-	0,6	ND	-

\*ND: Veri bulunmamaktadır.

### 2.5.7. Tesviye Çalışmaları

Yerüstü madencilik faaliyetleri esnasında operasyon koşullarına göre genellikle ocak alanı ve depolama alanlarında malzemenin buldozer ile tesviyesi gerçekleştirilebilmektedir. USEPA tarafından sunulan AP-42 emisyon faktörleri dokümanında bu işlem sırasında oluşan toz emisyonlarının belirlenebilmesi amacıyla farklı partikül boyutları için emisyon faktörü formülü geliştirilmiştir [61]:

$$\text{Emisyon Faktörü (TAKM} \leq 30\mu\text{m)} = \frac{2,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}} \quad \text{Eşitlik 22}$$

$$\text{Emisyon Faktörü (TAKM} \leq 10\mu\text{m)} = \frac{0,3375 \times s^{1,5}}{M^{1,4}} \quad \text{Eşitlik 23}$$

$$\text{Emisyon Faktörü (TAKM} \leq 2,5\mu\text{m)} = \frac{0,273 \times s^{1,2}}{M^{1,3}} \quad \text{Eşitlik 24}$$

$M$  = Malzemenin nem içeriği (%)

$s$  = Malzemenin silt içeriği (%)

Emisyon Faktörü Birimi: kg/sa

Buldozer makinası; tesviye ve yerin düzeltilmesi işlemlerinin yanı sıra bitkisel toprağın sıyırılması veya sıyırılma sonrasında yüklenmesi ile birlikte patlatmaya ihtiyaç olmadığı durumlarda pasanın alınması sırasında da kullanılmaktadır. Dolayısıyla Eşitlik 22-23-24 söz konusu işlemler sırasında oluşan toz emisyonu tahmini için de kullanılabilir [50].

## **2.6. Kaçak Toz Emisyon Faktörlerinin Uygulanmasında Karşılaşılan Belirsizlikler**

Yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklı kaçak tozun gerçek duruma en yakın şekilde belirlenmesi amacıyla yapılan dünya çapındaki çalışmalar sahaya özgü parametrelerin dahil edilmesi yönünde bir yaklaşım göstermektedir. Bazı bilim adamlarına göre partikül madde emisyon tahmininde kullanılan emisyon faktörü formüllerinin en iyi yöntemlerden biri olduğu vurgulanmış, sayısal değerlerin kullanılması yerine sahaya özgü bilgilerin dahil edildiği hesaplamaların yapılması önerilmiştir [108]. Petavratzi vd tarafından yapılan çalışmada toz oluşumunun her bir kireçtaşı ocağında farklılık gösterdiği, özellikle malzemenin silt ve nem içeriği ile ilgili sahada örneklemeler yapılması gerektiği belirtilmiştir [109]. Bölüm 1.5'te sunulan emisyon faktörleri incelendiğinde genellikle USEPA tarafından sunulan AP-42 emisyon faktörlerinin kullanıldığı önerilmektedir. Ancak AP-42'de sunulan patlatma emisyon faktörü gibi bazı hesaplama yöntemleri kömür ocaklarına yönelik oluşturulmasına rağmen başka bir alternatif olmadığı için diğer maden ocakları için de kullanılabilir. AP-42'de sunulan emisyon faktörleri ile ilgili bilgilerin kapsam olarak tam ve detaylı olması mevcut yayınlanmış verilerle sınırlıdır [59].

## **2.7. Kaçak Toz İndirgeyici Önlemler ve Emisyon Azaltma Verimliliği**

Yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklı süreklilik arz eden kaçak toz emisyonlarının atmosfere çıkış yüksekliği düşük olduğundan tozun ciddi boyuttaki etkisi kaynağın çok yakın çevresinde sınırlı kalmaktadır. Dolayısıyla maden işletmesi planlamalarının ilk aşamaları olan fizibilite ve çevresel etki değerlendirme çalışmaları sırasında toz kaynaklı faaliyetlerin belirlenerek gerekli önlemlerin alınması ve toz emisyonunun en aza indirilmesi yönünde alternatiflerin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Kaçak toz kaynaklarının kontrol edilmesi amacıyla uygulanan teknikler maliyet, verimlilik ve uygulanabilirlik yönünden her işletmede ve hatta her emisyon kaynağında farklılık göstermekte olup genellikle sulama, kimyasal stabilizasyon, rüzgar kırıcılar kullanılarak

yüzeydeki rüzgar hızının düşürülmesi veya kaynağın kapalı olacak şekilde çevrenmesi şeklinde uygulanmaktadır. Sulama genellikle en çok tercih edilen ve maliyet yönünden de diğerlerine göre en uygun, ancak geçici bir toz kontrol yöntemidir. Toz önlemek amacıyla kimyasal kullanımı yüzey malzemesinin fiziksel karakteristiğini değiştirdiği için uzun süre tozun bastırılmasını sağlamaktadır. Ancak maliyetli ve çevresel etkilerinin araştırılması gereken bir yöntemdir. Rüzgar kırıcı kullanılması ve kaynağın kapalı bir şekilde çevrenmesi ise kaçak toz kaynaklarında pratik olarak uygulanamayabilmektedir. Dolayısıyla öncelikle toz emisyonuna sebep olan ekipmanın tasarım ve kurulum aşamasında test çalışmaları yapılarak bu konunun göz önünde bulundurulması ve toz önleyici tekniklerin uygulanması önem taşımaktadır [22].

Diğer yandan aktif olarak herhangi bir faaliyetin gerçekleştirilmediği açık yüzeylerle ilgili yapılan bir çalışmada bitki örtüsünün yoğun olduğu (%40) alanlarda rüzgar erozyonu ve toz emisyonu oldukça düşük olurken bitki örtüsünün ortalama yoğunlukta olması (%16-40) yüzeydeki türbülans potansiyelini arttırdığından rüzgar erozyonu ve toz emisyonu oluşumu artmaktadır [110] [111]. Dolayısıyla bitkilendirmenin de bir önlem olarak kullanılabilirdiği yerüstü madenciliğinde uygulanabilen başlıca toz kontrol önlemleri ve bu önlemler için öngörülen toz azaltma verimlilikleri Çizelge 2.27’de sunulmaktadır.

**Çizelge 2.27.** Toz Emisyon Kaynağı Faaliyetlerinin Öngörülen Toz Azaltma Verimlilikleri

Emisyon Kaynağı Faaliyet	Kontrol Yöntemi	TAKM veya PM10 İçin Kontrol Verimliliği (ER)	Kaynak
Bitkisel Toprağın Sıyırılması	Toprağın doğal olarak nemli olması	%50	[103]
Taşıma (Stabilize Yollar)	Sulama (2 litre/m <sup>2</sup> saat)	%50	[103]
	Sulama (>2 litre/m <sup>2</sup> saat)	%75	[103]
	Yolun asfalt gibi bir malzeme ile kaplanması	> %90	[112]
	Araç hız sınırının 40km/sa olarak uygulanması	% 44	[112]
	Toz bastırıcı kimyasalların kullanılması	%84	[112]

**Çizelge 2.27. Toz Emisyon Kaynağı Faaliyetlerinin Öngörülen Toz Azaltma Verimlilikleri (Devamı)**

<b>Emisyon Kaynağı Faaliyet</b>	<b>Kontrol Yöntemi</b>	<b>TAKM veya PM10 İçin Kontrol Verimliliği (ER)</b>	<b>Kaynak</b>
Stok Alanına Boşaltma	Su spreyleme	% 50	[103]
	Yığılmalı kullanılması	% 25	[103]
	Stok alanını 3 kenarlı çevreleyecek şekilde kapatılması	% 75	[112]
	Kuvvetli rüzgarlı hava koşullarında stok yığınının üzerine branda serilmesi	% 90	[112]
	Su spreyleme özellikli teleskopik besleme oluğu	% 75	[103]
	Rüzgar elekleriyle tamamen kapatma veya rüzgarın geldiği yönün kapatılması	% 75	[113]
	Tamamen kapalı alan içine alınması	% 99	[103]
Stok Alanından Yükleme	Su spreyleme	% 50	[103]
Rüzgar Erozyonuna açık alanlar, stok alanları	Rüzgar kesici olarak ağaç veya funda dikilmesi	% 25	[112]
	Çapraz rüzgar sırtları oluşturmak	% 24-93	[112]
	Rüzgar kesici dikmeler uygulanması	% 4-88	[112]
	Toz bastırıcı kimyasal ya da çakıl taşı konması	% 84	[112]
	Kuvvetli rüzgarların öncesinde su ile ıslatmak	% 90	[112]
	Ön rehabilitasyonun yapılması	% 30	[51]
	Bitkilendirme yapılması (ot kontrolünün yapılması + otlatmanın kontrollü olarak yapılması)	% 40	[51]
	İkincil rehabilitasyonun yapılması	% 60	[51]
	Yeniden bitkilendirme	% 90	[51]
	Rehabilitasyonun tamamlanması	% 100	[51]
Stok Alanları	Su spreyleme	% 50	[103]
	Rüzgar kırıcıların kullanılması	% 30	[103]
	Bitkilendirme veya tamamen kapalı ortama alınması	% 99	[103]
	Stok alanı zemin hazırlıklarının yapılması (şekil/profil çalışmaları ve drenaj kanallarının yapılması)	% 30	[51]
	Üzerine kaya korumalık veya üst toprak uygulanması	% 30	[51]
Delme	Su spreyleme	% 70	[103]
	Filtre kullanılması	% 99	[103]

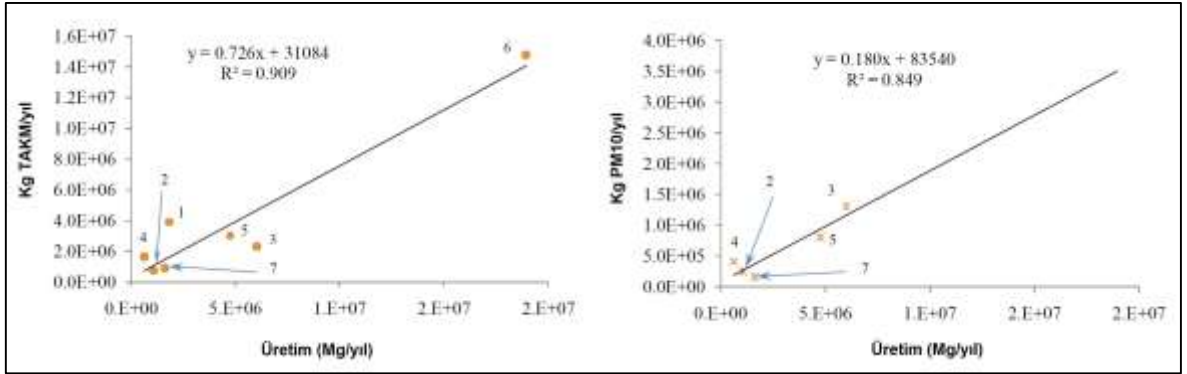
**Çizelge 2.27. Toz Emisyon Kaynağı Faaliyetlerinin Öngörülen Toz Azaltma Verimlilikleri (Devamı)**

<b>Emisyon Kaynağı Faaliyet</b>	<b>Kontrol Yöntemi</b>	<b>TAKM veya PM10 İçin Kontrol Verimliliği (ER)</b>	<b>Kaynak</b>
Kırma	Malzemenin Islatılması	% 50	[50]
	Su spreyleme	% 50	[50]
	Yüzey aktif madde kullanılması	% 80	[50]
	Su spreyleme + yüzey aktif madde uygulaması	% 75	[50]
	Kısmen üstünün kapatılması	% 85	[50]
	Tamamen üstünün kapatılması	% 90	[50]
	Tesisin bina içinde kurulması	% 90	[50]
	Toz toplama sistemi	% 95	[50]
	Filtreleme	% 97,5	[50]
	Tesisin negatif basınç altında bina içinde kurulması	% 100	[50]
Eleme	Üstünün kapatılması	% 50	[50]
	Üstünün kapatılması ve su spreyleme	% 75	[50]
	Üstü kapatılması + Su spreyleme + Yüzey aktif madde kullanılması	% 90	[50]
	Filtreleme sistemi kullanılması ve üstünün kapatılması	% 95	[50]
	Sökülebilir filtre sistemi ile kapatılması	% 97,5	[50]
Malzeme transferi ve konveyör bant	Kimyasal içerikli su spreyleme	% 90	[103]
	Tamamen kapalı alan içine alınması	% 70	[103]
	Kapalı alan içine alınması ve filtre kullanılması	% 99	[103]
Trene Yükleme	Üstünün tamamen kapalı olması	% 70	[51]
	Üstünün tamamen kapalı olması ve filtre kullanılması	% 99	[51]

\* [112] No'lu referanstan alınan verimlilik yüzdeleri PM10 miktarı için sunulmaktadır.

## 2.8. Yerüstü Madencilikte Toz Emisyonu Konusunda Yapılan Diğer Bilimsel Çalışmalar

Yerüstü madencilikten kaynaklı kaçak tozun emisyon faktörleri ile belirlenmesi ve bulunan sonuçlar üzerinden modellerin geliştirilmesi dünya çapındaki bir kısım araştırmaların konusunu oluşturmaktadır. Bu tez kapsamındaki çalışmalara yakın olarak belirlenen bazı çalışmalardan ilki açık ocak madencilikte standartlaştırılan bir emisyon envanteri metodolojisinin 70 Mt/yıl kömür rezervi ile dünya çapındaki en geniş açık ocak kömür madenciliği operasyonlarına uygulanmasıdır [1]. Bitkisel toprağın sıyrılması, pasanın ve sonrasında cevherin alınması sırasında toz emisyonuna sebep olan işlemleri içeren metodolojinin uygulanması amacıyla Kolombiya'nın kuzey kesimindeki sekiz açık ocak kömür madeni şirketinin yedisine ait 2007, 2008, 2009 yılı operasyon verileri elde edilmiştir. Yapılan çalışmada öncelikle verilerin doğruluk analizi yapılarak söz konusu emisyon envanteri metoduna uygulandığında geçerli bir sonuç verip veremeyeceği değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede; EPA tarafından hazırlanan AP-42 emisyon faktörleri ile hesaplanan TAKM ve PM10 parametreleri arasındaki lineer korelasyon analizi incelenmiş ve maden üretimi ile partikül madde emisyonu arasında Şekil 2.10'da görüldüğü gibi yüksek bir lineer korelasyon ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

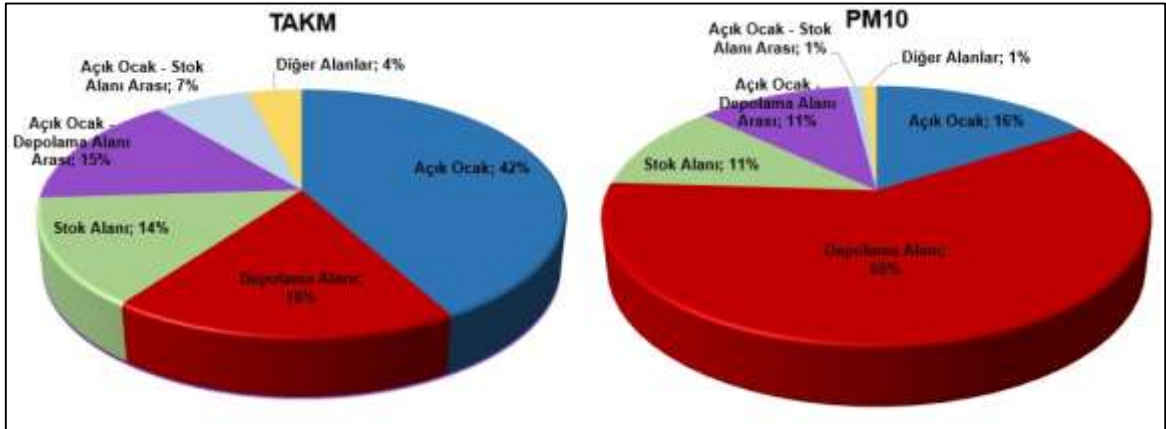


**Şekil 2.10.** Kolombiya'da 7 Açık Ocak Madenine Ait 2009 Yılı Üretim Verileri ile Emisyon Faktörleriyle Hesaplanan TAKM ve PM10 Arasındaki Korelasyon İlişkisini Gösteren Grafikler [1]

Emisyon envanteri metodolojisine göre her toz emisyonuna sebep olan faaliyet için EPA AP-42 emisyon faktörlerinin kullanılarak yapılan hesaplamalara göre ton başına kömür üretimi sonucunda toplamda ortalama 0,726 kg TAKM ve 0,180 kg PM10 oluştuğu

görülmüştür. Bu hesaplamalarda TAKM olarak toplam kaçak toz emisyonunun %34'ü stabilize yolda taşıma ile gerçekleşirken %29'u kömürün yüklenmesi, boşaltılması ve açık ocak içerisinde yüzeyin düzlenmesi sırasında, %28'i ise rüzgar erozyonu sonucunda oluştuğu belirlenmiştir. PM10 değerleri ise TAKM'den farklı olarak en çok ortalama %52 oranla pasanın dragline ve kamyon ile yüklenmesi, boşaltılması ve pasanın olduğu alanlarda yüzeyin düzlenmesi sırasında gerçekleşirken, %25'i stabilize yolda taşıma faaliyetinde, %16'sı ise kömürün yüklenmesi, boşaltılması ve açık ocak içerisinde yüzeyin düzlenmesi sırasında oluştuğu belirlenmiştir. Bitkisel toprağın alınması ve delme-patlatma faaliyetlerinde ise hem TAKM hem PM10 olarak oldukça düşük değerler gözlenmiştir.

Aynı çalışmada TAKM ve PM10 değerleri alansal olarak incelendiğinde ise en çok TAKM emisyonu %42'lik oranla açık ocak alanında ve %18'lik oranla depolama alanında oluşurken, PM10 emisyonu ise %60'lık oranla depolama alanında ve %16'lık oranla açık ocak alanında oluşmuştur. İncelenen tüm alanlara ait değerler Şekil 2.11'de sunulmuş olup açık ocak faaliyetlerinin bulunduğu alan çevresini ifade eden diğer alanlarda %4 TAKM ve %1 PM10 olmak üzere en düşük değerler gözlenmiştir.



**Şekil 2.11.** Kolombiya'da 7 Açık Ocak Madenine Ait 2009 Yılı Veileri ile Hesaplanan TAKM ve PM10 Emisyonlarının Alanlara Göre Dağılımı [1]

Diğer bir çalışmada EPA'nın AP-42 dökümanında sunulan emisyon faktörleri kullanılarak kireç üretimi gerçekleştirilen bir açık ocak işletmesinde patlatma, stok alanı ve taşıma yollarında oluşan kaçak tozun hava kalitesi modellenmesinde elde edilen dağılımının meteorolojik koşullar ile açık ocak içinde ve çevresindeki arazi modeli yönünden ilişkisi incelenmiştir [114]. Çalışma kapsamındaki Tunstead ve Old Moore Taş Ocakları; İngilterenin Derbyshire Eyaletinde Buxton kasabasına yakın konumda Tarmac tarafından

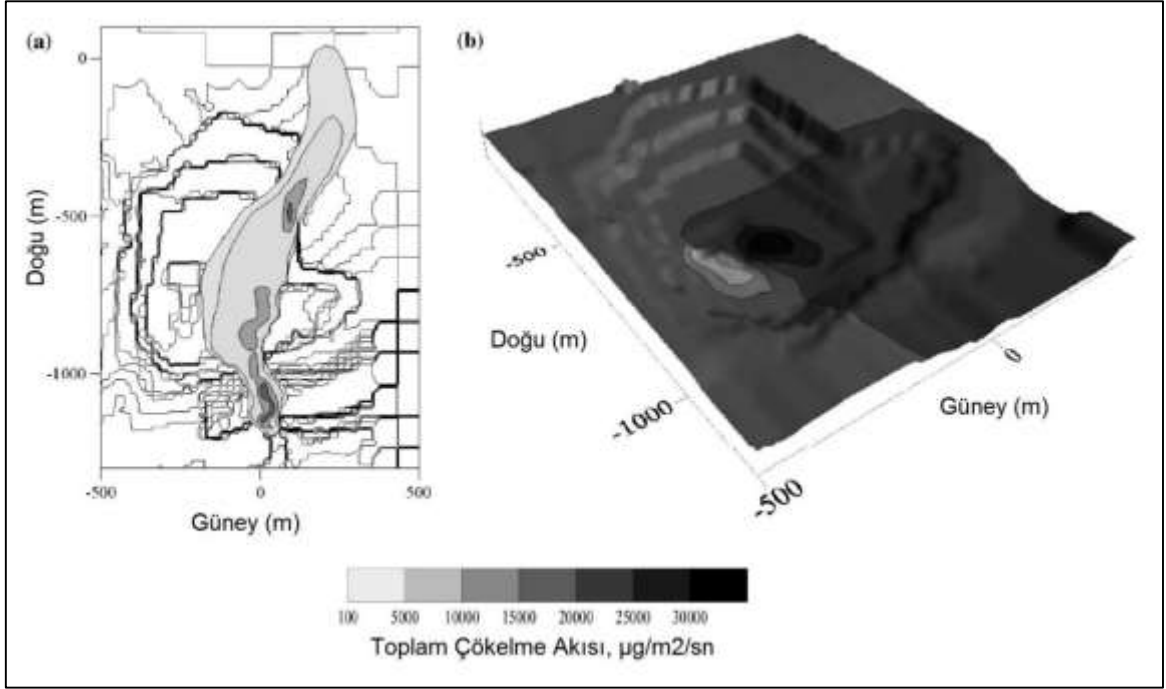
işletilmektedir. Yılda toplam 5-6 Mt arasında kireç üretimi gerçekleştirilen iki taş ocağında ortalama haftada beş patlatma yapılmakta olup her patlatmada yaklaşık 27.500 ton arasında kaya parçalanmakta ve birincil kırıcılara taşınmaktadır.

Açık ocak alanı ve taşıma yolu kaçak tozun ana emisyon kaynağı olarak belirlenmiştir. Açık ocak alanı patlatma faaliyetini kapsarken taşıma yolu kamyonun gidiş geliş hareketleriyle birlikte yolun başlangıç noktasında patlatma yapılan alandaki malzemenin kamyonu yüklenmesini, bitiş noktasında ise stok alanına boşaltma işlemini de içermektedir. Bu alanlarda oluşan toz emisyonları sahaya ait veriler ve EPA'nın sunduğu AP-42 emisyon faktörleriyle hesaplanarak İngiltere Çevre Koruma Kurumu tarafından uygulanması kabul edilen Atmosferik Dağılım Modelleme Sistemi (Atmospheric Dispersion Modelling System, ADMS 3) programında kullanılmış ve toz modeli dağılımı oluşturulmuştur.

Model oluşturulurken 2002 yılı meteorolojik verileri ve farklı meteorolojik koşulların incelenmesi amacıyla Pasquill-Gifford stabilite sınıfları kullanılmıştır. ADMS 3 programı sürekli oluşan emisyonları modelleyebildiğinden anlık toz salınımı şeklinde gerçekleşen patlatma için bir patlatmada elde edilen 1900kg TAKM (PM<sub>75</sub>µm) miktarı bir saatte salınıyormuş gibi simüle edilerek 33gr/sn emisyon çıkışı hesaplanmıştır. Ayrıca modelin topografyanın da entegre edilebildiği modülünün kullanımı noktasal emisyon kaynakları ile kısıtlı olduğundan hem açık ocak alanı hem de taşıma yolu için sıralanmış noktasal emisyon kaynakları (line of point source) tanımlanmıştır.

Arazi modeli etkisinin incelenmesi üzerine yapılan modellemede patlatma sonucunda ve taşıma yolunda oluşan toz emisyonları için iki ayrı toz dağılımı elde edilmiştir. Şekil 2.12'de (a) olarak gösterilen model taşıma yolunda 270° rüzgar yönü, F stabilite sınıfı ve ortalama 32km/sa kamyon hızı için toplam çökme akısına ait dağılımı, (b) olarak gösterilen model ise ocak tabanına yakın bir kotta gerçekleştirilen patlatma sonucunda oluşan ve 270° rüzgar yönü, F stabilite sınıfı için toplam çökme akısına ait dağılımı belirtmektedir. Patlatma için yapılan modelde açık tonda gösterilen dağılımlar arazi modelinin eklenmediği durumu yansıtmaktadır. Açık ocak ve taşıma yoluna ait model sonuçlarına göre açık ocak kazılarında oluşan şevler rüzgar yönüne bağlı olarak bariyer görevi görmekte ve tozların dağılımını engelleyerek ocak içerisinde çökmesini sağlamaktadır.



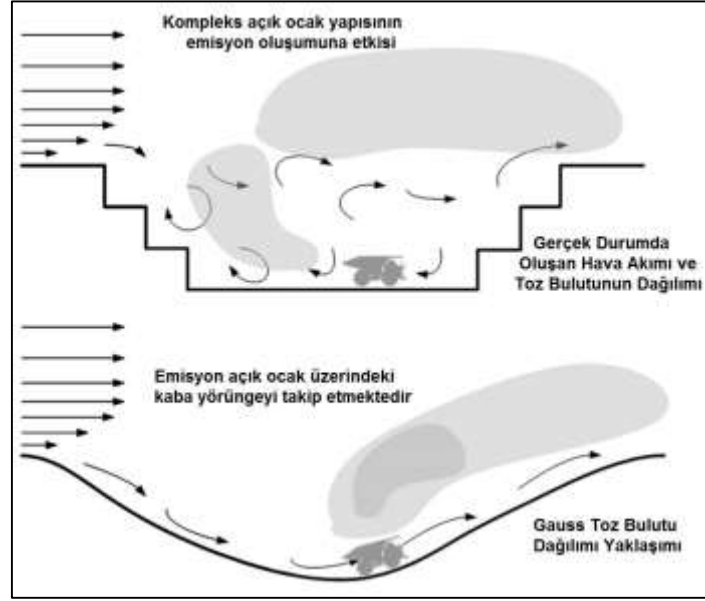


**Şekil 2.12.** Old Moor Taş Ocağı Toz Modeli [114]

Meteorolojik etkilerin incelenmesi için her stabilite sınıfına göre oluşturulan diğer modellemelerde ise rüzgarlı hava koşullarında toz bulutu sınırlarının uzadığı ancak partikül konsantrasyonunun düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca termal hava akımlarının oluşması ve atmosferik sınır tabakanın yüksekliği de toz dağılımının karakterizasyonunda belirleyici etkenlerdir.

2009 yılında Silvester vd. tarafından aynı taş ocağı için yapılan nötr hava koşullarında açık ocağın iç hava akımı rejimini simüle eden CFD (Computational Fluid Dynamics) modeli ile gerçekleştirdiği çalışmasında da Apleton vd. tarafından elde edilen sonuçlara paralel bulgular ortaya konmuştur [101]. 1m grid aralığında açık ocak arazi etüdü verileriyle çalıştırılan modelde 5 ayrı patlatma olayı sonucunda oluşan toz dağılımı incelenmiş ve her patlatmadaki toplam tozun %30-60'lık oranının açık ocak sınırları içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Diğer yandan açık ocak için uygulanan toz dağılım modellerindeki yaklaşım farklılıkları bu çalışmada üzerinde durulan diğer önemli bir noktadır. Özellikle yasal düzenlemelere uygunluğun değerlendirilmesi amacıyla uygulanan pek çok Gauss Dağılım Modelinin düz veya dalgalı arazilerde toz oluşumuna yönelik olduğu, açık ocak içindeki kompleks hava akımı davranışlarını ihmal ettiği ifade edilmiştir. Şekil 2.13'de gösterildiği gibi açık ocakta oluşan tozun dağılımı; aslında ocak içerisindeki basamakların oluşturduğu koridorlardaki hava akımına göre şekillenirken gauss modelinde açık ocağın yumuşak eğimli

bir arazi olduğu algılanarak algoritma çalıştırılmakta, dolayısıyla tozun açık ocak içerisinde tutulan önemli bir oranı göz ardı edilerek ocak dışına çıktığı gözlenmektedir.



**Şekil 2.13.** Açık Ocak İçerisindeki Toz Dağılımının Gauss ve CFD Modellerine Göre Karşılaştırması [115]

Tez çalışmasının temel konusunu destekleyen diğer bir araştırma Martin vd. tarafından gerçekleştirilmiştir [116]. Bu çalışmada İspanya Limanı'nda kaba yonca, silikon-mangan, tapyoka ve kömür tozunun yüklenmesi, boşaltılması ve taşınması sırasında oluşan partikül konsantrasyonları ve atmosferik koşullar düzenli aralıklarla kaydedilerek Lagrangian Puff Model'e girilmiştir. Aynı zamanda USEPA AP-42'de yükleme-boşaltma ve taşıma faaliyetleri için belirtilen emisyon faktörleriyle de emisyonlar hesaplanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalara göre yükleme-boşaltma emisyon faktörüyle (Eşitlik 10) bulunan sonuçlar yükleme için yapılan ölçüm sonuçlarından daha düşük çıkarken boşaltma için yapılan ölçüm sonuçlarına yaklaşık, ancak bir miktar yüksek değer elde edilmiştir. Taşıma emisyon faktörü (Eşitlik 14) ile elde edilen emisyon değeri ise ölçüm sonuçlarından %20 oranında düşük kaydedilmiştir. Ancak genel olarak USEPA'nın geliştirdiği AP-42 emisyon faktörlerinin ölçüm değerleriyle uyumlu olduğu belirtilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında yerüstü madenciliğinden kaynaklı toz emisyonlarının bir yerüstü maden modeli üzerinde farklı ülkelerin uygulamalarına göre hesaplanması ve karşılaştırılması amacıyla kullanılan yöntemler bu bölümde anlatılmaktadır.

Öncelikle Türkiye, Amerika, Kanada ve Avustralya’da uygulanan emisyon faktörlerinin belirlenmesinde kullanılan kaynaklar hakkında bilgiler sunularak kaçak toz emisyonlarının hesaplama yöntemleri anlatılmaktadır. Bölümün ilerleyen alt başlıklarında söz konusu emisyon faktörlerinin bir uygulama üzerinde somut olarak görülebilmesi ve değerlendirilebilmesi için örnek bir kalker ocağı maden modeline ait operasyonel ve maden sahasına ait bilgilere yer verilmektedir. Kalker ocağı işletmeciliği Türkiye’nin hemen her ilinde görülebildiğinde maden modelinin Türkiye’deki konumu eldeki mevcut meteorolojik verilerden yararlanılarak Uşak olarak belirlenmiştir. Uygulamanın ilk aşamasında her bir ülkeye ait emisyon faktörleri ayrı ayrı bu maden modeline entegre edilmekte, ikinci aşamada ise oluşan toz dağılımlarının incelenmesi için hava kalitesi modeli kullanılmaktadır .

#### 3.1. Yerüstü Maden Modelinin Belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında yerüstü madenciliğinden kaynaklı toplam kaçak toz emisyonunun farklı ülkelere göre hesaplanabilmesi ve karşılaştırılabilmesi için öncelikle bir yerüstü maden modelinin kurgulanması amaçlanmıştır. USEPA tarafından sunulan emisyon faktörlerinin geliştirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada kömür, bakır, fosfat kayacı ve taş ocağı madenlerinde kaçak toz emisyonuna sebep olan faaliyetler ve toz emisyonu derecesi Çizelge 3.1’deki şekilde sunulmuştur. Yapılan bu çalışmada kaçak toz oluşumunun en çok gözlemlendiği faaliyet kömür ve fosfor madenlerinde pasanın kaldırılması, bakır madeni ve taş ocağında ise taşıma yolu olarak belirlenmiştir.

Bu çizelgede görüldüğü üzere taş ocaklarında gerçekleştirilen, önemli miktarda kaçak toz emisyonuna sebep olan faaliyetlerin sayısı diğer maden tiplerine göre daha fazladır. Dolayısıyla dünya doğal taş rezervinin %40’ına sahip olan Türkiye’nin coğrafi konum ve jeolojik yapısından kaynaklı olarak kireç taşı rezervi bakımından zengin olduğu göz önünde bulundurulduğunda yerüstü madenciliğinden kaynaklı toz emisyonlarının belirlenmesi üzerine yapılan bu çalışma kalker madenciliği üzerine kurgulanmıştır [117]. Ayrıca nakliye maliyetlerinin düşük tutulmak istenmesi sebebiyle pek çok doğal taş ocağı sanayi bölgelerine

yakın açılmakta, dolayısıyla şehirleşmenin önceden planlanamadığı durumda yerleşimlere yakın yerlerde konumlanabilmektedir. Bu sebeple madencilik faaliyetleri sonucu oluşan toz emisyonu maden alanı çevresi için ciddi önem arz etmektedir.

**Çizelge 3.1.** Çeşitli Madenlerde Kaçak Toz Oluşumuna Sebep Olan Faaliyetler [14]

Faaliyet	Kömür Madeni	Bakır Madeni	Taş Ocağı	Fosfor Pentaoxide Madeni (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Pasanın Kaldırılması (Pasanın dragline ya da kamyonlara yüklenerek geçici depolama alanına boşaltılması)	x	+	+	x
Patlatma	+	x	x	o
Yükleyici/Kamyona Yükleme	x	x	x	o
Taşıma Yolu	x	x	x	o
Kamyondan Boşaltma	+	x	x	o
Kırma	+	+	x	o
Transfer ve Konveyör	+	+	+	x
Yabancı Maddelerin Temizlenmesi	o	o	o	o
Stoklama	+	+	x	x
Atık Depolama	+	x	o	+
Rehabilitasyon	x	o	+	x

\*x: Major Toz Kaynağı, +: Minör Toz Kaynağı, o: Genellikle Toz Oluşturmayan Faaliyet

### **Kalker Madenciliği**

Türkiye’de işletilebilir maden üretiminin %60’ını taş ocağı kapsamındaki kalker, kum, çakı, tras, marn ve kil gibi daha çok inşaat sektörünün kullandığı maden üretimi oluşturmaktadır [118]. Bunlardan miktar olarak kireçtaşı üretimi %58 pay ile Türkiye’deki tüm maden üretimi içinde birinci sırada yer alırken pazar değeri olarak petrol, doğalgaz ve kömürden sonra dördüncü sıradadır [119]. Devlet Planlama Teşkilatının 2001 yılı verilerinin sunulduğu Çizelge 3.2’de görüldüğü gibi Türkiye’nin 2,7 milyon m<sup>3</sup>’lük kalker rezervinin en geniş olduğu il %36’lık oranla Bartın olarak kaydedilmiştir [117].

Kimyasal bileşiminde en az %90 CaCO<sub>3</sub> (kalsiyum karbonat), mineralojik bileşiminde ise %90’a kadar kalsit içeren kayalara kalker ya da kireç taşı denilmektedir. Kireçtaşı doğadan çıkarıldığı haliyle ham olarak kullanılabilirdiği gibi kırılarak agrega, kesilerek ve şekillendirilerek yapı taşı, öğütülerek dolgu malzemesi, kalsine edilerek veya yüzeyi kaplanarak kağıt ve plastik üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca kireç ve çeşitli kimyasalların elde edilmesinde, çimento ve refrakter malzemelerin üretiminde, metalurjide, eczacılık, cam, gübre endüstrilerinde, kömür tozu alevlerinin söndürülmesinde, asitli yağmur sularının

nötrleştirilmesi yoluyla çevre problemlerinin çözülmesinde, şeker rafinasyonunda yaygın bir biçimde tüketilmektedir [120].

**Çizelge 3.2.** Türkiye İşletilebilir Kireçtaşı (Kalker) Rezervleri [117]

Bölge	İl	İşletilebilir Rezerv (x1000m <sup>3</sup> )
Marmara	Adapazarı	3.500
	Balıkesir	7.500
	Bilecik	64.0000
	Bursa	240.000
Ege	İzmir	175.000
	Manisa	500
Akdeniz	Adana	7.000
	Burdur	2.000
	Hatay	60.000
İç Anadolu	Ankara	16.000
	Eskişehir	475.000
	Kayseri	3.000
	Konya	70.000
Karadeniz	Bartın	1.000.000
Doğu Anadolu	Elazığ	20.000
Güney Doğu Anadolu	Diyarbakır	9.000
<b>Toplam</b>		<b>2.728.500</b>

Doğal taşlar gibi metalik olmayan mineraller çoğunlukla mostra (yüzlek) veren maden yatakları olduğundan yerüstü madencilik metoduyla çıkarılmaktadır. Kalkerin sertlik derecesi düşük olduğundan çıkarılması aşamasında homojen bir oluşum bulunan bölgelerde doğrudan kazımak yeterli olurken daha sert kayalarla birleşik bir yapı gözlemlendiğinde ise patlatma yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır. Büyük ölçüde dekapaj gerektirecek örtü tabakalarına sahip kalker sahaları yüksek maliyet gerektirdiğinden işletmeye uygun olmamaktadır [121]. Bu sebeple pasanın kazıma, kalkerin patlatma yöntemiyle çıkarıldığı madencilik işletmelerine daha sık rastlanmaktadır. Bu tip işletmelerde çıkarılan pasa öncelikle geçici olarak depolanmakta, kapama aşamasında ise üretim yapılan alanların doldurulmasında kullanılabilir.

### 3.2. Örnek Kalker Ocağı Maden Modeli

Yerüstü madencilik faaliyetlerinden kaynaklı toz emisyonlarının aktivite verilerinden yararlanılarak hesaplanabilmesi için kalker çıkarılmasını amaçlayan bir yerüstü maden

modeli tasarlanmıştır. Türkiye’de kireç kullanımının yaygın olmasından dolayı ve toz emisyonlarının diğer yerüstü maden tiplerine göre daha fazla olması sebebiyle bu çalışmaya konu olan tipik kalker ocağı ve kırma-eleme tesisinin üretim verisi yıllık 1.000.000 ton olarak belirlenmiştir. Maden modeline ait operasyonel verilerin gerçek durumu yansıtan veriler olabilmesi için T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü resmi internet sayfasında yayımlanan kalker ocaklarına ait “ÇED (Çevresel Etki Değerlendirme) Raporu”, “Proje Tanıtım Dosyası” (PTD) ve “ÇED Başvuru Dosyası” (ÇBD) adı altında sunulan projeler incelenerek tahmini değerler öngörülmüştür. İnceleme sırasında son dört yılda bakanlığa sunulan kalker ocağı ile kalker ocağı ve kırma eleme tesisi projelerine ait yıllık kireç taşı üretim miktarı 120.000 ton ile 10.000.000 ton arasında değişen 11 adet PTD, 9 adet ÇBD ve 13 adet ÇED Raporundan faydalanılmıştır. Resmi olarak sunulan bu raporlardan yıllık üretim verisi 1.000.000 ton olan projelere ait bilgiler Çizelge 3.3’de sunulmaktadır.

