



# **İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN POYRAZMATİK İLE İYİLEŞTİRİLMESİ**

## **IMPROVING INDOOR AIR QUALITY WITH POYRAZMATİK**

**HADİ HABİBAZARFARD**

**Prof. Dr. A. CEMAL SAYDAM**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

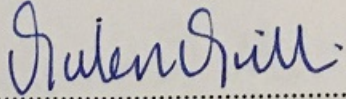
olarak hazırlanmıştır

2016

**HADİ HABİBAZARFARD**'in hazırladığı “ **İç Ortam Hava Kalitesinin Poyrazmatik ile İyileştirilmesi** ” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

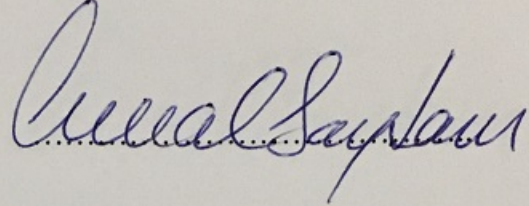
Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

Başkan

  
.....

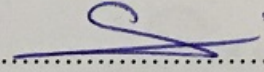
Prof. Dr. A. CEMAL SAYDAM

Danışman



Yrd. Doç. Dr. Sibel MENTEŞE

Üye

  
.....

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

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **Anneme ve Babama**



## ETİK

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

- 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.

--- / --- / 2016

İmza

HADİ HABİBAZARFARD

## ÖZET

### İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN POYRAZMATİK İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

**Hadi HABİBAZARFARD**

**Yüksek Lisans, Çevre Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM**

**Aralık 2016, 85 sayfa**

Konut, okul, iş yeri ve restoran gibi kapalı ortamların iç hava kalitesi insan sağlığı için oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu iç ortamların hava kalitesini direkt olarak etkileyen faktör dış ortamdan gelen kirleticilerdir. Anadolu'yu olumsuz etkileyen en büyük meteorolojik olay lodos ile Türkiye'ye taşınan çöl tozlarıdır. Bunun aksine kuzeyden gelen poyraz rüzgarları ise dış ortam hava kalitesini olumlu yönde değiştirmektedir. Günümüzde iç ortam hava kalitesini iyileştirme amacıyla kullanılan HEPA filtreler yüksek meblağlarla elde edilmektedir. Bu çalışmanın amacı ise; daha basit ve herkesin kolayca faydalanabileceği şekilde iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesidir. Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM tarafından 'poyrazmatik' olarak adlandırılan bu yöntemde su bazlı hava filtrasyonu yapılmıştır ve iç ortam hava kalitesinde kayda değer bir iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma Hacettepe çevre mühendisliği bölümü laboratuvarında bulunan 1m<sup>3</sup> hacmindeki cam odada gerçekleştirilmiştir. Dış ortam havasıyla doldurulan cam odada, poyrazmatik aracılığıyla partikül maddelerin %98 oranında giderimi sağlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Lodos, çöl tozları, hava kalitesi, poyrazmatik

## **ABSTRACT**

# **IMPROVING INDOOR AIR QUALITY WITH POYRAZMATIK**

**Hadi HABIBAZARFARD**

**Master, Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM**

**December 2016, 85 pages**

Indoor air quality such as residence, school, office, restaurant is an important factor for human healthy. Pollutants coming from outdoor effect this indoor air quality directly. The biggest meteorological event that negatively affects Anatolia is desert dusts carried to Turkey with southwester winds. On the contrary, northerly winds are changing the ambient air quality in a positive way. Today, HEPA filters, which are used to improve the indoor air quality obtained with high price. The purpose of this study is to improve indoor air quality in a way that is simpler and easier for everyone to use. This method, called 'poyrazmatik' by Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM, has been performed with water-based air filtration and it has been observed that there is a significant improvement in indoor air quality. This study was carried out in 1m<sup>3</sup> glass chamber at laboratory of Hacettepe Environmental Engineering department. It provides 98% removal of particulate materials by poyrazmatik in glass chamber filled with outdoor air.

**Keywords:** Southwester wind, desert dust, air quality, poyrazmatik

## TEŞEKKÜR

Tez konusu seçimim ve çalışmalarım esnasında bana yol gösterip desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam **Sn. Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM** 'a ,

Bu çalışmanın istatistiki açıdan değerlendirilmesi konusunda bilgi ve tecrübeleriyle bana destek olan **Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ** hocama,

Tez çalışması sırasında bana yardımcı olan ve emeği geçen tüm bölüm arkadaşlarıma

Varlığıyla her zaman bana güç veren babama, sevgisi ve güveniyle destek olan anneme, tüm öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme ve daima yanımda olan kıymetli eşim Melis'e

En içten teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER.....	vi
ÇİZELGELER .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Yapılan Çalışmanın Amacı .....	2
1.2. Yöntem ve Plan .....	3
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. İç Hava Kalitesi.....	4
2.2. İç Hava Kirleticiler.....	5
2.3. Binalarda Ortam Hava Kalitesinin Etki Altına Alan Faktörler:.....	6
2.4. Hava Kalitesini Kontrol Altına Almak İçin Uygulanan Stratejiler:.....	7
2.5. Partikül Maddenin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri .....	7
2.6. Yasal Düzenlemeler .....	9
2.7. Çöllerden Atmosfere Karışan Tozların Özellikleri .....	13
2.7.1. Toz Bulut Karışınca Meydana Gelen Temel Reaksiyonlar.....	14
2.8. Sahra Tozu Döneminde Havadaki Mikroorganizmalar Değişimi.....	15
2.9. Sahra Tozu İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi .....	16
2.9.1. Kuzey Afrika, Sahra Çölü .....	16
2.9.2. Sahra Çölünden Atmosfere Karışan Partikül Maddelerin Akciğerlere Etkisi.....	18
2.9.3. Havada Bulunan Mikroorganizmaların Sebep Olduğu Hastalıklar.....	20
2.9.4. Yunanistan'a Sahra Çölünden Gelen Tozlar Ve Ölüm Sayısının Artışı .....	21
2.9.5. İspanya'ya Gelen Sahra Tozunun Ölüm Sayısıyla Bağlantısı .....	24
2.10. Sahra Tozunun Migren Hastaları Üzerindeki Etkisi .....	27
3. MATERYAL VE METHOD .....	32
3.1. Ölçüm Alınan Nokta Ve Örnekleme Zaman Aralığı: .....	32
3.2. Deney Döneminde Ölçülen Parametreler.....	33
3.3. Örnekleme ve Analiz.....	33

3.3.1.	Örnekleme Süreci.....	33
3.4.	Poyrazmatik.....	36
3.5.	Grimm EDM 107 Çalışma Prensibi .....	38
3.6.	İstatistiksel Analiz Yöntemleri.....	41
4.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	42
4.1.	Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi .....	48
5.	SON DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....	61
	KAYNAKLAR.....	77

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1. İç Ortam Hava Kalitesi Problemlerinin Şematik Göstergesi .....	4
Şekil 2.2. A) Sahra Tozunun Atmosfere Karıştığı Bir Gün 30 Mayıs, 2003 , B) Temiz Atmosfer 4 Haziran 2003 Erdemli/Türkiye , C) 21 Metre Yüksekliğinde Ölçüm Alanı [18]..	15
Şekil 2.3. Ağustos 2002 De Alınan Hava Örneğinde Membran Üzerinde Ciddi Bir Mantar Oluşumu Görünmektedir. Bu Örnekte 239 CFU Tespit Edilmiştir [18] .....	16
Şekil 2.4. Sahra Çölünden ve Gobi çölünden Avrupa Ve Amerika Kıtasına Doğru Giden Toz Bulutu[20] .....	17
Şekil 2.5. Yerküre Üzerinde Bulunan Çöllerden Toz Taşınımı Esnasında Toz Bulutların İzlediği Yollar [20] .....	18
Şekil 2.6. A Ve B de Görünen Partikül Maddelerin Alveol Hücrelerine Ulaşması, C Ve D de Görünen Solunum Yolunda Bulunan Partikül Maddelerin Fotomikrografik Görüntüleri.....	19
Şekil 2.7. Partikül Maddelerin Solunum Yoluyla Akciğerlerdeki Hücrelere Ulaşması. ....	19
Şekil 2.8. PM <sub>2.5</sub> Konsantrasyonu Ve Toplam Doğal Ölümler Arasındaki Scatter-Plot Diyagramı [48].....	26
Şekil 2.9. Sahra Çölünden Atmosfere Karışarak Türkiye Üzerinden Geçen Toz Bulutu, Fotoğraf: NASA ‘nın MODIS Uyusundan Alınmıştır [57]. .....	27
Şekil 2.10. Deney Gruplarına Göre Ortalama C-Fos Hücre Miktarı [57] .....	30
Şekil 3.1. Ankara İlinde Örnekleme Yapılan Nokta [Google Earth] .....	32
Şekil 3.2. 1 m <sup>3</sup> Hacminde Olan Cam oda .....	34
Şekil 3.3. Cam Odayı Dış ortam Havasıyla Doldurmak .....	34
Şekil 3.4. Cam Odada Poyrazmatığı Çalıştırmak .....	35
Şekil 3.5. Kullanılan Hava Pompası .....	35
Şekil 3.6. Poyrazmatik .....	36
Şekil 3.7. Kullanılan Su Deposu ve Hava Taşları.....	37
Şekil 3.8. Partikül Madde Ölçüm Cihazı [61].....	38
Şekil 3.9. Grimm EDM 107 çalışma prensibi [61] .....	39
Şekil 3.10. Cihazda Kullanılan Filtre Görünümü [61].....	41
Şekil 4.1. PM <sub>10</sub> Konsantrasyonu Deney Döneminde Günlere Göre Dağılımı.....	43
Şekil 4.2. PM <sub>2.5</sub> Konsantrasyonu Deney Döneminde Günlere Göre Dağılımı .....	43
Şekil 4.3. 13 Ocak 2015 Günü Ankara’ya Gelen Hava Kütlelerinin Geçen 3 Gün İçerisinde İzlediği Yollar (NOAA).....	44
Şekil 4.4. 13 Ocak Gününe Ait MODIS Uydu Görüntüsüne Göre Sahra’dan Kaynaklanan Bir Hava Kütlesinin Özellikle Güney Bölgelerimizi Etkilediği İzlenmektedir. ....	45
Şekil 4.5. 8 Ocak 2015 Tarihine Ait Karadeniz Ege Ve Akdeniz’de İzlenen Kuzeyli Rüzgarlara Bağlı Bulut Oluşumu. Kırmızı ile gösterilen alanlar karla kaplı yerlerdir. ....	46
Şekil 4.6. Ocak 2015 Gününe Ait İleri İzleme Tekniği İle Kuzey Batı Karadeniz’deki Bir Hava Kütlesinin 72 Saat İçerisinde İzlediği Güzergah. ....	47
Şekil 4.7. PM <sub>10</sub> İçin Gruplar Arasında ANOVA Testinin Sonucunu Gösteren Scatterplot Diyagramı .....	48
Şekil 4.8. PM <sub>10</sub> Gruplar Arasında Box – And – Whisker Diyagramı.....	49
Şekil 4.9. PM <sub>2.5</sub> İçin Gruplar Arasında ANOVA Testinin Sonucunu Gösteren Scatterplot Diyagramı .....	51



Şekil 4.10. PM <sub>2.5</sub> Gruplar Arasında Box – And – Whisker Diyagramı .....	52
Şekil 4.11. 7 Ocak 2015 ve 1 Şubat 2015 PM <sub>10</sub> İçin Azalma Diyagramı ve K Değeri .....	53
Şekil 4.12. Gruplar Arasında K Değeri İçin Uygulanan ANOVA Testinin Sonucunu Gösteren Scatterplot Diyagramı .....	54
Şekil 4.13. Gruplar Arasında Box – And – Whisker Diyagramı .....	55
Şekil 4.14. 7 Ocak 2015 ve 1 Şubat 2015 PM <sub>2.5</sub> İçin Azalma Diyagramı ve K Değeri.....	57
Şekil 4.15. PM <sub>2.5</sub> Gruplar Arasında K Değeri İçin Uygulanan ANOVA Testinin Sonucunu Gösteren Scatterplot Diyagramı.....	58
Şekil 4.16. PM <sub>2.5</sub> Gruplar Arasında Box–And–Whisker Diyagramı .....	58
Şekil 4.17. Cam Odasında Poyrazmatik Çalıştığında ( Mavi Çizgi), Poyrazmatik Çalışmadığında ( Kırmızı Çizgi ) Partikül Madde Azalma Diyagramı .....	60
Şekil 5.1. 9 Kasım 2016 tarihli MODIS/Terra uydu görüntüsü. Görüntüdeki Sahra kıyılarından Karadeniz’de Rusya kıyılarına kadar izlenen kırmızı renkler Sahra tozlarıdır. ...	61
Şekil 5.2. 5 Ekim 2016 Tarihli Kuzey Irak Görüntüsünde Yanan Qayyarah Petrol Rafinerisi Deposu Dumanlarının Güney Doğu İstikametindeki Dağılımları İzlenmektedir. ....	62
Şekil 5.3. 21 Ekim 2016 Tarihli Kuzey Irak Kükürt Yangını Ve Atmosfere SO <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> Çıkışı..	63
Şekil 5.4. 24 Ekim 2016 Tarihli MODIS Görüntüsünden İzlenen SO <sub>4</sub> Yüklü Bulutlar .....	64
Şekil 5.5. 22-28 Ekim 2016 Aralığı Mardin Hava Kalitesi İzleme İstasyonu PM <sub>10</sub> ve SO <sub>2</sub> verileri .....	64
Şekil 5.6. 24 Ekim 2016 Tarihli Uydu Verisinden Elde Edilen Veriler İle Oluşturulan SO <sub>2</sub> Dağılımı .....	65
Şekil 5.7. 20 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	66
Şekil 5.8. 21 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	66
Şekil 5.9. 22 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	67
Şekil 5.10. 23 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	67
Şekil 5.11. 24 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	68
Şekil 5.12. 25 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	68
Şekil 5.13. 26 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	69
Şekil 5.14. 27 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	69
Şekil 5.15. 28 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	70
Şekil 5.16. 29 Ekim 2016 MODIS Uydusunun Görüntüsü .....	70
Şekil 5.17. 27 Ekim 2016 Tarihli Suriye Irak Sınırında Oluşan Toz Taşınımı Olayının Uydu Görüntüsü.....	71
Şekil 5.18. 1 Kasım 2016 Tarihli Uydu Verisinde Suriye Güneyinde İzlenen Toz Taşınımı ..	71
Şekil 5.19. 21-27 Ekim 2016 Ankara/Cebeci Hava Kalite Diyagramı .....	73
Şekil 5.20. Google Erath Görünümü.....	74
Şekil 5.21. Balıkesir Hava Kalite Diyagramı.....	74
Şekil 5.22. 7 Ocak 2015 ve 1 Şubat 2015 PM <sub>10</sub> İçin Azalma Diyagramı ve K Değeri .....	76

## ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. HKDYY, Ek-1 Kademeli 24 Saatlik ve Yıllık PM10 Limit Değer Azaltımı .....	10
Çizelge 2.2. Diğer Standart ve Kılavuzlara Ait Belirlenen Partikül Madde Ortalama Limit Değerleri .....	12
Çizelge 2.3. DSÖ Partikül Madde Limit Değerleri.....	13
Çizelge 2.4. Sahra Tozu Olan/Olmayan Günlerde Ölüm Sayısını Gösteren Çizelge[47] .....	23
Çizelge 2.5. Araştırmayla İlgili Hastalık Sınıflandırılması [48].....	25
Çizelge 2.6. Gruplara Göre 1 Saat Ve 24 Saat Zaman Döneminde Tespit Edilen (CFU/MI), Plasma'da NOX Seviyesi Ve C-Fos + Hücre Sayısı [57].....	30
Çizelge 2.7. Sahra Tozunda Tespit Edilen Bakteri Ve Mantar Türleri [57] .....	31
Çizelge 3.1. Aylara Ait Ölçülen Parametreler Tablosu .....	33
Çizelge 4.1. Partikül Madde (PM <sub>10</sub> ve PM <sub>2.5</sub> ) (µg/m <sup>3</sup> ) İstatistik Değerleri .....	42
Çizelge 4.2. ANOVA Testinin Sonuçları .....	49
Çizelge 4.3. PM <sub>10</sub> Gruplar Arasında Belirgin İstatistiksel Fark Olup Olmadığını Gösteren Tablo .....	50
Çizelge 4.4. ANOVA Testinin Sonuçları .....	52
Çizelge 4.5. PM <sub>2.5</sub> Gruplar Arasında Belirgin İstatistiksel Fark Olup Olmadığını Gösteren Tablo .....	52
Çizelge 4.6. ANOVA Testinin Sonuçları .....	55
Çizelge 4.7. PM <sub>10</sub> Gruplar Arasında Belirgin İstatistiksel Fark Olup Olmadığını Gösteren Tablo .....	55
Çizelge 4.8. ANOVA Testinin Sonuçları .....	59
Çizelge 4.9. PM <sub>2.5</sub> Gruplar Arasında Belirgin İstatistiksel Fark Olup Olmadığını Gösteren Tablo .....	59

## 1. GİRİŞ

Bilinen veya kabul edilen hali ile konut, okul, işyeri, kapalı spor salonları gibi binalar kapalı ortam olarak adlandırılır. İç ortam hava kirliliği ise sözü geçen ortamlarda sağlığa zararlı solunabilir maddelerin görülmesidir. Solunabilir maddeler toz, gaz, buhar şeklinde gözlenebilir. Bu maddelerin konsantrasyon miktarı ve çeşitliliği ortamın karakteristiğine, mevcut malzemelere ve içinde yaşayan bireylerin davranış biçimlerine göre farklılık göstermektedir. Örnek olarak bir fabrikada bir ürünün üretim esnasında açığa çıkan uçucu maddeler ortamın hava kalitesini ciddi şekilde bozabilir.

İç hava kalitesi, iç ortam havasının temizliği ile ilgili olup karmaşık bir yapıya sahiptir. İnsanların içinde bulunduğu havadan farklı beklentileri olduğu ve farklı algılamalarından dolayı, iç hava kalitesi için kesin sınırlar çizmek veya tanımlamak zordur. Bundan dolayı, "kabul edilebilir iç hava kalitesi" terimi ortaya çıkmıştır. ASHRAE Standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi "İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranın havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır" olarak açıklanmaktadır.

Görüleceği gibi iç ortam hava kalitesi için kabul edilebilir kesin bir tanımlama yapmak zordur. İç ortam hava kalitesi bizim yaklaşımımız ile dış ortam hava kalitesinden ayrılmayacak bir olgudur. Elbette iç ortamda bulunan ve hava kalitesini olumsuz etkileyen ve her kapalı ortamda değişen koşullar hakkında herhangi bir ortak davranış önerilemez. Örneğin daha kaliteli yer kaplaması kullanma olasılığı varken daha düşük maliyet nedeni ile formaldehit yayma olasılığı yüksek bir kaplama kullanan kapalı ortam için yer kaplamasını değiştirin önerisi yapılamaz. Ancak daha kaliteli yer kaplaması kullanan kapalı ortam da kullanmayan kapalı ortam da dış atmosferde meydana gelen değişimlerden eşit şekilde etkilenmektedir. Dolayısı ile kapalı ortam havası eğer dış ortamdan etkileniyor ise kullanılan malzemeye bağlı olarak değişik malzeme kullanılmasından dolayı daha da kötüye gidebilir.

Dış ortam hava kalitesi ise eğer bir meteorolojik olay var ise uzun mesafeli taşınımlardan etkilenmekte ve hava kalitesi dramatik şekilde değişebilmektedir.

Anadolu'yu etkileyen hava koşullarında ve özellikle eğer sinoptik ölçekli bir meteorolojik olay mevcut ise hava kalitesi özellikle lodos ile yurdumuza taşınan çöl tozları nedeni askıda katı ile çok olumsuz etkilenebilmektedir. Lodos olayını takip eden dönemde kuzeyden gelen poyraz rüzgarları ise dış ortam hava kalitesini olumlu yönde tamamen değiştirebilmektedir. Özellikle kış aylarında oluşan durağan hava koşullarında ise doğal olarak dış ortam hava kalitesi hava koşullarına bağımlı olarak olumsuz yönde değişmektedir.