**Çizelge 3.3.** Türkiye’deki Bazı Kalker Ocağı ve Kırma Eleme Tesisi Projelerine Ait Bilgiler

	<b>Firma A</b>	<b>Firma B</b>	<b>Firma C</b>	<b>Firma D</b>	<b>Firma E</b>	<b>Firma F</b>	<b>Firma G</b>	<b>Firma H</b>
<b>Kapsam</b>	ÇED	ÇED	ÇED	ÇED	ÇED	ÇED	PTD	ÇED
<b>ÇED Alanı (ha)</b>	49	13	86	50	8	65	19,2	48,9
<b>Yıllık Üretim Miktarı (ton)</b>	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
<b>Yıllık Pasa Miktarı (ton)</b>	10000	10000	179812	-	Bir miktar	250000	10000	-
<b>Yıllık Çalışma Süresi</b>	12ay, 25gün, 8saat	12ay, 25gün, 16saat	12ay, 30gün, 16saat	10ay, 25gün, 16saat	10ay, 26gün, 16saat	12ay, 26gün, 8saat	10ay, 30gün, 10saat	12ay, 25gün, 8saat
<b>Kalker Yoğunluğu (t/m<sup>3</sup>)</b>	2,7	2,7	2,7	2,5	2,7	2,5	2,5	2,6
<b>KET Kapasitesi (ton/yıl)</b>	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	850000	380000	1000000
<b>KET Günlük Çalışma saati</b>	24 saat	Üretime paralel	Üretime paralel	Üretime paralel	8 saat	Üretime paralel	Üretime paralel	Üretime paralel
<b>Basamak Yüksekliği (m)</b>	15-20	10-15	15	10-12	10	10	10	10
<b>Yıllık Patlatma Sayısı</b>	30	36	180	133	115	104	26	19
<b>Bir Patlatmadaki Delik Sayısı</b>	206	92	46	15	36	24	114	210
<b>Delik Çapı (mm)</b>	88,9	88,9	89	89	76,2	89	88,9	89
<b>Bitkisel Toprak Yoğunluğu (t/m<sup>3</sup>)</b>	-	1,6	1,6	-	-	1,5	2	-
<b>Bitkisel Toprak Kalınlığı (cm)</b>	10	10	10	100-120	-	10	-	-

Özellikle yerüstü madencilik projelerinde büyüklük olarak ve etki değerlendirme açısından kullanılan başlıca ölçütler yıllık üretim miktarı ve tüm faaliyetlerin kapladığı alan olarak göze çarpmaktadır. Bu noktadan hareketle çalışma kapsamında öncelikle 1.000.000 ton/yıl

olarak seçilen üretim miktarı için gerçekleştirilecek tüm faaliyetlerin 50 ha'lık bir alanda olması öngörülmüştür. Uygulamaya geçmesi planlanan aynı üretim miktarında faaliyet gösteren projelerde ise ortalama faaliyet alanı Çizelge 3.3'de elde edilen verilerden 46 ha olarak hesaplanabilmektedir. Söz konusu faaliyet alanı büyüklüğü kaçak toz emisyonunun hesaplanmasında kullanılması sebebiyle önem taşımaktadır. Ayrıca kalker ocağı ve kırma eleme projelerinde üretim faaliyetinin genellikle yılda 12 ay, ayda 25 gün ve günde 16 saat olmak üzere (300gün/yıl) 2 vardiya düzeninde planlandığı belirlenmiş olup modelde uygulanan faaliyetler için de aynı çalışma saati uygulanmıştır. Çizelge 3.3'den yararlanılarak kalker ocağı maden modeli için öngörülen bilgiler Çizelge 3.4'de özetlenmektedir.

**Çizelge 3.4. Kalker Ocağı Maden Modeline Ait Öngörülen Bilgiler**

	<b>Kalker Ocağı Maden Modeli</b>
ÇED Alanı (ha)	49
Yıllık Üretim Miktarı (ton)	1.000.000
Yıllık Pasa Miktarı (ton)	10.000
Yıllık Çalışma Süresi	12ay, 25gün, 16saat
Kalker Yoğunluğu (t/m <sup>3</sup> )	2,5
KET Kapasitesi (ton/yıl)	1.000.000
KET Günlük Çalışma saati	24 saat
Basamak Yüksekliği (m)	10
Yıllık Patlatma Sayısı	100 (3günde 1)
Bir Patlatmadaki Delik Sayısı	36
Delik Çapı (mm)	89
Bitkisel Toprak Yoğunluğu (t/m <sup>3</sup> )	1,6
Bitkisel Toprak Kalınlığı (cm)	10

Kalker ocağı maden modeli üzerinde madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan toplam toz emisyonlarının hesaplanabilmesi için emisyon faktörleri formüllerinde kullanılması gereken parametrelerin ve aktivite verilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu hesaplamaların yapılabilmesi amacıyla öncelikle yerüstü madenciliğinde gerçekleştirilmesi gereken faaliyetler literatür araştırmaları ve gözlemler sonucunda adım adım belirlenmiş olup Çizelge 3.5'de liste halinde sunulmuştur.

**Çizelge 3.5.** Kalker Ocağı Maden Modelinde Uygulanan Faaliyetler

<b>Faaliyetler</b>	<b>Faaliyetler</b>
<b>1:</b> Bitkisel Toprağın Sıyırılması	<b>14:</b> Cevherin Taşınması
<b>2:</b> Bitkisel Toprağın Yüklenmesi	<b>15:</b> Cevherin Kırıcıya Boşaltılması
<b>3:</b> Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması	<b>16:</b> Birincil Kırıcı
<b>4:</b> Bitkisel Toprağın Boşaltılması	<b>17:</b> İkincil Kırıcı
<b>5:</b> Bitkisel Toprak Depolanması	<b>18:</b> Üçüncül Kırıcı
<b>6:</b> Arazinin Düzlenmesi	<b>19:</b> Eleme
<b>7:</b> Pasanın Yüklenmesi	<b>20:</b> Ürün Stoklanması
<b>8:</b> Pasanın Taşınması	<b>21:</b> Ürün Yükleme
<b>9:</b> Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	<b>22:</b> Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması
<b>10:</b> Pasa Depolanması	<b>23:</b> Ocak İçinde Tesviye İşlemleri
<b>11:</b> Delme	<b>24:</b> Yol Bakımı
<b>12:</b> Patlatma	<b>25:</b> Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar
<b>13:</b> Cevherin Yüklenmesi	

Çizelge 3.5’de görüldüğü gibi maden işletmesinin üretim faaliyetine geçmesinden hedeflenen ürün elde edilene dek uygulanış biçimi açısından birbirinden farklı 25 aşama gerçekleşmektedir.

### **3.3. Emisyon Faktörlerinin Belirlenmesi**

Yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklanan kaçak toz emisyonlarının belirlenebilmesi için yaygın olarak uygulanan yöntemlerden biri olan emisyon faktörleri ülkelerin mevzuat ve düzenlemeleri çerçevesinde sunulmaktadır. Yapılan araştırmalara göre yerüstü madenciliğinin alt faaliyetlerine kadar hemen hemen her aşamada emisyon faktörünün sunulduğu ülkeler Türkiye, Amerika, Kanada ve Avustralya olarak belirlenmiştir. Her ülkede emisyon faktörlerinin uygulanmasıyla ilgili farklılıklar olsa da pek çoğu bu konuya ilişkin emisyon hesaplamalarının yapılması için Amerika Çevre Koruma Kurumu tarafından geliştirilen AP-42 emisyon faktörlerini esas almaktadır. Hemen hemen her sektör için emisyon faktörlerinin sunulduğu AP-42 kapsamında yerüstü madenciliği için de detaylı olarak bu hesaplama yöntemi sunulmuş ve tez çalışması için Amerika’ya ait elde edilen emisyon faktörleri USEPA’nın resmi web sayfasından temin edilmiştir. USEPA ile pek çok uygulamada ortak emisyon faktörlerinin uygulandığı Kanada’nın bu konuda sunduğu hesaplama yöntemleri Kanada Çevre Kurumu resmi web sayfasından elde edilmiştir. Aynı



şekilde AP-42'yi esas alan ve madencilik faaliyetlerinden kaynaklı hava kalitesinin değerlendirilmesi üzerine detaylı kılavuzların oluşturulduğu Avustralya'da uygulanan emisyon faktörlerine de Avustralya Çevre Departmanına ait resmi web sayfasında bulunan Ulusal Kirlilik Envanteri'nden ulaşılmıştır. Türkiye'de ise söz konusu alanda kullanılan emisyon faktörleri Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Yönetmeliği'nde yayımlanmıştır.

Bahsi geçen dört ülkeye ait elde edilen yerüstü madenciliğinin her bir faaliyetine ait emisyon faktörleri sayısal değer veya formül olarak ifade edilmiş olup Çizelge 3.6'da sunulmuştur.

**Çizelge 3.6.** Kalker Ocağı Maden Modeli Faaliyetleri için Türkiye, Amerika, Kanada ve Avustralya'da Uygulanan Toz Emisyon Faktörleri

Faaliyetler	Emisyon Faktörünün Uygulandığı Ülke	Emisyon Faktörü / Formülü	Birim
1: Bitkisel Toprağın Sıyırılması <sup>a</sup>	TR	0,025	kg/t
	US, AU	0,029	kg/t
2: Bitkisel Toprağın Yüklenmesi	TR	0,01	kg/t
	US, CA, AU	$\frac{2,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}}$	kg/sa
3: Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması	TR	0,7	kg/km araç
	US, CA, AU	$1,38 \left(\frac{s}{12}\right)^{0,7} \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365 - P}{365}\right]$	kg/km araç
4: Bitkisel Toprağın Boşaltılması	TR	0,01	kg/t
	US, CA, AU	$0,74(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/t
5: Bitkisel Toprak Depolanması <sup>a</sup>	TR	5,8	kg/ha gün
	US	0,85	t/ha yıl
	AU	0,4	kg/ha sa
6: Arazinin Düzlenmesi	TR	-	-
	US, CA, AU	$\frac{2,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}}$	kg/sa
7: Pasanın Yüklenmesi	TR	0,025 (Kazıma) + 0,01 (Yükleme)	kg/t
	US, CA, AU	$\frac{2,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}}$	kg/sa
8: Pasanın Taşınması	TR	0,7	kg/t
	US, CA, AU	$1,38 \left(\frac{s}{12}\right)^a \left(\frac{W}{3}\right)^b \left[\frac{365 - P}{365}\right]$	kg/km araç
9: Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	TR	0,01	kg/t
	US, CA, AU	$0,74(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/t

**Çizelge 3.6.** Kalker Ocağı Maden Modeli Faaliyetleri için Türkiye, Amerika, Kanada ve Avustralya'da Uygulanan Toz Emisyon Faktörleri (Devamı)

Faaliyetler		Emisyon Faktörünün Uygulandığı Ülke	Emisyon Faktörü / Formülü	Birim
15:	Cevherin Kırılcıya Boşaltılması	TR	0,01	kg/t
		US, CA, AU	$0,74(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/t
16:	Birincil Kırılcı	TR	0,243	kg/t
		US, CA, AU	0,0027	kg/t
17:	İkincil Kırılcı	TR	0,585	kg/t
		US, CA, AU	0,0027	kg/t
18:	Üçüncül Kırılcı	TR	0,585	kg/t
		US, CA, AU	0,0027	kg/t
19:	Eleme	TR	-	-
		AU	0,0221	kg/t
		US, CA,	0,0125	kg/t
20:	Ürün Stoklanması	TR	5,8	kg/ha gün
		US	$1,8 \times u$	kg/ha sa
		CA, AU	$1,904 \times 10^{-4} \times \frac{s}{1,5} \times 365 \left(\frac{365 - P}{235}\right) \times \frac{I}{15}$	kg/ha yıl
21:	Ürün Yükleme	TR	0,01	kg/t
		US, CA, AU	$0,74(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/t
22:	Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması	TR	0,7	kg/km araç
		US, CA, AU	$1,38\left(\frac{s}{12}\right)^{0,7}\left(\frac{W}{3}\right)^{0,45}\left[\frac{365 - P}{365}\right]$	kg/km araç
23:	Ocak İçinde Tesviye İşlemleri	TR	-	-
		US, CA, AU	$\frac{2,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}}$	kg/sa
24:	Yol Bakımı	TR	-	-
		US, CA, AU	$0,0034 \times S^{2,5}$	kg/km araç
25:	Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar	TR	-	-
		US	0,85	t/ha yıl
		CA, AU	0,4	kg/ha sa

\*TR:Türkiye, US:Amerika, CA:Kanada, AU:Avustralya

\*\*Türkiye için belirtilen emisyon faktörleri toz emisyonu kütesel debi miktarının, diğer ülkelerde ise TAKM miktarının hesaplanmasına yöneliktir. PM10 için geliştirilen emisyon faktörleri ise Ek-1'de sunulmaktadır.

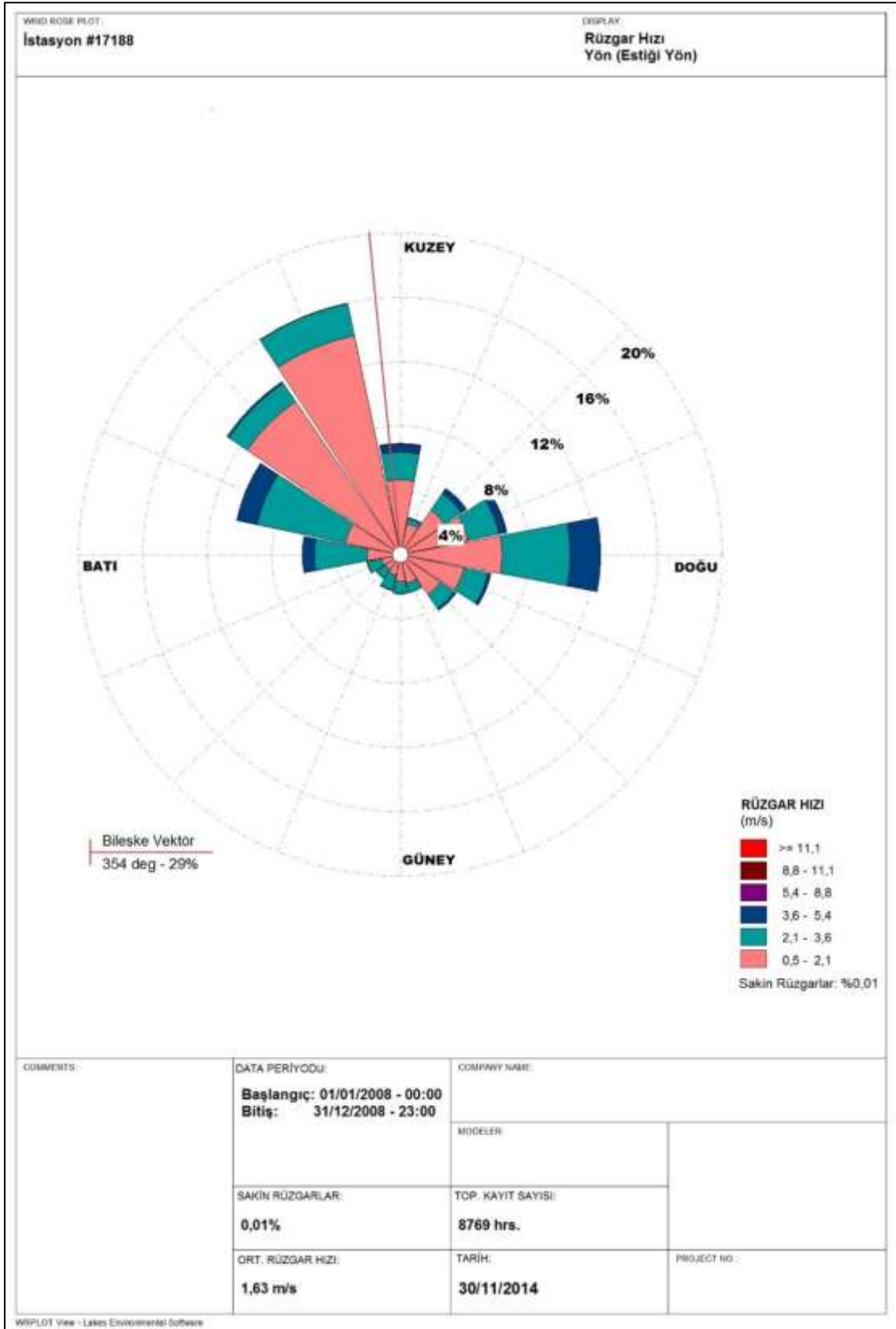
### 3.3.1. Emisyon Faktörlerinin Hesaplanması

Emisyon faktörleri Bölüm 2.4.1’de detaylı olarak anlatıldığı gibi Türkiye’de sadece sayısal çarpanlar şeklinde uygulanırken yerüstü madenciliğinin alt faaliyetlerinin detaylı olarak incelendiği ve emisyon hesaplamalarına yönelik yöntemlerin kılavuz şeklinde hazırlanarak sunulduğu Amerika, Kanada ve Avustralya’da maden işletmeleri, bulunduğu yere özgü olarak toz emisyonu hesaplamaları yolunda yönlendirilmektedir. Dolayısıyla emisyon hesabı uygulamalarındaki bu farklılığın incelenmesi aynı örnek maden modeli üzerinde her bir ülke için ayrı ayrı hesaplanmasıyla mümkündür. Bu noktadan hareketle öncelikle emisyon faktörleri formüllerinde gerekli olan parametreler araştırılmış ve gerçek durumu yansıtabilecek temsili değerler belirlenmiş, ardından her bir ülke için ayrı ayrı sunulan emisyon faktörleri ile emisyon değerleri hesaplanmıştır. Gerekli parametreler, emisyon değerlerinin kontrolsüz ve kontrollü koşullarda hesaplanmasına ilişkin bilgiler alt başlıklar halinde şöyledir:

#### **Emisyon Faktörlerinin Hesaplanması için Gerekli Parametreler**

Emisyon faktörlerinin hesaplanması için gerekli parametreler meteorolojik, emisyonu sebep olan malzemenin özellikleri ve madene özgü operasyonel veriler olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır.

Meteorolojik veriler için Uşak Devlet Meteoroloji İstasyonuna ait 2008 yılı veri setinden yararlanılmıştır. Yükleme, boşaltma işlemlerinden kaynaklanan ve rüzgar erozyonu sonucu oluşan toz emisyonlarının hesaplanmasında gerekli olan ortalama rüzgar hızının ve 5,4m/sn’den yüksek rüzgar hızının görüldüğü günlerin yıl içindeki oranının belirlenebilmesi için WRPLOT programından yararlanılmıştır. Ortalama rüzgar hızı programdan elde edilen rüzgar gülü grafiğinden 1,63m/sn olarak belirlenmiştir (Şekil 3.1). Ayrıca yine bu programdan elde edilen rüzgar hızı frekans verilerine göre 5,4 m/sn’den yüksek rüzgarın görüldüğü günlerin yıl içindeki oranı 0,137 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.7).



Şekil 3.1. 2008 Yılı Uşak DMİ İstasyonu Verilerine Ait Rüzgar Gülü Grafiği

**Çizelge 3.7.** DMI 2008 Rüzgar Hızı Frekans Verileri

Yön	Rüzgar Hızı (m/sn)						Toplam
	0,5 - 2,1	2,1 - 3,6	3,6 - 5,4	5,4 - 8,8	8,8 - 11,1	≥ 11,1	
N	407	150	43	6	0	0	606
NNE	172	29	6	0	0	0	207
NE	293	110	33	1	0	0	437
ENE	376	172	40	4	0	0	592
E	553	371	166	0	0	0	1090
ESE	353	134	17	0	0	0	504
SE	264	93	12	0	0	0	369
SSE	159	54	1	0	0	0	214
S	146	65	4	0	0	0	215
SSW	114	83	5	0	0	0	202
SW	98	59	3	0	0	0	160
WSW	106	79	3	0	0	0	188
W	180	288	66	0	0	0	534
WNW	307	489	113	1	0	0	910
NW	1009	121	12	0	0	0	1142
NNW	1218	177	3	0	0	0	1398
<b>Toplam</b>	<b>5755</b>	<b>2474</b>	<b>527</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8768</b>

Taşımadan kaynaklı emisyon hesabında kullanılması gerekli olan 0,254mm üzerinde yağış görülen gün sayısının belirlenmesi için ise günlük toplam yağış verileri incelenmiş ve 67 günün bu miktar üzerinde yağış aldığı hesaplanmıştır (Çizelge 3.8).

**Çizelge 3.8.** Uşak İli DMI 2008 Yılı Günlük Toplam Yağış Verileri

	Ock	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağus	Eyl	Ekm	Kas	Ara	Top
<b>Gün Sayısı (&gt;0,254mm)</b>	6	2	9	10	3	1	1	2	8	3	11	11	<b>67</b>

Meteorolojik verilerle birlikte emisyon faktörlerinin belirlenmesinde kullanılan parametreler referans alındığı kaynakları ile birlikte Çizelge 3.9'da özetlenmektedir. Çizelgede sunulan nem ve silt içeriği bilgileri Kanada ve Amerika'da uygulanan çalışmalardan referans alınmıştır. Bu parametreler her maden ocağı için değişiklik gösterebilmektedir. Türkiye'deki kalker ocaklarında bu parametrelerin değerleri araştırıldığında Mersin ili Tarsus ilçesinde bir kalker ocağından alınan numunelerin analizinde silt içeriğinin %1,3 ile %14,8 aralığında değiştiği belirlenmiştir [122]. Kahramanmaraş İlinde işletilen çeşitli kalker ocaklarından alınan numunelerdeki nem içeriğinin %1,4 ile %18,8 aralığında değiştiği yapılan analiz sonuçlarında gözlemlenmiştir [123]. Bitkisel toprak nem içeriği hakkında Korucu ve

arkadaşları [124] tarafından yapılan çalışmada ise 20cm'ye varan çeşitli derinliklerde incelenen toprak örneklerinin %6,9 ile %21,9 arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

**Çizelge 3.9.** Emisyon Faktörleri Hesaplamalarında Kullanılan Parametreler

Emisyon Faktörleri Hesaplamalarında Kullanılan Parametreler	Değer	Kaynak
<u>Nem İçeriği (M)</u>		
Cevher	% 8,8	[1]
Pasa	% 8,8	
Bitkisel Toprak	% 12,5	
Ortalama Rüzgar Hızı (U)	1,63 m/sn	DMI 2008
Yıllık Rüzgarlı Zaman Oranı (yıl içinde rüzgar hızının 5,36m/sn'den büyük olduğu zaman yüzdesi) (I)	% 13,7	DMI 2008
Yağışlı Gün Sayısı (>0,254mm) (P)	67 gün	DMI 2008
<u>Silt İçeriği (s)</u>		
Bitkisel toprak	% 10,7	[1]
Pasa	% 10	[50]
Kırılmış kireçtaşı	% 1,5	[50]
İnşaat alanı	% 8,5	[104]
Ocak içi yol	% 8,3	[104]
Ocak dışı tesis yolu malzemesi	% 10	[104]
Ortalama Kamyon Ağırlığı (W)	29 ton	[125]
Yol Bakım Aracının (Greyder) Ort. Hızı (S)	5 km/sa	[51]

### **Kontrolsüz TAKM Emisyon Değerlerine Ait Hesaplama Detayları**

Yerüstü maden modeli kapsamındaki her bir faaliyet için kontrolsüz durumda saatlik toz emisyonu (toplam askıda katı madde) hesaplamalarına ait detaylar bu bölümde belirtilmektedir.

Bu hesaplamada kırma-eleme sistemi mevcut olan bir madende olması gereken tüm faaliyetler ele alınmış, belirli bir faaliyet için emisyon faktörü belirtilmeyen ülkelerde o faaliyete ilişkin emisyon hesaba katılmamıştır.

Huertas vd.'nin [1] standart emisyon envanteri çalışmasında da kullanılan benzer yaklaşımla taşıma faaliyeti için yapılan hesaplamalarda yolun özellikleri (yol malzemesinin nem ve silt içeriği) yol boyunca aynı olmayacağı için alınan mesafenin bölümlere ayrılarak parametrelerin hesaba katılması uygun görülmüştür. Bu sebeple bitkisel toprağın taşınması için yolun %25'inin bitkisel toprağın alındığı alanda, %75'inin ise depolama alanına olan mesafede alındığı kabul edilmiştir. Ayrıca pasa ve cevher taşınması sırasında da alınan yolun

%25'inin ocak alanında, %25'inin kırıcı/pasa depolama alanında, %50'sinin ise bu iki alan arasında olduğu varsayılmıştır.

TAKM emisyon değerlerinin hesaplanmasına ilişkin detaylar her bir faaliyete göre Ek-1.1'de sunulmaktadır.

### **KontROLSÜZ PM10 EMİSYON DEĞERLERİNE AİT HESAPLAMA DETAYLARI**

Yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklı PM10 emisyon değerlerinin hesaplanabilmesi için Amerika, Kanada ve Avustralya ülkelerinde emisyon faktörleri geliştirilirken Türkiye için PM10 hesaplamasına dair bir bilgi ulusal mevzuat çerçevesinde bulunmamaktadır. TAKM emisyon faktörlerine benzer şekilde PM10 emisyon faktörleri de her bir ülke için listelenmiş halde Ekler bölümünde Çizelge Ek1.2.5'de sunulmaktadır.

PM10 emisyon faktörleri incelendiğinde TAKM emisyon faktörlerinde kullanılan formüllerin bir katsayı ile çarpıldığı görülmektedir. Aynı formül anlatımlarının tekrarlanmaması için PM10 emisyon değerlerine ait hesaplama detayları da Ekler bölümünde Çizelge Ek1.2.1-1.2.4'de sunulmaktadır.

### **KONTROLLÜ EMİSYON DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI**

Yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklı toz emisyonu hesaplamalarında kontrollü emisyon faktörleri sadece Türkiye için belirlenmiş olup Çizelge 3.10'da gösterilmiştir. Yerüstü maden modelindeki her bir faaliyet için bu değerlerin hesaplama detayları Ek-1 altında Çizelge Ek.1.5'de sunulmaktadır.

**Çizelge 3.10.**Türkiye'de Uygulanan Kontrollü Emisyon Faktörleri

<b>Faaliyet</b>	<b>Kontrollü Emisyon Faktörleri</b>
Patlatma	-
Kazı (Sökme)	0,0125 kg/ton
Yükleme	0,005 kg/ton
Nakliye	0,35 kg/km araç
Boşaltma	0,005 kg/ton
Depolama	2,9 kg/ha gün
Birincil Kırıcı	0,0243 kg/ton
İkincil Kırıcı	0,0585 kg/ton
Üçüncül Kırıcı	0,0585 kg/ton

Türkiye dışındaki diğer ülkelerde ise kontrollü emisyon miktarlarının belirlenmesinde sahada uygulanan toz azaltma önlemine ilişkin verimlilik değeri dikkate alınarak aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{Emisyon(kontrollü)} = \text{Emisyon(kontrolsüz)} \times \left(1 - \frac{\text{ER}}{100}\right) \quad \text{Eşitlik 23}$$

ER = Genel Emisyon Azaltma Verimliliği

Birden fazla toz azaltma önlemi uygulanması durumunda her bir etki azaltıcı önleme ait ER değeri çarpım olarak formüle eklenmektedir (Ör:  $ERT=(1-ER_1) \times (1-ER_2) \times \dots \times (1-ER_n)$ ). Bu hesaplamanın yapılabilmesi amacıyla maden modeli faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılan emisyon azaltma yöntemleri ve verimlilik değerleri kaynaklarıyla birlikte Çizelge 3.11’de sunulmaktadır.

**Çizelge 3.11.** Kalker Ocağı Maden Modeli Faaliyetleri için Yaygın olarak Kullanılan Toz Azaltma Önlemleri

Faaliyetler	Kontrol Yöntemi	Yaygın Kullanılan Toz Azaltma Yöntemleri	
		Verimlilik	Kaynak
1: Bitkisel Toprağın Sıyırılması	Toprağın doğal olarak nemli olması	%50	[103]
2: Bitkisel Toprağın Yüklenmesi	-		
3: Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması	Sulama	%50	[103]
4: Bitkisel Toprağın Boşaltılması	-		
5: Bitkisel Toprak Depolama Alanı	Bitkilendirmek	%90	[51]
6: Arazinin Düzlenmesi	-		
7: Pasanın Yüklenmesi	-		
8: Pasanın Taşınması	Sulama	%50	[103]
9: Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	-		
10: Pasa Depolama Alanı	Stok alanı zemin hazırlıklarının yapılması	%30	[51]
11: Delme	Su spreyleme	%70	[51]
12: Patlatma	-		



**Çizelge 3.11.** Kalker Ocağı Maden Modeli Faaliyetleri için Yaygın olarak Kullanılan Toz Azaltma Önlemleri (Devamı)

Faaliyetler	Kontrol Yöntemi	Yaygın Kullanılan Toz Azaltma Yöntemleri	
		Verimlilik	Kaynak
13: Cevherin Yüklenmesi	-		
14: Cevherin Taşınması	Sulama	%50	[51]
15: Cevherin Kırıcıya Boşaltılması	Su spreyleme	%70	
16: Birincil Kırıcı	Üstünün kapatılması	%90	[50]
17: İkincil Kırıcı	Üstünün kapatılması	%90	[50]
18: Üçüncül Kırıcı	Üstünün kapatılması	%90	[50]
19: Eleme	Üstünün Kapatılması	%50	[50]
20: Ürün Stok Alanı	Yığılmalı kullanılması	%25	[103]
21: Ürün Yükleme	Su spreyleme	%50	[103]
22: Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması	Sulama	%50	[103]
23: Ocak İçinde Tesviye İşlemleri	-		
24: Yol Bakımı	-		
25: Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar	Bitkilendirmek	%90	[51]

### 3.4. Hava Kalitesi Modellemesi

Partikül maddenin insan sağlığı açısından risk oluşturması sebebiyle çevresel düzenlemeleri oluşturan otoriteler ve araştırmacılar bu etkinin yayılımını, her bir emisyon kaynağının katkısını ve kirlilik yükünün artmasını sağlayan meteorolojik koşulları belirleyebilmek amacıyla hava kalitesi modellemelerine başlamıştır [17]. Hava kalitesi modellemesi gerçekte oluşan hava durumlarının matematiksel olarak simüle edilmesiyle oluşturulan bir sistemdir. Meteorolojik, topoğrafik ve emisyon kaynağına ait veriler hava kalitesi modelleme programlarında kullanılan temel parametrelerdir. Modelleme ile zamanla değişen emisyon miktarlarının meteorolojik parametreler ve yer şekillerine göre davranışı tahmin edilmekte, diğer bir deyişle harita üzerinde toz emisyonunun istenilen zaman dilimindeki eş konsantrasyon eğrileri incelenebilmektedir.

Günümüzde endüstriyel tesislerden kaynaklanan hava kalitesi modelleri yerüstü madencilik faaliyetleri için de kullanılmaktadır. USEPA tarafından geliştirilen AERMOD başta

Amerika olmak üzere en yaygın hava kalitesi modelidir. Emisyonu kaynağının noktasal, çizgisel, alansal ve hacimsel olarak tanımlandığı AERMOD modelleme aracı; belirlenen lokasyonda emisyonun yer seviyesi konsantrasyonlarının dağılımını topoğrafik ve meteorolojik değişkenleri de kullanarak istenen zamansal ölçekte sunabilmektedir. Yerüstü maden modelinin AERMOD üzerinde tanımlanması sırasında kullanılan veriler şöyledir:

### **Girdi Parametreleri**

AERMOD Hava kalitesi modelinde temel olarak gerekli veriler topoğrafya, meteoroloji ve emisyon kaynağı verileri olmak üzere üç bölüme ayrılmaktadır. Çalışma kapsamında oluşturulan Kalker Ocağı Maden Modeli'nde farklı ülkelere göre elde edilen toz emisyon miktarlarının yer seviyesindeki dağılımlarının incelenmesi amacıyla ve değerlendirmenin esas alındığı Türkiye üzerinde bir lokasyon seçilmesi gerektiğinden imkanlar dahilindeki mevcut verilerden yola çıkılarak Uşak ilinde bir lokasyon belirlenmiştir.

### **Topoğrafik Veri**



**Şekil 3.2.** Kalker Ocağı Maden Modeli Alanı Topoğrafik Haritası

AERMOD Hava Kalitesi Modelinin çalıştırılması için gereken topoğrafik veriler Kalker Ocağı Maden Modeli'nin bulunduğu lokasyonun uzay görüntüsü ve bu alanın sayısal yükseklik modeli haritasıdır. Yer seviyesindeki emisyon dağılımları yer şekillerine göre değişiklik gösterdiğinden yükseklik modeli haritası bu noktada önem taşımaktadır. Uşak ilinde konumlandırılan Kalker Ocağı Maden Modeline ait uzay görüntüsü Google Earth Programından elde edilmiş olup yaklaşık 2x2,5km boyutunda bir alan belirlenmiştir. Bu alanın içinde bulunduğu sayısal yükseklik modeli haritası ise ulusal yükseklik verilerinin sunulduğu CGIAR-CSI [126] web sayfasından elde edilmiştir. Google Eart üzerine yerleştirilmiş olan alanın topoğrafik görüntüsü Şekil 3.2'de gösterilmektedir.

### **Meteorolojik Veri**

Atmosferdeki emisyon dağılımını atmosferik sınır tabakanın (atmospheric boundary layer) karakterize ettiği mevcut rüzgar sistemi belirlemektedir. Bu sebeple meteorolojik koşullar toz emisyonunun oluşumundan etki derecesi ve etki sürecine kadar belirleyici rol oynayan önemli bir faktördür. Kalker Ocağı Maden Modeli için oluşturulan hava kalitesi modellemesinde Uşak Devlet Meteoroloji İstasyonu 2008 yılı verileri kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonunun lokasyonu Uşak Merkez'de yer almakta olup maden modeli için seçilen lokasyonun 9 km kuzeydoğusunda bulunmaktadır. İstasyonun yer seviyesi 919m'de, maden modelinin bulunduğu alanın yer seviyesi ise 885 ile 927 m arasında değişmektedir. Uşak ilinde yazların sıcak ve kurak, kışların uzun, sert ve yağışlı geçtiği karasal iklim özellikleri görülmektedir [127]. Hakim rüzgar yönü Şekil 3.1'de gösterildiği gibi kuzey kuzeybatı yönündedir.

### **Emisyon Kaynağı Verisi**

Kalker Ocağı Maden Modeline ait emisyon kaynakları patlatma kaynaklı ve patlatma dışındaki diğer tüm faaliyetlerden kaynaklı olmak üzere iki grup halinde modele tanıtılmıştır. Patlatma faaliyetine ait emisyon faktörü formülünde patlatma alanı değişken olarak alındığından bu faaliyet alansal kaynak olarak belirlenmiş ve 400m<sup>2</sup> alan seçilmiştir. Diğer faaliyetlerden oluşan toplam emisyonlar ise yılda 300 gün, günde 16 saat (07:00-23:00 arası) sürekli atmosfere salındığı ve ortalama insan boyundaki yükseklikte (1,5m) olduğu varsayılarak hacimsel kaynak olarak modele tanıtılmış ve emisyon kaynağının Kalker Ocağı Maden Modelinde faaliyet alanı olarak belirtilen yaklaşık 50ha'lık bir alanda olduğu kabul edilmiştir.

Bu aşamada her bir ülke için oluşturulan alansal ve hacimsel kaynak gruplarına ait emisyon debisi, parça boyut oranı ve zamana bağlı değişim bilgileri girilmiştir. Patlatma faaliyeti anlık bir emisyon çıkışı yarattığı için toplam emisyon 1sn'lik sürede atmosfere verilmektedir. Ancak AERMOD Hava Kalitesi Modelleme programında emisyonun atmosfere çıkış süresi en düşük 1 saat alınabildiği için patlatma sonucu toplam emisyonun da 1 saat içinde yayıldığı kabul edilerek modele yansıtılmıştır. Emisyon kaynaklarının zamansal değişimleri ise Kalker Ocağı Maden Modeli'nde tasarlandığı şekilde patlatmanın 3 günde bir, saat 14:00'te, diğer faaliyetlerin ise hafta içi saat 07:00 ile 23:00 arasında gerçekleştirildiği kabul edilmiştir. Her iki kaynak grubu için de istenen partikül yoğunluğu kalker yoğunluğu ile aynı olarak  $2,5\text{gr/cm}^3$  alınmıştır.

## 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yerüstü madenciliğinde uygulanan toz emisyon faktörlerinin ülkelere göre değişmesi nedeniyle emisyon değerlerinde gösterdiği farklılıkların karşılaştırılması, elde edilen değerlerin model üzerinde incelenmesi ve hava kalitesi sınır değerlerine göre değerlendirilmesine bu bölümde yer verilmektedir.

### 4.1. Emisyon Miktarlarının Karşılaştırılması

Her bir ülke için Bölüm 2.2’de hesaplama detaylarının sunulduğu yerüstü maden modelindeki faaliyetlerden kaynaklanan TAKM ve PM10 emisyon değerleri Çizelge 4.1’de sunulmaktadır. Bu çizelgede sunulan emisyon faktörleri toz azaltma yöntemlerinin uygulanmadığı kontrolsüz durum için oluşturulmuştur. Türkiye için belirlenen emisyon faktörleri göz önüne alındığında sadece toz emisyonu kütleli debi hesaplamasının amaçlandığı görülmektedir. Ancak Amerika, Kanada ve Avustralya ülkelerinde uygulanan emisyon faktörleri toplam askıda katı madde ve PM10 miktarının belirlenmesine yöneliktir.

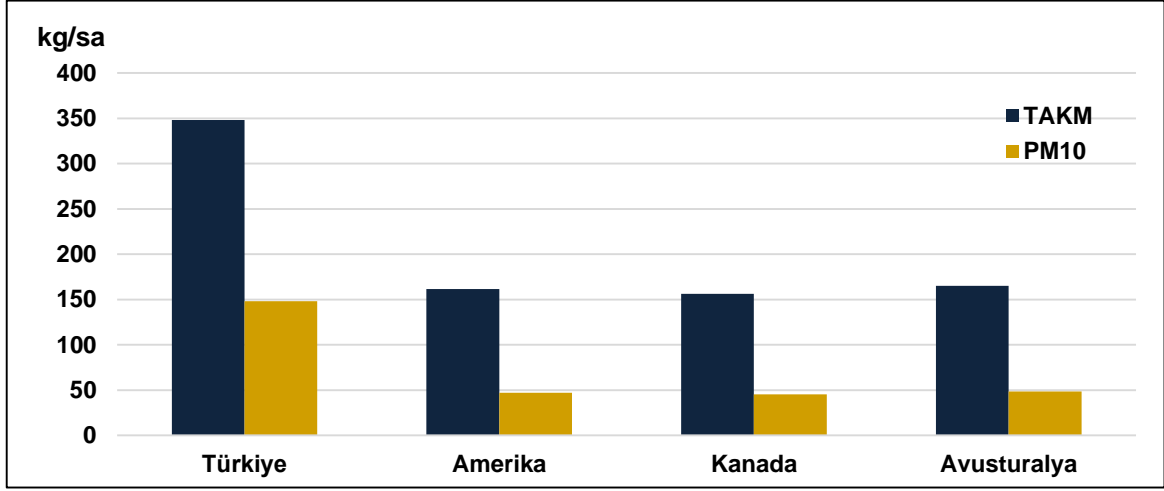
Ülkelerin belirlediği emisyon faktörlerine göre toplam emisyon miktarlarının karşılaştırılmasını amaçlayan bu aşamada uygulanan diğer bir önemli nokta ise PM10 için emisyon hesabı belirtilmemesi durumunda kullanılacak PM10 fraksiyonunun belirlenmesidir. Bu sebeple öncelikle ülkelere göre mevcut emisyon faktörleri ile emisyon hesaplamaları yapılmış ve sonrasında her bir faaliyet için TAKM ile PM10 oranları belirlenerek bu değerlerin ortalamaları alınmıştır.