Dolayısı ile kapalı ortamda değişimine imkan olmayan koşulların iyileştirilmesi yerine dış ortamdan direkt olarak etkilenmesi kaçınılmaz olan kapalı ortam hava kalitesini basit bir şekilde iyileştirmek ve her hava koşulunda bunu sağlayabilmek bilim dünyasının hedefleri arasında olmalıdır. Elbette bu koşulları HEPA filtre olarak adlandırılan ve tamamen bir ülkeye bağımlı bir şekilde ve büyük meblağlar harcama yolu ile çözmek mümkündür. HEPA filtre halen iç ortam hava kalitesinin olmazsa olmaz bir şekilde çok temiz olması gereken kapalı mekanlarda kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemin toplumun geneli tarafından kullanılması imkansız bir çözüm şeklidir.

Dolayısı ile bilim dünyası doğanın nasıl çalıştığını bulmak ve onun en faydalı koşullarını insanlığın kullanımına en doğal ve en pratik şekilde sunmak durumundadır.

Bu çalışmanın temel çıkış noktası budur ve bu amaçla yapılan çalışmalar tezin bundan sonraki bölümlerini oluşturmaktadır.

### **1.1. Yapılan Çalışmanın Amacı**

Toz taşınımının yoğun olduğu günlerde dış ortam hava kalitesinin çok olumsuz, poyraz dönemlerinde ise hava kalitesinin olumlu yönde değişmesi bu çalışmanın bilimsel temelini geliştirilmesine olanak tanımıştır. Hava kalitesinin tozlar ile bozulması bu tozların sulu bir ortamda tutulabileceği fikrini geliştirmiştir. Gazi Üniversitesinde deney fareleri ile yapılan çalışmada da migreni tetikleyen hava koşullarının basit bir filtrasyon sistemi ile giderilebileceğinin gösterilmesi bu yaklaşımımızın bilimsel temelini de kanıtlamıştı. Bir başka deyiş ile lodosu poyraza çevirmek temel prensibi olarak özetlenebilecek bu hava temizleme sistemi Prof. Dr. A Cemal Saydam tarafından “poyrazmatik” olarak tanımlanmıştır.

Dolayısı ile ‘poyrazmatik’ yöntemi ile iç ortam hava kalitesini de iyileştirilebileceği düşünülmüş ancak bu yaklaşımın bilimsel anlamda denenmesi gereği de ortaya çıkmıştır.

## 1.2. Yöntem ve Plan

Poyrazmatik olarak adlandırılan bu yöntemin etkili olup olmadığı göstermek amacıyla bölüm laboratuvarında bulunan 1 m<sup>3</sup> hacminde cam odanın içinde poyrazmatik düzeneği kurulmuştur ve Grimm EDM 107 cihazıyla cam oda içerisindeki PM değişimi gözlemlenmiştir.

Poyrazmatik bir hava motoru, iki hava taşı, iki adet 5 litrelik içi sterilize su dolu pet şişeden oluşmaktadır. Çalışmaya başlamadan önce dış ortamın PM miktarını ölçümü yapıp sonra yarım saat cam oda hava motoru aracılığıyla dış ortam havasıyla doldurulmuştur. İçerideki hava sirkülasyonun sağlanması amacıyla ölçüm alımı sırasında 4 adet fan sürekli çalışmaktadır.

Cam oda içindeki PM seviyesi tespit edildikten sonra poyrazmatik cihazı çalıştırılıp her beş dakikada bir ölçüm alınmıştır. Poyrazmatik cam odanın içindeki havayı, hava motoru yardımıyla borular aracılığıyla alıp pet şişedeki sterilize suyun içinde bulunan hava taşlarında geçirerek ortamdaki partikül maddeleri suyla filtre etmektedir. Havanın bir hava motoru tarafından emilmesi ve hava taşına pompalanması ile 5 litrelik su kabının içerisine hava pompalanmaktadır. Oluşturulan hava kabarcığı şişenin en alt kesiminden yüzeye çıkana kadar su ile temas etmekte ve hava kabarcığı içerisindeki parçacıklar su fazına geçmektedir. Bu yöntem ile hava kabarcığı içerisinde mevcut ve su fazını seven her bir parçacığın hava fazından su fazına geçmesi poyrazmatikğin temel prensibini oluşturmaktadır.

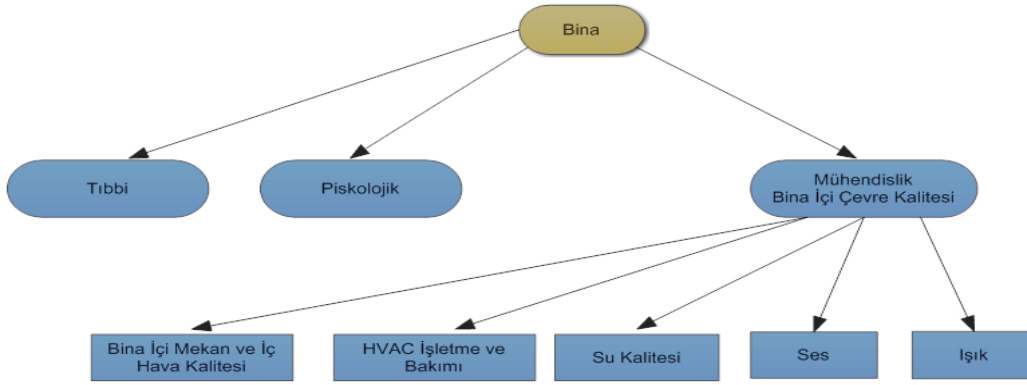
Bu temel prensiple çalıştırılan cihaz bir metre küplük cam bir deney ortamında Kasım 2014-Şubat 2015 zaman aralığında poyrazmatikğin günde 3 saat çalıştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Bu üç saat süresince her 5 dakikada bir Grimm EDM 107 cihazıyla havadaki partikül maddeler ölçülmüş ve böylece her gün 36 adet kayıt elde edilmiştir.

Bu tez çalışması beş ana başlıktan oluşmaktadır. İlk bölüm tez konusunun özetini içermektedir, çalışmanın hedeflenen amacı ve yöntemi içermektedir. İkinci bölüm tez konusuyla ilgili literatür çalışmaları ve genel bilgiler içermektedir. Üçüncü bölümünde dış ve iç ortamdaki partikül maddelerin ölçüm yönteminin materyal ve metot bölümünü içermektedir. Bu çalışmanın dördüncü bölümünde elde edilen ölçüler ve istatistik testleri testler uygulanarak ortaya çıkan sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın beşinci bölümü ise elde edilen genel sonuçlar ve öneriler içermektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. İç Hava Kalitesi

Günümüzde kapalı ortamlarda yaşayan insanların en önemli şikâyetler binalardan kaynaklanan sağlıkla ilgili rahatsızlıklardır. İç ortam sağlığı, tıbbi, psikolojik ve mühendislikle ilgili karmaşık bir yapı oluştururlar. Binalarda mühendisliği ilgilendiren bölüm , bina içi çevre kalitesidir . Bina içi çevre kalitesini etkileyen en önemli faktörde iç hava kalitesidir. Bunun yanı sıra ses, ışık, su kalitesi vb. çevre kalitesini oluşturur.



Şekil 2.1. İç Ortam Hava Kalitesi Problemlerinin Şematik Göstergesi

Yapılan birçok epidemiyolojik çalışma ile partikül maddelerden kaynaklanan hava kirliliği seviyesi ile solunum yolları hastalıkları, akciğer, kardio ve solunum yolu problemleri nedeniyle hastanelere başvuru ve ölüm vakaları arasında ilişki tespit edilmiştir [1].

İnsanlar zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirmektedir. Buna rağmen partikül madde seviyesini tespit çalışmaları çoğunlukla dış ortamda gerçekleştirilmiş olup, iç ortamda gerçekleştirilen çalışmalar Türkiye ve Dünya’da oldukça sınırlı sayıdadır. En önemli kirleticiler arasında yer alan ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USA EPA)’nın altı yaygın kirleticisinden bir tanesi olan Partikül Madde (PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub>)’nin kimyasal kompozisyonu, reaksiyon özellikleri, kısa ve uzun aralıkta difüze olma özellikleri farklıdır. EPA’nın sınıflandırmasına göre aerodinamik çapı 0.1 µm’den küçük partiküller çok (ultra) ince, 0.1 µm ile 2.5 µm (2.5 µm dahil) arasındaki partiküller ince partiküller, 2.5 µm ile 10 µm arasındaki partiküller kaba (coarse) ve 10 µm’den büyük partiküller ise çok kaba partiküller olarak adlandırılmaktadır. PM konsantrasyonu genellikle birim hacimdeki kütle

veya parçacık adedi olarak ifade edilir. PM konsantrasyonu, endüstriyel ortamlarda  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  veya  $\text{mg}/\text{m}^3$  olarak, ofis binalarında ve endüstriyel temiz odalarda ise adet/ $\text{m}^3$  olarak ifade edilir [2]. Kaba parçacıklar ( $>2.5 \mu\text{m}$ ) daha çok mekanik prosesler sonucu oluşurken, ince partiküller ( $<2.5 \mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ) ve ultra ince partiküller ( $<0.1 \mu\text{m}$ ) diesel yakıtların yanması gibi direk ortama atılabildikleri gibi gazların kimyasal reaksiyonları sonucu ikincil kirletici olarak da oluşabilmektedir [3].

## 2.2. İç Hava Kirleticiler

İç ortam hava kalitesini tetikleyen bazı kirletici kaynakları aşağıdaki gibidir.

### a) Sigara kokusu

Sigara kullanan insanlar kendilerine zarar verdiklerinden ziyade ortamda bulunan kişilere daha çok tehlike oluşturuyorlar. Araştırmalara göre sigara yanmasından 4000 den çok bileşiğin ortamın havasında açığa çıktığını göstermektedir. Bunlardan 40'i kanserojen olmak üzere, çoğu sinirlilik yapan bileşenlerdir.

### b) Buharlaştırılabilir organik bileşikler ve yarı buharlaştırılabilir organik bileşikler (VOCs) (SVOCs)

Bu bileşikler daha çok karbon içeren kimyasal maddelerdir. Temizlik malzemeleri, kozmetik, boya, solventler, spreyleyler vb, bu kimyasal maddeleri içermektedir. Bu bileşenler uzun süre ortamın havasında bulunurlar ve kısa ve uzun süreli etkilere neden olabiliyorlar.

### c) Nitrojen oksitler

Fosil yakıtların (örneğin doğal gaz, kömür v.b.) yanmasıyla birlikte ortaya çıkmaktadır. Yaygın olarak görülen nitrojen oksitler, nitrojen dioksit ( $\text{NO}_2$ ) ve nitrik oksit ( $\text{NO}$ ). Bu iki gaz zehirleyici özellik gösterirler.