Amerika için bitkisel toprağın sıyrılması ve depolama/stok alanlarına ilişkin PM10 emisyon faktörü belirlenmediğinden Çizelge 4.1’de sunulan emisyon miktarı hesaplamalarında bu faaliyetler için bulunan TAKM miktarları diğer ülkelerdeki hesaplamalara göre belirlenen TAKM/PM10 değerleri ile çarpılarak PM10 sonuçları bulunmuştur. Benzer yaklaşımla Avustralya için PM10 emisyon faktörleri sunulan birincil, ikincil, üçüncül kırıcı ve eleme işlemleri için de söz konusu oran kullanılmıştır. Ayrıca Türkiye için herhangi bir faaliyete ilişkin PM10 hesaplama yöntemi belirtilmediğinden çizelgede sunulan tüm toz emisyon debileri TAKM/PM10 oranları ile çarpılarak PM10 değerleri elde edilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Amerika, Kanada ve Avustralya için TAKM ve PM10 Emisyon Değerleri (kg/sa)

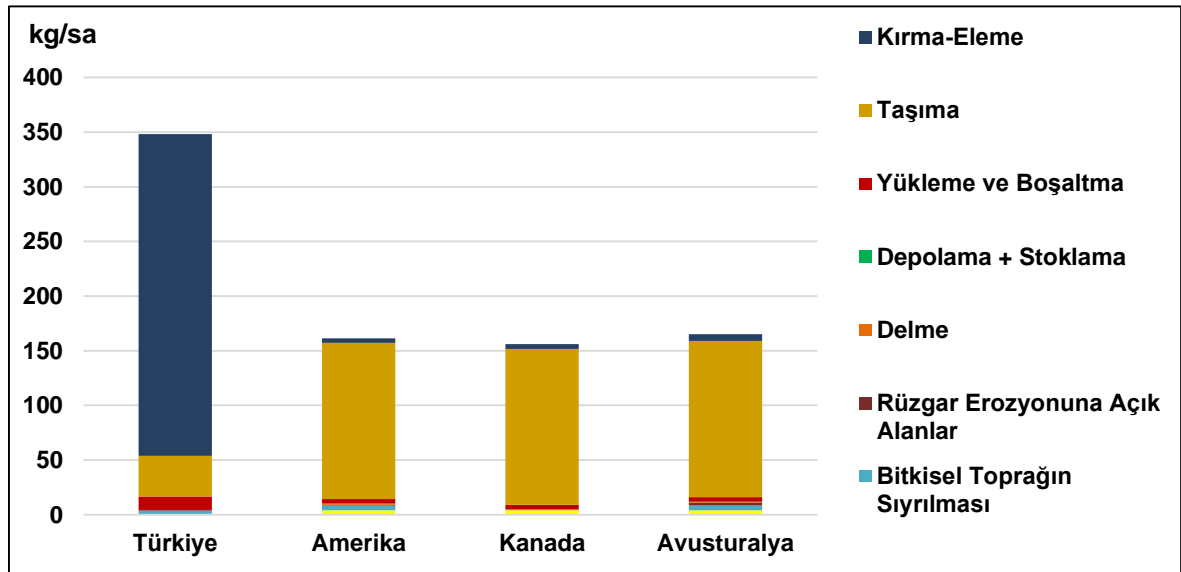
FAALİYETLER	USEPA		KANADA		AVUSTRALYA		TÜRKİYE		PM10/ TAKM
	PM30	PM10	PM100	PM10	PM50	PM10	TPM	PM10	
Bitkisel Toprağın Sıyırılması	4,35	1,10	-	-	4,35	1,10	3,75	0,94	25,17%
Bitkisel Toprağın Yüklenmesi (Bulldozer)	1,68	0,34	1,68	0,34	1,68	0,34	1,50	0,31	20,53%
Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması (%25 İnşaat alanı)	3,68	1,05	3,68	1,05	3,68	1,05	4,20	1,20	29,08%
Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması (%75 Yol)	12,39	3,66	12,39	3,66	12,39	3,66	-	-	
Bitkisel Toprağın Boşaltılması	0,01	0,004	0,01	0,004	0,01	0,004	1,50	0,70	46,67%
Bitkisel Toprak Depolama Alanı	0,18	0,09	-	-	0,75	0,38	0,45	0,23	50,00%
Arazinin Düzlenmesi	2,01	0,26	2,01	0,26	2,01	0,26			12,98%
Pasanın Yüklenmesi	2,44	0,32	2,44	0,32	2,44	0,32	0,25	0,03	12,98%
Pasanın Taşınması (%25 Ocak Alanı)	0,60	0,17	0,60	0,17	0,60	0,17	0,70	0,20	28,88%
Pasanın Taşınması (%25 Depolama Alanı)	0,61	0,18	0,61	0,18	0,61	0,18	-	-	
Pasanın Taşınması (%50 Yol)	1,38	0,41	1,38	0,41	1,38	0,41	-	-	
Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	0,003	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,25	0,12	46,67%
Pasa Depolama Alanı	0,39	0,20	0,05	0,03	0,05	0,03	0,03	0,02	50,00%
Delme	0,80	0,42	0,80	0,42	0,80	0,42			52,54%
Patlatma	1,79	0,93	1,79	0,93	1,79	0,93	810,00	421,20	52,00%
Cevherin Yüklenmesi	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	2,08	0,97	46,67%
Cevherin Taşınması (%25 Ocak Alanı)	9,66	2,75	9,66	2,75	9,66	2,75	11,20	3,19	28,88%
Cevherin Taşınması (%25 Stok Alanı)	9,83	2,81	9,83	2,81	9,83	2,81	-	-	
Cevherin Taşınması (%50 Yol)	22,02	6,51	22,02	6,51	22,02	6,51	-	-	
Cevherin Kırıcıya Boşaltılması	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	2,08	0,97	46,67%
Birincil Kırıcı	0,56	0,25	0,56	0,25	-	0,25	50,63	22,50	44,44%
İkincil Kırıcı	0,56	0,25	0,56	0,25	-	0,25	121,88	54,17	44,44%
Üçüncül Kırıcı	0,56	0,25	0,56	0,25	-	0,25	121,88	54,17	44,44%
Eleme	2,60	0,90	2,60	0,90	-	1,58			34,40%
Ürün Stok Alanı	0,04	0,02	8x10 <sup>-8</sup>	4x10 <sup>-8</sup>	8x10 <sup>-8</sup>	4x10 <sup>-8</sup>	32,85x10 <sup>-4</sup>	16,42x10 <sup>-4</sup>	50,00%
Ürün Yükleme	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	4,17	1,94	46,67%
Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması	82,58	24,41	82,58	24,41	82,58	24,41	21,00	6,21	29,55%
Ocak İçinde Tesviye İşlemleri	1,95	0,25	1,95	0,25	1,95	0,25	-	-	12,98%
Yol Bakımı	4x10 <sup>-4</sup>	17,5x10 <sup>-5</sup>	39,6x10 <sup>-5</sup>	17,5x10 <sup>-5</sup>	39,6x <sup>-5</sup>	17,5x10 <sup>-5</sup>	-	-	44,20%
Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar	0,49	0,24	-	-	2,00	1,00	-	-	50,00%
<b>Saatlik Toplam (Patlatma Hariç) (kg/sa)</b>	161,47	46,88	156,07	45,26	158,88	48,42	347,55	147,86	

Çizelge 4.1’de sunulan, anlık emisyon kaynağı olan patlatma dışında sürekli gerçekleştirilen diğer faaliyetlere ait günlük toplam emisyon değerleri Şekil 4.1’de grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Farklı Ülkelere Göre Elde Edilen Saatlik Toplam Emisyon Değerleri

Elde edilen sonuçlara göre aynı maden için Türkiye’nin sunduğu emisyon faktörleriyle yapılan hesaplamalar diğer ülkelerin emisyon değerlerine göre iki kattan fazla emisyon oluştuğunu göstermektedir. Bu değerler kapsamındaki faaliyetlerin dağılımına Şekil 4.2’den bakıldığında Türkiye için en çok toz emisyonunun kırma-eleme işleminden, diğer ülkelerde ise taşıma işleminden kaynaklandığı görülmektedir.



Şekil 4.2. Farklı Ülkelere Göre Elde Edilen Saatlik Toplam Emisyon Değerlerinin Dağılımı

Hesaplama detayları incelendiğinde Türkiye için eleme işlemine ait bir emisyon faktörü bulunmaması ve dolayısıyla bu işleme ait emisyon değeri hesaba katılmamasına rağmen diğer ülkelere göre kırma-eleme kategorisinde oldukça yüksek emisyon miktarı ortaya çıkmaktadır. Tüm ülkelerde sayısal faktör olarak geliştirilen bu kategorideki emisyon faktörleri karşılaştırıldığında ise oluşan büyük farklılığın Türkiye’de emisyon faktörünün diğer ülkelere oranla birincil kırıcı için 9 kat, ikincil ve üçüncül kırıcıda ise 21 kat daha yüksek alınmasından kaynaklandığı görülmektedir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** Kırma-Eleme Sistemleri için Emisyon Faktörleri

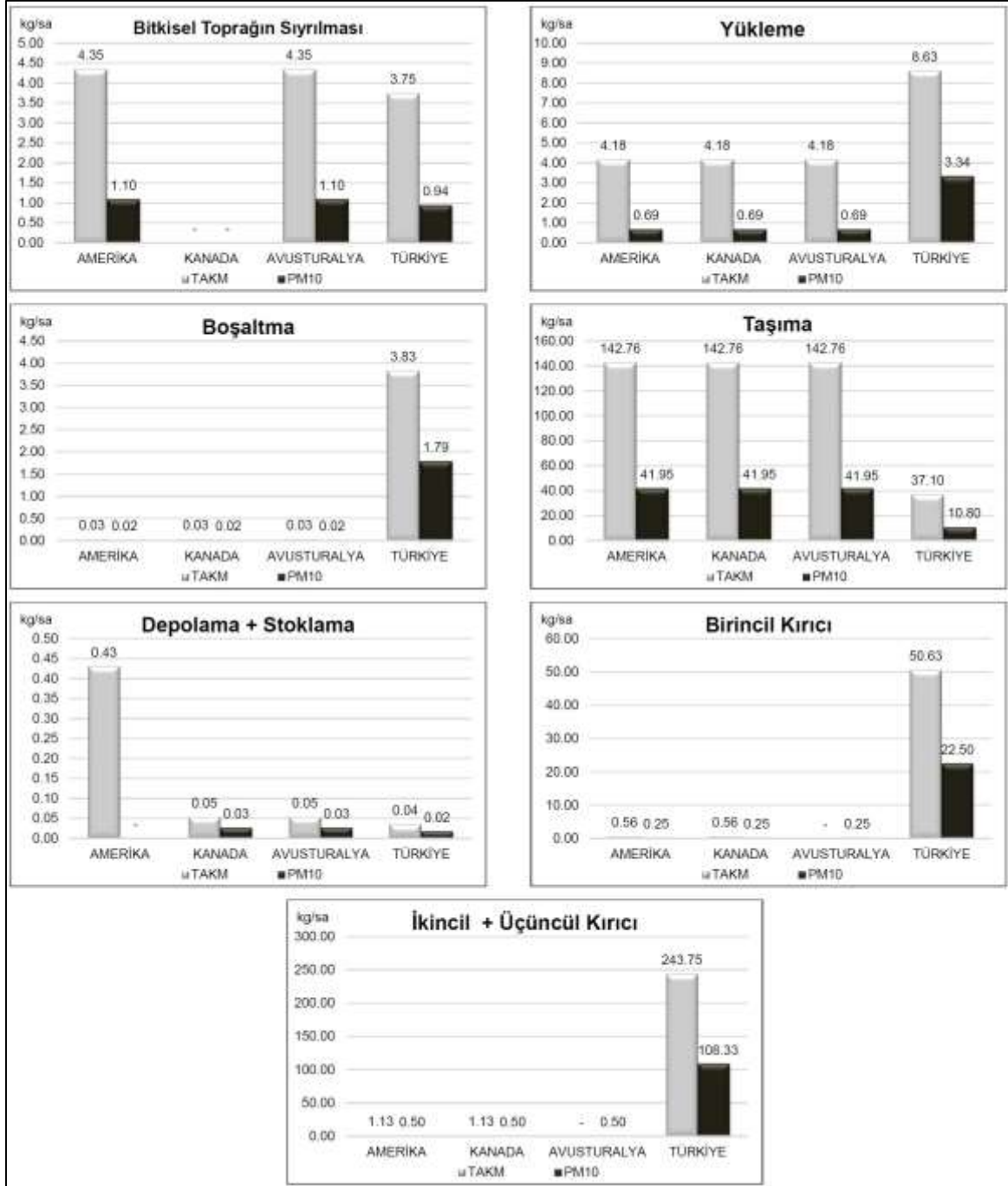
	<b>Türkiye (kg/ton)</b>	<b>Amerika, Kanada, Avustralya (kg/ton)</b>
Birincil Kırıcı	0,0243	0,0027
İkincil Kırıcı	0,0585	0,0027
Üçüncül Kırıcı	0,0585	0,0027
Eleme	-	0,0125

Bu kısma kadar yapılan hesaplamalarda Kalker Ocağı Maden Modeli’nde oluşturulan tüm faaliyetler dahil edilmiştir. Çizelge 4.1’de de görüldüğü gibi arazinin düzlenmesi, delme, eleme, ocak içinde tesviye işlemleri, yol bakımı ve depolama dışındaki bozuk alanlar için Türkiye mevzuatında belirlenen emisyon faktörü bulunmamaktadır. Bu sebeple emisyon faktörü bulunan faaliyetler bakımından ülkelerin karşılaştırılması amacıyla öncelikle benzer faaliyetler belirlenmiştir. Türkiye emisyon faktörlerinin esas alındığı kategorilerin kapsadığı faaliyetler şöyledir:

- Kazıma: Bitkisel toprağın sıyrılması
- Yükleme: Bitkisel toprağın yüklenmesi, pasanın yüklenmesi, cevherin yüklenmesi, ürünün kamyonla yüklenmesi
- Boşaltma: Bitkisel toprağın boşaltılması, pasanın depolama alanına boşaltılması, cevherin kırıcıya boşaltılması
- Taşıma: Bitkisel toprağın depolama alanına taşınması, pasanın depolama alanına taşınması, cevherin kırıcıya taşınması, ürünün maden alanı dışına taşınması
- Depolama/Stoklama: Bitkisel toprak depolama alanı, pasa depolama alanı, ürün stok alanı
- Birincil Kırıcı: Birincil kırıcı
- İkincil + Üçüncül Kırıcı: İkincil ve üçüncül kırıcı



Karşılaştırma yapılan ülkelerde birincil ve ikincil kırıncılar için aynı emisyon faktörleri kullanıldığından sınıflandırma iki işlemin toplamı olarak belirlenmiştir. Her bir kategori için söz konusu ülkelerin emisyon değerleri Şekil 4.3’de sunulan grafiklerde gösterilmektedir.



**Şekil 4.3.** Kalker Ocağında Uygulanan Faaliyetler Sonucu Oluşan TAKM ve PM10 Değerlerinin Farklı Uygulamalara Göre Karşılaştırılması

Tüm ülkelerin aynı koşullar altında karşılaştırılabilmesi için gerçekleştirilen ve Şekil 4.3’de sunulan çalışmada da Türkiye’de kırıcılara ek olarak yükleme ve boşaltma faaliyetleri için de diğer ülkelere göre 2-3 kat daha fazla emisyon olduğu göze çarpmaktadır. Yükleme ve boşaltma faaliyetleri için USEPA’nın sunduğu emisyon faktöründe ortalama rüzgar hızı ve malzemenin nem içeriği değişken olarak kullanılırken Türkiye uygulamalarında aktivite verisi sayısal faktör ile çarpılmaktadır. Diğer yandan bitkisel toprak sıyırılması işleminde tüm ülkeler benzer sonuçlar gösterirken taşıma kaynaklı toz hesaplamalarında Türkiye emisyon faktörüyle elde edilen değer diğer ülkelerin değerlerinden 3,8 kat düşük hesaplanmıştır. Yağış kaynaklı doğal toz indirgenmesinin de dikkate alındığı ve kamyon ağırlığı ile yol malzemesinin silt içeriğinin değişken olarak kullanıldığı taşıma kaynaklı toz emisyonu değerlerinin diğer faaliyetlere göre yüksek çıkması literatür araştırmalarını da desteklemektedir.

Saatlik emisyonlara ek olarak anlık toz emisyon kaynağı olan patlatma faaliyeti sonucu oluşan toz miktarları ise ülkeler arasında karşılaştırmalı olarak Şekil 4.4’de sunulmaktadır.



**Şekil 4.4.** Patlatma Faaliyeti Sonucu Oluşan TAKM ve PM10 Değerlerine Ait Grafik

Patlatma kaynaklı oluşan toz emisyonu değerleri incelendiğinde, bir patlatmadaki alanın değişken parametre olarak kullanıldığı Amerika, Kanada ve Avustralya’da uygulanan emisyon faktörüne göre patlatma başına 1,8kg toplam askıda katı madde oluşurken, Türkiye için verilen emisyon faktörüyle yapılan hesaplamada 810kg toz debisi olduğu görülmektedir.

#### 4.2. Kontrollü Emisyon Faktörlerinin Karşılaştırılması

Yukarıda sunulan sonuçlar toz azaltma önleminin alınmadığı kontrolsüz durumlar için emisyon değerlerini temsil etmektedir. Kontrollü emisyon faktörleri sadece Türkiye için belirlenmiştir. Türkiye dışındaki diğer ülkelerde ise kontrollü emisyon miktarlarının belirlenmesinde sahada uygulanan toz azaltma önlemine ilişkin verimlilik değeri hesaba katılmaktadır. Söz konusu bu iki yöntem arasında karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla öncelikle kontrolsüz emisyon miktarlarının çarpılacağı emisyon azaltma verimlilikleri belirlenmiştir. Türkiye için kullanılan, Çizelge 2.7’de de sunulmuş olan kontrolsüz emisyon faktörlerinin gösterdiği emisyon azaltma verimlilikleri Çizelge 4.3’de sunulmaktadır. Bu çizelgede örneğin birincil kırıcı için toz azaltma verimliliğinin %90 olması; kırma sırasında oluşan toz emisyonunun önlenmesi yönünde tedbirler alınarak %90 oranında tozun azaltıldığı anlamına gelmektedir.

**Çizelge 4.3.** Türkiye’de Uygulanan Kontrollü ve Kontrolsüz Emisyon Faktörlerine Ait Toz Azaltma Verimlilikleri

Faaliyet	Emisyon Faktörleri (kg/t)		Toz Azaltma Verimliliği (%)
	Kontrolsüz	Kontrollü	
Patlatma	0,08	-	-
Kazı (Sökme)	0,025	0,0125	50
Yükleme	0,01	0,005	50
Nakliye	0,7	0,35	50
Boşaltma	0,01	0,005	50
Depolama	5,8	2,9	50
Birincil Kırıcı	0,243	0,0243	90
İkincil Kırıcı	0,585	0,0585	90
Üçüncül Kırıcı	0,585	0,0585	90

Diğer yandan yerüstü maden modelindeki faaliyetlere göre belirlenen Türkiye ve diğer ülkeler için uygulanan emisyon azaltma verimlilikleri Çizelge 4.4’de, bu değerler kullanılarak hesaplanan emisyon değerleri ise Çizelge 4.’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.4.** Kireçtaşı Ocağı Maden Modeli Faaliyetleri için Toz Azaltma Verimlilik Oranlarının Karşılaştırılması

Faaliyetler		Kontrol Yöntemi	Yaygın Kullanılan Toz Azaltma Yöntemlerine Ait Verimlilik Oranı	Türk Mevzuatına Göre Toz Azaltma Verimlilik Oranı
1:	Bitkisel Toprağın Sıyırılması	Toprağın doğal olarak nemli olması	%50	%50
2:	Bitkisel Toprağın Yüklenmesi	-		%50
3:	Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması	Sulama	%50	%50
4:	Bitkisel Toprağın Boşaltılması	-		%50
5:	Bitkisel Toprak Depolama Alanı	Bitkilendirmek	%90	%50
6:	Arazinin Düzlenmesi	-		-
7:	Pasanın Yüklenmesi	-		%75
8:	Pasanın Taşınması	Sulama	%50	%50
9:	Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	-		%50
10:	Pasa Depolama Alanı	Stok alanı zemin hazırlıklarının yapılması	%30	%50
11:	Delme	Su spreyleme	%70	-
12:	Patlatma	-		-
13:	Cevherin Yüklenmesi	-		%50
14:	Cevherin Taşınması	Sulama	%50	%50
15:	Cevherin Kırıcıya Boşaltılması	Su spreyleme	%70	%50
16:	Birincil Kırıcı	Üstünün kapatılması	%90	%90
17:	İkincil Kırıcı	Üstünün kapatılması	%90	%90
18:	Üçüncül Kırıcı	Üstünün kapatılması	%90	%90
19:	Eleme	Üstünün Kapatılması	%50	-
20:	Ürün Stok Alanı	Yığılmalı kullanılması	%25	%50
21:	Ürün Yükleme	Su spreyleme	%50	%50
22:	Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması	Sulama	%50	%50
23:	Ocak İçinde Tesviye İşlemleri	-		-
24:	Yol Bakımı	-		-
25:	Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar	Bitkilendirmek	%90	-

**Çizelge 4.4.** Kireçtaşı Ocağı Maden Modeli Faaliyetleri Üzerinde Uygulanan Kontrolsüz ve Kontrollü Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması

Ülke	Parametre	Kontrolsüz Emisyon Miktarı	Kontrollü Emisyon Miktarı (kg/sa)	
			Türkiye Azaltma Oranlarına Göre	Önlemlere Ait Azaltma Oranlarına Göre
Amerika	TAKM	161,47	83,38	83,77
	PM10	46,88	24,10	23,56
Kanada	TAKM	156,07	80,44	81,26
	PM10	45,26	23,17	22,84
Avustralya	TAKM	165,17	86,98	82,24
	PM10	48,42	25,59	23,87
Türkiye	TAKM	348,17	56,34	58,85
	PM10	147,95	21,64	22,46

Bu değerlerin kontrolsüz emisyon değerlerine göre değişimleri incelendiğinde Çizelge 4.5’de görüldüğü gibi ortalama emisyon azaltma oranları Türkiye’nin ve diğer ülkelerin uyguladığı yöntemlerle karşılaştırılınca yaklaşık olarak aynı oranda kullanılmaktadır. Ancak Türkiye için hesaplanan kontrolsüz emisyon değeri her iki yöntemde de yaklaşık %80 azalırken diğer ülkelerdeki kontrolsüz emisyon değerleri ise önlem alındığında %47 ile %50 arasında azalma yönünde değişim göstermektedir. Bu durumun en önemli sebebi her bir ülke için hesaplanan emisyon miktarlarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

**Çizelge 4.5.** Ortalama Emisyon Azaltma Verimliliklerine Ait Değişimler

Ülkeler	Ortalama Emisyon Azaltma Oranı (Türkiye’nin uyguladığı emisyon azaltma verimliliklerine göre)	Ortalama Emisyon Azaltma Oranı (Diğer ülkelerin uyguladığı emisyon azaltma verimliliklerine göre)
Türkiye	%84	%83
Amerika	%48	%48
Kanada	%48	%48
Avustralya	%47	%50

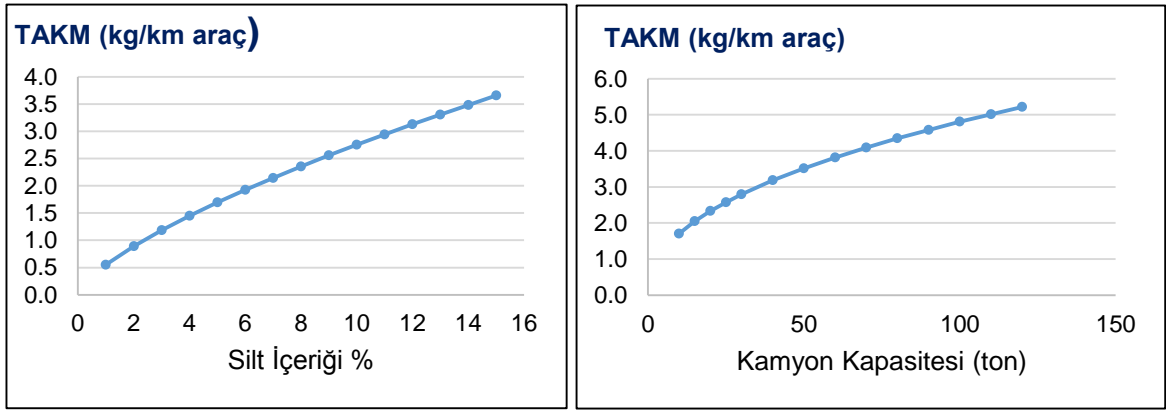
### 4.3. Duyarlılık Analizi

Ülkeler arası emisyon miktarı karşılaştırmalarından elde edilen sonuçlar, formül şeklinde oluşturulan emisyon faktörlerinin, değişen karakteristik parametrelere göre gösterdiği davranışların incelenmesini gerektirmiştir. Bu amaçla sahaya özgü değişken parametrelere göre taşıma, yükleme ve boşaltma, buldozer ile yükleme (kazıma ve yükleme), aktif

stok/depolama alanı, patlatma faaliyetlerinde kullanılan emisyon faktörü formülleri için duyarlılık analizi çalışması yapılmış olup alt başlıklar halinde sunulmuştur.

### **Taşıma**

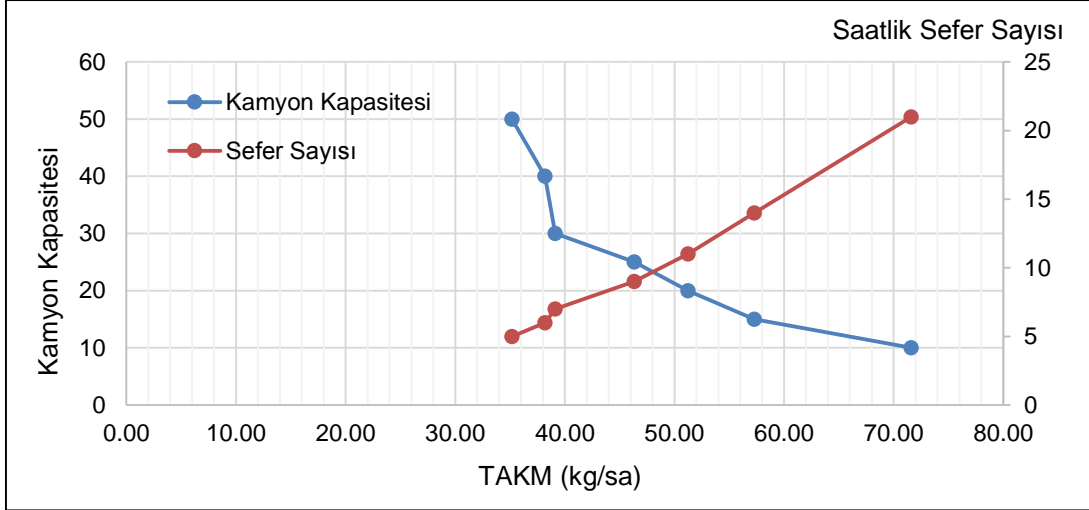
Toz emisyon değerlerinin karşılaştırılmasında sunulan Türkiye dışındaki diğer ülkelerde taşıma faaliyeti için kullanılan ortak hesaplama yöntemi USEPA tarafından sunulan silt içeriği ve ortalama kamyon ağırlığının değişken olarak kullanıldığı eşitlik (Eşitlik 14). Kalker Ocağı Maden Modelinde uygulanan silt içeriği değerleri %1,5 ile %10,7 arasında değişirken kamyon ağırlığı ortalama 29 ton olarak alınmıştır. Bu iki parametreye göre aktivite verisi hesaba katılmadan elde edilen analizler Şekil 4.5'te sunulmaktadır.



**Şekil 4.5.** Duyarlılık Analizi - Taşıma Emisyon Faktörü (kg/km araç)

Modelde uygulanan aktivite verisinin hesaba katılması ile elde edilen sonuç ise Şekil 4.6'da sunulmaktadır. Bu grafikte cevherin kırıcıya taşınması için kullanılan 2 km yol mesafesi esas alınarak değişen kamyon kapasitesi ve dolayısıyla saatlik sefer sayısına göre TAKM miktarları gösterilmektedir.

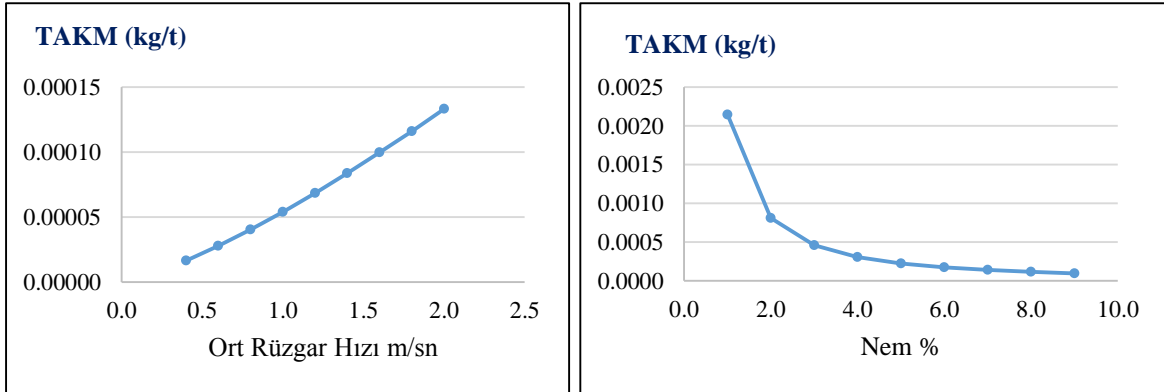
Yapılan analizlere göre taşıma emisyon faktörü incelendiğinde silt içeriğinin ve kamyon kapasitesinin artışı TAKM miktarını arttırdığı görülmektedir. Ancak aktivite verileri ile emisyon değerine bakıldığında alınan mesafe değiştirilmeden yüksek kapasitede kamyon kullanıldığında sefer sayısı azalmakta, dolayısıyla toz oluşumu daha az olmaktadır.



Şekil 4.6. Duyarlılık Analizi - Taşıma Emisyon Faktörü (kg/sa)

### Yükleme ve Boşaltma

Parçalanmış veya kırılmış olan malzemenin yüklenmesi ve boşaltılması sırasında oluşan toz emisyonunun hesaplanması için kullanılan USEPA tarafından geliştirilen eşitlik (Eşitlik 10) Amerika, Kanada ve Avustralya'daki uygulamalarda ortak olarak kullanılmaktadır. Bu formülde değişken parametreler ortalama rüzgar hızı ve malzemenin nem içeriğidir. Kireçtaşı Ocağı Maden Modelinde %8,8 ile %12,5 arasında nem değerleri kullanılmış olup ortalama rüzgar hızı 13,6m/sn alınmıştır. Söz konusu iki parametreye göre aktivite verisi hesaba katılmadan elde edilen analizler Şekil 4.7'de sunulmaktadır.



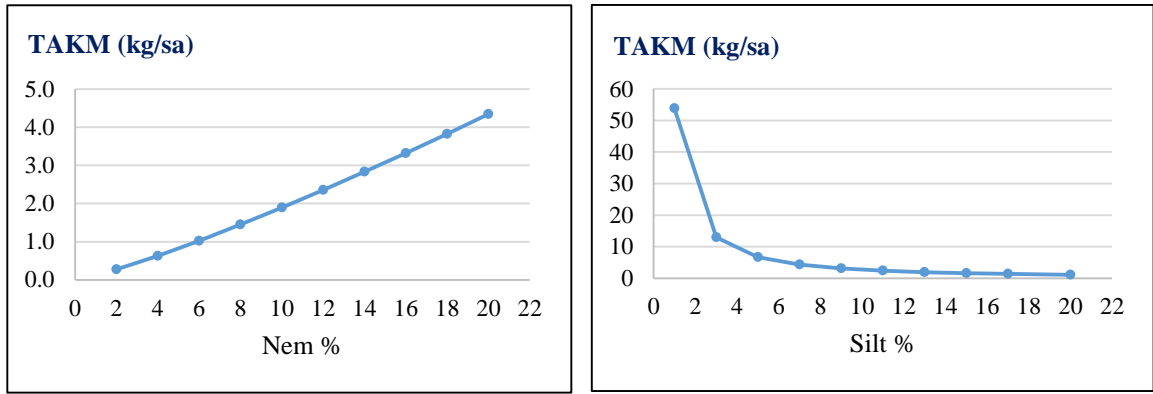
Şekil 4.7. Duyarlılık Analizi - Yükleme ve Boşaltma Emisyon Faktörü

Yükleme ve boşaltma emisyon faktöründe malzemenin nem içeriği sabit tutulduğunda rüzgar hızı ile TAKM arasında doğrusala yakın bir orantı görülmekte olup 1m/sn'lik rüzgar artışında 1 ton malzemedan ortalama 0,00008 kg emisyon oluşmaktadır. Ortalama rüzgar

hızı sabit tutulduğunda ise malzemenin nem içeriğinin %0'dan %3'e çıkması emisyon değerinde önemli derecede azalma sağlamaktadır.

### **Buldozer ile yükleme (kazıma ve yükleme)**

Bitkisel toprağın yüklenmesinde ve pasanın patlatma yapılmadan kazılarak yüklenmesi sırasında oluşan toz miktarının hesaplamasında kullanılan emisyon faktörü formülünde (Eşitlik 8) değişken parametreler malzemenin nem ve silt içeriğidir. Karşılaştırmada sunulan Türkiye dışındaki ülkelere ait uygulamalarda ortak olarak kullanılan bu formüle ait iki parametreye göre aktivite verisi hesaba katılmadan elde edilen analizler Şekil 4.8'de sunulmaktadır.



**Şekil 4.8.** Duyarlılık Analizi - Buldozer ile Yükleme Emisyon Faktörü

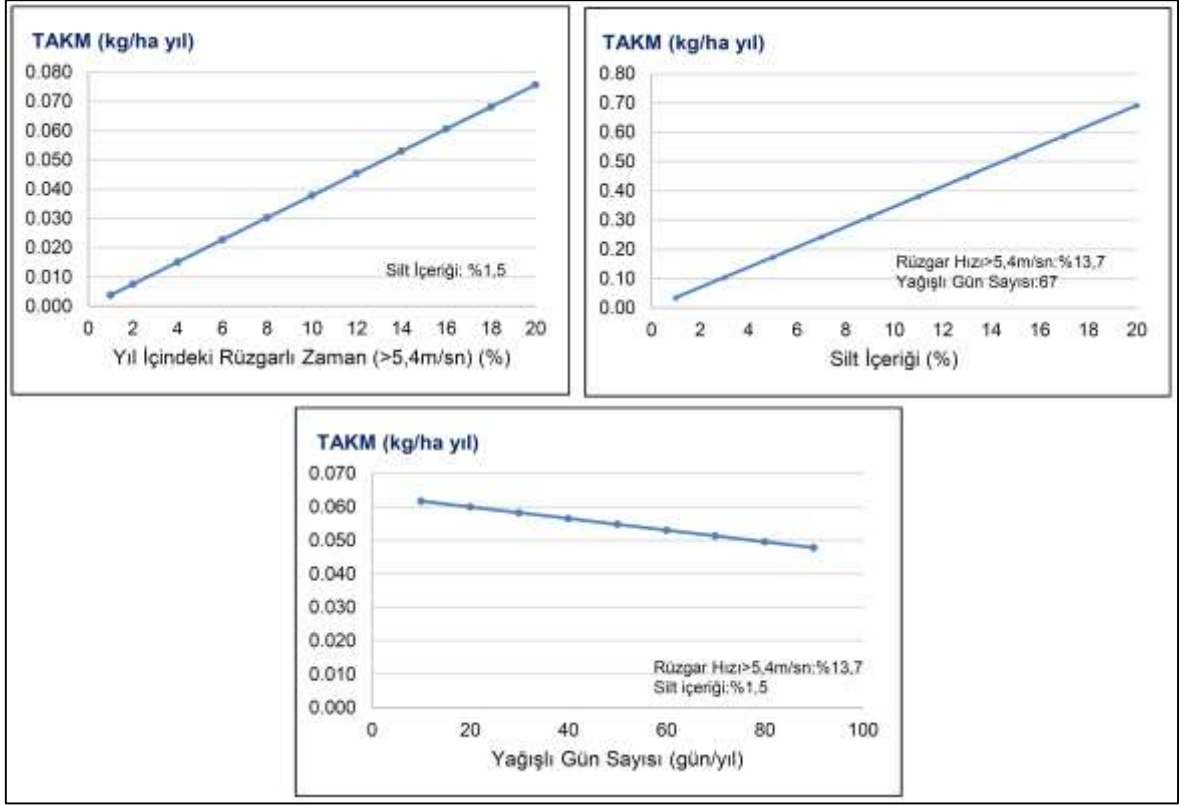
Kazıma ve yükleme işlemlerinin aynı iş makinasıyla yapılmasına olanak sağlayan buldozer kullanımına ait emisyon faktöründe silt içeriği sabit tutulduğunda nem değerleri arttıkça formülde ters orantı kurulduğu için toz miktarının da arttığı görülmektedir. Nem sabit tutulduğunda ise silt içeriğinin %0'dan %5'e çıkması emisyon değerinde önemli derecede azalma sağlamaktadır. Bu durum yükleme ve boşaltma formülündeki nem ile TAKM arasındaki ilişkiye benzer bir eğilim göstermektedir.

### **Aktif Stok Yığını veya Depolama Alanı**

Aktif işlemlerin sürdüğü stok veya depolama alanlarından kaynaklı rüzgar erozyonu sırasında oluşan toz emisyonunun hesaplanabilmesi için Kanada ve Avustralya uygulamalarında kullanılan formülde (Eşitlik 21) değişken parametreler malzemenin silt içeriği, yıl içinde 5,4 m/sn'den yüksek rüzgar hızı görülen zamanın yüzde olarak oranı ve yıl

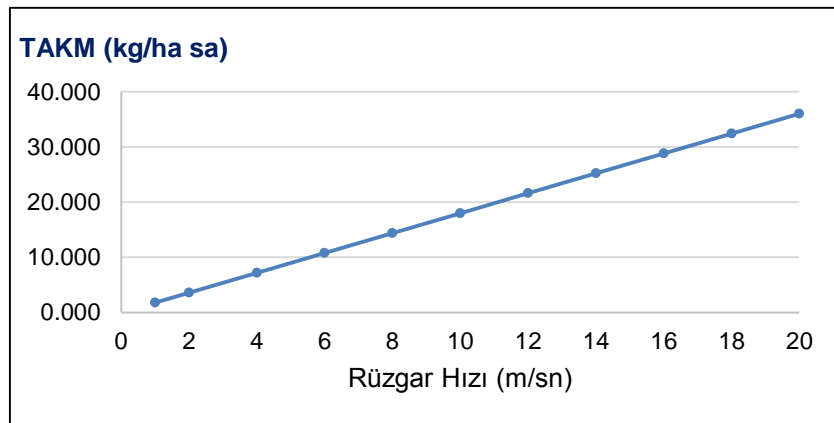


içinde 0,254mm'den fazla yağış alan gün sayısıdır. Bu parametrelere göre aktivite verisi hesaba katılmadan elde edilen analizler Çizelge 4.9'da sunulmaktadır.



Şekil 4.9. Duyarlılık Analizi – Aktif Stok/Depolama Alanı Emisyon Faktörü (CA&AU)

Diğer yandan Amerika'daki uygulamalarda kullanılan emisyon faktöründe değişken parametre olarak sadece rüzgar hızı hesaba katılmış olup duyarlılık analizi Şekil 4.10'da sunulmaktadır.

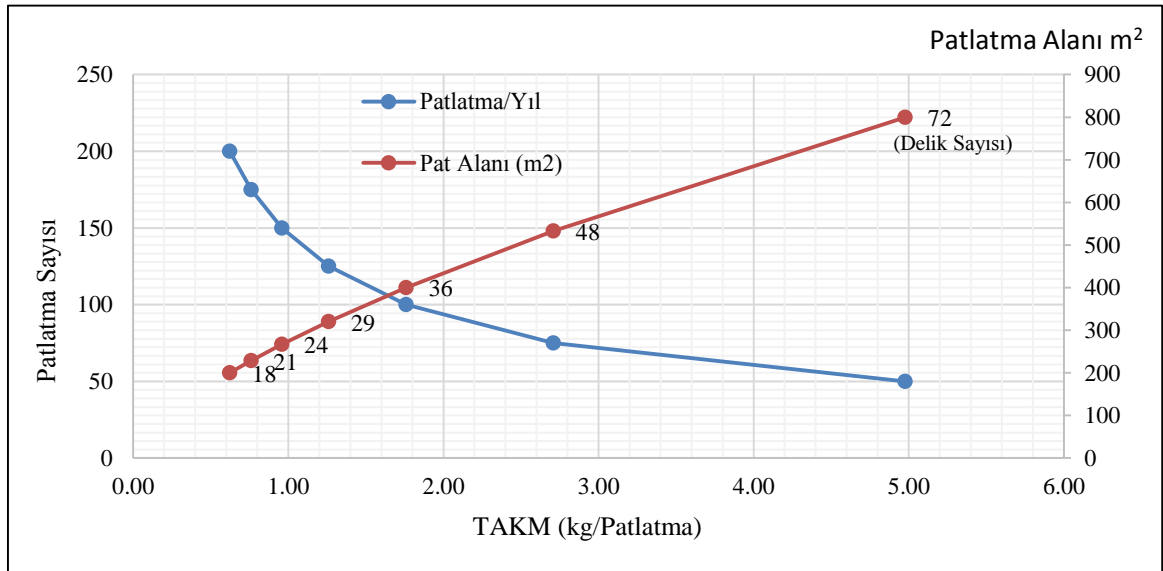


Şekil 4.10. Duyarlılık Analizi – Aktif Stok/Depolama Alanı Emisyon Faktörü (US)

Aktif stok yığınları veya depolama alanları için Kanada ve Avustralya’da kullanılan emisyon faktöründe yıl içindeki rüzgarlı zaman oranının ve silt içeriğinin TAKM ile ilişkisi doğru orantılı bir artış gösterirken yağışlı gün sayısının artışı beklendiği gibi TAKM emisyonunu azaltmaktadır. Diğer yandan Amerika’da uygulanan emisyon faktörü formülünde sadece rüzgar hızı değişken olarak alınmakta olup 1m/sn’lik rüzgar hızı artışı ortalama 1,8kg TAKM emisyonuna sebep olmaktadır. En kötü koşula göre oluşturulmuş bu formülde sürekli rüzgarın estiği varsayılmıştır. Oysaki yıl içindeki yüksek rüzgarlı günlerin dağılımının ve hatta yağışlı gün sayısının dikkate alındığı Kanada ve Avustralya’da uygulanan formülle çok daha düşük miktarda ve karakteristik emisyon değerleri hesaplanmaktadır.

### **Patlatma**

Patlatma için USEPA’nın geliştirdiği emisyon faktörü ise Amerika, Kanada ve Avustralya’daki uygulamalarda ortak olarak kullanılan hesaplama yöntemi olup formülde değişken parametre olarak patlatma alanı kullanılmaktadır. Patlatma alanının değişkenliği ile TAKM miktarındaki değişimlerin gösterildiği Şekil 4.11’de patlatma alanını etkileyen yıllık patlatma sayısı ve delik sayısı verilerinin değişimleriyle oluşan TAKM miktarları da sunulmaktadır.



**Şekil 4.11.** Duyarlılık Analizi – Patlatma Emisyon Faktörü

Patlatma için USEPA'nın geliştirdiği emisyon faktöründe ise değişken parametre olarak patlatma alanı önem taşımaktadır. Yıllık patlatma sayısından yola çıkılarak belirlenen delik sayısı ve tasarlanan delme paterni patlatma alanını belirleyen değişkenlerdir. Emisyon faktörüne göre yıl içinde patlatma sayısının düşürülmesi delik sayısını ve dolayısıyla patlatma alanını arttırdığından toz emisyonunu da arttırmaktadır.

#### 4.4. Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

Model kapsamındaki madencilik faaliyetlerinden kaynaklı birim zamanda atmosfere yayılan toz emisyonlarının yer seviyesinde gösterdiği dağılımın etki değerlendirme açısından karşılaştırılabilmesi için Bölüm 2.4'te detaylı olarak anlatılan Türkiye mevzuatı çerçevesinde belirlenen hava kalitesi standartlarına göre aşağıdaki kategorilerde sonuç değerler elde edilmiştir.

- Kuru Çökme Kısa Vadeli Değer: Kuru çökme için en yüksek aylık ortalama değer
- Kuru Çökme Uzun Vadeli Değer: Kuru çökme için yıllık ortalama değer
- PM10 Kısa Vadeli Değer: En yüksek ortalama günlük PM10 değerlerinin %95'ine denk gelen değer (300gün üzerinden hesaplanarak 15. değer alınmıştır)
- PM10 Uzun Vadeli Değer: PM10 için en yüksek yıllık ortalama değer
- PM10 35. Değer: PM10 için en yüksek 35. günlük ortalama değer

Yukarıda listelenen hava kalitesi değerlerinin elde edilebilmesi için Türkiye, Amerika, Kanada ve Avustralya için hesaplanan emisyon değerlerinin AERMOD hava kalitesi modelleme programına uygun birimlerde girilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda patlatma için modele girilen emisyon debileri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

#### **Amerika, Kanada ve Avustralya:**

$$1,79\text{kg/patlatma} \times \frac{1}{400\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ patlatma}}{1 \text{ sn}} \times \frac{1000\text{gr}}{\text{kg}} \times \frac{1\text{sa}}{3600\text{sn}} = 1,24 \times 10^{-3}\text{gr/sn m}^2$$

#### **Türkiye:**

$$810,00\text{kg/patlatma} \times \frac{1}{400\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ patlatma}}{1 \text{ sn}} \times \frac{1000\text{gr}}{\text{kg}} \times \frac{1\text{sa}}{3600\text{sn}} = 0,5\text{gr/sn m}^2$$

Patlatma dışındaki faaliyetler için belirlenen saatlik toplam emisyon debileri AERMOD'ta belirtilen birime (gr/sn) çevrilerek Çizelge 4.6'da görüldüğü şekilde girilmiştir:

**Çizelge 4.6.** Hava Kalitesi Modelinde Kullanılan Emisyon Değerleri

Ülke	TAKM (g/sn)	
	Kontrolsüz	Kontrollü
Türkiye	96,71	15,65
Amerika	44,85	23,16
Kanada	43,35	22,34
Avustralya	45,88	24,16

Kaynak gruplarına ait gerekli olan parça boyut oranları her bir faaliyete ait TAKM ve PM10 emisyon değerlerinin oranlarından belirlenmiştir. Patlatma için %52, patlatma dışındaki diğer faaliyetler için de değerlerin ortalaması alınarak elde edilen %36 PM10 oranı modele girilmiştir.

Modellemede istenen kategorilere göre dört ülke için de elde edilen sonuçlar kontrollü ve kontrolsüz koşullar için Türkiye’de yürürlükte olan sınır değerlerle birlikte Çizelge 4.7’de ve Çizelge 4.8’de gösterilmektedir.

**Çizelge 4.7.** AERMOD Hava Kalitesi Model Sonuçları – Kontrolsüz Emisyonlar

Kaynak	Ülke	Kontrolsüz				
		PM10 (µg/m3)			Çöken Toz (mg/m2 gün)	
		KVD	UVD	35. Veri	KVD	UVD
Türkiye Sınır Değer		90	56	50	390	210
Maden	Türkiye	1938,72	900,57	1408,00	1560,76	599,94
	Amerika	899,06	417,63	652,95	723,76	278,20
	Kanada	869,05	403,69	631,15	699,60	268,93
	Avustralya	919,71	427,22	667,94	740,40	284,64
Patlatma	Türkiye	6085,48	195,45	0,00	2558,92	401,87
	Amerika	1,07	0,49	0,00	6,40	1,00
	Kanada	1,07	0,49	0,00	6,40	1,00
	Avustralya	1,07	0,49	0,00	6,40	1,00

**Çizelge 4.8.** AERMOD Hava Kalitesi Model Sonuçları – Kontrollü Emisyonlar

Kaynak	Ülke	Kontrollü				
		PM10 (µg/m3)			Çöken Toz (mg/m2 gün)	
		KVD	UVD	35. Veri	KVD	UVD
Türkiye Sınır Değer		90	56	50	390	210
Maden	Türkiye	<b>313,72</b>	<b>145,73</b>	<b>227,84</b>	252,56	97,08
	Amerika	<b>464,26</b>	<b>215,66</b>	<b>337,17</b>	373,76	143,67
	Kanada	<b>447,83</b>	<b>208,02</b>	<b>325,24</b>	360,52	138,58
	Avustralya	<b>484,31</b>	<b>224,97</b>	<b>351,73</b>	<b>389,88</b>	148,20
Patlatma	Türkiye	<b>431,53</b>	<b>195,45</b>	0,00	<b>2558,92</b>	<b>401,87</b>
	Amerika	1,07	0,49	0,00	6,36	1,00
	Kanada	1,07	0,49	0,00	6,36	1,00
	Avustralya	1,07	0,49	0,00	6,36	1,00

Sonuçlar incelendiğinde patlatma dışındaki faaliyetlerden kaynaklı emisyon miktarları kontrollü ve kontrolsüz koşullarda PM10 için sınırların üzerinde değer alırken çöken toz için sadece kontrollü koşulda sınırların altında değer almaktadır. Patlatma faaliyetinden kaynaklı emisyon hesabı Amerika, Kanada ve Avustralya’da aynı yöntem ile hesaplandığından model sonuçlarında da bu ülkeler için aynı değerler edilmiş ve tüm sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan Türkiye mevzuatındaki emisyon faktörüne göre hesaplanan patlatma kaynaklı emisyon değeri diğer ülkeler için elde edilen değerden 452 kat daha fazla olduğundan model sonuçları da önemli derecede yüksek çıkmıştır. Bu farklılığın temel sebebi Türkiye için her madende uygulanan sabit sayısal bir emisyon faktörünün kullanılarak bir patlatmadan elde edilen malzemenin aktivite verisi olarak uygulanmasıdır. Yerüstü madenlerinde patlatma faaliyeti ile kayaçların istenen boyutta parçalanması ve etrafa saçılmadan olduğu yerde gevşetilmesi amaçlanmaktadır. Günümüzde madenlerin hemen hepsinde deliklerin belirli milisaniye zaman aralıklarında teker teker patlatıldığı gecikmeli patlatma tekniği uygulanarak hem titreşim etkisi kontrol edilebilmekte hem de toz oluşumu da en aza indirilmektedir.

Modelleme sonucu elde edilen kontrolsüz ve kontrollü koşullara ait değerlerin değişimleri incelendiğinde Çizelge 4.9’da görüldüğü gibi hesaplama sonucunda elde edilen değerlerle benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bu durum modelin çalıştırıldığı bölgede toz emisyonu azaltma tekniklerinin uygulanabilirliğini, diğer bir deyişle beklenen oranda partikül madde emisyonunun azalacağını ifade etmektedir.

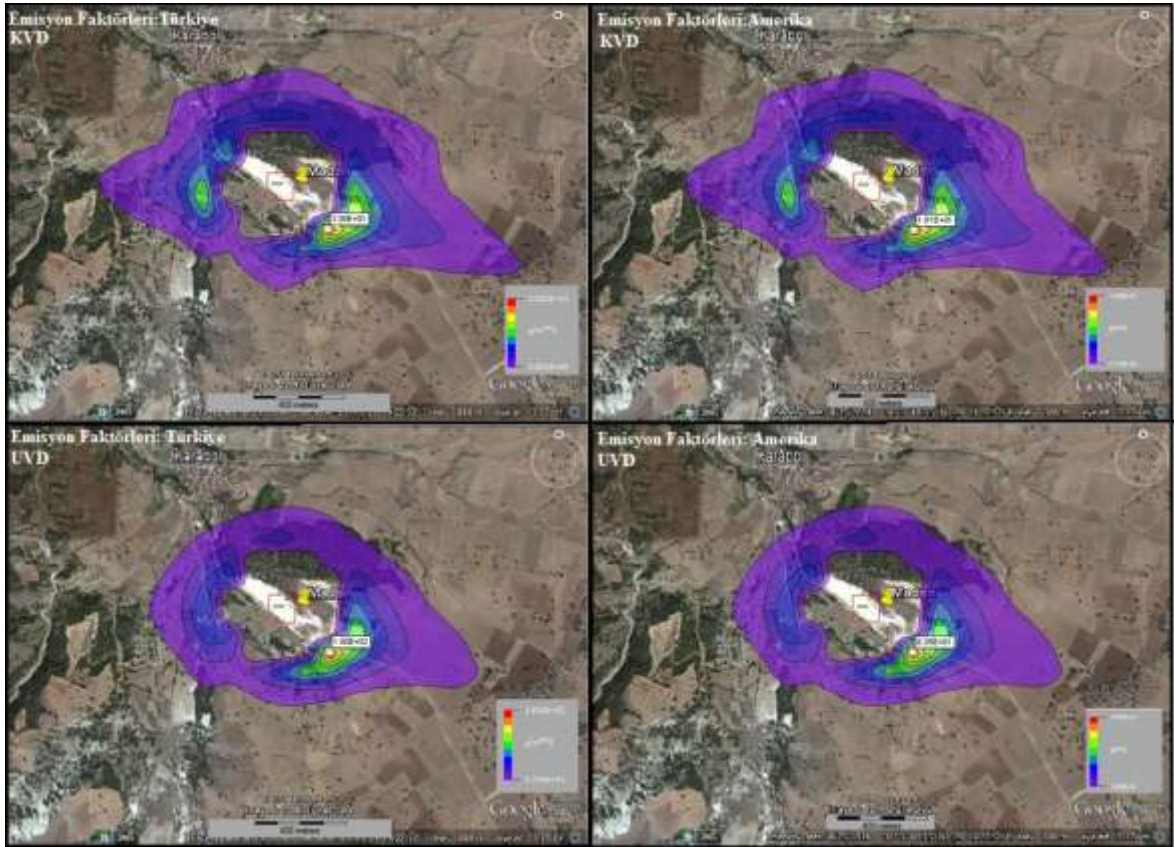
**Çizelge 4.9.** Emisyon Azaltma Verimliliklerine Ait Değişimlerin Karşılaştırılması

Ülke	Hesaplanan Emisyon Değerlerine Göre Belirlenen Ortalama Oranlar	Model Sonucu Elde Edilen Değerler Göre Belirlenen Ortalama Oranlar
Türkiye	% 83,82	% 83,82
Amerika	% 48,36	% 48,36
Kanada	% 48,46	% 48,47
Avustralya	% 47,34	% 47,93

Modelleme ile elde edilen sonuçlara ait partikül dağılım haritaları incelendiğinde toz konsantrasyonunun maden alanı yakın çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir. Patlatma dışındaki madencilik faaliyetlerinden kaynaklı kontrolsüz koşullar için toz konsantrasyonu değerlerinin AERMOD ile elde edilen yer seviyesi dağılımları karşılaştırıldığında aylık en yüksek kuru çökme değerleri (KVD) Şekil 4.12’de görüldüğü gibi toz kaynağı olarak

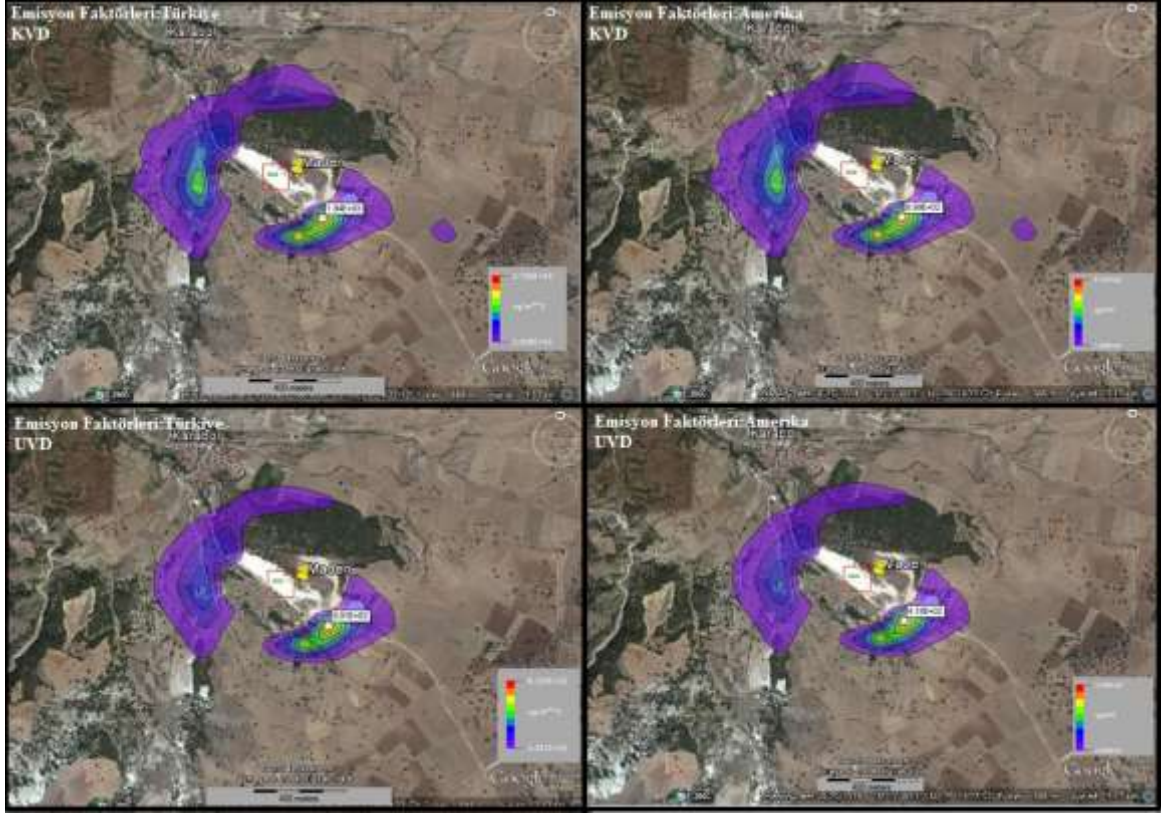
belirlenen alandan (kırmızı kare) yaklaşık 400m güneydoğusunda Türkiye için  $39\text{g/m}^2$  ( $1300\text{mg/m}^2$  gün), Amerika için  $18\text{g/m}^2$  ( $600\text{mg/m}^2$  gün) olarak okunmaktadır. Yıllık ortalama kuru çökeltme değerleri (UVD) ise Türkiye için  $180\text{g/m}^2$ , Amerika için  $83,5\text{g/m}^2$  olarak görülmektedir. Hakim rüzgar yönünün kuzey batı olması toz dağılımlarının güney doğuya yönelmesini sağlamakta ve emisyon kaynağından itibaren bu yönde kuru çökeltmenin en uzak görüldüğü alan yaklaşık 1100m uzaklıkta Amerika için  $2,7\text{g/m}^2$  ay ( $90\text{mg/m}^2$  gün), Türkiye için  $5,8\text{g/m}^2$  ay ( $193\text{mg/m}^2$  gün) olarak görülmektedir.

Patlatma dışındaki madencilik faaliyetlerinden kaynaklı kontrolsüz koşullar için yer seviyesi PM10 değerleri karşılaştırıldığında Şekil 4.13'de görüldüğü gibi günlük konsantrasyon değerlerinin %95'inci en yüksek değerler (KVD) Türkiye için  $1940\text{ }\mu\text{g/m}^3$  iken Amerika için  $899\text{ }\mu\text{g/m}^3$ , yıllık ortalama değerler (UVD) ise Türkiye için  $901\text{ }\mu\text{g/m}^3$  iken Amerika için  $418\text{ }\mu\text{g/m}^3$  olarak okunmaktadır.

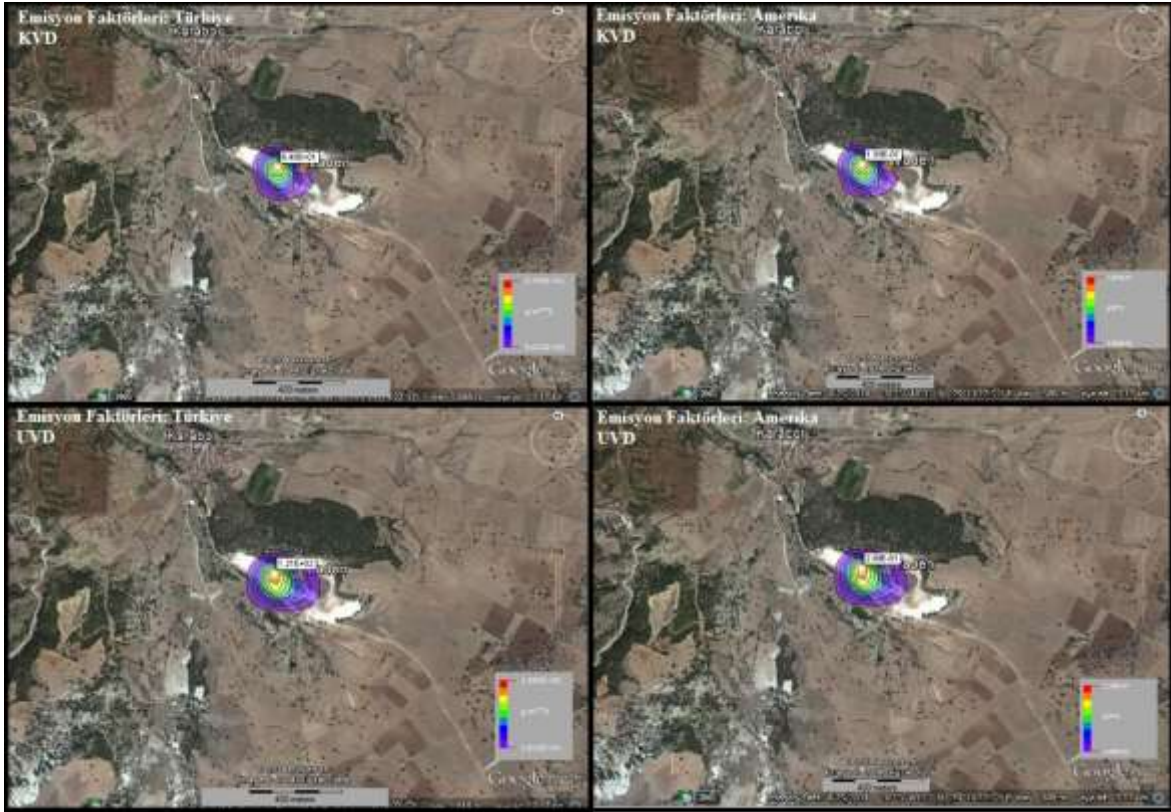


Şekil 4.12. Kuru Çökeltme Değerleri (Maden)

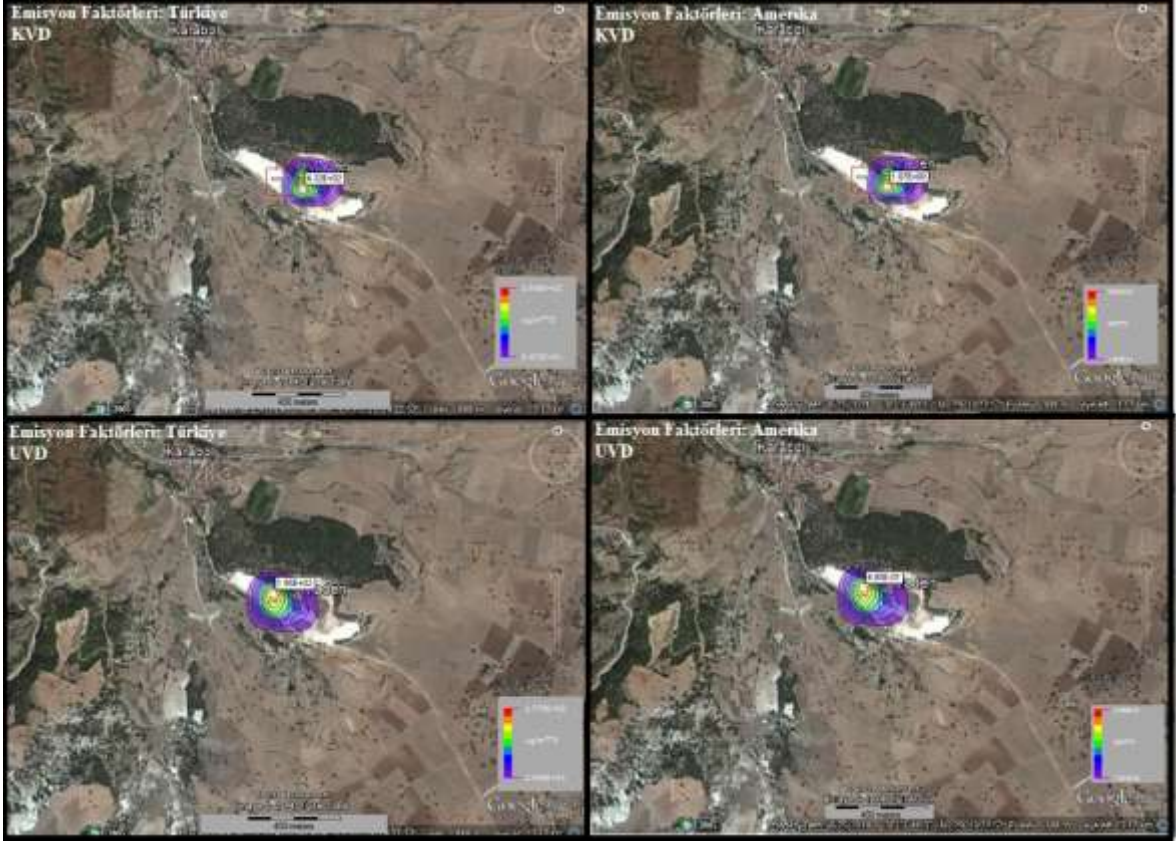




Şekil 4.13. Yer Seviyesi PM10 Değerleri (Maden)



Şekil 4.14. Kuru Çökeltme Değerleri (Patlatma)



**Şekil 4.15.** PM10 Değerleri (Patlatma)

Patlatmadan kaynaklı toz konsantrasyonu değerlerinin AERMOD ile elde edilen yer seviyesi dağılımları karşılaştırıldığında ise aylık en yüksek kuru çökeltme değerleri (KVD) Şekil 4.14’de görüldüğü gibi toz kaynağı olarak belirlenen patlatmanın yapıldığı alanda (yeşil kare) Türkiye için  $64\text{g/m}^2$ , Amerika için  $16\text{g/m}^2$  olarak okunmaktadır. Yıllık ortalama kuru çökeltme değerleri (UVD) ise Türkiye için  $121\text{g/m}^2$ , Amerika için  $30\text{g/m}^2$  olarak görülmektedir.

Patlatma kaynaklı yer seviyesi PM10 değerleri karşılaştırıldığında ise Şekil 4.15’da görüldüğü gibi günlük konsantrasyon değerlerinin %95’inci en yüksek değerler (KVD) Türkiye için  $432\ \mu\text{g/m}^3$  iken Amerika için  $1,07\ \mu\text{g/m}^3$ , yıllık ortalama değerler (UVD) ise Türkiye için  $195\ \mu\text{g/m}^3$  iken Amerika için  $0,48\ \mu\text{g/m}^3$  olarak okunmaktadır.

Kontrollü ve kontrolsüz emisyon faktörlerinin bulunduğu Türkiye için her iki durum karşılaştırıldığında ise kuru çökeltme için aylık en yüksek değer  $39\text{g/m}^2$ ’den  $6,31\text{g/m}^2$ ’ye, yıllık ortalama değer  $180\text{g/m}^2$ ’den  $29,1\text{g/m}^2$ ’ye, PM10 değerlerinde ise günlük konsantrasyon değerlerinin %95’inci en yüksek değeri  $1940\ \mu\text{g/m}^3$ ’den  $314\ \mu\text{g/m}^3$ ’e, yıllık ortalama değer ise  $901\ \mu\text{g/m}^3$ ’den  $146\ \mu\text{g/m}^3$ ’e düşmektedir.



Diğer ülkelere ait AERMOD hava kalitesi modelinden elde edilen emisyon dağılımları ise Ek-2’de sunulmaktadır.

Hava kalitesi standartları tesis alanı çevresinde özellikle en yakın yerleşimler için sınır değer özelliğini taşımaktadır. Maden alanı içerisinde toz ile ilgili sınır değerler iş güvenliği konusu altına girmekte olup 5 Kasım 2013 tarih ve 28812 sayılı resmi gazetede yayımlanan Tozla Mücadele Yönetmeliği’nde belirtilen özelliği olan kayaç ve mineraller maruziyet sınır değeri solunabilir kısım ( $5\mu\text{m}$ ’den küçük partiküller) için  $5\text{ mg/m}^3$ , toplam toz için ise  $15\text{mg/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Bu sınır değerlere göre model sonuçları değerlendirildiğinde ortalama PM10 değerleri  $5\text{mg/m}^3$ ’ün altında görülmektedir.

## 5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yerüstü madenciliği faaliyetlerinden kaynaklanan kaçak toz emisyonlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan emisyon faktörlerinin Türkiye, Amerika, Kanada ve Avustralya'da mevzuat ve düzenlemeler çerçevesinde sunulan uygulanış yöntemleri tez çalışması kapsamında incelenmiştir.

Tipik bir yerüstü maden modeli için literatür araştırmalarına göre belirlenen karakteristik özellikler ve teorik hesaplara göre oluşturulan operasyonel veriler yardımıyla öncelikle emisyon faktörü formülleri, ardından emisyon değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen toplam emisyon değerlerine göre Türkiye emisyon faktörleriyle hesaplanan emisyon değerleri birbirine benzerlik gösteren diğer ülkelerin emisyon değerlerinden oldukça farklılık göstermektedir. Yerüstü madenciliğinin temel faaliyetlerinden taşıma sırasında oluşan toz emisyonu literatür araştırmalarına göre en yüksek emisyon kaynağı olup bu durum Amerika, Kanada ve Avustralya'da uygulanan emisyon faktörüyle hesaplanan emisyon miktarında da aynı şekilde görülmektedir. Ancak Türkiye'de uygulanan emisyon faktörleri ile elde edilen emisyon değerlerinde en yüksek emisyon kırıncılar için hesaplanmış ve diğer ülkelere göre önemli derecede yüksek değerler elde edilmiştir. Taşıma faaliyetine ilişkin Türkiye için hesaplanan emisyon değeri diğer ülkelerin değerlerinden 3,8 kat daha az çıkarken yükleme ve boşaltma işlemlerinde de yaklaşık aynı oranda daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Toz azaltma yöntemlerinin uygulandığı koşullarda hesaplanan kontrollü emisyon miktarları Türkiye'de kontrollü emisyon faktörleri ile hesaplanırken diğer üç ülkede emisyon indirgeme yöntemine ait emisyon azaltma verimlilikleri hesaba katılmaktadır. Türkiye'de sunulan kontrolsüz ve kontrollü emisyon faktörlerinin her bir faaliyet için toz azaltma oranları yaygın kullanılan toz azaltma yöntemlerinin verimlilikleri ile uygunluk göstermektedir. Ancak kontrollü ve kontrolsüz emisyon miktarları arasındaki toz azaltma verimlilikleri her ülke için hesaplandığından Türkiye için ortalama %84 oranında tozun azaldığı görülürken diğer ülkelerde bu oran %50 civarındadır. Bu durum başta kırıncılar ve taşıma faaliyeti olmak üzere kullanılan emisyon faktörlerindeki farklılıklardan ileri gelmektedir.

Gelişmiş ülkelerde yerüstü madenciliği için kullanılan toz emisyon hesaplama yöntemleriyle gelişmekte olan Türkiye'deki uygulamalar arasında belirlenen bu önemli farklılıklar projelerin etki değerlendirme çalışmalarında gerçekten uzak bir değerlendirme yapılması riskinin arttığını göstermektedir. Madencilik faaliyetleri oldukça çeşitlidir ve tüm madenler

için geçerli olacak mutlak bir standart tanımlamak çok zordur. Malzeme (cevher veya pasa) özellikleri, madencilik yöntemi, operasyonel-işleme faaliyetlerinin yanı sıra atmosferik koşullar ve konum her madene özgü parametreler olduğundan maden sahaları karakteristik özelliklerine göre değerlendirilmelidir. Dolayısıyla gerçeğe yakın emisyon değerlerinin tahmin edilmesine yönelik, madencilik operasyonlarının karakteristik özelliklerinin de hesaba katıldığı formüllerin kaçak toz hesaplamalarında kullanılması yerüstü madenciliği projelerinin değerlendirilmesinde olumlu yönde katkı sağlayacaktır.

Emisyon hesaplamaları akabinde kaçak toz emisyonlarının yer seviyesindeki dağılımları ile ilgili değerlendirmelerde Türkiye’de özellikle endüstriyel hammadde ocaklarına yönelik projelerde Gauss Modeli uygulanmaktadır. Almanya Hava Kalitesi yönetmeliğinden alınarak 1986 yılında yayımlanan Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği’ne dahil edilen Gauss Modeline ait eşitlikler ve katsayılar [128] hava kalitesi modellemesi için yetersiz kalmakla birlikte sürekli emisyon kaynaklarına yönelik oluşturulduğundan anlık emisyon kaynağı olan patlatma faaliyetleri için kullanılması uygun değildir. Ancak hava kalitesi modelleme programlarının maliyetli olması ve bu programların kullanılması için yetkin personel azlığı nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir.

Tez çalışması kapsamında dört ülkeye ait elde edilen değerlerin Amerika Çevre Kurumu (USEPA) tarafından geliştirilen AERMOD hava kalitesi modeli kullanılarak elde edilen yer seviyesi konsantrasyonları Türkiye’de uygulanan hava kalitesi standartlarının üzerinde görülmektedir. Ancak model sonuçlarının harita üzerindeki dağılımları incelendiğinde yüksek seviyedeki değerlerin maden sahası içinde ve yakın çevresinde gözlemlendiği maden çevresindeki etki alanında değerlerin önemli derecede düştüğü gözlenmektedir.

Yerüstü madenciliğinde sürekli gerçekleştirilen faaliyetlere ek olarak anlık emisyonun uygulandığı patlatma faaliyetlerinden kaynaklı toz emisyon değerleri Amerika, Kanada ve Avustralya’da USEPA tarafından geliştirilen emisyon faktörüyle patlatma alanı dikkate alınarak hesaplanırken Türkiye’de sayısal emisyon faktörü değeri ile belirlenmektedir. Elde edilen emisyon değerleri incelendiğinde hesaplama yönteminden kaynaklı olarak önemli derecede farklılığın olduğu görülmüştür. USEPA tarafından geliştirilen formülde alansal bir yöntem kullanılırken Türkiye için yapılan hesaplamada hacimsel bir yaklaşım söz konusudur.

Özellikle derin yataklarda uygulanan açık ocak madenlerinde basamaklarla oluşturulan çukur şeklindeki ocak yapısının oluşturulmaya başlamasıyla açık ocak içinde mikroklima

etkisi yaratan hava sirkülasyonu meydana gelebilmektedir [101]. Tozun büyük bir kısmı basamaklara çarparak ocak içinde çökerken az bir kısmı askıda kalarak ocak dışına çıkabilmektedir. Dolayısıyla bu tip madenlerde açık ocaktan kaynaklı tozların madenin diğer faaliyetlerinden ayrı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bir maden işletmesinin toplam kaçak toz miktarı hesaplanırken söz konusu madenden kaynaklı olmayan kaçak toz emisyon kaynaklarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu toz miktarı maden alanı sınırında hakim rüzgar yönü doğrultusundaki sürekli ölçümlerle ayrıntılı olarak değerlendirilebileceği gibi temsili ölçümler ile ortalama olarak belirlenebilmektedir. Ayrıca madencilik faaliyetleri kaynaklı toplam toz emisyonlarının çok yüksek çıktığı durumlarda (örneğin belirli bir zamana ait emisyon değerlerinin daha önce alınan ölçümlere göre ciddi oranda yüksek çıkması gibi) global ölçekte gerçekleşen toz taşınımlarının da dikkate alınması önerilmektedir.

Yerüstü madenciliğinden kaynaklanan kaçak toz emisyonlarının partikül madde emisyon faktörleriyle hesaplanarak belirlendiği bu çalışma kalker madenciliği örnek alınarak yürütülmüştür. Madencilik faaliyetlerinde uygulanan yöntemler, cevher yapısı ve özellikleri ile sahaya özgü topoğrafik ve iklimsel koşullar her madende farklılık gösterdiğinden söz konusu kaçak toz emisyon değerleri her madene ait parametrelerle hesaplanmalıdır. Özellikle taşıma ve kırıcılardan kaynaklanan kaçak toz emisyon değerleri Türkiye'nin sunduğu emisyon faktörleri ile Amerika, Kanada ve Avustralya'nın sunduğu emisyon faktörleri formüllerine göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu sebeple öncelikli olarak bu faaliyetlere ilişkin emisyon faktörleri saha ölçümleriyle desteklenmeli ve geliştirilmelidir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara göre madencilğe ek olarak madencilik faaliyetlerine benzer işlemlerin yürütüldüğü diğer endüstriyel tesislerde de işletme sahası içinde Türkiye'de uygulanan hava kalitesi standartlarının üzerinde toz oluşumu potansiyeli görülmektedir. İşletme sahalarında uygulanan toz azaltma tekniklerine ek olarak çalışanların da toza maruziyetini engellemek amacıyla kişisel koruyucu ekipman kullanılması iş sağlığı ve güvenliği yönünden bir gereklilik haline getirilmiştir. Dolayısıyla özellikle işletme sahası içinde uygulanan hava kalitesi standartlarının bu doğrultuda hassasiyetle uygulanması önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Huertas, J., Camacho, D., Huertas, M., Standardized emissions inventory methodology for open pit mining areas, *Environmental Science and Pollution Research*, 19(7), 2784-2794, **2012**.
- [2] Çevre ve Orman Bakanlığı, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, *Resmi Gazete*, **2009**.
- [3] Petavratzi, E., Kingman S., Lowndes, I., Particulates from mining operations: A review of sources, effects and regulations, *Minerals Engineering*, 18, 1183-1199, **2005**.
- [4] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, *Resmi Gazete*, Ankara, **2014**.
- [5] Güllü, G., Türkiye'de Çevresel Etki Değerlendirme Sürecinin Kritiği: Madencilik Sektörü, 3. *Madencilik ve Çevre Sempozyumu*, Ankara, **2009**.
- [6] Hartman, H., ve Mutmansky, J., *Introductory Mining Engineering*, 2. Baskı., New Jersey: John Wiley&Sons, **2002**.
- [7] Tamzok, N., Madencilik Politikası ve Maden Hukuku, *Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı*, Ankara, 1-2, **2005**.
- [8] Motorina, L., Ovehjnnikov, V., Reteyum, A., Land Disturbance and Reclamation, *Environmental Implications of Expanded Coal Utilization*, Oxford, 31-51, **1982**.
- [9] Akpınar, N., Kara D., Ünal, E., Açık Ocak Madenciliği Sonrası Alan Kullanım Planlaması, *Türkiye XII. Madencilik Kongresi*, **1993**.
- [10] Alp, S., *Kum, Kil ve Taş Ocakları Sektör Raporu*, İstanbul Ticaret Odası, **2004**.
- [11] Gauk Artifact, Surface Mining for Minerals & Metals, <http://gaukartifact.com/2013/03/12/surface-mining-for-minerals-metals/>. (Ocak **2015**).
- [12] Mining-Technology, Greenhills Canada, <http://www.mining-technology.com/projects/greenhills/greenhills5.html>. (Ocak **2015**).
- [13] Strip Mining, <http://paulsimanjuntak.files.wordpress.com/2011/06/strip-mining.jpg> (Ocak **2015**).