### d) Karbon monoksit

Karbon monoksit de insan sağlığı üzerinde ciddi etkileri vardır. Kan içine karışıp kalbe etki eder. Kış aylarında araç egzozlarından çıkan CO önemli bir hava kirleticidir. Bina içerisinde ocaklar ve kazanların verimsiz çalıştığından dolayı CO ortaya çıkar ve son derece tehlikelidir



**e) Karbon Dioksit (CO<sub>2</sub>)**

Zehirleyici bir maddedir. Bina içinde bu gazları hava kalite sensörleri aracılığıyla algılanmak ve havalandırma santralını çalıştırmak mümkündür.

**f) Partikül maddeler (PM<sub>10</sub>,PM<sub>2.5</sub>)**

Havada asılı duran ve hava akımı ile birlikte hareket edebilen katı parçacıklara toz denilmektedir. Partiküllerin boyutu çok değişiktir (PM<sub>10</sub>,PM<sub>2.5</sub> aerodinamik çapları 2,5 µm ve 10 µm'den küçük olanlar) ve farklı kategorilerde yer almaktadırlar.

- Ultra ince (ultra fine ) aerodinamik çapı 0.1 µm 'den küçük
- İnce (fine ) aerodinamik çapı 1 µm 'den küçük
- Kaba (coarse) aerodinamik çapı 1 µm 'den büyük

Bu partikül maddeler solunum sisteminde depolanabilir. PM<sub>10</sub> üst solunum sisteminde depolanırken ince ve ultra ince partikül maddeler alveollerde birikirler. Bu maddeler uzun süre maruz kalınca ciddi tehlikelere sebep olabilirler [4].

**2.3. Binalarda Ortam Hava Kalitesinin Etki Altına Alan Faktörler:**

- ❖ Binaları ofis, banka, resmi kurumlar tarafından kullanılan bir bina olması
- ❖ 2.8 den yüksek veya alçak tavanlara sahip olması
- ❖ Büyük bir alana sahip olan binalar
- ❖ Bakım, izolasyon sorunu olan binalar
- ❖ Eski binalar (50 yıldan yaşlı olan binalar)
- ❖ Nemli binalarda mantarların oluşması
- ❖ Dış ortamdaki az veya fazla hava girmesi
- ❖ Sigara içilmesi
- ❖ Kullanılan malzeme, boyalar ve temizlik malzemeleri

## 2.4. Hava Kalitesini Kontrol Altına Almak İçin Uygulanan Stratejiler:

Binalarda hava kalitesini arttırmak amacı ile aşağıda belirtilen önlemler alınabilir[5].

- ❖ Kirletici kaynakların kontrolü
- ❖ Lokal egzoz havalandırması
- ❖ Genel havalandırma
- ❖ Dosya, kitap ve kağıtları kapalı dolaplarda saklamak
- ❖ Binaya yağmur vb. Nedenlerle su sızıntısı olmasını engellemek
- ❖ Kapalı ortamlarda sigara yasağına uymak
- ❖ Hava temizleyiciler (filtreler v.b.)

İç ortam hava kirliliği problemi, binanın kullanım amacı, bölgeden bölgeye ve mevsimsel olarak değişim göstermektedir. maruz kalma derecesi, bina havalandırma hızı, ısıtma veya havalandırma teknikleri, sigara içimi, bina yapısında kullanılan malzemelerinden etkilenebilir[6].

## 2.5. Partikül Maddenin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

İnsan hayatını devam ettirebilmek için sürekli besin kaynağı, su ve havaya ihtiyacı var. Bu sebeple; hava kirliliği çok önemli çevre sağlığı sorunlarından biridir. Günlük değişen hava koşulları yaşadığımız ortamın hava kalitesini, dolayısıyla sağlığımızı etkilemektedir. Belirli bir noktadan doğal ve insan kaynaklı (antropojenik) kaynaklarla atmosfere salınan partiküller, bölgede hakim rüzgârların aracılığıyla atmosferde uzun mesafeler kat ederek yerel ve küresel ölçekte hava kalitesini etkilemektedir. Rüzgarlar, 50 µm'den daha küçük aerodinamik çapa sahip olan partiküllerin yeryüzünden havalanmasına ve atmosfer içerisinde çok uzak mesafelere taşınmasına neden olabilirler.

Ayrıca çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük ve atmosferde milyonlarca ton olabilen partiküller her yıl rüzgarlarla atmosfere karışmaktadır. Partikül maddelerin hava kütleleri ile uzun mesafeli taşınmaları son 15 yıl içerisinde önem kazanmıştır. Eser elementlerin büyük bir bölümü kaynaklarından (doğal ya da antropojenik) partiküller üzerinde atmosfere katılırlar ve uzak bölgelere taşınmaları sırasında partiküller üzerinde kalırlar. Mevcut meteorolojik koşullar ve topoğrafik özellikler de hava kirleticilerinin dağılımını veya ikincil kirleticilerin atmosferdeki oluşumlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

İnsan sağlığı üzerinde önemli etkisi olan bu partikül maddeler, özellikle aerodinamik çapı 10 µm'den küçük olan solunabilir partikül maddelerdir. Büyük nüfuslu şehirlerde sıklıkla gözlemlenen yüksek partiküler madde derişimlerinden kaynaklanan hava kirliliği, halk sağlığı üzerinde kısa veya uzun vadeli ciddi sağlık etkilerine neden olmaktadır [7].

insan nüfusu artışıyla beraberinde getiren fosil yakıt tüketiminin çoğalması dünyanın birçok bölgesinde PM konsantrasyonlarının artmasına yol açmıştır. Genellikle şehir atmosferindeki PM konsantrasyonlarının büyük bir kısmından bu tür kaynaklar sorumludur. Çöller ve aktif volkanların bulunduğu bölgelerde ise doğal kaynakların PM konsantrasyonlarına etkisi çok daha büyüktür [8] .

Partiküller tanecik boyutları, kimyasal bileşimi ,koyuluğu, ve sağlık üzerinde etkilerine göre değişim gösterirler. Partikül boyutu genellikle aerodinamik çapına göre ifade edilir. 2.5 µm çaptan daha büyük çaplı “kaba partiküller (coarse)”, 2.5 µm den daha küçükler “ince partiküller (fine)” ve 100 nm çaptan daha küçük olanlar ise “çok ince partiküller (ultrafine)” olarak adlandırılırlar.

Büyük partiküller, insan vücudunun doğal savunma mekanizması tarafından uzaklaştırılırlar. Daha ince partiküller (<10µm) akciğerlerin derinliklerine nüfuz ederek tahriş ve tıkayıcı etkilere sebep olabilirler [9].

Küçük ve büyük partiküllerin her ikisi de solunum sisteminde birikebilir ve çeşitli sağlık problemler meydana gelebilir. İnce partiküller, astım gibi solunum rahatsızlıklarına yol açabilir. İnce partiküllere maruziyet, erken ölümü de içeren çeşitli ciddi sağlık etkilerine sebep olur. Ters sağlık etkileri, PM'ye hem kısa zamanda (bir gün gibi) hem de daha uzun zamanda (bir yıl veya daha uzun) da maruziyet ile birleştirilir.

Akciğer hastalığı ve kalp hastalığı olan kişiler PM'ye maruz kalınca, erken ölüm tehlikesine yol açmaktadır. Mevcut akciğer hastalığı olan kişiler ve çocuklar PM'ye maruz kaldıklarında, derin ve kuvvetli olarak soluk alamayabilir ayrıca öksürük ve nefes daralması gibi belirtiler gösterebilirler. Solunum enfeksiyonlarına hassasiyeti arttırabilir, astım, kronik bronşit gibi solunum hastalıklarını kötüleştirebilir. Daha küçük partiküller (<10 µm) akciğerlerin derinliklerine kadar inip daha ciddi problemler oluşabilmektedir. [9].

Dizel dumanı gibi bazı partiküller de kanserojenik olabilir. Havanın tozlu olması, yani doğal veya antropojenik partikül maddelerle fazla olması; görüş mesafesini azaltması, güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarında etkili olarak gelen enerji akışını değiştirmekte, insan ve hayvan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bunların dışında partiküller, yüzeyleri üzerinde adsorbladıkları diğer kirleticilerin (hava normal derişimlerinin daha yükselmesine neden olur) ve bu kirleticilerin zararlı etkilerinin daha yoğun hissedilmesine yol açarlar .

WHO tarafından yapılan bir saptamada PM konsantrasyonunun yılda  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  artması durumunda toplam ölüm oranında %6'lık bir artışa;  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük artışın kısa sürede; birkaç gün için söz konusu olması durumunda ise öksürük, alt solunum yolu semptomlarına, hastaneye başvuru sayısında artışa ve ölüme neden olabileceği belirtilmektedir [3].

Tüm nüfus grubu PM kirleticisinden etkilenmektedir, ancak hassasiyet yaşa ve kişinin sağlık durumuna göre değişiklik göstermektedir [3]. Uzun dönem maruziyetle ilişkili etkiler arasında da; düşük solunum belirtilerinin artması, çocuklarda ve yetişkinlerde akciğer fonksiyonlarının azalması, yaşam süresinin azalması ve akciğer fonksiyon gelişimlerinin azalması olarak sıralanabilir [10].

## **2.6. Yasal Düzenlemeler**

Türkiye'de hava kirliliği ve kontrolü özellikle Ankara ilinde yaşanan hava kirliliği nedeniyle 1950'lerde gündeme gelmiştir. 1970'li yıllarda başta Ankara'da olmak üzere büyük kentlerin çoğunda ağır bir hava kirliliği yaşanmıştır. Yaşanan bu hava kirliliği olaylarının akabinde 1980'li yıllardan sonra bazı yasal düzenlemeler için çalışmalara başlanmış olup, öte yandan da kalitesiz kömürlerin kentlere sokulmasının önlenmesi binalarda doğal gaz ile ısıtmaya geçiş gibi uygulamalar ile hava kirliliği kısmen kontrol altına alınabilmesine rağmen çarpık kentleşme, nüfus artışı, kentlere göç, plansız sanayi bölgeleri ve trafik yönetimi hava kirliliğinin temel sebepleri arasındadır.

Hava kalitesinin iyileştirilebilmesi için Türkiye'de tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi çeşitli yasal düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu bu mevzuatların bir kısmı sanayi, ısınma, trafik gibi kirletici kaynakların kontrolüne yönelik, bir kısmı da soluduğumuz havanın kalitesine ilişkindir. Türkiye'de hava kalitesi yönetimine ilişkin usul ve esaslar Avrupa Birliği (AB) çevre mevzuatıyla tam uyumlu olan 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi

Yönetmeliği (HKDYY)” ile belirlenmiştir. Bu Yönetmelik ile temel olarak 13 kirleticiye (SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NOX vd.) dair, insan sağlığı ve çevrenin korunabilmesi için sağlanması gerekli olan limit değerler belirlenmiştir. Yönetmeliğin amacı; hava kirliliğinin çevre insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini, tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır.

06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğince (HKDYY) PM<sub>10</sub> sınır değerleri 2009 yılı için günlük 300 µg/m<sup>3</sup> ve yıllık 150 µg/m<sup>3</sup> olarak tanımlanmıştır. HKDYY, 96/62/EC sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve 99/30/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı kardeş direktifleri paralelinde hazırlanmıştır. HKDYY ile Avrupa Birliği'nin belirlediği düşük hava kalitesi limit değerlerine uyum için hava kalitesi alanındaki AB mevzuatının Türk mevzuatına uyumlaştırılması amaçlandırılmıştır. Bu kapsamda, 09.09.2013 tarihinde, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi (2013/37) yayınlanmış olup, bu genelgenin amacı hava kalitesinin belirlenmesine yönelik uygulamalarda birlikteliği sağlamak amacıyla yönetmelikte belirlenen tanımlanmış metotları ve limitleri esas alarak tam bir hava kalitesi değerlendirmesinin sağlanması, aynı zaman da hava kalitesi limit değerlerinin aşılmaması için alınması gerekli önlemlerin belirlenmesi ile hava kalitesi ve hava kirliliğinin önlenmesi konusunda kamuoyunun bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi konusunda destek sağlanmasıdır. Söz konusu bu genelgede, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Ek-1’inde belirtilen limit değerlerinde kademeli azaltıma gidilmiş olup, 2019 yılına kadar belirlenen insan sağlığının korunması için 24 saatlik ve yıllık PM<sub>10</sub> limit değerleri Çizelge 2.1’de verilmiştir. PM<sub>1</sub> için dünyada henüz bir limit değer tanımlanmamıştır. PM<sub>2.5</sub> için Türkiye’de bir sınır değer tanımlı değildir.

**Çizelge 2.1. HKDYY, Ek-1 Kademeli 24 Saatlik ve Yıllık PM10 Limit Değer Azaltımı**

PARAMETRE	Limit Değer (µg/m <sup>3</sup> )								
		2009	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
PM10	24 Saatlik	300	100	100	90	80	70	60	50
	Yıllık	150	60	60	56	52	48	44	40

Ayrıca, Avrupa Birliği'nde "çevre eylem programları" oluşturulmaktadır. 1973'ten itibaren 6 (altı) çevre eylem programı hazırlanarak yayınlanmıştır. Kabul edilen çevre eylem programları şunlardır:

- ✓ Birinci Çevre Eylem Programı (1973-1976)
- ✓ İkinci Çevre Eylem Programı (1977-1981)
- ✓ Üçüncü Çevre Eylem Programı (1982-1986)
- ✓ Dördüncü Çevre Eylem Programı (1987-1992)
- ✓ Beşinci Çevre Eylem Programı (1993-2000)
- ✓ Altıncı Çevre Eylem Programı (2001-2010)

Şu an gündemde olan, Avrupa Birliği'nin 6. Çevre Eylem Programı 2001-2012, "Çevre 2010: "Bizim Geleceğimiz, Bizim Seçimimiz" başlığı altındadır. Bu programda 1) İklim değişikliği, 2) Doğal ve biyolojik çeşitlilik, 3) Çevre ve sağlık, 4) Doğal kaynak yönetimi ve 5) Atık yönetimi konuları öncelikle harekete geçilmesi konular olarak seçilmiştir. 6. Çevre Eylem Programının özellikle üzerinde durduğu hedef alanlarından biri hava kirliliğidir. Program; insan sağlığı ve çevre için kabul edilemez etki ve risklere yol açmayan hava kalitesi düzeylerine ulaşılmasını amaçlamaktadır [11].

Avrupa'daki birçok toplum için hava kalitesindeki problemler önemli bir yere sahiptir. Ayrıca, hava kalitesi alanı Avrupa Birliği'nin de en etkin olduğu alanlardan biridir. 1970'lerin başlarından beri, Avrupa Birliği, atmosfere verilen zararlı maddelerin emisyonlarını kontrol ederek, yakıt kalitesini iyileştirerek ve ulaşım ile enerji sektöründeki çevresel koruma gereksinimlerini bütünleştirerek hava kalitesini iyileştirmek için çalışmaktadır.

Avrupa Birliği'nde hava kalitesi ile ilgili olarak kardeş direktifler yayımlanmıştır (Sülfür dioksit, Nitrojen Dioksit, ve Nitrojen Oksitler, Partiküller Madde ve Kurşun üzerine Direktif (99/30/EC), karbon monoksit ve benzen (2000 /69/EC), yer seviyesindeki ozon (2002 /3/EC) ve arsenik, kadmiyum, cıva, nikel, polycyclic aromatik hidrokarbonlar (2004/107/EC)). Bunlara ilave olarak; 2008/50/EC dış ortam hava kalitesi ve Avrupa için daha temiz hava üzerine direktifi yayımlanmıştır. 9/30/EC direktifine göre PM ile ilgili sınırlamalar Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde havadaki PM<sub>10</sub> sınır değerleri tanımlanmıştır. Avrupa Birliğinde (AB), günlük ortalama PM<sub>10</sub> limit değeri 50 µg/m<sup>3</sup> iken yıllık ortalama PM<sub>10</sub> limit değeri 40 µg/m<sup>3</sup>'tür. PM<sub>2.5</sub> limit değeri ise 25 µg/m<sup>3</sup>'dür.

Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) tanımladığı PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> kılavuz değerleri ise AB limit değerlerinden farklıdır. DSÖ, PM limit değerlerini farklı hedef düzeylerde gruplandırmış olup, hedef düzeylerine ait açıklamalar aşağıdaki sunulmuştur:

1. *Hedef Düzeyi:* Hava kalitesine bağlı, uzun dönem maruziyet sonucu ölüm riski %15 ve üzeri olan hedef değeri ifade eder.

2. *Hedef Düzeyi:* 1. hedef düzeyine göre pramatüre doğum riskini %6 oranında aşağıya çeken hedef değeri ifade eder.

3. *Hedef Düzeyi:* 2. hedef düzeyine göre ölüm riskini %6 oranında aşağıya çeken hedef değeri ifade eder.

*Hava Kalitesi Sınır Değeri:* Kardiyopulmoner ve akciğer kanserinden kaynaklanan ölümler için PM<sub>2.5</sub> 'a maruz kalınması durumunda en düşük değeri ifade etmektedir.

ABD'inde Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından ise limit değerler bir miktar daha yüksek tanımlanmış ve PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> için sırasıyla yıllık 50 µg/m<sup>3</sup> ve 35 µg/m<sup>3</sup> (birincil ve ikincil); 24 saatlik 150 µg/m<sup>3</sup> ve 65 µg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.2).[10] [12][13][14] [15]

**Çizelge 2.2. Diğer Standart ve Kılavuzlara Ait Belirlenen Partikül Madde Ortalama Limit Değerleri**

Ülkeler	Kore	Japonya	Hong Kong	ABD (ASHARE)	Avusturalya	Finlandiya	İngiltere	Avrupa Birliği
PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	150	150	180 (8 saat ortalama)	EPA:150 (24 saat)	90	50	50	yıllık :40, 24 saatlık :50
PM2.5 (µg/m <sup>3</sup> )	-	-	0.02/0.01 8 mg/m <sup>3</sup> (8 saat)	-	-	-	-	-



WHO ( Dünya Sağlık Örgütü ) çevre hava kalitesi kılavuzuna ait partikül madde limit değerleri çizelge 2.3 'te verilmiştir.

**Çizelge 2.3. DSÖ Partikül Madde Limit Değerleri**

DSÖ	1.Hedef	2.Hedef	3.Hedef	Hava Kalitesi Sınır Değeri
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Yıllık:70, 24 saatlık:150	Yıllık:50, 24 saatlık:100	Yıllık:30, 24 saatlık:75	Yıllık:20, 24 saatlık:50
PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Yıllık:35, 24 saatlık:75	Yıllık:25, 24 saatlık:50	Yıllık:15, 24 saatlık:37.5	Yıllık:10, 24 saatlık:25

## 2.7. Çöllerden Atmosfere Karışan Tozların Özellikleri

Toz taşınımına giren kil minerallerinin her bir gramının içerisinde  $10^7$  adet prokaryot bulunmaktadır. Prokaryot hücre, zarla çevrilmiş özel organları ve gerçek çekirdeği olmayan hücreler olarak bilinirler (bakteriler ve mavi-yeşil algler gibi) [16].

Uzun mesafeli taşınımına girebilen 10 mikron ve daha küçük olan kil mineralleri ile birlikte gelen bakteri ve mantarların boyutları ise “sub-mikron” boyutlardadır. Yani 10 mikron boyutunda bir kil minerali içerisinde milyonlarca bakteri ve mantarı barındırabilecek kapasitede bir alan oluşturabilmektedir.

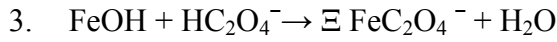
Atmosferik taşınımına giren tozların içerisindeki bakteri ve mantarların varlığı hakkında küresel ve yerel bazda yapılmış olan pek çok çalışma mevcuttur Toprakta uzun süreler kuru halde bulunabilen bu canlıların aktif hale geçebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Su ile temas etmeleri sonucunda da bakteri ve mantarların çok kısa bir zaman sürecinde faal hale geldikleri ve ortama hücre faaliyetleri sonucunda oksalat çıkardıkları da bilinmektedir [17].

### 2.7.1. Toz Bulut Karışınca Meydana Gelen Temel Reaksiyonlar

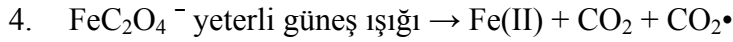
Yukarıda bahsedilen reaksiyon zinciri şu şekilde formüle edilmektedir;

1. Çöl Tozu(kuru) + Bulut(su) → Çöl Tozu(ıslak)
2. Bakterilerin hücre faaliyetleri sonunda oksalat üretmesi → ...( $C_2O_4$ )

Reaksiyon (2) sonunda oluşan oksalat taşınım sürecinde birlikte bulunduğu kil minerali ile reaksiyona girmekte ve (3) numaralı reaksiyonda gösterilen demir oksalat oluşmaktadır. Formülde  $\Xi$  FeOH kil mineralini temsil etmektedir.