- [14] Surface Mining2, Furman University Wiki Server, <https://confluence.furman.edu:8443/display/GGY230F10/Surface+Mining2>. (Ocak **2015**).
- [15] Surface Mining, <http://theclaudeharvey.blogspot.com/2013/04/surface-mining.html>. (Ocak **2015**).
- [16] Spitz, K., Trudinger, J., *Mining and the Environment form Ore to Metal*, Taylor & Francis Group, İngiltere, 25, **2009**.
- [17] Huertas, J., Huertas, M., Cervantes, G., Diaz, J., Assessment of the Natural Sources of Particulate Matter on the Opencast Mines Air Quality, *Science of the Total Environment*, 493, 1047-1055, **2014**.
- [18] WHO (World Health Organisation), *Hazard Prevention and Contro in the Work Environment: Airborn dust, Chapter 1-Dust: definitons and Concepts*, İsviçre, **1999**.
- [19] USEPA (United States Environmental Protection Agency), Particulate Matter Basic İnformation, <http://www.epa.gov/pm/basic.html> (October **2014**).
- [20] Perrino, C., Atmospheric Particulate Matter, *C.I.S.B. Minisymposium*, Roma, İtalya, **2010**.
- [21] Mining and the Environment, Common Activities in Surface Coal Mining, [http://www.miningandtheenvironment.com/res\\_artwork.aspx?index=C](http://www.miningandtheenvironment.com/res_artwork.aspx?index=C). (January **2015**).
- [22] USEPA (United States Environmental Protection Agency), *AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 13.2 Fugitive Dust Sources*, North Carolina, **1995**.
- [23] Hubbard, S., Evaluation of Fugitive Dust Emissions From Mining, PEDCo-Environmental, Cincinnati, Ohio, **1976**.
- [24] Everett, K., Distribution and properties of road dust along the northern portion of the haul road, Brown, J., Berg, R., *Environmental emgineering and ecological baseline investigations along the Yukon River-Prudhoe Bay Haul Road, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CEREL Report*, 80(19), 101-128, **1980**.
- [25] Brown, J., Gordon, T., Price, O., Asgharian, B., Thoracic and respirable particle definitions for human health risk assessment, *Particle and Fibre Toxicology*, 10, 1-12, **2013**.

- [26] Atkinson, R., Fuller, G., Anderson, H., Harrison, R., Armstrong, B., Urban ambient particle metrics and health: a time series analysis, *Epidemiology*, 21, 501-11, **2010**.
- [27] Londahl, J., Pagels, J., Swietlicki, E., Zhou, J., Ketznel, M., Massling, A., Bohgard, M., A set-up for field studies of respiratory tract deposition of fine and ultrafine particles in humans, *Journal of Aerosol Science*, 37, 1152-1163, **2006**.
- [28] Valavinidis, A., Fiotakis, K., Vlachogianni, T., Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms, *Journal of Environmental Science and Health*, 26, Bölüm C, 339-362, **2008**.
- [29] Gautam, S., Prusty, B., Patra, A., Pollution due to particulate matter from mining activities, *Reciklaža i održivi razvoj*, 5, 53-58, **2012**.
- [30] Wilson, W., Suh, H., Fine particles and coarse particles: concentration relationships relevant to epidemiologic studies, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 47(12), 1238-1249, **2012**.
- [31] Watson, J., Chow, J., Reconciling urban fugitive dust emissions inventory and ambient source contribution estimates: Summary of current knowledge and needed research, *Desert Research Institute*, 6110.4F, 2-1,2-2, **2000**.
- [32] Süren, P., «Zonguldak Kent Merkezi Atmosferik Partikül Madde Kirliliğinin PM<sub>2,5</sub> ve PM<sub>10</sub> Boyut Dağılımı, Kaynak ve Metalik Kompozisyon Temelinde İncelenmesi,» Balıkesir, **2007**.
- [33] Hien, P., Bac, V., Tham, H., Nihan, D., Vinh, L., Influence of meteorological conditions on PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>2,5-10</sub> concentrations during the monsoon season in Hanoi, Vietnam, *Atmospheric Environment*, 36, 3473-3484, **2002**.
- [34] Lundgren, D., Burton, R., Effect of particle size distribution on the cut point between fine and coarse ambient mass fractions, *Inhalation Toxicology*, 7, 131-148, **1995**.
- [35] Godoi, R., Braga, D., Makarovska, Y., Alfoldy, B., Filho, M., Grieken, R., Godoi, A., Inhale particulate matter from lime industries: Chemical composition and deposition in human respiratory tract, *Atmospheric Environment*, 42, 7027-7033, **2008**.
- [36] Alkasasbeh, M., Sheta, A., Faris, H., Turabieh, H., Prediction of PM<sub>10</sub> and TSP air pollution parameters using artificial neural network autoregressive, external

- input models: a case study in salt Jordan, *Middle-East Journal of Scientific Research*, 14, 999-1009, **2013**.
- [37] Attalla, M., Day, S., Lilley, W., Morgan, S., NO<sub>x</sub> emissions from blasting operations in open-cut coal mining, *Atmospheric Environment*, 42, 7874-7883, **2008**.
- [38] Nevers, N., *Air Pollution Control Engineering*, 2. Baskı, Singapore: McGraw-Hill International Editions, **2000**.
- [39] Güyagüler, T., Karakaş, Y., Güngör, A., *Occupational Health and Safety in Mining Industry*, ODTU Maden Mühendisliği, Ankara, 63, **2005**.
- [40] EDUMINE, Average Specific Gravity of Various Rock Types, <http://www.edumine.com/xtoolkit/tables/sgtables.htm>. (Kasım **2014**).
- [41] Müezzinoğlu, A., Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, **1987**.
- [42] Pitts, O., Improvement of NPI Fugitive Particulate Matter Emission Estimation Techniques, Sinclair Knight Merz, Avusturalya, **2005**.
- [43] Grantz, D., Garner, J., Johnson, D., Ecological effects of particulate matter, *Environmental International*, 29, 213-239, **2003**.
- [44] Ertaş, S., *Meteoroloji Ders Kitabı Eğitim Notları*, DHMİ Hava Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı, Ankara, 41, **2004**.
- [45] Environment Canada, *Particulate Matter in British Columbia: A report on PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> Mass Concentrations Up to 2000*, British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection, Victoria BC, Mayıs **2003**.
- [46] Bluvshstein, N., Mahrer, Y., Sandler, A., Rytwo, G., Evaluating the impact of a limestone quarry on suspended and accumulated dust, *Atmospheric Environment*, 45, 1732-1739, **2011**.
- [47] Amethyst Galleries' Mineral Gallery, The Rock-Conglomerate, <http://www.galleries.com/rocks/conglomerate.htm>. (Kasım **2014**).
- [48] Sinha, S., Banerjee, S., Characterisation of haul road dust in an Indian opencast iron ore mine, *Atmospheric Environment*, 31, 2809-2814, **1997**.
- [49] USEPA (United States Environmental Protection Agency), *AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 13.3 Explosive Detonation*, North Carolina, **1980**.



- [50] Environment Canada, Pits and Quarries Guidance, <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=en&n=A9C1EE34-1#s1> (Kasim **2014**).
- [51] NPI (National Pollution Inventory), *Emission Estimation Technique Manual For Mining Version 3.1*, Australian Government, Canberra, **2012**.
- [52] Farmer, A., The Effects of Dust on Vegetation-A review, *Environmental Pollution*, 79, 63-75, **1993**.
- [53] Krajickova, A., Mejstrik, V., The effect of fly-ash particles on the plugging of stomata, *Environmental Pollution*, 36, 83-93, **1984**.
- [54] Legge, A., Krupa, S., Terrestrial vegetation-air pollutant interactions: non-gaseous air pollutants, *Advances in Environmental Science and Technology*, 18, 389-394, **1986**.
- [55] Balkau, F., Pollution prevention and abatement guidelines for the mining industry, *UNEP IE/PAC*, Paris, **1993**.
- [56] Olson K., Veith, D., *Fugitive Dust Control For Haulage Roads And Tailing Basins*, Bureau of Mines Report of Investigations, **1987**.
- [57] Harrison, S., Kohfeld, K., Roelandt, C., Claquin, T., The role of dust in climate changes today, at the last glacial maximum and in the future, *Earth Science Reviews*, 54, 43-80, **2001**.
- [58] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), *Report of the IPCC Expert Meeting on Emission Estimation of Aerosols Relevant to Climate Change*, WMO & UNEP, İsviçre, Cenevre, **2005**.
- [59] USEPA (United States Environmental Protection Agency), *AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Introduction*, North Carolina, **1995**.
- [60] Australian Government Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities, *NPI, Emission Estimation Technique Manual For Mining Version 3.1*, Department of the Environment, Australia, Canberra, **2012**.
- [61] USEPA (United States Environmental Protection Agency), *AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 11.9 Western Surface Coal Mining*, North Carolina, **1998**.
- [62] Dreiseidler, A., Baumbach, .G., Straub, D., Results of Fine Particulate Matter Emission Measurements At Different Industrial Plants, *Journal of Aerosol Science*, 31, 242-243, **2000**.

- [63] Sümer, G., Hava kirliliği kontrolü: Türkiye’de hava kirliliğini önlemeye yönelik yasal düzenlemelerin ve örgütlenmelerin incelenmesi, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 13, 37-56, **2014**.
- [64] Çevre ve Orman Bakanlığı, Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, **2005**.
- [65] Çevre ve Orman Bakanlığı, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, *Resmi Gazete*, **2008**.
- [66] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü ile Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği, *Resmi Gazete*, **2013**.
- [67] Topçuoğlu Mad. San. Tic. Ltd. Şti., *Alçıtaşı (Jips) Ocağı ve Kıрма-Elleme Tesisi Proje Tanıtım Dosyası*, Topçuoğlu Mad. San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, **2007**.
- [68] Topçuoğlu Mad. San. Tic. Ltd. Şti., *Seramik Kili - Kömür Ocağı ve Kömür Kıрма Tesisi S 68074 Ruhsat Er.No:2546936 Çevresel Etki Değerlendirme Nihai Proje Tanıtım Dosyası*, İstanbul, **2009**.
- [69] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi 2013/37, <http://www.csb.gov.tr/db/cygm/editor/dosya/GNG2013-37HavaKalitesiDegerl.pdf>. (Aralık **2014**).
- [70] USEPA (United States Environmental Protection Agency), A Historical Perspective of Air Permitting and Requirements of the Clean Air Act Amendments of 1990, [http://yosemite.epa.gov/oaqps/eogtrain.nsf/ae20ef1becae534385256b4100770781/f8f185e7d08cb4a685256c0d006bd1eb/\\$FILE/460AppA%20\(F\).pdf](http://yosemite.epa.gov/oaqps/eogtrain.nsf/ae20ef1becae534385256b4100770781/f8f185e7d08cb4a685256c0d006bd1eb/$FILE/460AppA%20(F).pdf). (Aralık **2014**).
- [71] USEPA (United States Environmental Protection Agency), EPA History, <http://www2.epa.gov/aboutepa/epa-history>. (Aralık **2014**).
- [72] USEPA (United States Environmental Protection Agency), Emission Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/> (Aralık **2014**).
- [73] Axetell, K., Cowherd, C., *Improved Emission Factors for Fugitive Dust from Western Surface Coal Mining Sources*, USEPA, Cincinnati, **1984**.

- [74] Richards, J., *Background Information for Revised AP-42 Section 11.19.2, Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing*, USEPA, North Carolina, **2003**.
- [75] USEPA (United States Environmental Protection Agency), *Integrated Review Plan for the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter*, North Carolina, **2008**.
- [76] USEPA (United States Environmental Protection Agency), Particulate Matter (PM) Standards, [http://www.epa.gov/ttn/naaqs/standards/pm/s\\_pm\\_history.html](http://www.epa.gov/ttn/naaqs/standards/pm/s_pm_history.html) (Aralık **2014**).
- [77] USEPA (United States Environmental Protection), International Priorities, <http://www2.epa.gov/international-cooperation/international-priorities#air> (Kasım **2014**).
- [78] Environment Canada, Canada-United States Air Quality Agreement, <http://www.ec.gc.ca/Air/default.asp?lang=En&n=1E841873-1> (Kasım **2014**).
- [79] Güneş, Ş., Uluslararası Toplumun Ortak Değerleri Sorunu, Çevrenin Korunması ve Jus Cogens Doktrini, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 59-4, 123-149, **2004**.
- [80] McMillan, A., Taylor, G., Taylor, E., A History of Air Quality Management Canadian Perspectives on a Global Issue, *Air Quality Management*, Springer, Ontario, 28, **2014**.
- [81] Health Canada, National Ambient Air Quality Objectives For Particulate Matter - Executive Summary, [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/naaqo-onqaa/particulate\\_matter\\_materes\\_particulaires/summary-sommaire/index-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/naaqo-onqaa/particulate_matter_materes_particulaires/summary-sommaire/index-eng.php) (Kasım **2014**).
- [82] Environment Canada, Canada-Wide Standards, Government of Canada, <https://www.ec.gc.ca/rnsps-naps/default.asp?lang=En&n=07BC2AC0-1> (Kasım **2014**).
- [83] Carex CANADA, Particulate Air Pollution, [http://www.carexcanada.ca/en/particulate\\_air\\_pollution/](http://www.carexcanada.ca/en/particulate_air_pollution/). (Ocak **2015**).
- [84] Wagner, V., Canada: Air Quality Standards, [http://transportpolicy.net/index.php?title=Canada:\\_Air\\_Quality\\_Standards](http://transportpolicy.net/index.php?title=Canada:_Air_Quality_Standards). (Ocak **2015**).
- [85] Environment Canada, Canada-United States Air Quality Agreement Progress Report 2012, <http://www.ec.gc.ca/Air/default.asp?lang=En&n=8ABC14B4->

1&xml=8ABC14B4-ED53-4737-AD51-528F8DBA2B4C&offset=3&toc=show (Kasım 2014).

- [86] Environment Canada, Guidance on Estimating Road Dust Emissions From Industrial Unpaved Surfaces, <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=En&n=5DF2CF83-1> (Kasım 2014).
- [87] Camino, M., Leadbeter, P., Enforcement of Pollution Laws in Australia - Past Experience and Current Trends, *Fifth International Conference on Environmental Compliance and Enforcement*, California, USA, 1998.
- [88] Project Team, *Review of the National Environment Protection (Ambient Air Quality) Measure*, National Environment Protection Council, Adelaide, SA, 2010.
- [89] NSW Environment Protection Authority, *Approved Methods for the Modelling and Assessment of Air Pollutants in New South Wales*, Department of Environment and Conservation, Sydney, 2005.
- [90] Australian Government Department of the Environment, Air Quality Standards, <http://www.environment.gov.au/topics/environment-protection/air-quality/air-quality-standards> (Kasım 2014).
- [91] Gimpel ve Jean, Ortaçağda Endüstri Devrimi, (Özüaydın, N.), *TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları*, 38, Ankara, 2004.
- [92] T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı, Avrupa Birliğinin Tarihçesi, <http://www.ab.gov.tr/index.php?p=105&l=1> (Aralık 2014).
- [93] European Commission Environment, Air Quality - Existing Legislation, [http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/existing\\_leg.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/existing_leg.htm), (Aralık 2014).
- [94] European Commission Environment, Air Quality Standards, European Commission, <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm> (Ocak 2015).
- [95] European Environment Agency, «EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/#> (Aralık 2014).
- [96] Kuenen, J., EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013 Part 2.A.5.a Quarrying and mining of minerals other than coal, European Environment Agency, Danimarka, Copenhagen, 2013.

- [97] Kuenen, J., *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013 Part 2.A.2 Lime Production*, European Environment Agency, Danimarka, Copenhagen, **2013**.
- [98] J. Kuenen, *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013 Part 2.A.5.C Storage, Handling And Transport Of Mineral Products*, European Environment Agency, Danimarka, Copenhagen, **2013**.
- [99] USEPA (United States Environmental Protection Agency), *AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 11.19.2.1 Crushed Stone Processing and Pulverised Mineral Processing*, North Carolina, **2004**.
- [100] DYNO Nobel, *Blasting and Explosive Quick Reference Guide*, DYNO Nobel, **2010**.
- [101] Silvester, S., Lowndes I., Hargreaves, D., A computational study of particulate emissions from an open pit quarry under neutral atmospheric conditions, *Atmospheric Environment*, 43, 6415-6424, **2009**.
- [102] USEPA (United States Environmental Protection Agency), *AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 13.12.4 Aggregate Handling and Storage Piles*, North Carolina, **2006**.
- [103] NPI (National Pollution Inventory), *Emission Estimation Technique Manual For Mining and Processing of Non-Metallic Minerals Version 2.1*, Environment Australia, Canberra, **2000**.
- [104] USEPA (United States Environmental Protection Agency), *AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 13.2.2 Unpaved Roads*, North Carolina, **2006**.
- [105] Fişne, A., Ökten, G., Açık İşletme Taşıma Yollarında Nakliyat Kaynaklı Toz Oluşumu ve Toz Bastırma Yöntemleri, *Türkiye 13. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, Zonguldak, Türkiye, **2002**.
- [106] Chalekode, P., Peters, J., Assessment of Open Sources, *Third National Conference on Energy and the Environment*, Ohio, **1975**.
- [107] USEPA (United States Environmental Protection Agency), *AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 11.24 Metallic Minerals Processing*, North Carolina, **1982**.

- [108] Ghose, M., Generation and quantification of hazardous dusts from coal mining in the Indian context, *Environmental Monitoring and Assessment*, 130(1), 35-45, **2007**.
- [109] Petavratzi, E., Kingman, S., Lowndes, I., Assessment of the dustiness and the dust liberation mechanisms limestone quarry operations, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensifications*, 46(112), 1412-1423, **2007**.
- [110] Breshears, D., Whicker, J., Zou, C., Field, J., Allen, C., A conceptual framework for dry-land aeolian sediment transport along the grassland-forest continuum: effects of woody plant canopy cover and disturbance, *Geomorphol*, 105, 28-38, **2009**.
- [111] Wolfie, S., Nickling, W., The protective role of sparse vegetation in wind erosion, *Progress in Physical Geography*, 17, 50-68, **1993**.
- [112] Countess Environmental, *WRAP Fugitive Dust Handbook*, Western Governor's Association, Denver, Colorado, **2006**.
- [113] Mojave Desert Air Quality Management District, *Emission Inventory Guidance*, Kanada, **2000**.
- [114] Appleton, T., Kingman, W., Lowndes, I., Silvester, S., The development of a modelling strategy for the simulation of fugitive dust emissions from in-pit quarrying activities: a UK case study, *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 20:01, 57-82, **2006**.
- [115] Lowndes, I., Silvester, S., Kingman, S., Hargreaves, D., The application of an improved multi-scale computational modelling technique to predict fugitive dust dispersion and deposition within and from surface mining operations, *12th US/North American Mine Ventilation Symposium*, Littleton, USA, **2008**.
- [116] Martin, F., Pujadas, M., Artinano, B., Gomez-Moreno, F., Palomino, I., Moreno, N., Alastuey, A., Querol, X., Basora, J., Luaces, J., Guerra, A., Estimates of atmospheric particle emissions from bulk handling of dusty materials in Spanish Harbours, *Atmospheric Environment*, 41, 6356-6365, **2007**.
- [117] G. Karabulut, «Doğal Taşlar ve Çin Halk Cumhuriyeti Rekabeti,» *Sektörel Etütler ve Araştırmalar*, 113, **2010**.
- [118] Enerji Dergisi, *Madencilikte uç ürün üreten ülke haline gelmeliyiz*, <http://www.enerjidergisi.com.tr/haber/2013/01/madencilikte-uc-urun-ureten-ulke-haline-gelmeliyiz>, (Ocak, **2015**)

- [119] Öztürk, Ö., Çelikkol, M., Erkan, M., Türkiye Agregat Sektör Raporu, *Hazır beton*, 84, 52-56, **2007**.
- [120] Kırıkoğlu, S., Endüstriyel Kullanım Açısından Karbonat Kayaçları, *I. ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, **1996**.
- [121] Komisyon, *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, **2001**.
- [122] Uçar H., Anıl, M., Kırmataşların Beton Agregasında ve Hazır Beton Tesislerinde Kullanılma Kriterleri Örnek Uygulama Sağlıklı Köyü Kalker Ocağı, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 19(4), 20-28, **2008**.
- [123] Kara, O., *Kahramanmaraş Kum Ocaklarındaki Agregaların Beton Dayanımına Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, **2000**.
- [124] Korucu, T., Arslan, S., Dikici, H., Tanrıverdi, Ç., Hasat Sonrası Dönemin ve Anız Yakmanın Toprak Penetrasyonu ve Nem İçeriği Değişimine Etkisi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(1), 41,49, **2007**.
- [125] MAZ-MAH, MAZ-MAN Dump Truck 8x4, [http://www.maz-man.com/download\\_files/buklet/dump\\_truck\\_8x4.pdf](http://www.maz-man.com/download_files/buklet/dump_truck_8x4.pdf) (Kasım **2014**).
- [126] CGIAR-CSI, SRTM 90m Digital Elevation Data, <http://srtm.csi.cgiar.org/> (Aralık **2014**).
- [127] T.C. Uşak Valiliği, Uşak İklimi, <http://usak.gov.tr/Default.aspx?x=s&kat=12> (Aralık **2014**).
- [128] Değerli, E., Ünver, B., Açık Ocaklarda Toz Dağılımının Bir Bilgisayar Yazılımı ile Değerlendirilmesi, *Madencilik*, 41, 3-17, **2002**.
- [129] Netcad Portal, Patlatma, <http://portal.netcad.com.tr/display/HELP/Patlatma+Ekle> (Ocak **2015**).
- [130] Olofsson, S., *Applied Explosive Technology For Construction and Mining*, İsveç: Applex AB, **2002**.
- [131] Elbeblawi, M., Sayed, M., Mohamed, M., Abdelrasoul, E., Distribution and implementation of drilling machines at the quarry benches, *Journal of Engineering Sciences*, 42(2), 557-566, **2014**.

## EKLER

### Ek-1. Hesaplama Detayları

#### Ek-1.1. Kontrolsüz TAKM Emisyon Değerlerine Ait Hesaplama Detayları

##### a) Bitkisel Toprağın Sıyırılması

1.000.000 ton yıllık kalker üretimi hedefleyen ve 50ha faaliyet alanına sahip olan yerüstü maden modelinde cevherin çıkarılması için ilk olarak, çalışma yapılacak alanlardaki bitkisel toprağın sıyırılması, kamyonlara yüklenmesi ve bitkisel toprak depolama alanına taşınması planlanmıştır. Çalışma kapsamında 2 aylık süreç içerisinde faaliyet alanının %75'inde bitkisel toprak sıyırılması, 0,5 km'lik mesafedeki bitkisel toprak depolama alanına taşınması ve en fazla 2m yükseklikte depolanması öngörülmüştür.

##### Türkiye

Bitkisel toprağın sıyırılması için toz emisyon faktörü:0,025kg/ton

Toz Emisyonu (kg/sa) = 0,025kg/ton × sıyırılacak malzeme (ton)

Bitkisel Toprak Sıyırılacak Alan = 50 × 0,75 = 37,5 ha = 375.000 m<sup>2</sup>

Bitkisel Toprak Kalınlığı = 10cm = 0,01m

Bitkisel Toprak Yoğunluğu = 1,6 ton/m<sup>3</sup>

Sıyırılacak Bitkisel Toprak Miktarı = 375.000m<sup>2</sup> × 1,6ton/m<sup>3</sup> × 0,01m = 60.000 ton

Bitkisel Toprağın sıyırılması için çalışma süresi:50gün, 8saat

Toz Emisyonu (Sıyırma) = 0,025kg/ton ×  $\frac{60.000\text{ton}}{50\text{gün} \times 8\text{sa/gün}}$  = 3,75kg/sa

##### Amerika, Avustralya

Bitkisel toprağın sıyırılması için toz emisyon faktörü:0,029kg/ton

Toz Emisyonu (Sıyırma) = 0,029kg/ton ×  $\frac{60.000\text{ton}}{50\text{gün} \times 8\text{sa/gün}}$  = 4,35kg/sa

##### b) Bitkisel Toprağın Yüklenmesi ve Boşaltılması

##### Türkiye

Yükleme ve boşaltma faaliyetleri için toz emisyon faktörü:0,01kg/ton

Toz Emisyonu (kg/sa) = 0,01kg/t × Yüklenen veya Boşaltılan malzeme miktarı (t/sa)

Kamyona yüklenen toplam bitkisel toprak miktarı = 60.000 ton



Depolama alanına boşaltılan toplam bitkisel toprak miktarı = 60.000 ton

Çalışma süresi: 50gün, 8sa/gün

$$\text{Toz Emisyonu (Yükleme)} = 0,01\text{kg/t} \times \frac{60.000\text{t/yıl}}{50\text{gün} \times 8\text{sa/gün}} = 1,50\text{kg/sa}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Boşaltma)} = 0,01\text{kg/t} \times \frac{60.000\text{t/yıl}}{50\text{gün} \times 8\text{sa/gün}} = 1,50\text{kg/sa}$$

### **Amerika, Kanada, Avustralya**

$$\text{Patlatma yapılmadan yükleme için toz emisyon faktörü (kg/sa)} = \frac{2,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}}$$

M = Malzemenin nem içeriği (%12,5 olarak kabul edilmiştir)

s= Malzemenin silt içeriği(%10,7 olarak kabul edilmiştir)

$$\text{Toz Emisyonu (Yükleme)} = \frac{2,6 \times 10,7^{1,2}}{12,5^{1,3}} = 1,676\text{kg/sa}$$

$$\text{Boşaltma için Toz Emisyon Faktörü (kg/t)} = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

U:Ortalama Rüzgar Hızı (2008 DMI verilerinden 1,63m/sa olarak belirlenmiştir)

M:Cevher için nem içeriği %12,5 olarak varsayılmıştır [1].

k:0,74 (<30µm)

$$\text{TozEmisyonu(Boşaltma)} = 0,74 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63\text{m/sn}}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{12,5}{2}\right)^{1,4}} \text{kg/t} \times \frac{60.000\text{t/yıl}}{50\text{gün} \times 8\text{sa}} = 0,0094\text{kg/sa}$$

### **c) Bitkisel Toprağın Taşınması**

#### **Türkiye**

Taşıma faaliyeti için toz emisyon faktörü:0,07kg/km araç

Ortalama Kamyon Ağırlığı(W) = [W(Boş Kamyon) + W(Dolu Kamyon)]/2

$$= \frac{44.000+ 14.000}{2} = 29.000\text{kg} = 29\text{ton} \quad (\text{Kamyon ağırlıkları için bakınız: [125]})$$

Bitkisel toprağın depolama alanına taşınması için alınan mesafenin de gidiş ve geliş toplam 1km olduğu kabul edilmiştir [125].

$$\text{Bitkisel toprağın taşınması için sefer sayısı} = \frac{\left(\frac{60.000\text{ton}}{8\text{sa/gün} \times 50\text{gün}}\right)}{29\text{ton/sefer}} = 5,17 \cong 6 \text{ sefer/sa}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Taşıma)} = 0,7\text{kg/km araç} \times 1\text{km} \times 6\text{araç/sa} = 4,20\text{kg/sa}$$

## Amerika, Kanada, Avustralya

$$\text{Emisyon Faktörü (kg/km araç)} = 0,2819 \times k \times \left(\frac{s}{12}\right)^a \times \left(\frac{W}{3}\right)^b \times \left[\frac{365-P}{365}\right]$$

k, a, b = partikül boyutuna göre belirlenen katsayılar (PM30 için k=4,9, a=0,7, b=0,45)

s = Yüzey malzemenin silt içeriği (inşaat alanı:%8,5, yol:%10)

W = Ortalama Kamyon Ağırlığı (29 ton)

P= Yağış miktarı 254mm'den az olmamak koşuluyla bir yıl içindeki yağışlı gün sayısı (2008 DMI verilerinden 64gün olarak belirlenmiştir)

Bitkisel toprağın taşınması sırasında oluşan toz emisyonunun hesaplanmasında yolun %25'inin bitkisel toprağın sıyrıldığı alanda (inşaat alanı), %75'inin ise depolama alanına olan mesafede alındığı varsayılmıştır.

Toz Emisyonu (Taşıma – İnşaat Alanı)

$$\begin{aligned} &= 1,38 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,7} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{kg/km araç} \times 1\text{km} \times 6\text{sefer/sa} \times 0,25 \\ &= 3,685\text{kg/sa} \end{aligned}$$

Toz Emisyonu (Taşıma – Yol)

$$\begin{aligned} &= 1,38 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,7} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{kg/km araç} \times 2\text{km} \times \frac{8\text{sefer}}{\text{sa}} \times 0,75 \\ &= 12,387\text{kg/sa} \end{aligned}$$

$$\text{Toplam Toz Emisyonu (Taşıma)} = 3,685 + 12,387 = 16,072\text{kg/sa}$$

## d) Bitkisel Toprak Depolanması

### Türkiye

Depolama için emisyon faktörü:5,8 kg/ha gün

$$\text{Toz Emisyonu (kg/sa)} = 5,8\text{kg/ha gün} \times \frac{\text{Depolama Alanı (ha)}}{24\text{sa/gün}}$$

Bitkisel Toprak Depolama Yüksekliği = 2m

$$\text{Bitkisel Toprak Depolama Alanı} = \frac{375.000\text{m}^3}{2\text{m}} = 187500\text{m}^2 = 1,875\text{ha}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Depolama)} = 5,8\text{kg/ha gün} \times \frac{1,875\text{ha}}{24\text{sa/gün}} = 0,45\text{kg/sa}$$

## **Amerika**

Aktif olmayan depolama alanı için emisyon faktörü:0,85 t/ha yıl

$$\text{Toz Emisyonu (kg/sa)} = 0,85\text{t/ha yıl} \times \text{Depolama Alanı(ha)} \times \frac{1000\text{kg/t}}{\frac{365\text{gün}}{\text{yıl}} \times \frac{24\text{sa}}{\text{gün}}}$$

$$\text{Toz Emisyonu (BT Depolama)} = 0,85\text{t/ha yıl} \times 1,875\text{ha} \times \frac{1000\text{kg/t}}{\frac{365\text{gün}}{\text{yıl}} \times \frac{24\text{sa}}{\text{gün}}} = 0,182\text{kg/sa}$$

## **Avustralya**

Depolama için emisyon faktörü:0,4 kg/ha sa

$$\text{Toz Emisyonu (Depolama)} = 0,4\text{kg/ha sa} \times 1,875\text{ha} = 0,75\text{kg/sa}$$

Kanada için aktif olmayan depolama alanları için toz emisyon faktörü belirtilmemiştir.

## **e) Arazinin Düzlenmesi**

Bitkisel toprağın tamamen alınması sonrasında tesviye işlemleri ve alanın düzeltilmesi buldozer makinası ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler için de bitkisel toprağın alınmasına paralel olarak 2 ay (50 gün) ve günlük 8 saatlik çalışma süresi öngörülmüştür.

Türkiye için arazinin düzenlenmesi faaliyetine ait toz emisyon faktörü bulunmamaktadır.

## **Amerika, Kanada, Avustralya**

$$\text{Arazinin düzlenmesi için toz emisyon faktörü (kg/sa)} = \frac{2,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}}$$

M = Malzemenin nem içeriği (%8,8 olarak kabul edilmiştir)

s=Malzemenin silt içeriği(%8,5 olarak kabul edilmiştir)

$$\text{Toz Emisyonu (Yükleme)} = \frac{2,6 \times 8,5^{1,2}}{8,8^{1,3}} = 2,006\text{kg/sa}$$

## **f) Pasanın Yüklenmesi ve Boşaltılması**

Kireç ocaklarına ait proje incelemelerinde genellikle üretim miktarının %10'u kadar pasanın alındığı ve çoğunlukla kazıma yöntemiyle çıkarıldığı görülmektedir. Bu sebeple maden modelinde de yıllık 10.000 ton pasa alınması ve miktar olarak cevher üretimine karşılık oldukça düşük olması sebebiyle 2 ay ve günde 8 saatlik çalışma süresi belirlenmiştir.

## Türkiye

Patlatma yapılmadan pasanın alınması söz konusu olduğundan kazıma ve yükleme işlemleri için toz emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Pasanın kazılması için toz emisyon faktörü:0,025kg/ton

Toz Emisyonu (kg/sa) = 0,025kg/ton × kazılacak malzeme (ton)

Kazılacak pasa miktarı:10.000ton/yıl

Çalışma süresi:50gün, 8sa/gün

$$\text{Toz Emisyonu (Kazıma)} = 0,025\text{kg/ton} \times \frac{10.000\text{ton}}{50\text{gün} \times 8\text{sa/gün}} = 0,625\text{kg/sa}$$

Yükleme ve boşaltma faaliyetleri için toz emisyon faktörü:0,01kg/ton

Toz Emisyonu (kg/sa) = 0,01kg/t × Yüklenecek veya Boşaltılan malzeme miktarı (t/sa)

Kamyona yüklenen toplam pasa miktarı = 60.000 ton

Depolama alanına boşaltılan toplam pasa miktarı = 60.000 ton

Çalışma süresi: 50gün, 8sa/gün

$$\text{Toz Emisyonu (Yükleme)} = 0,01\text{kg/t} \times \frac{10.000\text{t/yıl}}{50\text{gün} \times 8\text{sa/gün}} = 0,25\text{kg/sa}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Boşaltma)} = 0,01\text{kg/t} \times \frac{10.000\text{t/yıl}}{50\text{gün} \times 8\text{sa/gün}} = 0,25\text{kg/sa}$$

## Amerika, Kanada, Avustralya

$$\text{Patlatma yapılmadan pasanın yüklenmesi için toz emisyon faktörü (kg/sa)} = \frac{2,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}}$$

M = Malzemenin nem içeriği (%8,8 olarak kabul edilmiştir)

s=Malzemenin silt içeriği(%10 olarak kabul edilmiştir)

$$\text{Toz Emisyonu (Yükleme)} = \frac{2,6 \times 10^{1,2}}{8,8^{1,3}} = 2,434\text{kg/sa}$$

$$\text{Boşaltma için Toz Emisyon Faktörü (kg/t)} = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

U:Ortalama Rüzgar Hızı (2008 DMI verilerinden 1,63m/sa olarak belirlenmiştir)

M:Cevher için nem içeriği %8,8 olarak varsayılmıştır [1].

k:0,74 (<30µm)

$$\text{TozEmisyonu(Boşaltma)} = 0,74 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63\text{m/sn}}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} \text{kg/t} \times \frac{10.000\text{t/yıl}}{50\text{gün} \times 8\text{sa}} = 0,0025\text{kg/sa}$$

### g) Pasanın Depolama Alanına Taşınması

#### Türkiye

Taşıma faaliyeti için toz emisyon faktörü:0,07kg/km araç

Pasanın depolama alanına taşınması için alınan mesafenin de gidiş ve geliş toplam 1km olduğu kabul edilmiştir.

$$\text{Pasanın taşınması için sefer sayısı} = \frac{\left( \frac{10.000\text{ton}}{8\text{sa/gün} \times 50\text{gün}} \right)}{29\text{ton/sefer}} = 0,86 \cong 1 \text{ sefer/sa}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Taşıma)} = 0,7\text{kg/km araç} \times 1\text{km} \times 1\text{araç/sa} = 0,70\text{kg/sa}$$

#### Amerika, Kanada, Avustralya

$$\text{Emisyon Faktörü (kg/km araç)} = 0,2819 \times k \times \left( \frac{s}{12} \right)^a \times \left( \frac{W}{3} \right)^b \times \left[ \frac{365-P}{365} \right]$$

k, a, b = partikül boyutuna göre belirlenen katsayılar (PM30 için k=4,9, a=0,7, b=0,45)

s = Yüzey malzemenin silt içeriği (ocak içi:%8,3, kırıcı alanı:%8,5, yol:%10)

W = Ortalama Kamyon Ağırlığı (29 ton)

P= Yağış miktarı 254mm'den az olmamak koşuluyla bir yıl içindeki yağışlı gün sayısı (2008 DMI verilerinden 64gün olarak belirlenmiştir)

Cevherin taşınması sırasında maden sahasına özgü toz emisyonunun hesaplanmasında yolun %25'inin ocak alanında, %25'inin depolama alanında, %50'sinin ise iki alan arasındaki mesafede alındığı varsayılmıştır.