Reaksiyon sonunda oluşan demir oksalat eğer bulunan enlem ve boylamda güneş enerjisi yeterli seviyede ise elektron transfer reaksiyonu ile parçalanmakta ve ortama (4) numaralı reaksiyon sonunda oluşan indirgenmiş demir karbon dioksit ve bir mol de karbonil radikali çıkmaktadır.



Oluşan karbonil radikali çok kararsızdır ve büyük bir olasılık ile bir başka karbonil radikali ile reaksiyona girmekte ve (5) numaralı reaksiyon sonunda yeni bir oksalat oluşturmaktadır.



Saydam ve Şenyuva [17] bu reaksiyon zincirinde ana unsur olan oksalatın ve reaksiyon sonucunda oluşan indirgenmiş demirin oluşmasını göstermişti.

Mace ve ark (2003) Erdemli'de yaptıkları çalışmada Sahra'dan kaynaklanan hava akımları içerisinde oluşma mekanizmaları hakkında bir yöntem ileri sürmemelerine karşı amino asitlerin varlığını da göstermişlerdir [18].

Dolayısı ile atmosferik taşınım ile çöllerden kaynaklanan tozlar belirli koşullarda tozun ana yapısını oluşturan kil minerallerinin yanı sıra diğer bazı eser elementler ve hayatın temel taşları olan amino asitlerce de zenginleşebilmektedir. Sahra'dan kaynaklanan yağışlardaki pH değerlerinin de 5-7 civarında olması oluşan karbon dioksitin de bikarbonata dönüşmesi ile tozlu atmosferde oluşan tüm öğeler doğanın kullanımına hazır hale gelmiş olmaktadır.

Yukarıdaki reaksiyon zincirinin en önemli adımı tozların yapısı içerisinde bulunan bakteri ve mantar sporlarının bulut içerisindeki su ile teması sonrası aktif hale geçmelerine dayanmaktadır. Bir başka deyiş ile atmosferik toz taşınımı belirli dönemlerde ve koşullarda sadece kil minerallerinden oluşan çeşitli boyutlardaki partikül madde olmayıp içerisinde

yukarıdaki molekülleri de içeren bir yapıya dönüşebilmektedir. Dolayısı ile çöl tozu taşınımı etkisi altında kalan bir yöredeki hava koşulları bu nedenlerden dolayı çok daha karmaşık bir hale gelebilmektedir.

Dolayısı ile dış ortam hava kalitesi ve bundan mutlak suretle etkilenen iç ortam hava kalitesi toz taşınımı dönemlerinde değişmektedir. Değişim her bir kişi için ayrı ayrı etki yapsa da şimdiye kadar yapılan araştırmalar bu değişimin toplumda olumsuz etkileri olduğunu ortaya koymaktadır.

İşte bu nedenle de tozlu atmosferik koşulları basit bir yöntem ile tozsuz koşullardaki ortama çevirebilmek önem kazanmaktadır.

## 2.8. Sahra Tozu Döneminde Havadaki Mikroorganizmalar Değişimi

Türkiye'nin Erdemli ilçesinde 18 Mart – 27 Ekim 2002 tarihleri arasında yapılan bir çalışmada 220 hava örneği alınmıştır. Her hava ölçümünde toplam 340 litre hava filtreden geçirilmiştir. Hava örneklerinin mikrobiyolojik incelemeleri sonucunda toplamda 257 bakteri ve 2598 mantar kolonisi (CFU) besi ortamında (agar) tespit edilmiştir [18].



Şekil 2.2. A) Sahra Tozunun Atmosfere Karıştığı Bir Gün 30 Mayıs, 2003 , B) Temiz Atmosfer 4 Haziran 2003 Erdemli/Türkiye , C) 21 Metre Yüksekliğinde Ölçüm Alanı [18]

İki fotoğrafa bakınca Sahra çölünden gelen hava akımlarının Erdemli’de bulunan atmosferik izleme istasyonu ve çevresinde hava kalitesini değiştirdiğini görmekteyiz. Her iki fotoğraf yer seviyesinden 21m yükseklikte olan, hava örnekleri alınan atmosferik izleme kulesinden çekilmiştir. (a) Sahra tozunun atmosfere karıştığı bir gün 30 Mayıs, 2003, (b) temiz atmosfer 4 Haziran 2003.

Yapılan bu çalışmada hava örnekleri membran filtrasyon yöntemiyle alınmış ve St.Petersburg, Florida’da Amerikan jeoloji araştırma ve mikrobiyoloji laboratuvarına (USGS) gönderene kadar 4° C sıcaklığında tutulmuştur. Laboratuvar araştırmalarının sonucunda 257 bakteri ve 2598 mantar kolonisi (CFU) çeşidi besi ortamında (agar) tespit edilmiştir [18].

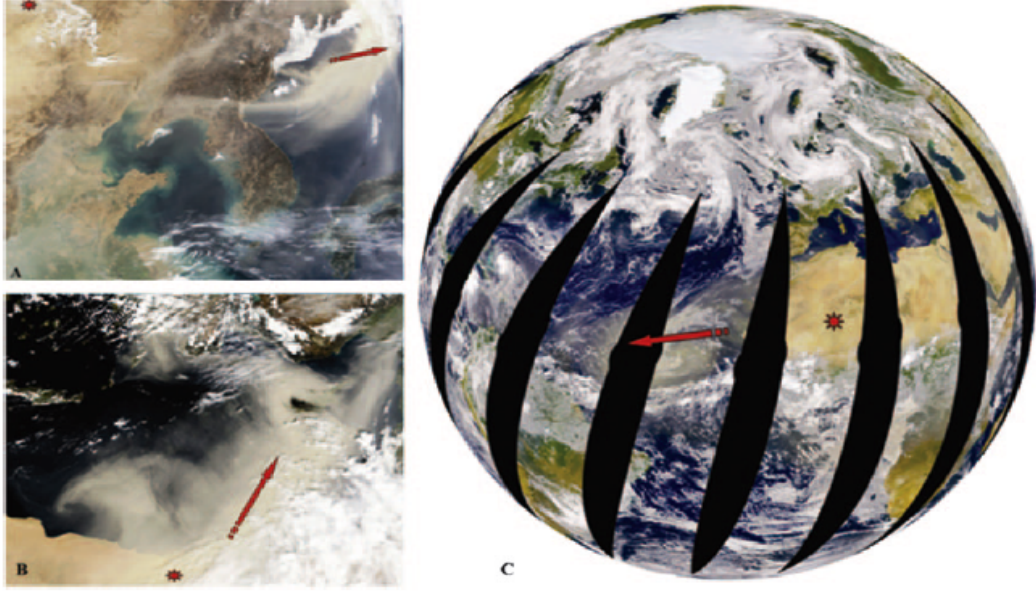


**Şekil 2.3. Ağustos 2002 De Alınan Hava Örneğinde Membran Üzerinde Ciddi Bir Mantar Oluşumu Görünmektedir. Bu Örnekte 239 CFU Tespit Edilmiştir [18]**

## **2.9. Sahra Tozu İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi**

### **2.9.1. Kuzey Afrika, Sahra Çölü**

Yerküre üzerinde bulunan en büyük çöl Sahra Çölüdür. Asya kıtasında bulunan Taklimakan ve Gobi çölleri, ABD ve Meksika çölleri kuzey yarı küredeki diğer en önemli toz kaynaklarıdır. Her yıl 0.5–5.0 milyar ton arasında toz bu çöllerden atmosfere karışarak uzun mesafeleri geçip yerkürenin her noktasına ulaşabilmektedir (şekil 2.7 ) [19].



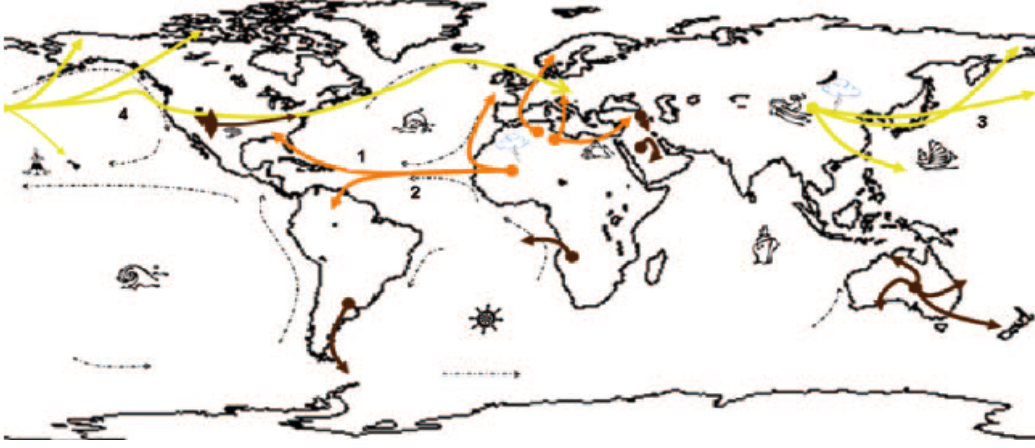
**Şekil 2.4. Sahra Çölünden ve Gobi çölünden Avrupa Ve Amerika Kıtasına Doğru Giden Toz Bulutu[20]**

Bu miktarın en büyük kısmı kuzey Afrika’da bulunan Sahra ve sahil bölgesindeki çöllerden atmosfere karışmaktadır. (%50-75oranında). Son 20 yılda Asya çöllerinin aktivitesi iklim değişikliği ve çölleşme sonucunda artış göstermektedir [21][22][23][24]. Bu çölleşme 1975 – 1987 yıllar arasında sadece Çin’de yaklaşık olarak 2100 km<sup>2</sup>/yıl artış göstermektedir[25].

Diğer büyük toz kaynakları olarak Amerika, güney Amerika’da bulunan Patagonya ve Bolivya çölleri, Avustralya çölü, güney Afrika ve Ortadoğu olarak bilinmektedir[26].

Genel olarak bu tozların büyük bir kısmı kuvvetli ile atmosfere karışmaktadır, büyük toz fırtınasının ardında bu tozlar okyanuslardan geçip diğer kıtalara kadar ulaşmaktadır[27].