Toz Emisyonu (Taşıma – Ocak Alanı)

$$\begin{aligned} &= 1,38 \left( \frac{8,3}{12} \right)^{0,7} \left( \frac{29}{3} \right)^{0,45} \left[ \frac{365 - 67}{365} \right] \text{kg/km araç} \times 1\text{km} \times 1\text{sefer/sa} \times 0,25 \\ &= 0,604\text{kg/sa} \end{aligned}$$

Toz Emisyonu (Taşıma – Kırıcı Alanı)

$$\begin{aligned} &= 1,38 \left( \frac{8,5}{12} \right)^{0,7} \left( \frac{29}{3} \right)^{0,45} \left[ \frac{365 - 67}{365} \right] \text{kg/km araç} \times 1\text{km} \times 1\text{sefer/sa} \times 0,25 \\ &= 0,614\text{kg/sa} \end{aligned}$$

Toz Emisyonu (Taşıma – Yol)

$$= 1,38 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,7} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365 - 67}{365}\right] \text{kg/km araç} \times 1\text{km} \times 1\text{sefer/sa} \times 0,5$$
$$= 1,376\text{kg/sa}$$

Toplam Toz Emisyonu (Taşıma) = 0,604 + 0,614 + 1,376 = 41,512kg/sa

## **h) Pasa Depolanması**

### **Türkiye**

Depolama için emisyon faktörü:5,8 kg/ha gün

$$\text{Toz Emisyonu (kg/sa)} = 5,8\text{kg/ha gün} \times \frac{\text{Stok Alanı (ha)}}{1\text{gün}/24\text{sa}}$$

Pasa Yoğunluğu = 2,5 ton/m<sup>3</sup> (Kalker ile aynı kabul edilmiştir)

Pasa Depolama Yüksekliği = 3m

$$\text{Pasa Depolama Alanı} = \frac{10.000\text{ton} \times 2,5\text{ton/m}^3}{3\text{m}} = 1.333\text{m}^2 = 0,13\text{ha}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Pasa Depolama Alanı)} = 5,8\text{kg/ha gün} \times \frac{0,13\text{ha}}{1\text{gün}/24\text{sa}} = 0,032\text{kg/sa}$$

### **Amerika:**

Emisyon Faktörü (kg/sa ) = 1,8 × U × Stok Alanı (ha)

U: Ortalama rüzgar hızı (2008 DMI verilerinden 1,63m/sa olarak belirlenmiştir)

Toz Emisyonu (Pasa Depolama) = 1,8 × 1,63m/sa × 0,013ha = 0,391kg/sa

### **Kanada, Avustralya**

$$\text{Emisyon Faktörü (kg/m}^2) = 1,12 \times 10^{-4} \times J \times 1,7 \times \frac{s}{1,5} \times 365 \left(\frac{365 - P}{235}\right) \times \frac{I}{15}$$

J = Partikül aerodinamik çap faktörü (Toplam Partikül Madde için 1)

s = Stoklanan malzemenin silt içeriği (Pasa için %10)

I = Yıl içinde rüzgar hızının 19,3km/sa (5,36m/sn)'ten büyük olduğu zaman (2008 DMI verilerinden %13,7 olarak belirlenmiştir)

P = Yağış miktarı 254mm'den az olmamak koşuluyla bir yıl içindeki yağışlı gün sayısı (2008 DMI verilerinden 67 gün olarak belirlenmiştir)

Toz Emisyonu (pasa depolama)

$$= \left[1,904 \times 10^{-4} \times \frac{10}{1,5} \times 365 \left(\frac{365 - 67}{365}\right) \times \frac{13,7}{15}\right] \text{kg/ha yıl} \times \frac{0,13\text{ha}}{365\text{gün} * 24\text{sa}}$$
$$= \mathbf{0,053\text{kg/sa}}$$

## i) Delme ve Patlatma

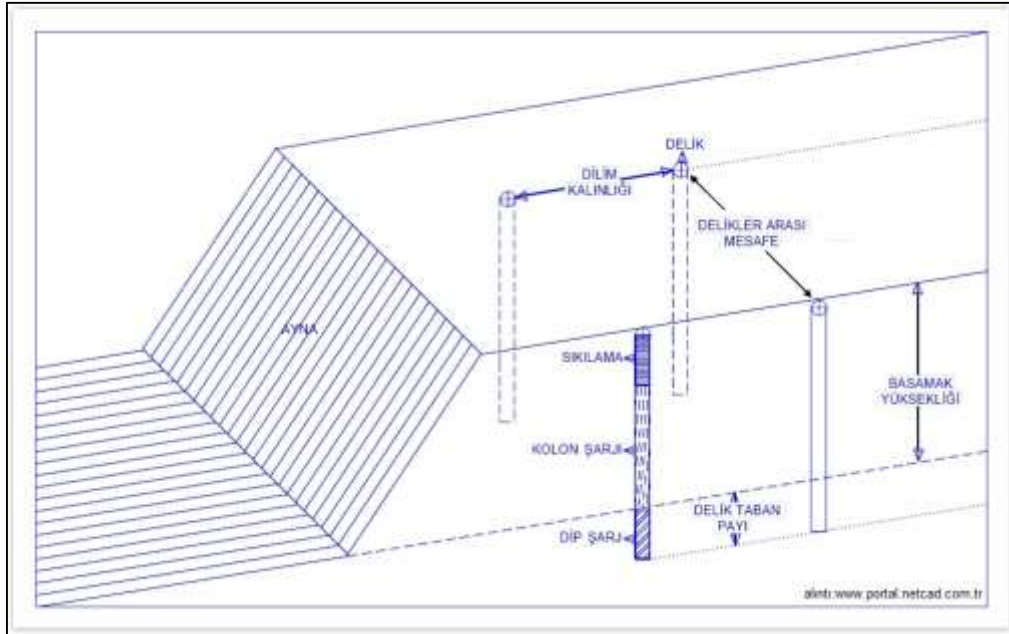
### Türkiye

Delme için emisyon faktörü belirtilmediğinden bu faaliyet için emisyon hesaplanmamıştır.

Bir patlatma işlemi sonucunda oluşan toz emisyonu için emisyon faktörü:0,08kg/ton

Toz Emisyonu = 0,08kg/ton × bir patlatmada elde edilen malzeme (ton)

Patlatma sonucu elde edilen malzemenin hesaplanabilmesi için delme paternine ait parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametrelerin basamak üzerindeki gösterimi aşağıdaki şekilde sunulmaktadır.



**Şekil Ek-1.1.** Yerüstü Madenciliğinde Uygulanan Tipik Patlatma Deliği [129]

Toz emisyon hesaplamalarına dahil edilecek delme ve patlatma faaliyetlerine ait gerekli operasyonel parametreler kaynaklarıyla birlikte Çizelge Ek 1.1’de sunulmuştur.

### Çizelge Ek 1.1. Kalker Ocağı Modeline Ait Delme Patlatma Parametreleri

Parametreler	Değer	Birim	Kaynak/Hesaplama
Yıllık Patlatma Sayısı	100	-	Çizelge 3.4
Delik Çapı	89	mm	Çizelge 3.4
Basamak Boyu	10	m	Çizelge 3.4
Dip Delgi (delik taban payı)	1	m	[130] (Dip Delgi=B*0.3)
Toplam Delik Boyu	11	m	(10+1=11m)
Delik Eğimi	90	°	Varsayılmıştır
Yük Mesafesi (B)	3	m	[130] (B=1.36*0.95*√5=2.88)
Delikler Arası Mesafe	3,75	m	[130] (S=1.25*B)
Sıklama Mesafesi	3	m	[130] (Sıklama Mesafesi=B)

Bir Delikten Elde Edilecek Malzeme

= Basamak Boyu × Yük Mesafesi × Delikler Arası Mesafe × Cevher Yoğunluğu

= 10m × 3m × 3,75 × 2,5ton/m<sup>3</sup> = 281,25ton

Yıllık Üretim Miktarı = 1.000.000 ton

Patlatma Başına Delik Sayısı =  $\frac{1.000.000\text{ton}/100\text{patlatma}}{281,25\text{ton}} = 35,6 \cong 36\text{delik}$

Bir Patlatmadan Elde Edilecek Malzeme = 281,25ton × 36delik = 10.125ton

Toz Emisyonu(patlatma) = 0,08kg/ton × 10.125ton = 810kg/patlatma

### Amerika, Kanada, Avustralya

Delme faaliyeti için belirlenen emisyon faktörü:0,59kg/delik sayısı

Toz Emisyonu (kg/sa) =  $\frac{0,59 \text{ kg}}{\text{delik sayısı}} \times \frac{\text{delik sayısı/gün}}{\text{sa/gün}}$

Delme işlemi sırasında geçen sürenin hesaplanabilmesi için delme makinesinin delme hızı 0,07 sa/m olarak kabul edilmiş [131], aktif çalışan bir adet delme makinesi olduğu varsayılmıştır. (Yedek makine hesaba katılmamıştır)

Delik Başına Delme Süresi = 0,07sa/m × 11m = 0,73 saat/delik

Patlatma sıklığı üç günde bir olarak kabul edilmiştir.

Günlük Delinecek Delik Sayısı =  $\frac{36}{3} = 12 \text{ delik}$

Delme Makinesinin Günlük Çalışma Süresi =  $\frac{0,73\text{sa}}{\text{delik}} \times \frac{12\text{delik}}{\text{gün}} = 8,76 \cong 8,8\text{sa/gün}$

Toz Emisyonu (Delme) =  $\frac{0,59 \text{ kg}}{\text{delik sayısı}} \times \frac{12\text{delik/gün}}{8,8\text{sa/gün}} = 0,804\text{kg/sa}$



Patlatma faaliyeti için belirlenen emisyon hesabı ise aşağıdaki şekildedir:

$$\text{Emisyon} = 0,00022 \times \text{Patlatma Alanı}^{1,5}$$

$$\begin{aligned} \text{Patlatma Alanı} &= \text{Yük Mesafesi} \times \text{Delikler Arası Mesafe} \times \text{Delik Sayısı} \\ &= 3\text{m} \times 3,75\text{m} \times 36 \text{ delik/patlatma} = 405\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Patlatma)} = 0,00022 \times 405^{1,5} = 1,79\text{kg/patlatma}$$

## j) Cevherin Yüklenmesi ve Boşaltılması

Modelde kırıcıya taşınan cevherin kamyonlardan direk kırıcı ağızına boşaltılması esas alınmıştır.

### Türkiye

Yükleme ve boşaltma faaliyetleri için toz emisyon faktörü:0,01kg/ton

$$\text{Toz Emisyonu} = 0,01\text{kg/t} \times \text{Yüklenen veya Boşaltılan malzeme miktarı (t/sa)}$$

$$\text{Yıllık kamyonla yüklenen cevher miktarı} = 1.000.000 \text{ ton}$$

$$\text{Yıllık kırıcıya boşaltılan malzeme miktarı} = 1.000.000 \text{ ton}$$

$$\text{Çalışma süresi: } 300\text{gün/yıl, } 16\text{sa/gün}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Yükleme)} = 0,01\text{kg/t} \times \frac{1.000.000\text{t/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 2,083\text{kg/sa}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Boşaltma)} = 0,01\text{kg/t} \times \frac{1.000.000\text{t/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 2,083\text{kg/sa}$$

### Amerika, Kanada, Avustralya

$$\text{Yükleme ve Boşaltma için Toz Emisyon Faktörü (kg/t)} = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

U:Ortalama Rüzgar Hızı (2008 DMI verilerinden 1,63m/sa olarak belirlenmiştir)

M:Cevher için nem içeriği %8,8 olarak varsayılmıştır [1].

k:0,74 (<30µm)

$$\text{Toz Emisyonu (Yükleme)} = 0,74 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63\text{m/sn}}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} \text{kg/t} \times \frac{1.000.000\text{t/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/yıl}} = 0,0213\text{kg/sa}$$

$$\text{Toz Emisyonu(Boşaltma)} = 0,74 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63\text{m/sn}}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} \text{kg/t} \times \frac{1.000.000\text{t/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/yıl}} = 0,0213\text{kg/sa}$$

## k) Cevherin Taşınması

### Türkiye

Taşıma faaliyeti için toz emisyon faktörü:0,07kg/km araç

Cevherin kırıcıya taşınması için 29 tonluk kamyonların kullanıldığı ve alınan mesafenin de gidiş ve geliş toplam 2km olduğu kabul edilmiştir [125].

$$\text{Cevherin Kırıcıya Taşınması için sefer sayısı} = \frac{\left(\frac{1.000.000\text{ton}}{16\text{sa/gün} \times 300\text{gün}}\right)}{29\text{ton/sefer}} = 7,18 \cong 8 \text{ sefer/sa}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Taşıma)} = 0,7\text{kg/km araç} \times 2\text{km} \times 8\text{araç/sa} = 11,20\text{kg/sa}$$

### Amerika, Kanada, Avustralya

$$\text{Emisyon Faktörü (kg/km araç)} = 0,2819 \times k \times \left(\frac{s}{12}\right)^a \times \left(\frac{W}{3}\right)^b \times \left[\frac{365-P}{365}\right]$$

k, a, b = partikül boyutuna göre belirlenen katsayılar (PM30 için k=4,9, a=0,7, b=0,45)  
s = Yüzey malzemenin silt içeriği (ocak içi:%8,5, kırıcı alanı:%8,5, yol:%10)

W = Ortalama Kamyon Ağırlığı (29 ton)

P= Yağış miktarı 254mm'den az olmamak koşuluyla bir yıl içindeki yağışlı gün sayısı (2008 DMI verilerinden 64gün olarak belirlenmiştir)

Cevherin taşınması sırasında maden sahasına özgü toz emisyonunun hesaplanmasında yolun %25'inin ocak alanında, %25'inin kırıcı alanında, %50'sinin ise iki alan arasındaki mesafede alındığı varsayılmıştır.

Toz Emisyonu (Taşıma – Ocak Alanı)

$$\begin{aligned} &= 1,38 \left(\frac{8,3}{12}\right)^{0,7} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{kg/km araç} \times 2\text{km} \times 8\text{sefer/sa} \times 0,25 \\ &= 9,664\text{kg/sa} \end{aligned}$$

Toz Emisyonu (Taşıma – Kırıcı Alanı)

$$\begin{aligned} &= 1,38 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,7} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{kg/km araç} \times 2\text{km} \times 8\text{sefer/sa} \times 0,25 \\ &= 9,827\text{kg/sa} \end{aligned}$$

Toz Emisyonu (Taşıma – Yol)

$$\begin{aligned} &= 1,38 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,7} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{kg/km araç} \times 2\text{km} \times \frac{8\text{sefer}}{\text{sa}} \times 0,5 \\ &= 22,021\text{kg/sa} \end{aligned}$$

$$\text{Toplam Toz Emisyonu (Taşıma)} = 9,664 + 9,827 + 22,021 = 41,512\text{kg/sa}$$

## 1) Kırma – Eleme

Birincil, ikincil, üçüncül kırıcı ve eleme ünitelerini içeren kırma-eleme sisteminde bahsi geçen her birime ait aktivite verisi yıllık üretim miktarı ile aynıdır. Bu işlem sırasında ocaktan çıkarılan cevherin doğrudan kırma-eleme sisteminden geçtiği, üniteler arasında herhangi ürün kaybının olmadığı kabul edilmiştir.

### **Türkiye**

Birincil Kırıcı için toz emisyon faktörü: 0,243kg/ton

Toz Emisyonu (kg/sa) = 0,243kg/ton × Kırılacak Malzeme (kg/sa)

Kırılacak Malzeme=1.000.000ton/yıl

Kırma Eleme Tesisi Çalışma Süresi=300gün/yıl, 16sa/gün

Toz Emisyonu (Birincil Kırıcı) =  $0,243\text{kg/ton} \times \frac{1.000.000\text{ton/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 50,625\text{kg/sa}$

İkincil ve Üçüncül Kırıcılar için toz emisyon faktörü: 0,585kg/ton

Toz Emisyonu (kg/sa) = 0,585kg/ton × Kırılacak Malzeme (kg/sa)

Toz Emisyonu (İkincil Kırıcı) =  $0,585\text{kg/ton} \times \frac{1.000.000\text{ton/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 121,875\text{kg/sa}$

Toz Emisyonu (Üçüncül Kırıcı) =  $0,585\text{kg/ton} \times \frac{1.000.000\text{ton/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 121,875\text{kg/sa}$

Toplam Toz Emisyonu (Kırıcılar) = 50,625 + 121,875 + 121,875 = 294,375 kg/sa

Eleme için emisyon faktörü belirtilmediğinden bu işlem hesaplamaya dahil edilmemiştir.

### **Amerika, Kanada, Avustralya**

Birincil Kırıcı, İkincil Kırıcı ve Üçüncül Kırıcı için toz emisyon faktörü: 0,0027kg/ton

Toz Emisyonu (Birincil Kırıcı) =  $0,0027\text{kg/ton} \times \frac{1.000.000\text{ton/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 0,562\text{kg/sa}$

Toz Emisyonu (İkincil Kırıcı) =  $0,0027\text{kg/ton} \times \frac{1.000.000\text{ton/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 0,562\text{kg/sa}$

Toz Emisyonu (Üçüncül Kırıcı) =  $0,0027\text{kg/ton} \times \frac{1.000.000\text{ton/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 0,562\text{kg/sa}$

Toplam Toz Emisyonu (Kırıcılar) = 0,562 + 0,562 + 0,562 = 1,686 kg/sa

Eleme için emisyon faktörü:0,0125kg/ton

Toz Emisyonu (Eleme) =  $0,0125\text{kg/ton} \times \frac{1.000.000\text{ton/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 2,604\text{kg/sa}$

Toplam Toz Emisyonu (Kırma – Eleme) = 1,686 + 2,604 = 4,29 kg/sa

### m) Ürün Stoklanması

#### Türkiye

Stoklama için emisyon faktörü:5,8 kg/ha gün

$$\text{Toz Emisyonu (kg/sa)} = 5,8\text{kg/ha gün} \times \frac{\text{Stok Alanı (ha)}}{1\text{gün}/24\text{sa}}$$

Stok alanının R=6m yarıçapında ve H=4m yüksekliğinde oluşturulduğu kabul edilmiştir.

$$\text{Ürün Stok Alanı} = \pi \times R \sqrt{R^2 + H^2} = 3,1416 \times 6\text{m} \times \sqrt{(6\text{m})^2 + (4\text{m})^2} = 136\text{m}^2 = 0,013\text{ha}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Stok Alanı)} = 5,8\text{kg/ha gün} \times \frac{0,013\text{ha}}{1\text{gün}/24\text{sa}} = 0,0032\text{kg/sa}$$

#### Amerika

$$\text{Emisyon Faktörü (kg/sa)} = 1,8 \times U \times \text{Stok Alanı (ha)}$$

U: Ortalama rüzgar hızı (2008 DMI verilerinden 1,63m/sa olarak belirlenmiştir)

$$\text{Toz Emisyonu (Stoklama)} = 1,8 \times 1,63\text{m/sa} \times 0,013\text{ha} = 0,039\text{kg/sa}$$

#### Kanada, Avustralya

$$\text{Emisyon Faktörü (kg/m}^2\text{)} = 1,12 \times 10^{-4} \times J \times 1,7 \times \frac{s}{1,5} \times 365 \left( \frac{365 - P}{235} \right) \times \frac{I}{15}$$

J = Partikül aerodinamik çap faktörü (Toplam Partikül Madde için 1)

s = Stoklanan malzemenin silt içeriği (Kırılmış kireçtaşı için %1,5)

I = Yıl içinde rüzgar hızının 19,3km/sa (5,36m/sn)'ten büyük olduğu zaman (2008 DMI verilerinden %13,7 olarak belirlenmiştir)

P = Yağış miktarı 254mm'den az olmamak koşuluyla bir yıl içindeki yağışlı gün sayısı (2008 DMI verilerinden 67 gün olarak belirlenmiştir)

Toz Emisyonu (stoklama)

$$\begin{aligned} &= \left[ 1,904 \times 10^{-4} \times \frac{1,5}{1,5} \times 365 \left( \frac{365 - 67}{365} \right) \times \frac{13,7}{15} \right] \text{kg/ha yıl} \times \frac{136\text{m}^2}{365\text{gün} * 24\text{sa}} \\ &= 0,0008\text{kg/sa} \end{aligned}$$

### n) Ürün Yükleme

#### Türkiye

Yükleme için toz emisyon faktörü:0,01kg/ton

$$\text{Toz Emisyonu} = 0,01\text{kg/t} \times \text{Yüklenen malzeme miktarı (t/sa)}$$

$$\text{Saatlik Kırma – Eleme Kapasitesi} = \frac{1.000.000\text{ton/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 16\text{sa/gün}} = 208,3\text{ton/sa}$$

$$\text{Stoklanacak Ürün Miktarı} = \frac{208,3\text{ton}}{\text{sa}} \times \frac{16\text{sa}}{\text{gün}} \times \frac{7\text{gün}}{\text{hafta}} = 23.333\text{ton}$$

Çalışma süresi:300 gün, 8sa/gün

$$\text{Toz Emisyonu} = 0,01\text{kg/t} \times \frac{23.333\text{t}}{300\text{gün} \times 8\text{sa}} = 0,097\text{kg/sa}$$

### **Amerika, Kanada, Avustralya**

$$\text{Yükleme için Toz Emisyon Faktörü (kg/t)} = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

U:Ortalama Rüzgar Hızı (2008 DMI verilerinden 1,63m/sa olarak belirlenmiştir)

M:Cevher için nem içeriği %8,8 olarak varsayılmıştır [1].

k:0,74 (<30µm)

$$\text{Toz Emisyonu (Yükleme)} = 0,74 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63\text{m/sn}}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} \text{kg/t} \times \frac{1.000.000\text{t/yıl}}{300\text{gün/yıl} \times 8\text{sa/yıl}} = 0,0425\text{kg/sa}$$

### **o) Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması**

#### **Türkiye**

Taşıma faaliyeti için toz emisyon faktörü:0,07kg/km araç

Piyasaya sunulan kirecin maden alanı dışına taşınması için 29 tonluk kamyonların kullanıldığı ve alınan mesafenin de gidiş ve geliş toplam 2 km olduğu kabul edilmiştir [125].

$$\text{Sefer Sayısı} = \frac{\left(\frac{1.000.000\text{ton}}{8\text{sa/gün} \times 300\text{gün}}\right)}{29\text{ton/sefer}} = 14,37 \cong 15 \text{ sefer/sa}$$

$$\text{Toz Emisyonu (Taşıma)} = 0,7\text{kg/km araç} \times 2\text{km} \times 15\text{araç/sa} = 21\text{kg/sa}$$

### **Amerika, Kanada, Avustralya**

$$\text{Emisyon Faktörü (kg/km araç)} = 0,2819 \times k \times \left(\frac{s}{12}\right)^a \times \left(\frac{W}{3}\right)^b \times \left[\frac{365-P}{365}\right]$$

k, a, b = partikül boyutuna göre belirlenen katsayılar (PM30 için k=4,9, a=0,7, b=0,45)

s = Yüzey malzemenin silt içeriği (yol:%10)

W = Ortalama Kamyon Ağırlığı (29 ton)

P= Yağış miktarı 254mm'den az olmamak koşuluyla bir yıl içindeki yağışlı gün sayısı (2008 DMI verilerinden 64gün olarak belirlenmiştir)

$$\text{Toz Emisyonu (Taşıma)} = 1,38 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,7} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365 - 67}{365}\right] \text{kg/km araç} \times 2\text{km} \times 15\text{sefer/sa} \\ = 82,580\text{kg/sa}$$

**p) Ocak İçinde Tesvive İşlemleri**

Türkiye için tesvive işlemlerine ait toz emisyon faktörü bulunmamaktadır.

**Amerika, Kanada, Avustralya**

$$\text{Arazinin düzlenmesi için toz emisyon faktörü (kg/sa)} = \frac{2,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}}$$

M = Malzemenin nem içeriği (%8,8 olarak kabul edilmiştir)

s=Malzemenin silt içeriği(%8,3 olarak kabul edilmiştir)

$$\text{Toz Emisyonu (Yükleme)} = \frac{2,6 \times 8,3^{1,2}}{8,5^{1,3}} = 1,95\text{kg/sa}$$

**q) Yol Bakımı**

Türkiye için yol bakımı işlemlerine ait toz emisyon faktörü bulunmamaktadır.

**Amerika, Kanada, Avustralya**

$$\text{Yol bakımı için toz emisyon faktörü (kg/km araç)} = 0,0034 \times S^{2,5}$$

S = ortalama araç hızı (km/sa)

Yol bakım aracı olarak kullanılan greyder makinesinin ortalama hızı 5km/sa olarak kabul edilmiştir.

$$\text{Toz Emisyonu (Yol Bakımı)} = 0,0034 \times 5^{2,5} \times 1\text{km/sa} \times 1\text{sefer} = 0,0004\text{kg/sa}$$

**r) Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar**

Türkiye ve Kanada için depolama dışındaki açık yüzeylere ilişkin toz emisyon faktörü belirtilmemiştir.

## **Amerika**

Aktif olmayan depolama alanı için emisyon faktörü:0,85 t/ha yıl

$$\text{Toz Emisyonu (kg/sa)} = 0,85\text{t/ha yıl} \times \text{Bozuk Alan(ha)} \times \frac{1000\text{kg/t}}{\frac{365\text{gün}}{\text{yıl}} \times \frac{24\text{sa}}{\text{gün}}}$$

Maden alanında 5ha'lık bir alanın bitkilendirilmemiş, rüzgar erozyonuna açık alan olduğu öngörülmüştür.

$$\text{Toz Emisyonu (Bozuk Alanlar)} = 0,85\text{t/ha yıl} \times 5\text{ha} \times \frac{1000\text{kg/t}}{\frac{365\text{gün}}{\text{yıl}} \times \frac{24\text{sa}}{\text{gün}}} = 0,485\text{kg/sa}$$

## **Avustralya**

Depolama için emisyon faktörü:0,4 kg/ha sa

$$\text{Toz Emisyonu (Depolama)} = 0,4\text{kg/ha sa} \times 5\text{ha} = 2\text{kg/sa}$$

## Ek-1.2. Kontrolsüz TAKM Emisyon Değerlerine Ait Hesaplama Detayları

**Çizelge Ek 1.2.1.** Kalker Ocağı Maden Modeli Faaliyetlerinde PM10 için Türkiye, Amerika, Kanada ve Avustralya'da Uygulanan Emisyon Faktörleri

Faaliyetler	Emisyon Faktörünün Uygulandığı Ülke	Emisyon Faktörü	Birim
1: Bitkisel Toprağın Sıyırılması	AU	0,0073	kg/t
2: Bitkisel Toprağın Yüklenmesi	US, CA, AU	$\frac{0,75 \times 0,45 \times s^{1,5}}{M^{1,4}}$	kg/sa
3: Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması	US, CA, AU	$0,423 \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365 - P}{365}\right]$	kg/km araç
4: Bitkisel Toprağın Boşaltılması	US, CA, AU	$0,35(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/t
5: Bitkisel Toprak Depolama Alanı	AU	0,2	kg/ha sa
6: Arazinin Düzlenmesi	US, CA, AU	$\frac{0,75 \times 0,45 \times s^{1,5}}{M^{1,4}}$	kg/sa
7: Pasanın Yüklenmesi	US, CA, AU	$\frac{0,75 \times 0,45 \times s^{1,5}}{M^{1,4}}$	kg/sa
8: Pasanın Taşınması	US, CA, AU	$0,423 \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365 - P}{365}\right]$	kg/km araç
9: Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	US, CA, AU	$0,35(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/t
10: Pasa Depolama Alanı	CA, AU	$0,952 \times 10^{-4} \times \frac{s}{1,5} \times 365 \left(\frac{365 - P}{235}\right) \times \frac{I}{15}$	kg/ha yıl
11: Delme	CA, AU	0,31	kg/delik
12: Patlatma	US,CA, AU	$0,52 \times 0,00022 \times A^{1,5}$	kg/patlatma
13: Cevherin Yüklenmesi	US, CA, AU	$0,35(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/t
14: Cevherin Taşınması	US, CA, AU	$0,423 \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365 - P}{365}\right]$	kg/km araç
15: Cevherin Kırıcıya Boşaltılması	US, CA, AU	$0,35(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/t
16: Birincil Kırıcı	US, CA, AU	0,0012	kg/t
17: İkincil Kırıcı	US, CA, AU	0,0012	kg/t
18: Üçüncül Kırıcı	US, CA, AU	0,0012	kg/t
19: Eleme	US,CA	0,0043	kg/t
	AU	0,0076	kg/t



Faaliyetler	Emisyon Faktörünün Uygulandığı Ülke	Emisyon Faktörü	Birim
20: Ürün Stok Alanı	CA, AU	$0,952 \times 10^{-4} \times \frac{s}{1,5} \times 365 \left( \frac{365 - P}{235} \right) \times \frac{I}{15}$	kg/ha yıl
21: Ürün Yükleme	US, CA, AU	$0,35(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$	kg/t
22: Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması	US, CA, AU	$0,423 \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45} \left[ \frac{365 - P}{365} \right]$	kg/km araç
23: Açık Ocak İçinde Tesviye İşlemleri	US, CA, AU	$\frac{0,75 \times 0,45 \times s^{1,5}}{M^{1,4}}$	kg/sa
24: Yol Bakımı	US, CA, AU	$0,00336 \times S^{2,0}$	kg/km araç
25: Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar	AU	0,2	kg/sa

**Çizelge Ek 1.2.2. Amerika’da Uygulanan Kontrolsüz PM10 Emisyon Faktörlerinin Kalker Ocağı Maden Modeli Üzerinde Uygulanması**

<b>Faaliyetler</b>	<b>Toz Emisyonu Hesabı (PM10) (US)</b>
<b>1:</b> Bitkisel Toprağın Sıyırılması	-
<b>2:</b> Bitkisel Toprağın Yüklenmesi	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 10,7^{1,5}}{12,5^{1,4}} = 0,344kg/sa$
<b>3:</b> Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması (%25 inşaat alanı)	$0,423 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 6sefer/sa \times 0,25 = 1,054kg/sa$
<b>3:</b> Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması (%75 yol)	$0,423 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 6sefer/sa \times 0,75 = 3,661kg/sa$
<b>4:</b> Bitkisel Toprağın Boşaltılması	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{12,5}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{60.000t/yıl}{400sa/yıl} = 0,0044kg/sa$
<b>5:</b> Bitkisel Toprak Depolama Alanı	-
<b>6:</b> Arazinin Düzenmesi	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 8,5^{1,5}}{8,8^{1,4}} = 0,260kg/sa$
<b>7:</b> Pasanın Yüklenmesi	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 10^{1,2}}{8,8^{1,3}} = 0,316kg/sa$
<b>8:</b> Pasanın Taşınması (%25 Ocak Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,3}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 1sefer/sa \times 0,25 = 0,172kg/sa$
<b>8:</b> Pasanın Taşınması (%25 Depolama Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 1sefer/sa \times 0,25 = 0,176kg/sa$
<b>8:</b> Pasanın Taşınması (%50 yol)	$0,423 \left(\frac{29}{3}\right)^{0,9} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 1sefer/sa \times 0,5 = 0,407kg/sa$
<b>9:</b> Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{10.000t/yıl}{400sa/yıl} = 0,0012kg/sa$
<b>10:</b> Pasa Depolama Alanı	-
<b>11:</b> Delme	-
<b>12:</b> Patlatma	$0,52 \times 0,00022 \times 405^{1,5} = 0,932kg/patlatma$
<b>13:</b> Cevherin Yüklenmesi	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{1.000.000t/yıl}{300gün/yıl \times 16sa/yıl} = 0,00994kg/sa$
<b>14:</b> Cevherin Taşınması (%25 Ocak Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,3}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 2km \times 8sefer/sa \times 0,25 = 2,752kg/sa$

<b>Faaliyetler</b>	<b>Toz Emisyonu Hesabı (PM10) (US)</b>
<b>14:</b> Cevherin Taşınması (%25 Kırıcı Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km \text{ araç} \times 2km \times 8sefer/sa$ $\times 0,25 = \mathbf{2,811kg/sa}$
<b>14:</b> Cevherin Taşınması (%50 yol)	$0,423 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km \text{ araç} \times 2km \times 8sefer/sa$ $\times 0,5 = \mathbf{6,508kg/sa}$
<b>15:</b> Cevherin Kırıcıya Boşaltılması	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{1.000.000t/yıl}{300gün/yıl \times 16sa/yıl}$ $= \mathbf{0,00994kg/sa}$
<b>16:</b> Birincil Kırıcı	$0,0012kg/t \times 208,3 t/sa = 0,250 kg/sa$
<b>17:</b> İkincil Kırıcı	$0,0012kg/t \times 208,3 t/sa = 0,250 kg/sa$
<b>18:</b> Üçüncül Kırıcı	$0,0012kg/t \times 208,3 t/sa = 0,250 kg/sa$
<b>19:</b> Eleme	$0,0243kg/t \times 208,3 t/sa = 0,896 kg/sa$
<b>20:</b> Ürün Stok Alanı	-
<b>21:</b> Ürün Yükleme	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{1.000.000t/yıl}{300gün/yıl \times 8sa/yıl}$ $= \mathbf{0,0198kg/sa}$
<b>22:</b> Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması	$0,423 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km \text{ araç} \times 2km$ $\times 15sefer/sa = \mathbf{24,406kg/sa}$
<b>23:</b> Açık Ocak İçinde Tesviye İşlemleri	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 8,3^{1,5}}{8,8^{1,4}} = \mathbf{0,253kg/sa}$
<b>24:</b> Yol Bakımı	$0,00336 \times 5^2 kg/km \text{ araç} \times 5km/sa \times 1sefer = \mathbf{0,00018kg/sa}$
<b>25:</b> Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar	-

**Çizelge Ek 1.2.3. Kanada’da Uygulanan Kontrolsüz PM10 Emisyon Faktörlerinin Kalker Ocağı Maden Modeli Üzerinde Uygulanması**

<b>Faaliyetler</b>	<b>Toz Emisyonu Hesabı (PM10) (CA)</b>
1: Bitkisel Toprağın Sıyırılması	-
2: Bitkisel Toprağın Yüklenmesi	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 10,7^{1,5}}{12,5^{1,4}} = 0,344 \text{ kg/sa}$
3: Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması (%25 inşaat alanı)	$0,423 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{ kg/km araç} \times 1 \text{ km} \times 6 \text{ sefer/sa} \times 0,25 = 1,054 \text{ kg/sa}$
3: Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması (%75 yol)	$0,423 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{ kg/km araç} \times 1 \text{ km} \times 6 \text{ sefer/sa} \times 0,75 = 3,661 \text{ kg/sa}$
4: Bitkisel Toprağın Boşaltılması	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63 \text{ m/sn}}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{12,5}{2}\right)^{1,4}} \text{ kg/t} \times \frac{60.000 \text{ t/yıl}}{400 \text{ sa/yıl}} = 0,0044 \text{ kg/sa}$
5: Bitkisel Toprak Depolama Alanı	-
6: Arazinin Düzenmesi	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 8,5^{1,5}}{8,8^{1,4}} = 0,260 \text{ kg/sa}$
7: Pasanın Yüklenmesi	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 10^{1,2}}{8,8^{1,3}} = 0,316 \text{ kg/sa}$
8: Pasanın Taşınması (%25 Ocak Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,3}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{ kg/km araç} \times 1 \text{ km} \times 1 \text{ sefer/sa} \times 0,25 = 0,172 \text{ kg/sa}$
8: Pasanın Taşınması (%25 Depolama Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{ kg/km araç} \times 1 \text{ km} \times 1 \text{ sefer/sa} \times 0,25 = 0,176 \text{ kg/sa}$
8: Pasanın Taşınması (%50 yol)	$0,423 \left(\frac{29}{3}\right)^{0,9} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{ kg/km araç} \times 1 \text{ km} \times 1 \text{ sefer/sa} \times 0,5 = 0,407 \text{ kg/sa}$
9: Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63 \text{ m/sn}}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} \text{ kg/t} \times \frac{10.000 \text{ t/yıl}}{400 \text{ sa/yıl}} = 0,0012 \text{ kg/sa}$
10: Pasa Alanı Depolama	$\left[0,952 \times 10^{-4} \times \frac{10}{1,5} \times 365 \left(\frac{365-67}{365}\right) \times \frac{13,7}{15}\right] \text{ kg/ha yıl} \times \frac{0,13 \text{ ha}}{365 \text{ gün} \times 24 \text{ sa}} = 0,026 \text{ kg/sa}$
11: Delme	$0,31 \text{ kg/delik} \times \frac{12 \text{ delik/gün}}{8,8 \text{ sa/gün}} = 0,423 \text{ kg/sa}$
12: Patlatma	$0,52 \times 0,00022 \times 405^{1,5} = 0,932 \text{ kg/patlatma}$
13: Cevherin Yüklenmesi	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63 \text{ m/sn}}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} \text{ kg/t} \times \frac{1.000.000 \text{ t/yıl}}{300 \text{ gün/yıl} \times 16 \text{ sa/yıl}} = 0,00994 \text{ kg/sa}$
14: Cevherin Taşınması (%25 Ocak Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,3}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] \text{ kg/km araç} \times 2 \text{ km} \times 8 \text{ sefer/sa} \times 0,25 = 2,752 \text{ kg/sa}$

<b>Faaliyetler</b>	<b>Toz Emisyonu Hesabı (PM10) (CA)</b>
<b>14:</b> Cevherin Taşınması (%25 Kırıcı Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 2km \times 8sefer/sa$ $\times 0,25 = \mathbf{2,811kg/sa}$
<b>14:</b> Cevherin Taşınması (%50 yol)	$0,423 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 2km \times 8sefer/sa$ $\times 0,5 = \mathbf{6,508kg/sa}$
<b>15:</b> Cevherin Kırıcıya Boşaltılması	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{1.000.000t/yıl}{300gün/yıl \times 16sa/yıl}$ $= \mathbf{0,00994kg/sa}$
<b>16:</b> Birincil Kırıcı	$0,0012kg/t \times 208,3 t/ sa = \mathbf{0,250 kg/sa}$
<b>17:</b> İkincil Kırıcı	$0,0012kg/t \times 208,3 t/ sa = \mathbf{0,250 kg/sa}$
<b>18:</b> Üçüncül Kırıcı	$0,0012kg/t \times 208,3 t/ sa = \mathbf{0,250 kg/sa}$
<b>19:</b> Eleme	$0,0243kg/t \times 208,3 t/ sa = \mathbf{0,896 kg/sa}$
<b>20:</b> Ürün Stok Alanı	$\left[0,952 \times 10^{-4} \times \frac{1,5}{1,5} \times 365 \left(\frac{365-67}{365}\right) \times \frac{13,7}{15}\right] kg/ha yıl \times \frac{0,0136ha}{365gün * 24sa}$ $= \mathbf{0,0004kg/sa}$
<b>21:</b> Ürün Yükleme	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{1.000.000t/yıl}{300gün/yıl \times 8sa/yıl}$ $= \mathbf{0,0198kg/sa}$
<b>22:</b> Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması	$0,423 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 2km$ $\times 15sefer/sa = \mathbf{24,406kg/sa}$
<b>23:</b> Açık Ocak İçinde Tesviye İşlemleri	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 8,3^{1,5}}{8,8^{1,4}} = \mathbf{0,253kg/sa}$
<b>24:</b> Yol Bakımı	$0,00336 \times 5^2kg/km araç \times 5km/sa \times 1sefer = \mathbf{0,00018kg/sa}$
<b>25:</b> Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar	-

**Çizelge 1.2.4.** Avustralya’da Uygulanan Kontrolsüz PM10 Emisyon Faktörlerinin Kalker Ocağı Maden Modeli Üzerinde Uygulanması