Kuzey Afrika’daki çöllerden kaynaklanan toz taşınımı Afrika, Ortadoğu, Avrupa, Asya, Akdeniz bölgesi ve Amerikan kıtasının hava kalitesini etkilemektedir( Şekil 2.5).



**Şekil 2.5. Yerküre Üzerinde Bulunan Çöllerden Toz Taşınımı Esnasında Toz Bulutların İzlediği Yollar [20]**

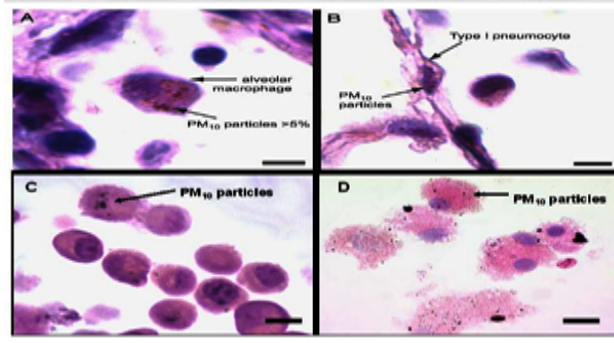
Sahra çölünden kaynaklanan toz aktivitesi mevsimsel olarak değişimler göstermektedir, genel olarak bahar mevsiminde bu aktiviteler şiddetini artmaktadır. (Şubat ayından Mayıs'a kadar [16]. Aynı şekilde Asya bölgesinde bulunan çöllerin aktivitesi mevsimsel olarak değişmektedir. 1990 yılında Asya çöllerinden kaynaklanan toz taşınımı Pasifik okyanusunun üzerinden geçerek, kuzey Amerika kıtası, Atlantik okyanusu ve daha sonra Fransa'daki Alp dağlarında izlenmiş yapılan izotopik analizler sonucunda bu toz taşınımının Gobi Çölünden kaynaklandığı doğrulanmıştır[28].

Asya çöllerinden kaynaklanan tozların Pasifik Okyanusu üzerinden geçmesi 7 – 9 gün sürebilir. Afrika'nın doğu sahillerinde bulunan çöllerden toz taşınımı Amerika kıtasına ve Karayiplere ulaşması ise 3 – 5 gün sürmektedir.

### **2.9.2. Sahra Çölünden Atmosfere Karışan Partikül Maddelerin Akciğerlere Etkisi**

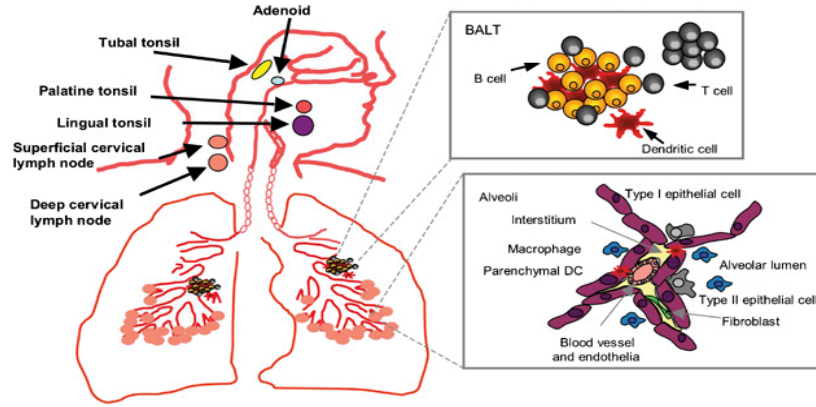
İnsanlar solunum yoluyla tozlu günlerde bu çöl tozlarını da akciğerlerine çekmektedirler. Elbette solunum yollarında bulunan makro ve mikro kıllar nem ve solunum yolundaki açılar, nefes borusunda havanın siklonik döngüye girmesi yöntemleri ile vücut kendini bu tozlardan koruyabilecek çeşit çeşit yöntemler bulundurmaktadır. Makro ve mikro kıllar sayesinde tozlar burnun içindeki suda tutulup akciğerlere ulaşmadan vücuttan atılmaktadır. Çapı 10 mikrometreden az olan partikül maddeler akciğer derinlerine kadar ulaşabilmektedir, çapı 2.5 mikrometreden küçük olan partikül maddeler akciğer hücrelerine girip ciddi hasarlara neden olabilmektedir[29][30][31].





**Şekil 2.6. A Ve B de Görünen Partikül Maddelerin Alveol Hücrelerine Ulaşması, C Ve D De Görünen Solunum Yoluyla Bulunan Partikül Maddelerin Fotomikrografik Görüntüleri**

Akciğerlerde biriken partikül maddeler tane çapı azalmasıyla (<100nm) artış göstermektedir[32]. Sağlık enstitülerin çalışmalarına göre kentsel ve banliyö bölgelerinde bu partikül maddelere maruz kalan insanların ölüm tehlikesinin artmasını kanıtlamaktadır [33][34]. Yapılan çalışmaların sonucunda tozların artışıyla astım, kalp krizleri, baş ağrısı, akciğer hastalıkları, solunum yolu hastalıklarının artışı kanıtlanmaktadır [35][35][36].



**Şekil 2.7. Partikül Maddelerin Solunum Yoluyla Akciğerlerdeki Hücrelere Ulaşması.**

Çöllerden atmosfere karışarak taşınan tozlardan en çok maruz kalan bölgeler, Ortadoğu bölgesi, Karayip bölgesini söylemek yanlış olmaz. Bu iki bölgede küresel olarak en çok astım hastası mevcuttur [37]. Araştırmalara göre Barbados bölgesinde astım göstergesi 1973 – 1996 yıllar arasında 17 birim artış göstermektedir, bu dönemde Afrika çöllerinden bu bölgeye taşınan toz miktarında da artış izlenmiştir [38].



Toz bulutları kil minerallerinin yanı sıra geçmişte çöllerde yaşamış olan bitki ve hayvan kalıntıları nedeni ile yüksek konsantrasyonda mikroorganizma (mantarlar, bakteriler, virüsler ve polenler) taşımaktadır [39][40]. Partikül maddelerde bulunan patojenik maddeler ve mikroorganizmalar insanları doğrudan riske atabilir ve hastalıklar ve alerjiler oluşturabilecek kapasiteye de sahiptirler.

### **2.9.3. Havada Bulunan Mikroorganizmaların Sebep Olduğu Hastalıklar**

İnsanoğlunun akciğerleri partikül maddelerin birikmesine göre tasarlanmamış, ama vücudumuzun gelişmesiyle beraber burnumuzdaki kıllar ve burnumuzun yapısından dolayı soluduğumuz havada bulunan partikül maddenin bir kısmını vücudumuzdan uzaklaştırmaya yarayan savunma sistemimiz mevcuttur. Bu savunma sistemi havada yüksek miktarda partikül madde bulunduğu anda devreye girer ve hava ile gelen partikül maddelerin vücudumuza en az şekilde girmesine ip ve vücudumuzdan uzaklaştırır.

Bu sistem olmasaydı vücudumuz tozlara virüslere, mantarlara, bakterilere, toksin maddelere çok daha yoğun şekilde maruz kalabilir. Toprak tek başına insanı hasta etmeye yeterlidir. Silikosis kum parçacıklarının solunumuyla oluşabilen bir rahatsızlıktır. Bu kum parçacıkları Sahra tozunda da bulunmaktadır. Bu tozlar solunum yoluyla akciğerlerimize girip akciğerdeki hücreleri çizip iltihaplara yol açabilirler. Silikosis hastalığı nefes daralması, kalp hastalıkları ve sonunda ölümlere bile yol açabilmektedir [38] .

Madenlerde, çimento fabrikalarında ve toprak olan bir ortamda çalışanlarda bu hastalığın daha yaygın olduğu ve sağlığını kaybettiği tespit edilmiştir. Kuvars kum parçacıklarına maruz kalanların akciğer hastalıkları, bağışıklık sistemi hastalıkları, böbrek hastalıklarına yakalanmalarına yol açmıştır [41]. Amerika'da hastalık kontrol merkezinin istatistik raporlarına göre 1996 yılında 206 kişi silikoz hastalığından dolayı hayatını kaybetmişler[42]. Dünya sağlık örgütü (WHO) raporuna göre yıllık yaklaşık 24.000 kişi sadece Çin'de bu akciğer hastalığından hayatını kaybetmiştir. (<http://www.who.int/inf-fs/en/fact238.html>).

Dünya sağlık örgütünün raporuna göre (WHO) dünya genelinde 100–150 milyon kişi astım hastalığına yakalanmaktadır ve yıllık 180,000 kişi bu hastalıktan hayatını kaybetmektedir.

(<http://www.who.int/inf-fs/en/fact206.html>). Sahra çölünün aktivitesinin fazla olduğu bölgeler, Aral denizi ve Karayip bölgeleri gibi dünya çapında en fazla astım hastalarının yaygın olduğu bölgelerindendir [37][43].

Barbados'ta 1973-1996 yılları arasında astım hastalığının 17 katına çıktığını izlenmiştir. Akut astım krizinden dolayı 1999 yılında Queen Elizabeth hastanesine giden hastalarında 23.3% artış izlenmiştir [44]. Bu hastalarının artışının sebebi olarak Sahra çölünden atmosfere karışan tozların artışı tespit edilmiştir [45]. Al eskan hastalığı (Desert storm pneumonitis) diğer tehlikeli hastalıklardandır ki güvercin dışkısıyla karışan tozların solunum ve akciğerlere gitmesiyle birlikte meydana gelir. Desert lung syndrome (çöl akciğer sendromu) Sahra tozuna maruz kalan kişilerde meydana gelen bir başka hastalıktır. Havada bulunan Sahra tozundaki gram-negatif bakteriler ve mantarların pek çok hastalığa neden olmaktadır ki bu hastalıklar bu tozları soluyan kişilerin hayatını tehlikeye atmaktadır .

#### **2.9.4. Yunanistan'a Sahra Çölünden Gelen Tozlar Ve Ölüm Sayısının Artışı**

Son on yılda atmosferdeki partikül maddelerin artışının beraberinde kısa vadede bu partikül maddelere maruz kalan insanların sağlığını etkilediğini görmekteyiz [46]. PM<sub>10</sub> diye tanımlanan kaba partikül maddeler (aerodinamik çapı 10 mikrometreden küçük olan) ve ince partikül maddeler PM<sub>2.5</sub> (aerodinamik çapı 2.5 mikrometreden küçük olanlar) kaynakları ve atmosferde davranış şekilleri farklılık göstermektedir.