<b>Faaliyetler</b>	<b>Toz Emisyonu Hesabı (PM10) (AU)</b>
1: Bitkisel Toprağın Sıyırılması	$0,0073kg/t \times 60.000t/(50gün \times 8sa) = 1,095kg/sa$
2: Bitkisel Toprağın Yüklenmesi	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 10,7^{1,5}}{12,5^{1,4}} = 0,344kg/sa$
3: Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması (%25 inşaat alanı)	$0,423 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 6sefer/sa \times 0,25 = 1,054kg/sa$
3: Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması (%75 yol)	$0,423 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 6sefer/sa \times 0,75 = 3,661kg/sa$
4: Bitkisel Toprağın Boşaltılması	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{12,5}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{60.000t/yıl}{400sa/yıl} = 0,0044kg/sa$
5: Bitkisel Toprak Depolama Alanı	$0,2kg/ha sa \times 1,875ha = 0,375kg/sa$
6: Arazinin Düzenmesi	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 8,5^{1,5}}{8,8^{1,4}} = 0,260kg/sa$
7: Pasanın Yüklenmesi	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 10^{1,2}}{8,8^{1,3}} = 0,316kg/sa$
8: Pasanın Taşınması (%25 Ocak Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,3}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 1sefer/sa \times 0,25 = 0,172kg/sa$
8: Pasanın Taşınması (%25 Depolama Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 1sefer/sa \times 0,25 = 0,176kg/sa$
8: Pasanın Taşınması (%50 yol)	$0,423 \left(\frac{29}{3}\right)^{0,9} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 1km \times 1sefer/sa \times 0,5 = 0,407kg/sa$
9: Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{10.000t/yıl}{400sa/yıl} = 0,0012kg/sa$
10: Pasa Depolama Alanı	$\left[0,952 \times 10^{-4} \times \frac{10}{1,5} \times 365 \left(\frac{365-67}{365}\right) \times \frac{13,7}{15}\right] kg/ha yıl \times \frac{0,13ha}{365gün * 24sa} = 0,026kg/sa$
11: Delme	$0,31 kg/delik \times \frac{12 delik/gün}{8,8sa/gün} = 0,423 kg/sa$
12: Patlatma	$0,52 \times 0,00022 \times 405^{1,5} = 0,932kg/patlatma$
13: Cevherin Yüklenmesi	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{1.000.000t/yıl}{300gün/yıl \times 16sa/yıl} = 0,00994kg/sa$
14: Cevherin Taşınması (%25 Ocak Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,3}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km araç \times 2km \times 8sefer/sa \times 0,25 = 2,752kg/sa$

<b>Faaliyetler</b>	<b>Toz Emisyonu Hesabı (PM10) (AU)</b>
<b>14:</b> Cevherin Taşınması (%25 Kırıcı Alanı)	$0,423 \left(\frac{8,5}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km \text{ araç} \times 2km \times 8sefer/sa$ $\times 0,25 = \mathbf{2,811kg/sa}$
<b>14:</b> Cevherin Taşınması (%50 yol)	$0,423 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km \text{ araç} \times 2km \times \frac{8sefer}{sa}$ $\times 0,5 = \mathbf{6,508kg/sa}$
<b>15:</b> Cevherin Kırıcıya Boşaltılması	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{1.000.000t/yıl}{300gün/yıl \times 16sa/yıl}$ $= \mathbf{0,00994kg/sa}$
<b>16:</b> Birincil Kırıcı	$0,0012kg/t \times 208,3 t/sa = \mathbf{0,250 kg/sa}$
<b>17:</b> İkincil Kırıcı	$0,0012kg/t \times 208,3 t/sa = \mathbf{0,250 kg/sa}$
<b>18:</b> Üçüncül Kırıcı	$0,0012kg/t \times 208,3 t/sa = \mathbf{0,250 kg/sa}$
<b>19:</b> Eleme	$0,0076kg/t \times 208,3 t/sa = \mathbf{1,583 kg/sa}$
<b>20:</b> Ürün Stok Alanı	$\left[0,952 \times 10^{-4} \times \frac{1,5}{1,5} \times 365 \left(\frac{365-67}{365}\right) \times \frac{13,7}{15}\right] kg/ha \text{ yıl} \times \frac{0,0136ha}{365gün * 24sa}$ $= \mathbf{0,0004kg/sa}$
<b>21:</b> Ürün Yükleme	$0,35 \times 0,0016 \frac{\left(\frac{1,63m/sn}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{8,8}{2}\right)^{1,4}} kg/t \times \frac{1.000.000t/yıl}{300gün/yıl \times 8sa/yıl}$ $= \mathbf{0,0198kg/sa}$
<b>22:</b> Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması	$0,423 \left(\frac{10}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{29}{3}\right)^{0,45} \left[\frac{365-67}{365}\right] kg/km \text{ araç} \times 2km$ $\times 15sefer/sa = \mathbf{24,406kg/sa}$
<b>23:</b> Açık Ocak İçinde Tesviye İşlemleri	$\frac{0,75 \times 0,45 \times 8,3^{1,5}}{8,8^{1,4}} = \mathbf{0,253kg/sa}$
<b>24:</b> Yol Bakımı	$0,00336 \times 5^2kg/km \text{ araç} \times 5km/sa \times 1sefer = \mathbf{0,00018kg/sa}$
<b>25:</b> Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar	$0,2kg/ha \text{ sa} \times 5ha = \mathbf{1kg/sa}$

**Çizelge Ek 1.2.5. Türkiye'de Uygulanan Kontrollü Emisyon Faktörlerinin Kalker Ocağı Maden Modeli Üzerinde Uygulanması**

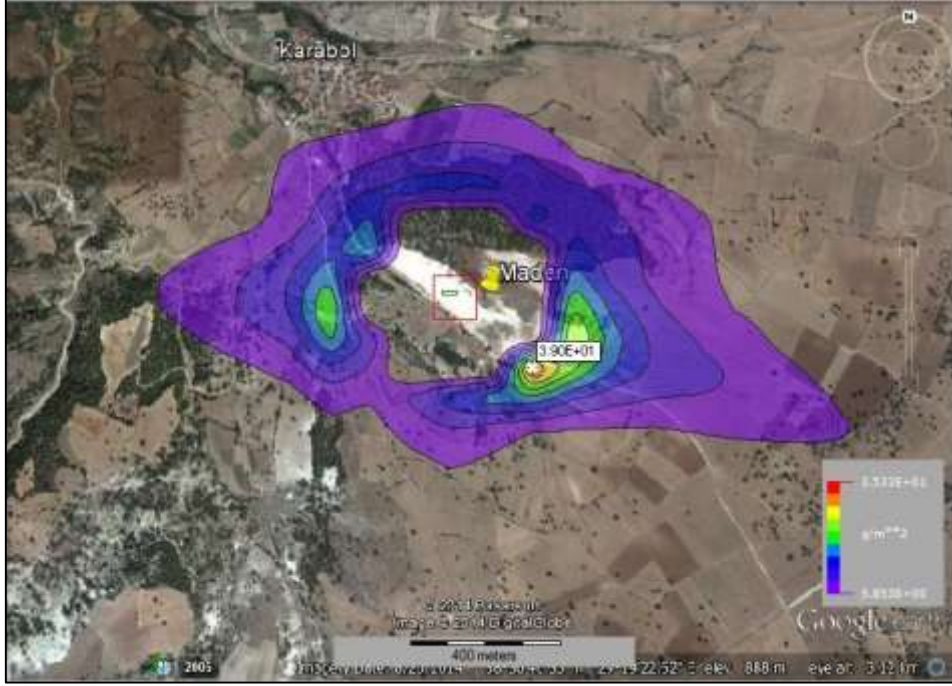
<b>Faaliyetler</b>	<b>KontROLSÜZ Emisyon Faktörü</b>	<b>Toz Emisyonu Hesabı (Toplam Partikül Madde) (TR)</b>
1: Bitkisel Toprağın Sıyırılması	0,0125 kg/t	$0,0125kg/t \times 60.000t / (50gün \times 8sa) = 1,875kg/sa$
2: Bitkisel Toprağın Yüklmesi	0,005 kg/t	$0,005kg/t \times 60.000t / (50gün \times 8sa) = 0,750kg/sa$
3: Bitkisel Toprağın Depolama Alanına Taşınması	0,35 kg/km-araç	$0,35kg/km araç \times 1km \times 6araç/sa = 2,10kg/sa$
4: Bitkisel Toprağın Boşaltılması	0,005 kg/t	$0,005kg/t \times 60.000t / (50gün \times 8sa) = 0,75kg/sa$
5: Bitkisel Toprak Depolama Alanı	2,9 kg/ha-gün	$2,9kg/ha gün \times 1.875ha / 24sa/gün = 0,227kg/sa$
6: Arazinin Düzlenmesi	-	-
7: Pasanın Yüklmesi	0,0125+0,005 kg/t	$(0,0125 + 0,005)kg/t \times 10.000t / (25gün \times 8sa) = 0,125kg/sa$
8: Pasanın Taşınması	0,35 kg/km-araç	$0,35kg/km araç \times 1km \times 1araç/sa = 0,35kg/sa$
9: Pasanın Depolama Alanına Boşaltılması	0,005 kg/t	$0,005kg/t \times 10.000t / (25gün \times 8sa) = 0,125kg/sa$
10: Pasa Depolama Alanı	2,9 kg/ha-gün	$2,9kg/ha gün \times 0,13ha / 24sa/gün = 0,016kg/sa$
11: Delme	-	-
12: Patlatma	-	-
13: Cevherin Yüklmesi	0,005 kg/t	$0,005kg/t \times 1.000.000t / (300gün \times 16sa) = 1,042kg/sa$
14: Cevherin Taşınması	0,35 kg/km-araç	$0,35kg/km araç \times 2km \times 8araç/sa = 5,6kg/sa$
15: Cevherin Kırıcıya Boşaltılması	0,005 kg/t	$0,005kg/t \times 1.000.000t / (300gün \times 16sa) = 1,042kg/sa$
16: Birincil Kırıcı	0,0243 kg/t	$0,0243kg/t \times 1.000.000t / (300gün \times 16sa) = 5,625kg/sa$
17: İkincil Kırıcı	0,0585 kg/t	$0,0585kg/t \times 1.000.000t / (300gün \times 16sa) = 12,188kg/sa$
18: Üçüncül Kırıcı	0,0585 kg/t	$0,0585kg/t \times 1.000.000t / (300gün \times 16sa) = 12,188kg/sa$
19: Eleme	-	-
20: Ürün Stok Alanı	2,9 kg/ha-gün	$2,9kg/ha gün \times 0,013ha / 24sa/gün = 0,0016kg/sa$
21: Ürün Yükleme	0,005 kg/t	$0,005kg/t \times 23.333t / (300gün \times 8sa) = 0,049kg/sa$
22: Ürünün Kamyonla Maden Alanı Dışına Taşınması	0,35 kg/km araç	$0,35kg/km araç \times 10km \times 15araç/sa = 10,5kg/sa$
23: Açık Ocak İçinde Tesviye İşlemleri	-	-
24: Yol Bakımı	-	-
25: Depolama Dışındaki Bozuk Alanlar	-	-



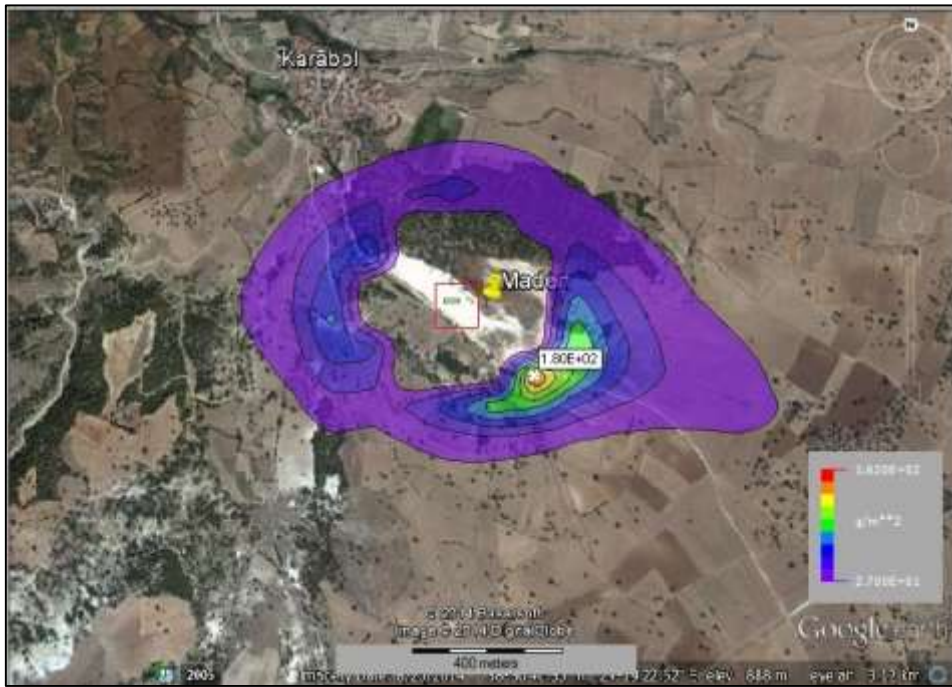
## Ek-2. Model Çıktıları

### Ek-2.A. Kontrolsüz Emisyon Dağılımları

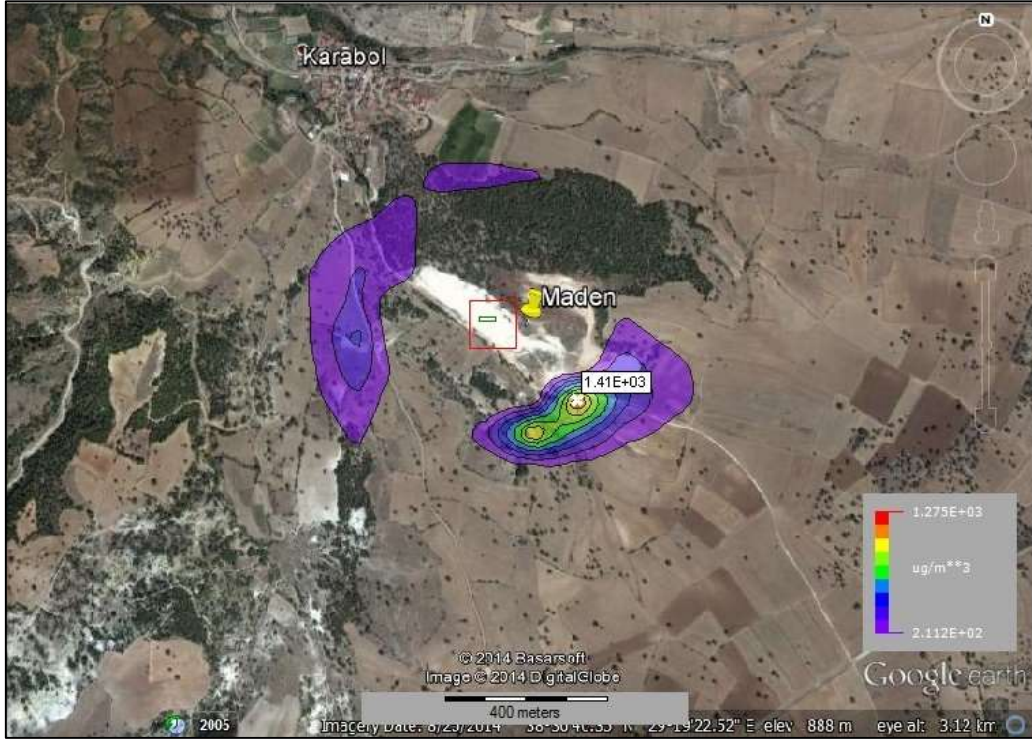
#### Ek-2.A.1. Türkiye



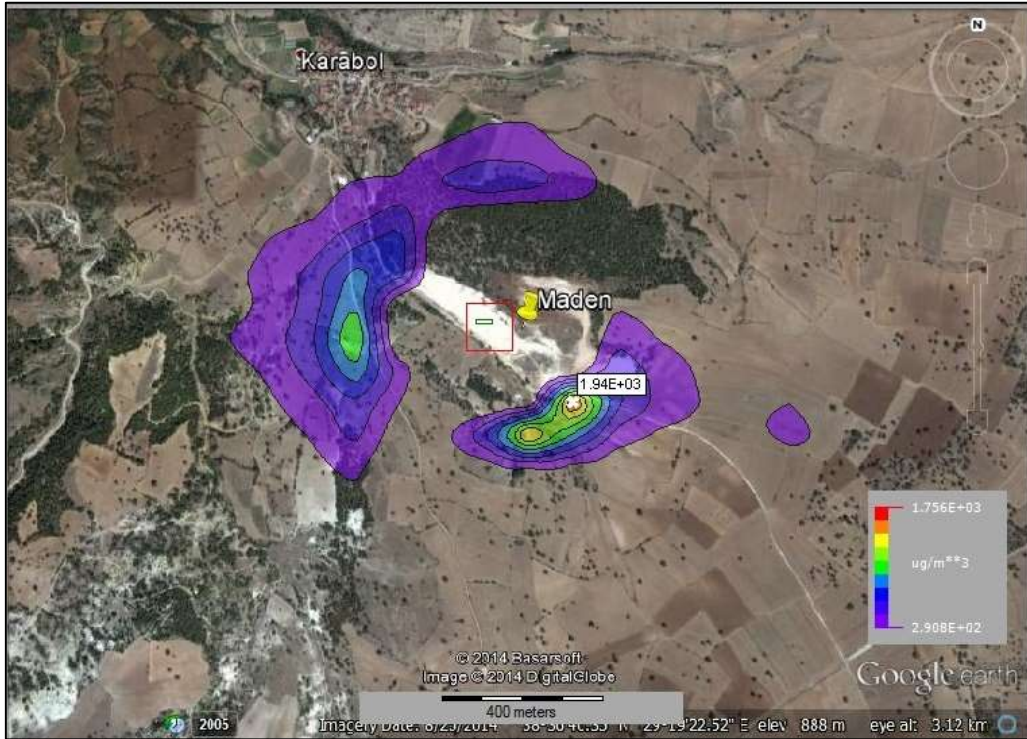
Şekil Ek 2.A.1.1. Kuru Çökeltme Kısa Vadeli Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.1.2. Kuru Çökeltme Uzun Vadeli Değer (Maden)

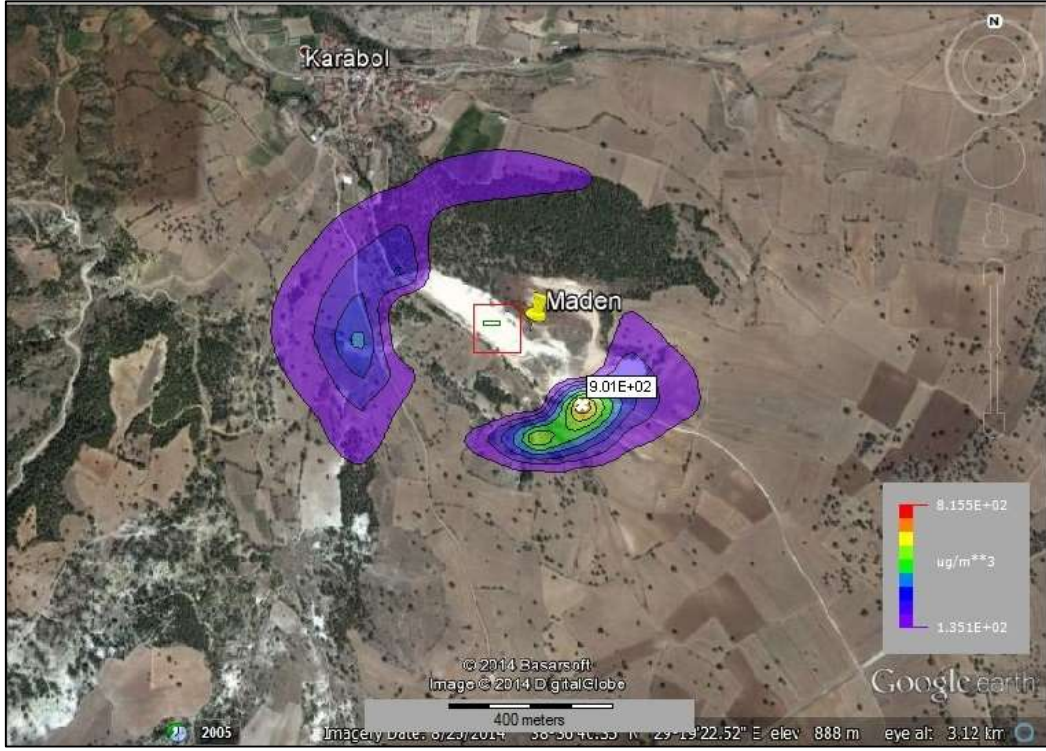


Şekil Ek 2.A.1.3. PM10 En Yüksek 35. Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.1.4. PM10 Kısa Vadeli Değer (Maden)



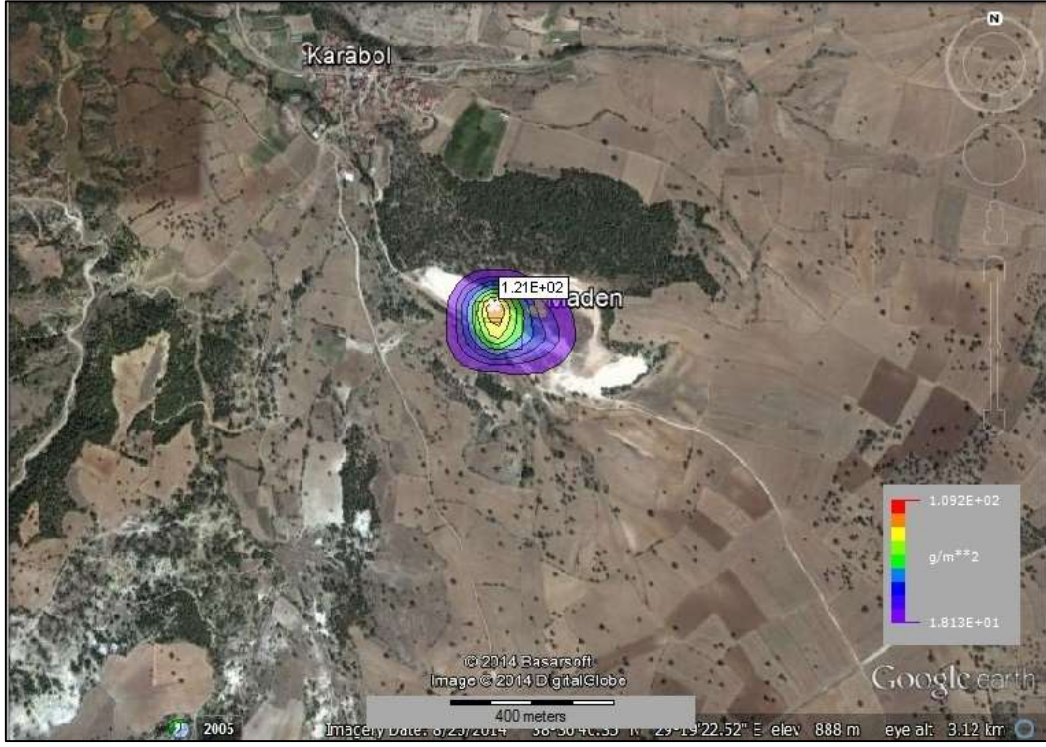


Şekil Ek 2.A.1.5. PM10 Uzun Vadeli Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.1.6. Kuru Çökeltme Kısa Vadeli Değer (Patlatma)





Şekil Ek 2.A.1.7. Kuru Çökeltme Uzun Vadeli Değer (Patlatma)



Şekil Ek 2.A.1.8. PM10 En Yüksek 35. Değer (Patlatma)



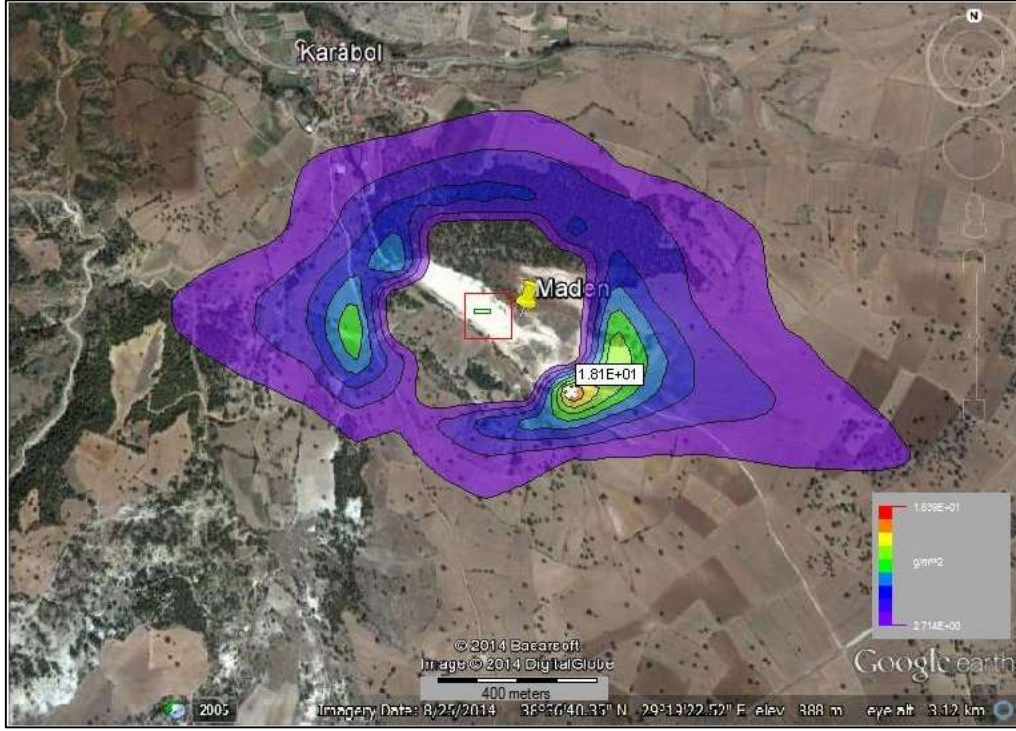
Şekil Ek 2.A.1.9. PM10 Kısa Vadeli Değer (Patlatma)



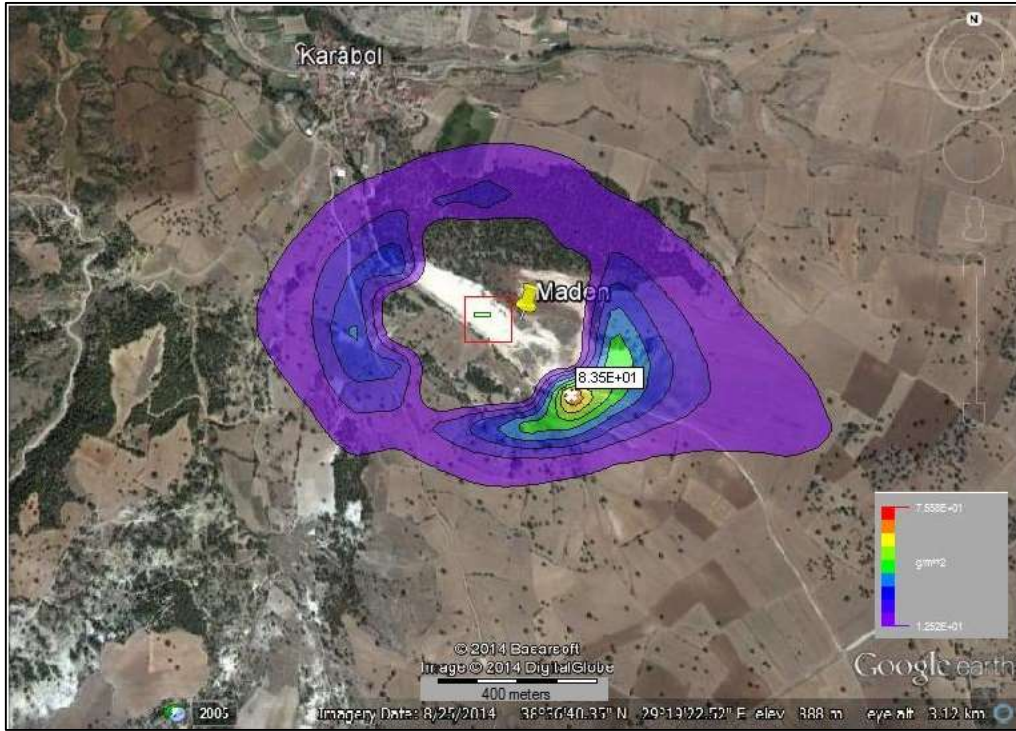
Şekil Ek 2.A.1.10. PM10 Uzun Vadeli Değer (Patlatma)



## Ek-2.A.2. Amerika



Şekil Ek 2.A.2.1. Kuru Çökme Kısa Vadeli Değer (Maden)

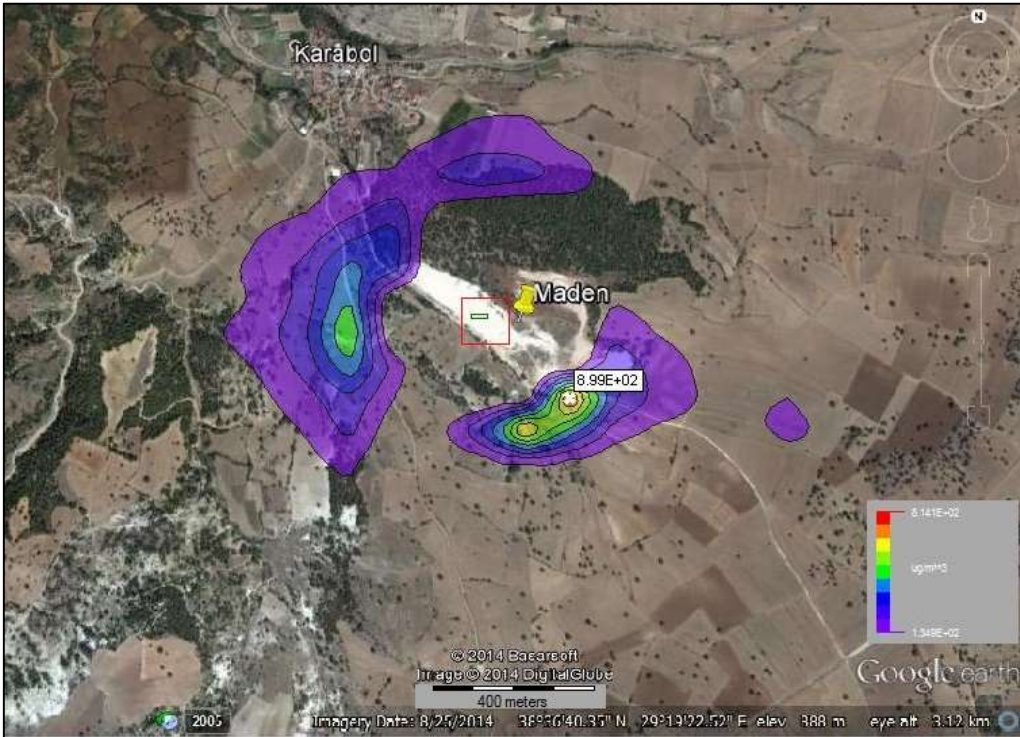


Şekil Ek 2.A.2.2. Kuru Çökme Uzun Vadeli Değer (Maden)



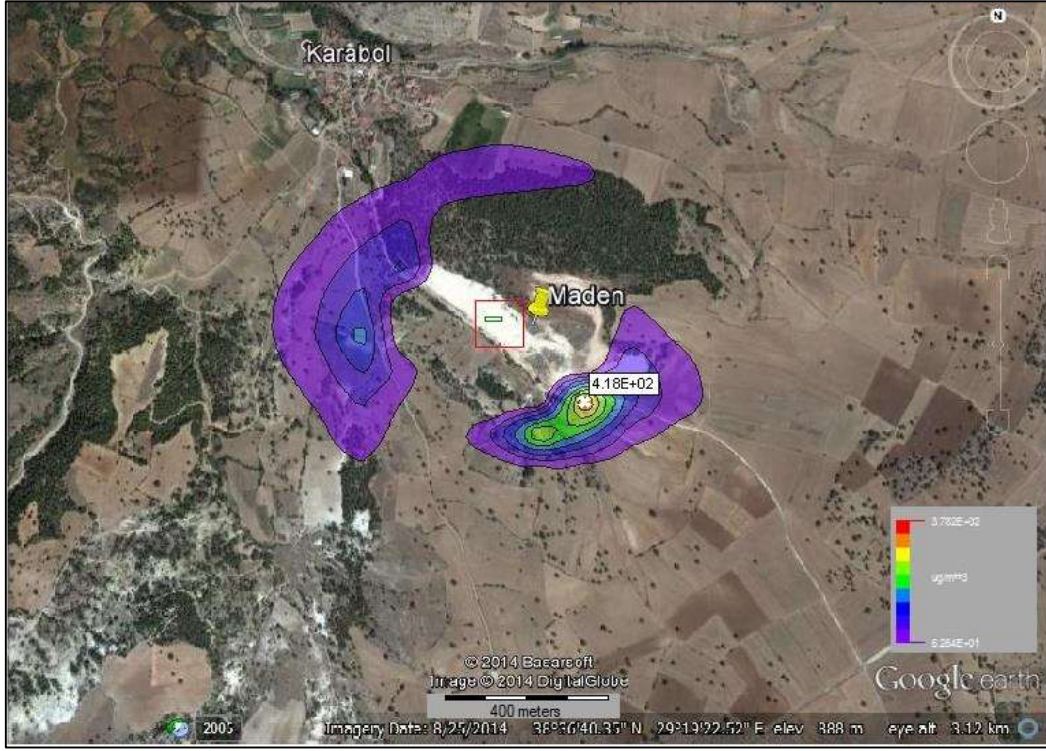


Şekil Ek 2.A.2.3. PM10 En Yüksek 35. Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.2.4. PM10 Kısa Vadeli Değer (Maden)



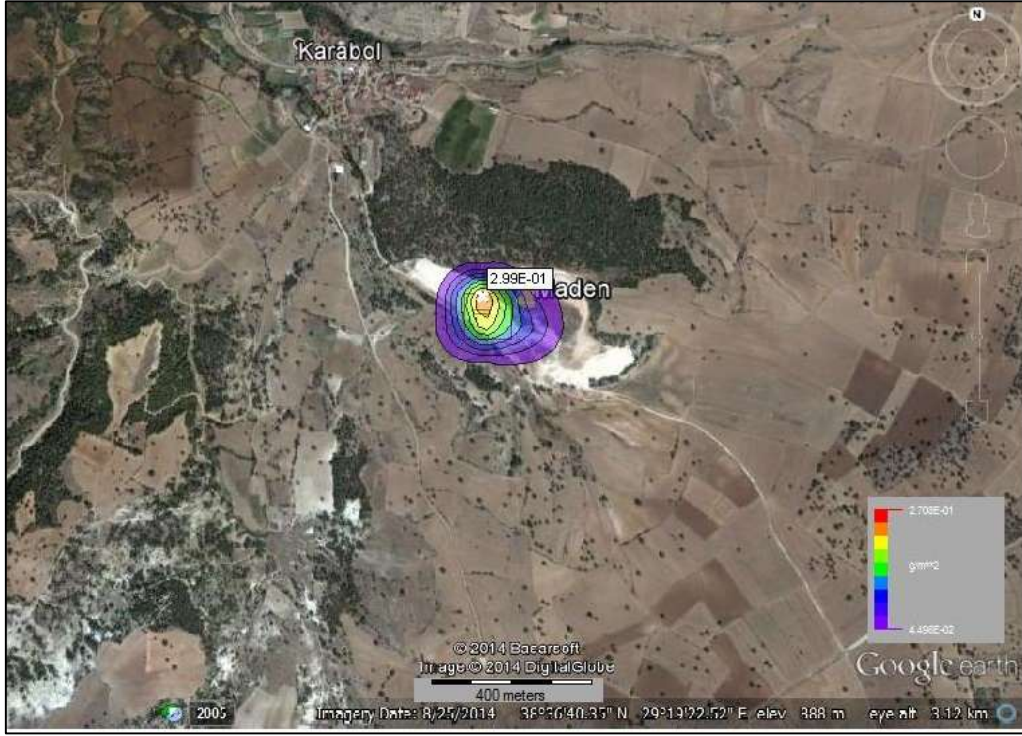


Şekil Ek 2.A.2.5. PM10 Uzun Vadeli Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.2.6. Kuru Çökeltme Kısa Vadeli Değer (Patlatma)





Şekil Ek 2.A.2.7. Kuru Çökeltme Uzun Vadeli Değer (Patlatma)



Şekil Ek 2.A.2.8. PM10 En Yüksek 35. Değer (Patlatma)





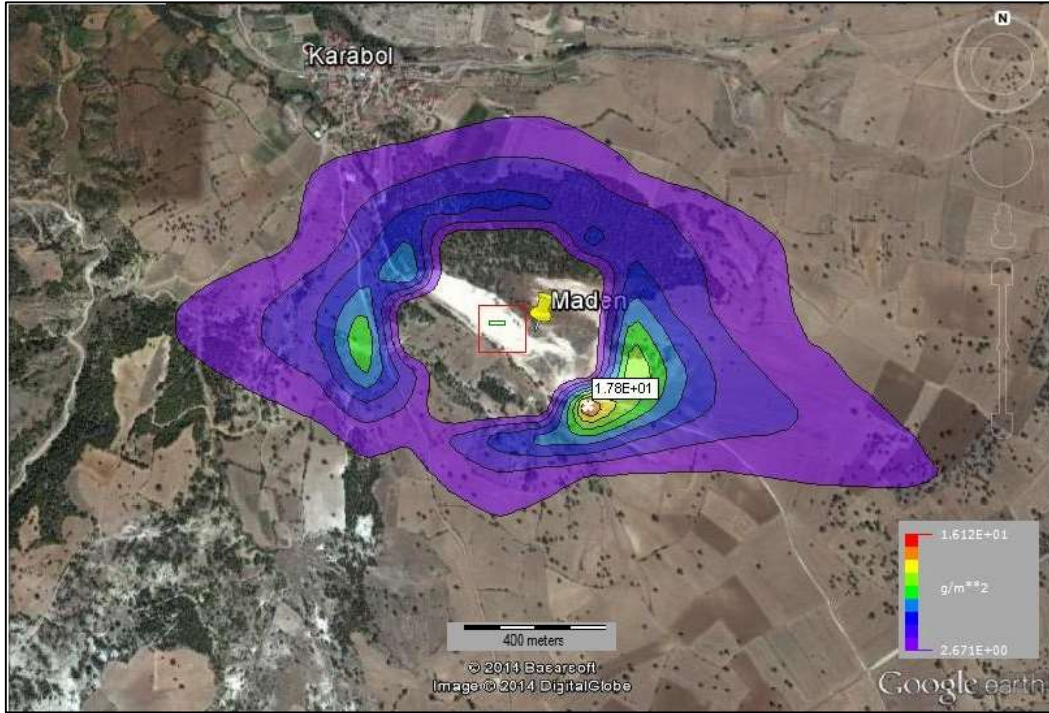
Şekil Ek 2.A.2.9. PM10 Kısa Vadeli Değer (Patlatma)



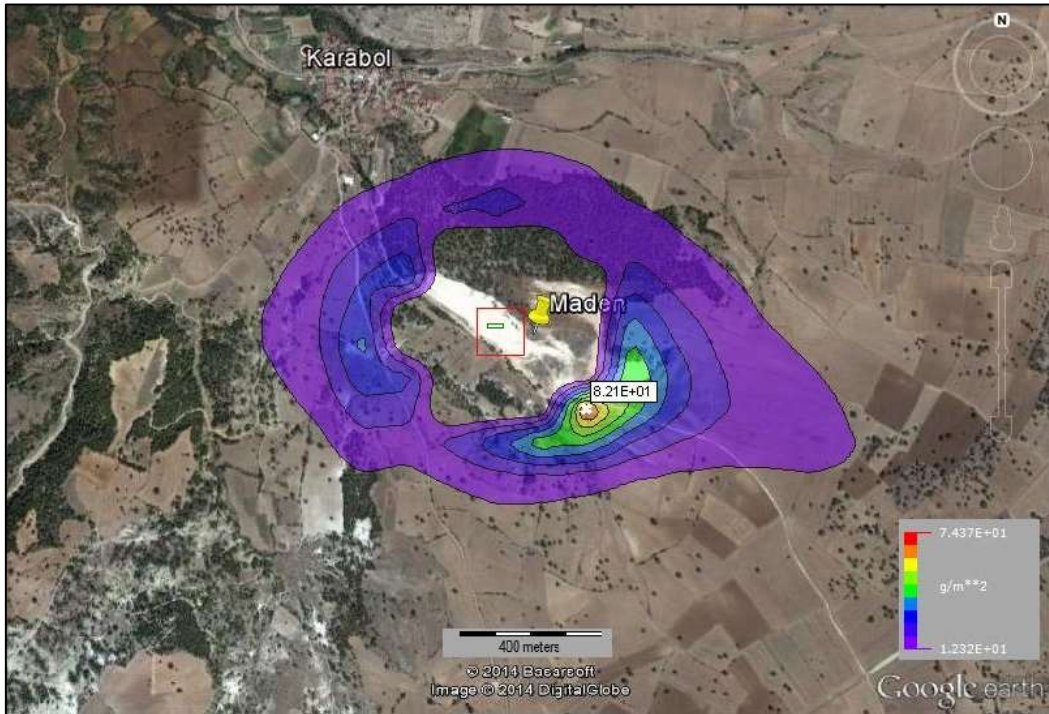
Şekil Ek 2.A.2.10. PM10 Uzun Vadeli Değer (Patlatma)



### Ek-2.A.3. Kanada

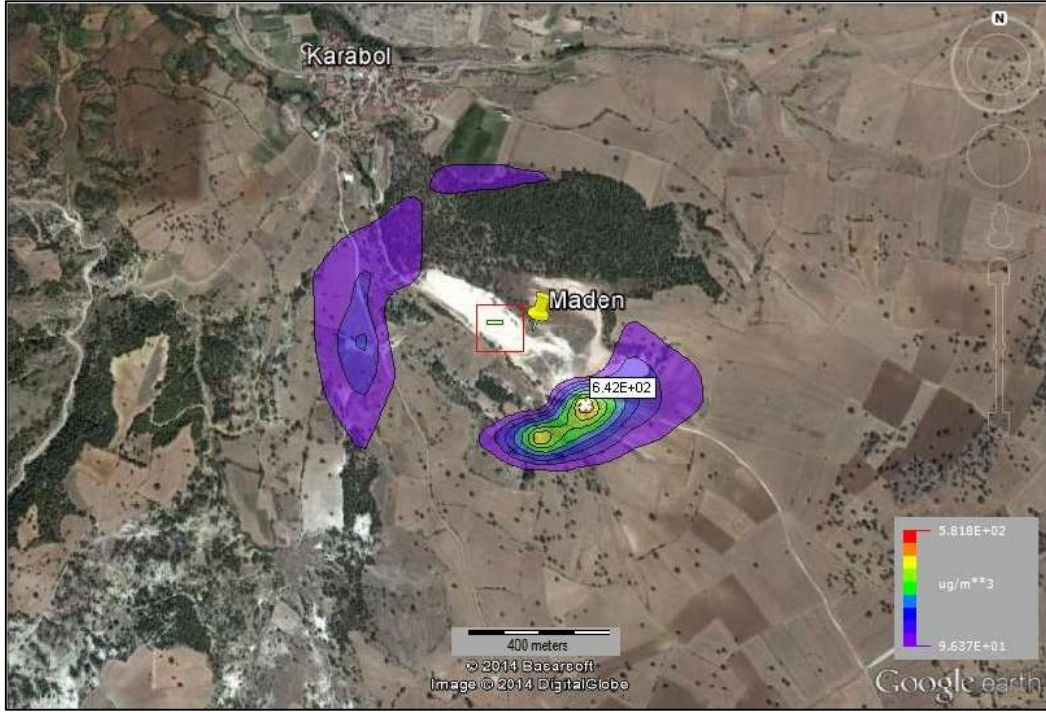


Şekil Ek 2.A.3.1. Kuru Çökeltme Kısa Vadeli Değer (Maden)

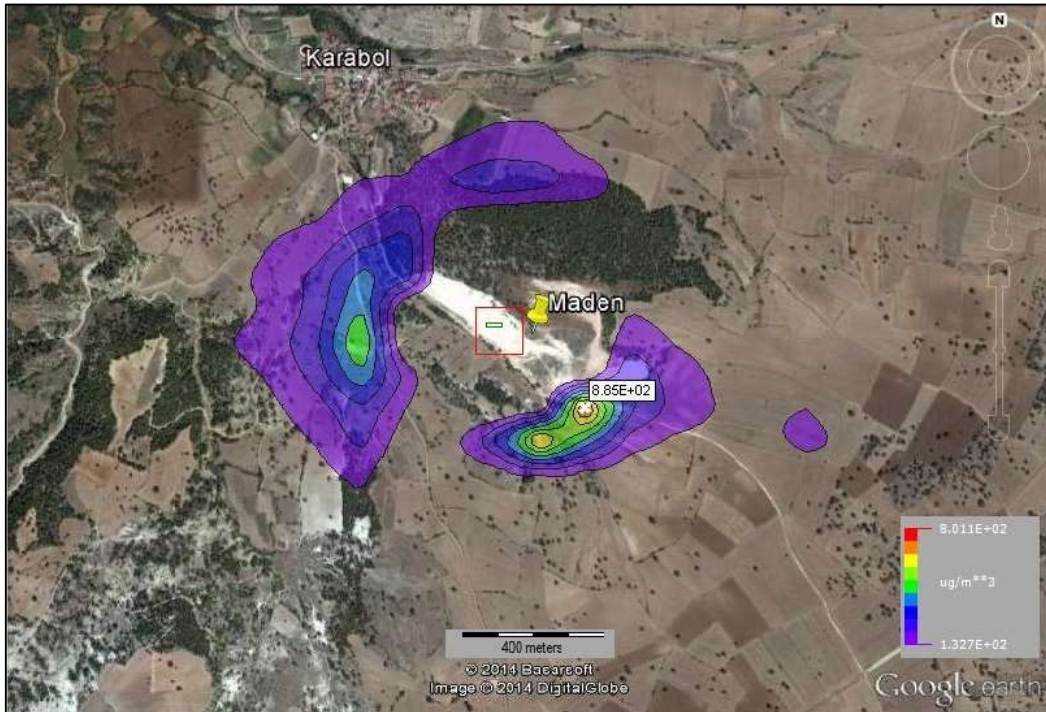


Şekil Ek 2.A.3.2. Kuru Çökeltme Uzun Vadeli Değer (Maden)

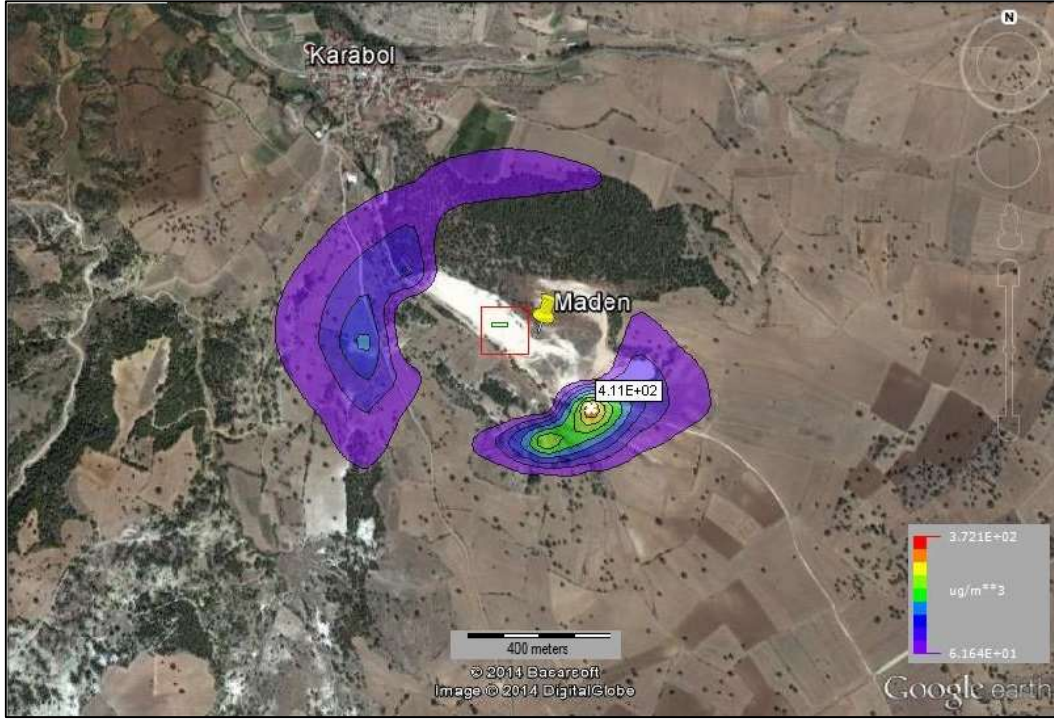




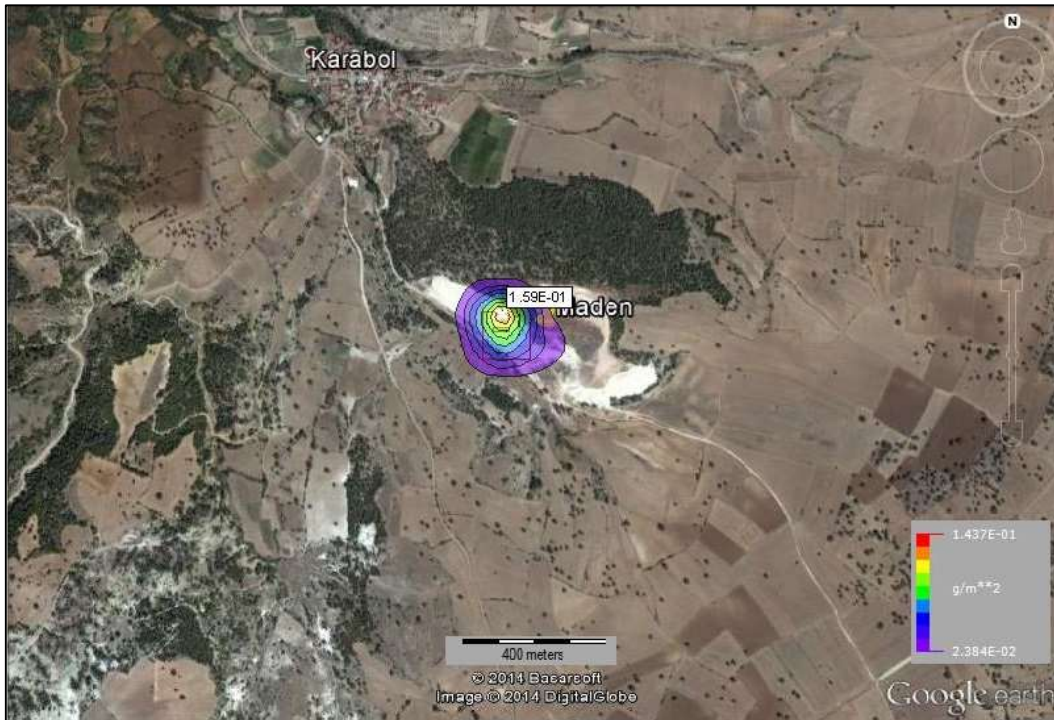
Şekil Ek 2.A.3.3. PM10 En Yüksek 35. Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.3.4. PM10 Kısa Vadeli Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.3.5. PM10 Uzun Vadeli Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.3.6. Kuru Çökeltme Kısa Vadeli Değer (Patlatma)





Şekil Ek 2.A.3.7. Kuru Çökeltme Uzun Vadeli Değer (Patlatma)



Şekil Ek 2.A.3.8. PM10 En Yüksek 35. Değer (Patlatma)



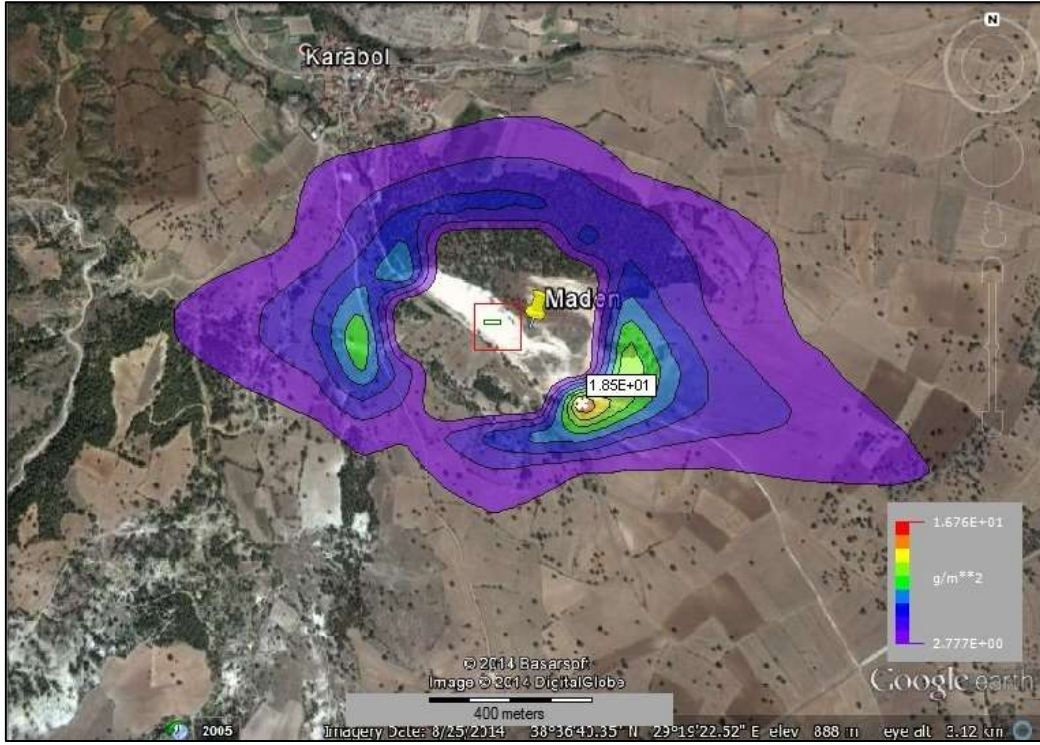
Şekil Ek 2.A.3.9. PM10 Kısa Vadeli Değer (Patlatma)



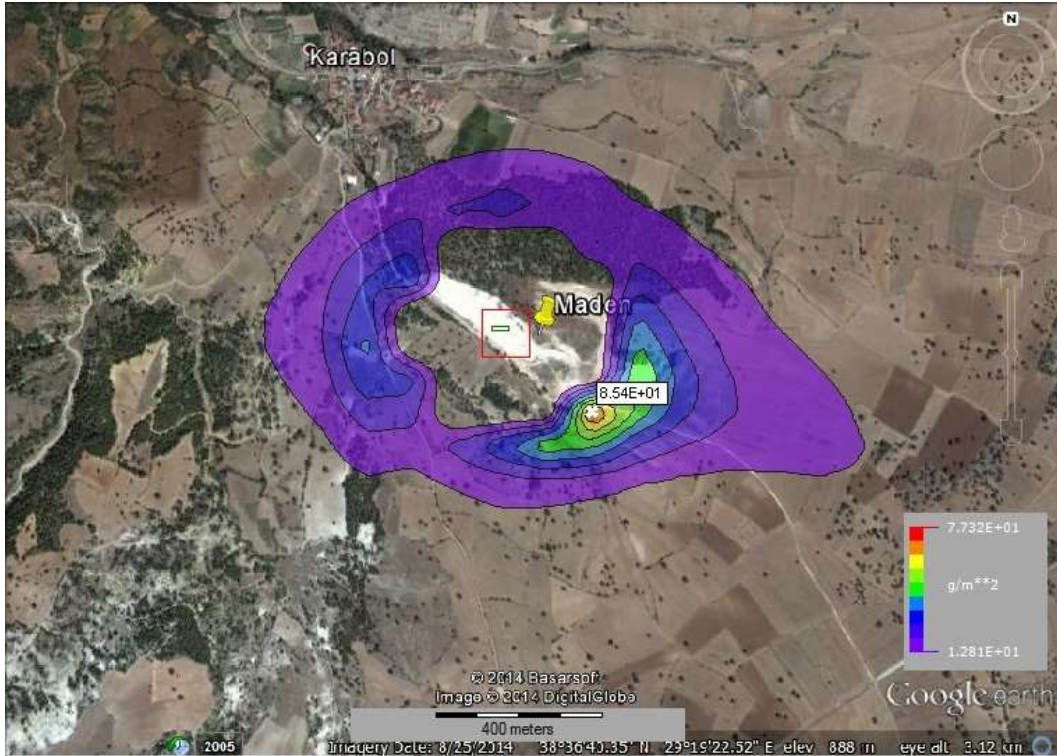
Şekil Ek 2.A.3.10. PM10 Uzun Vadeli Değer (Patlatma)



### Ek-3.A.4. Avustralya



Şekil Ek 2.A.4.1. Kuru Çökme Kısa Vadeli Değer (Maden)

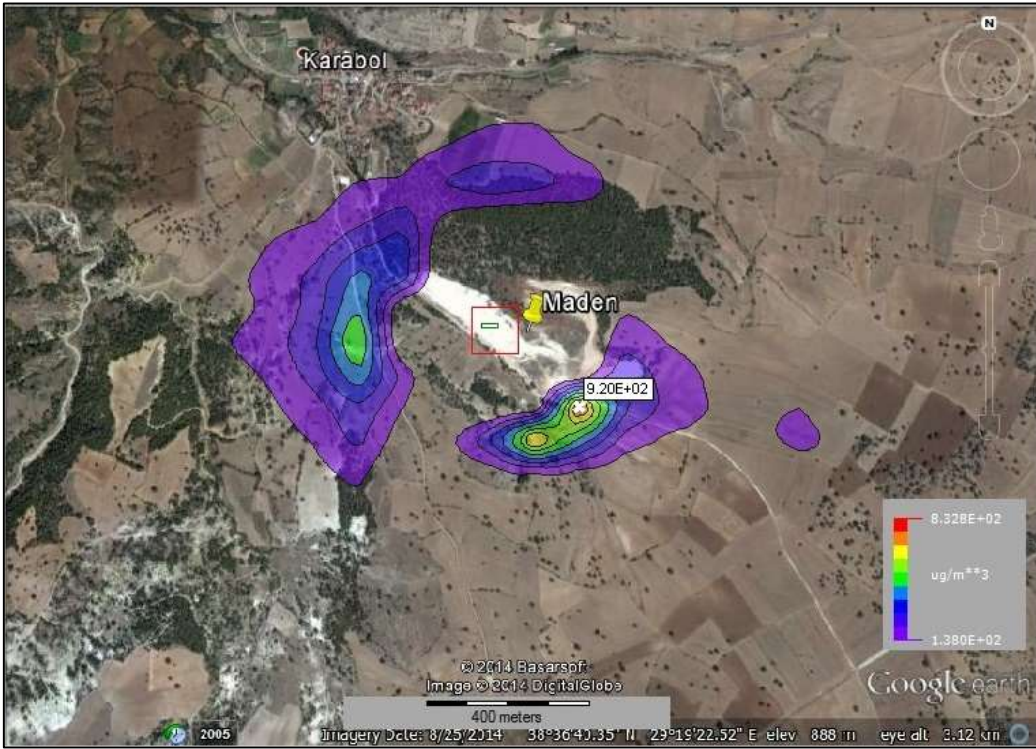


Şekil Ek 2.A.4.2. Kuru Çökme Uzun Vadeli Değer (Maden)





Şekil Ek 2.A.4.3. PM10 En Yüksek 35. Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.4.4. PM10 Kısa Vadeli Değer (Maden)





Şekil Ek 2.A.4.5. PM10 Uzun Vadeli Değer (Maden)



Şekil Ek 2.A.4.6. Kuru Çökme Kısa Vadeli Değer (Patlatma)





Şekil Ek 2.A.4.7. Kuru Çökelme Uzun Vadeli Değer (Patlatma)

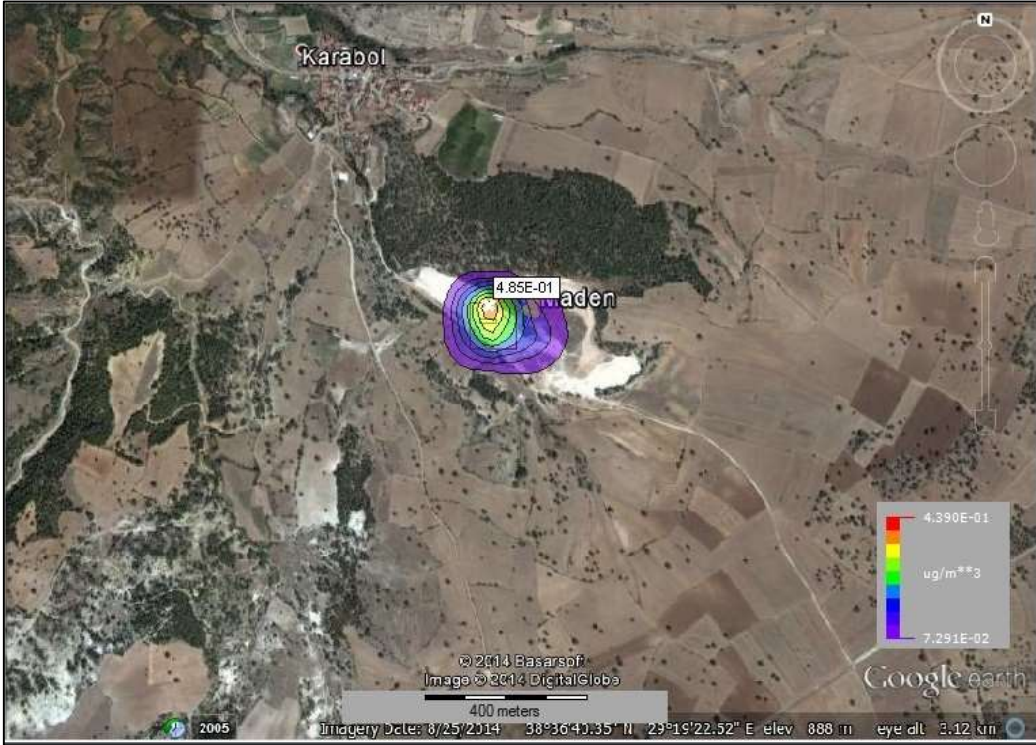


Şekil Ek 2.A.4.8. PM10 En Yüksek 35. Değer (Patlatma)





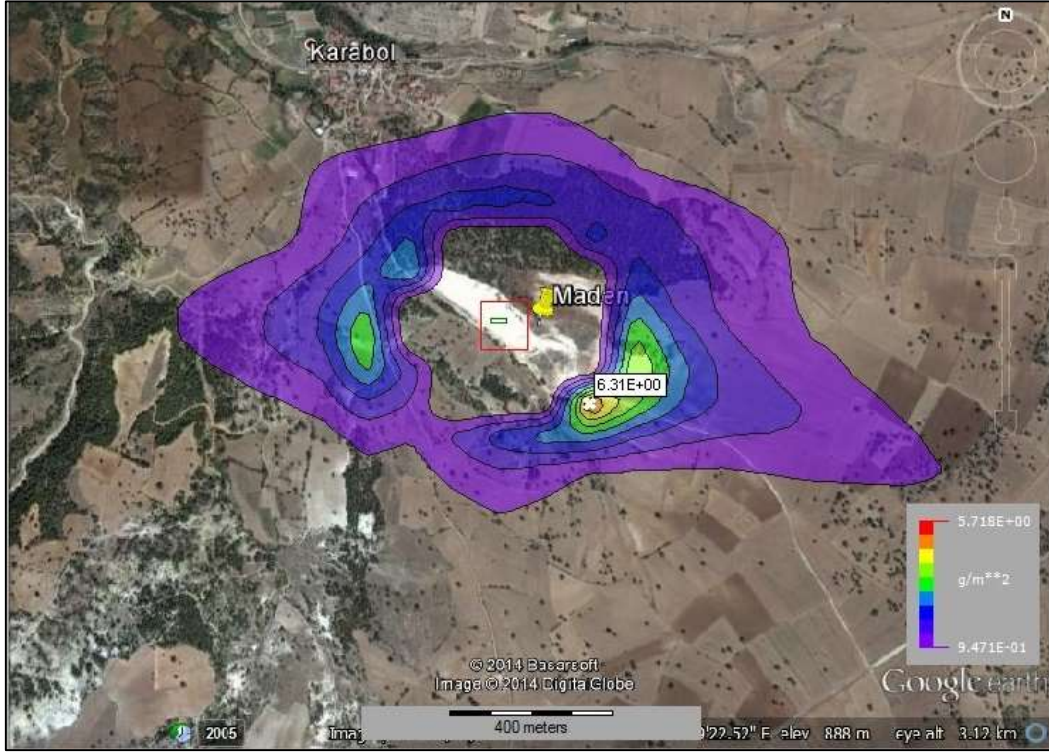
Şekil Ek 2.A.4.9. PM10 Kısa Vadeli Değer (Patlatma)



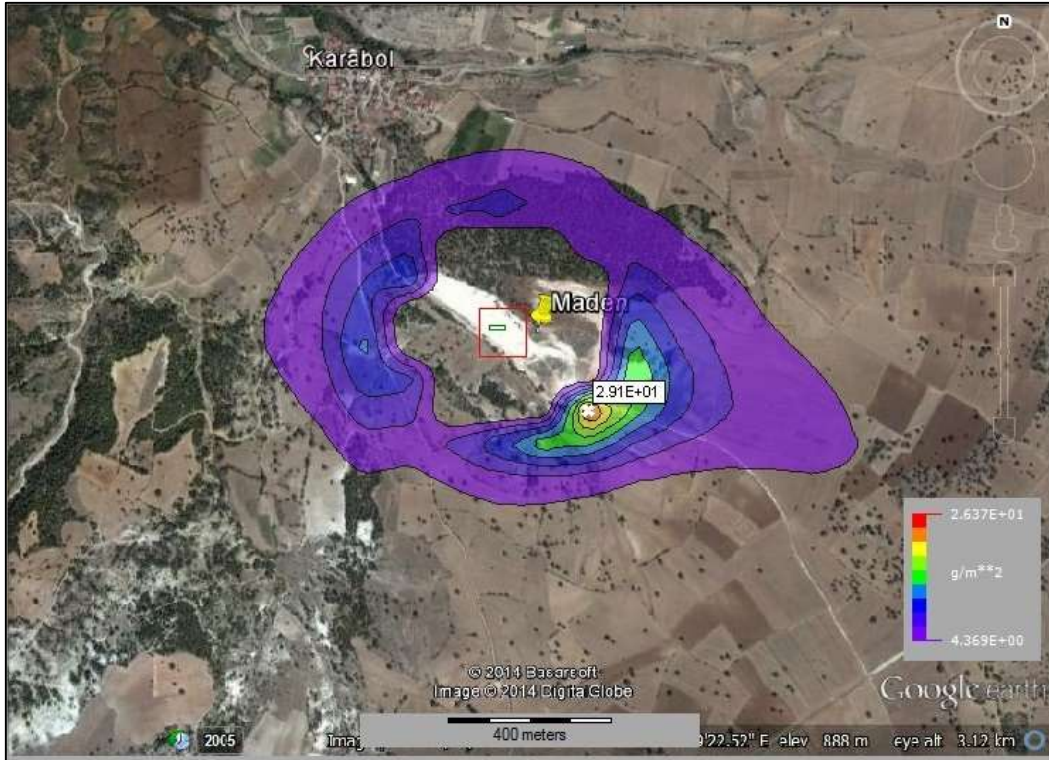
Şekil Ek 2.A.4.10. PM10 Uzun Vadeli Değer (Patlatma)



## Ek-2.B. Kontrollü Emisyon Dağılımları



Şekil Ek 2.B.1. Kuru Çökeltme Kısa Vadeli Değer (Maden)

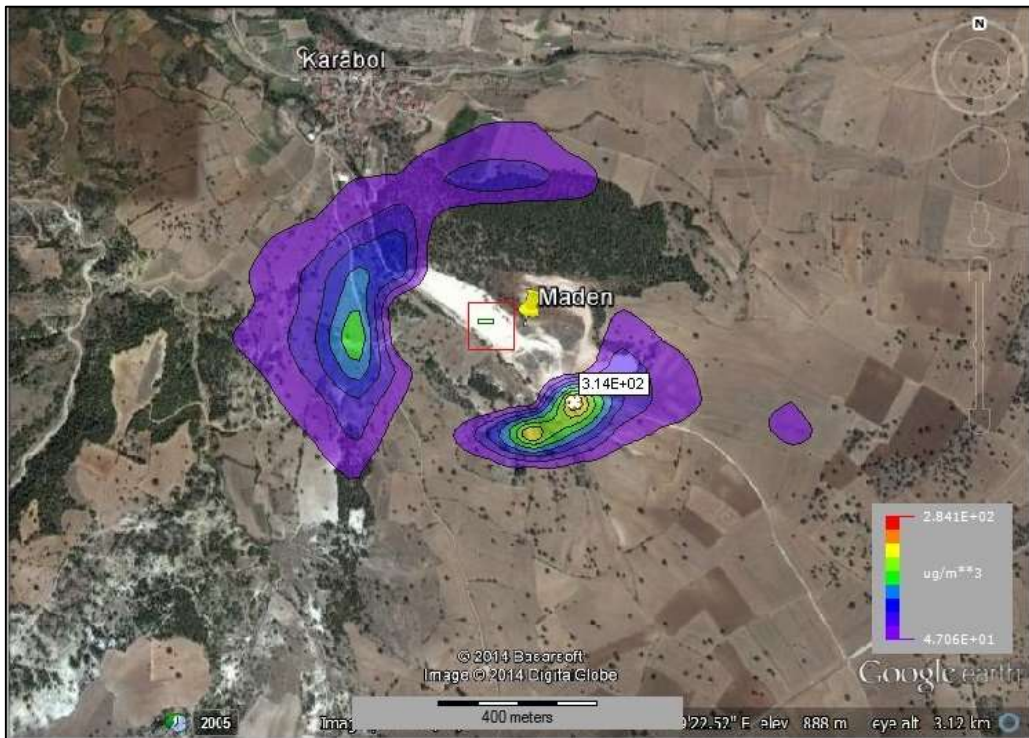


Şekil Ek 2.B.2. Kuru Çökeltme Uzun Vadeli Değer (Maden)



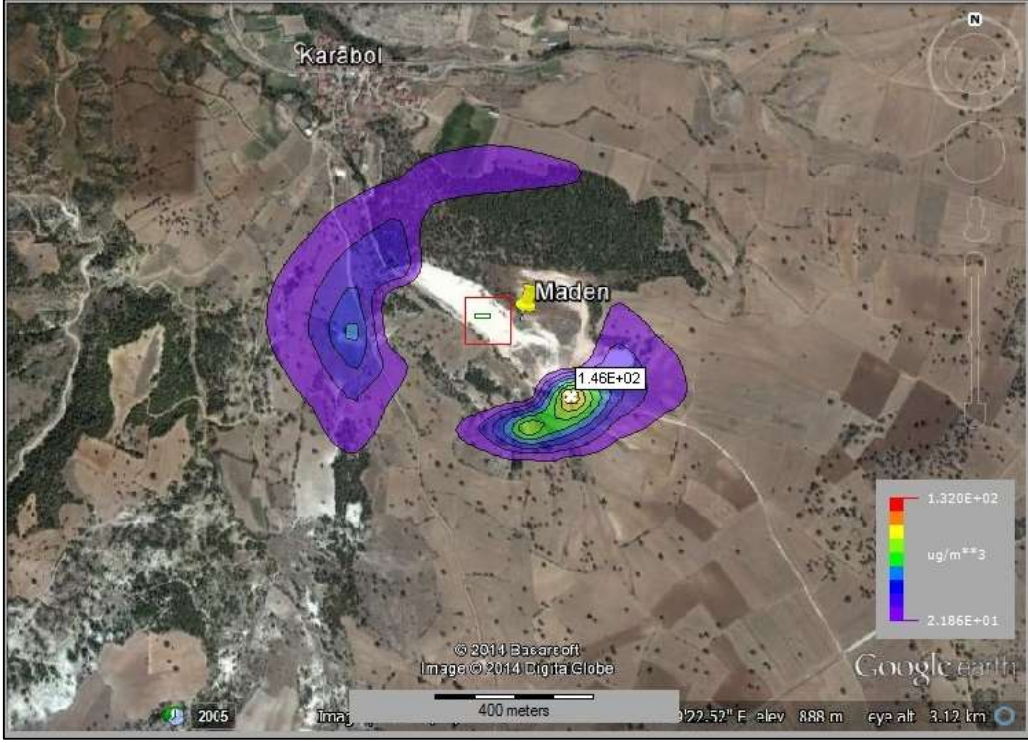


Şekil Ek 2.B.3. PM10 En Yüksek 35. Değer (Maden)

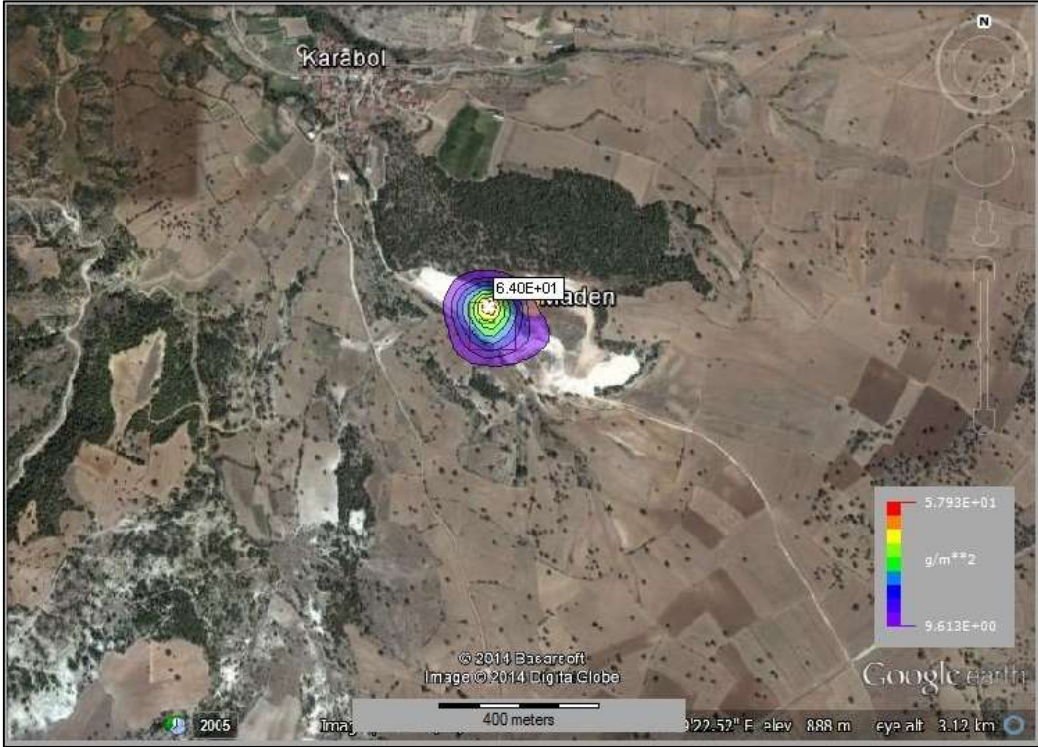


Şekil Ek 2.B.4. PM10 Kısa Vadeli Değer (Maden)

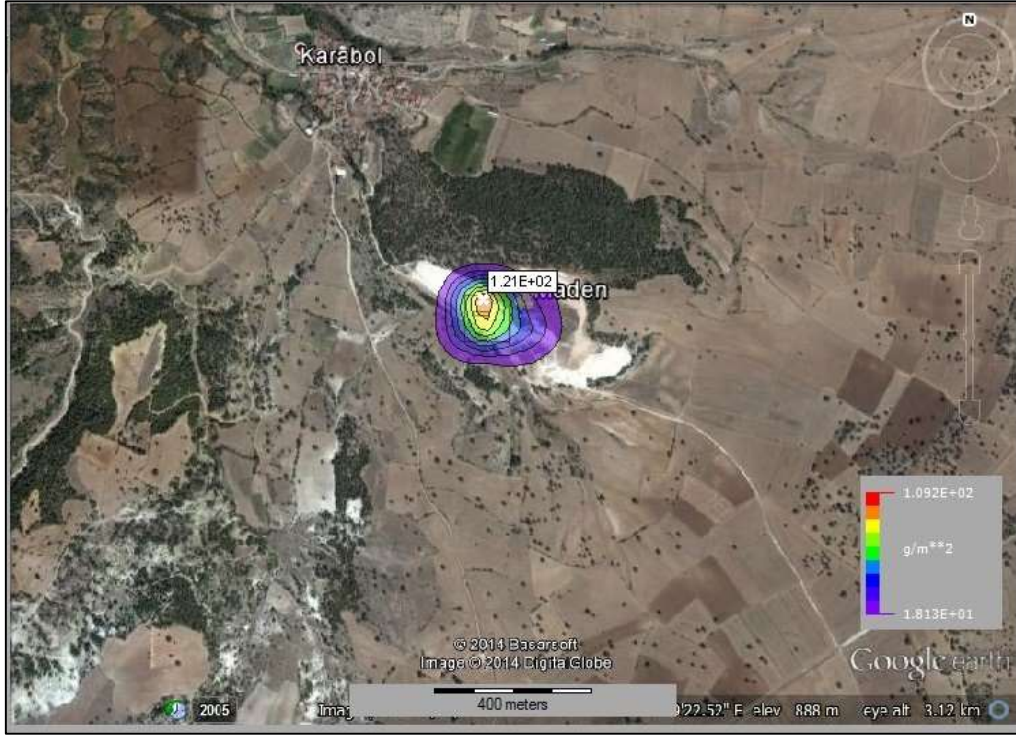




Şekil Ek 2.B.5. PM10 Uzun Vadeli Değer (Maden)



Şekil Ek 2.B.6. Kuru Çökeltme Kısa Vadeli Değer (Patlatma)



Şekil Ek 2.B.7. Kuru Çökeltme Uzun Vadeli Değer (Patlatma)



Şekil Ek 2.B.8. PM10 En Yüksek 35. Değer (Patlatma)





Şekil Ek 2.B.9. PM10 Kısa Vadeli Değer (Patlatma)



Şekil Ek 2.B.10. PM10 Uzun Vadeli Değer (Patlatma)

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Ayşegül ÇOBAN BEŞİR  
Doğum Yeri : Ankara  
Medeni Hali : Evli  
E-posta : [aysegulc22@gmail.com](mailto:aysegulc22@gmail.com)  
Adresi : Çankaya/Ankara

### Eğitim

Lisans : ODTÜ – Maden Mühendisliği (2002-2009)  
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi – Çevre Mühendisliği (2011-2015)

### Yabancı Dil düzeyi

İngilizce (İleri Düzey)

### İş Deneyimi

2007 – 2009: Part Time Özel Sektör (Madencilik)

2009 – Devam: Özel Sektör (Madencilik)

### Deneyim Alanları

-

### Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

### Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

### Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-