Akdeniz bölgesinin birinci doğal partikül madde kaynağı kuzey Afrika'da bulunan Sahra çölüdür. Yıllık ortalama 3.9 milyon ton 1.5, 2 km havaya yükselerek Afrika'dan Akdeniz bölgesine doğru yükselir ve bu bölgeyi etkisinin altına alır. Sahra çölünden gelen doğu Avrupa ülkelerinde eski zamanlardan beri sürekli izlenen bir olaydır ve genel olarak sarı-kahve rengi bulut şeklinde görünür ve yağmurla beraber yer seviyesine inmektedir[47] .

Sahra tozları ile ölüm sayısı arasındaki olası bir ilişkiyi belirlemek için Yunanistan istatistik kurumu sitesinden elde edilen veriler ([www.statistics.gr](http://www.statistics.gr)), tüm ölümler (International Classification of Disease ICD-9>800) kalp-damar hastalıklarından meydana gelen ölümler (ICD-9:390-459) solunum yolu hastalıklarından meydana gelen ölümler (ICD-9:450-519) iki yaş grubu (>75 ve <75 yaşları) ve erkek, kadın grubu şeklinde 2001-2006 yılları arasındaki veriler incelenmiştir.

Bu dönemde 169,935 ölüm kayıt altına alınmıştır ve bu sayıdan 11,249 kişinin ölümü Sahra toz taşınımı olan günlerde meydana gelmiştir. Günlük hava kirletici konsantrasyonu Yunanistan çevre, enerji, iklim değişikliği bakanlığını yürüttüğü Avrupa projesi olan (kısa vadede hava kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki etkilerin araştırması) internet sayfasından ([www.minenv.gr](http://www.minenv.gr)) alınmıştır.

2001-2006 d6neminde 6l6mlerin % 78.64'6 >75 yaş grubuna aittir, Sahra toz taşınımı olan g6nlerde bu sayı 4% miktarda artış g6stermektedir. 6l6mleri genel olarak yaşlılar, kadınlar ve kalp-damar hastalarından oluştuğu belirlenmiştir.

**Çizelge 2.4. Sahra Tozu Olan/Olmayan Günlerde Ölüm Sayısını Gösteren Çizelge[47]**

	Sahra tozu olan günler	Sahra tozu olmayan günler
	n=141	n=2050
ortalama günlük ölüm sayısı		
toplam ölüm - iki yaş grubu	80	77
<75 yaş grubu	28	27
≥75 yaş grubu	52	50
bayan her iki yaş grubu	41	39
bay her iki yaş grubu	39	38
kalp-damar hastaları ölümü - her iki yaş grubu	40	38
<75 yaş grubu	11	11
≥75 yaş grubu	29	27
solunum yolu hastaları ölümü- her iki yaş grubu	7	7
≥75 yaş grubu	6	5
hava kirletici verileri (µg/m <sup>3</sup> ) ortalama		
PM 10	47	39.1
NO <sub>2</sub>	77.6	80.7
SO <sub>2</sub>	10.3	13.2
O <sub>3</sub>	61.6	70
meteoroloji verileri		
Hava sıcaklığı (°C)	18.7	18.3

2001-2006 yılları arasında Sahra tozu olan ve olmayan günler verilerinin analizleri sonucunda ince partikül maddelerin konsantrasyonlarında  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  artışla her iki yaş grubunda ölüm sayısında %2.53 artış tespit edilmiştir. Kaba partikül maddelerin artışıyla beraber her iki yaş grubunda ölüm sayısında %1.49 artış görülmüştür [47].

### 2.9.5. İspanya'ya Gelen Sahra Tozunun Ölüm Sayısıyla Bağlantısı

Sahra çölünden gelen toz bulutu Madrid atmosferinde yaygın bir atmosferik olaydır. Bu araştırmada Sahra tozu taşınımı sırasında  $\text{PM}_{10}$  ve  $\text{PM}_{2.5}$  konsantrasyonlarının değişimi ve bu değişimle ölüm sayısının arasındaki ilişkiyi bulmak planlanmıştır. 2003-2005 yılları arasında. poisson regresyon istatistik analiz modeli Sahra tozu olan ve Sahra tozu olmayan günleri arasında kurulmuş ve ölüm sayısının değişimi aşağıda belirtilen ölüm sebepleri açısından araştırılmıştır [48].

1. Doğal ölümler (kaza sonucu olmayan ölümler) (ICD-10):A00-R99)
2. Kan dolaşım sistemi (damar hastalıkları)(ICD-10:I00-I99)
3. Solunum hastalıkları (ICD-10:J00-J99)

Günlük ortalama  $\text{PM}_{10}$  ve  $\text{PM}_{2.5}$  bağlı olan parametre olarak seçilmiştir.

Sonuç olarak  $\text{PM}_{2.5}$  artışıyla beraber yukarıda belirlenen hastaların ölüm sayısı istatistiksel olarak artış göstermektedir.  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{2.5}$  konsantrasyonunun artışıyla beraber 1.023 (1.010-1.036) doğal ölümler,1.033(1.031-1.035;) damar hastalarının ölümleri,1.032 (1.004-1.059) solunum yolu hastaların ölümü Sahra tozu geldiği günlerde artış gözetlemektedir. Ayrıca  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonunun artışıyla beraber aynı sonuçlar tespit edilmiştir.

**ICD** (*International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems*), sağlık ve hastalıkların sorunlarının uluslararası sınıflama sistemidir.

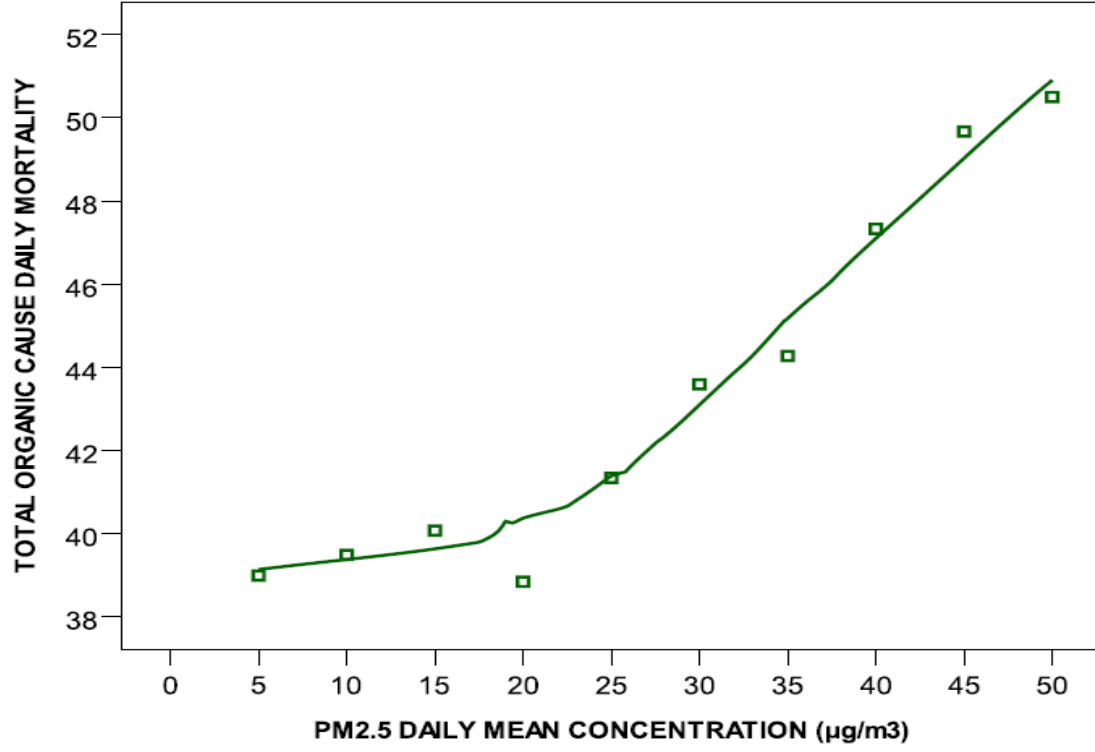
**Çizelge 2.5. Araştırmayla İlgili Hastalık Sınıflandırılması [48]**

ICD-10 KODLARI	HASTALIK TANIMI
A00-R99	Kolera, Vibrio cholorea 01, biovar kolera'ya bağlı Solunum yolları tüberkülozu, bakteriyolojik ve histolojik olarak onaylanmamış ve benzeri hastalıklar.
I00-I99	Kalp tutulumu olmaksızın, Kronik iskemik kalp hastalığı, Pulmoner damarların hastalıkları, Aortik kapak bozuklukları ve benzeri hastalıklar, Dolaşım sisteminin bozuklukları ve benzeri hastalıklar.
J00-J99	Akut nazofarenjit [nezle], Akut üst solunum yolu enfeksiyonları, Akut bronşiolit, Burun ve nazal sinüslerin diğer bozuklukları, Solunum sistemi girişimleri sonrası bozuklukları ve benzeri hastalıklar.

Araştırma İspanya'nın Madrid şehrinde (40° 24'N;3°41'W) 1 Ocak 2003- 31 Aralık 2005 tarihleri arasında yapılmıştır. Bu zaman aralığında Sahra çölünden Madrid şehri atmosferine karışan tozlu ve tozsuz günler tespit edilmiştir. Sağlık durumları kontrol altında olan kitlenin yaş grubu 75 yaş ve üzeridir. Bu dönemde partikül maddeleri (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub>) konsantrasyonları µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Hava kalitesi dataları (Red de Control de Contaminación Atmosférica del Ayuntamiento de Madrid) hava kalite izleme kurumundan alınmıştır. Toplam 27 hava kalite ölçüm istasyonunun ortalama değerleri bu çalışmada kullanılmıştır [48].

Araştırma sırasında aşağıda verilen hava kirleticilerinde değişimi göz önüne alınmıştır.

1. Kimyasal hava kirleticileri, günlük ortalama konsantrasyon olarak (SO<sub>2</sub>), (NO<sub>2</sub>), (NOX), (O<sub>3</sub>) µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.
2. LEQ: Gündüz vakti (8–22 ) arası ve gece vakti (22-8) arası Madrid şehrinde gürültü seviyesi dB olarak ölçülmüştür.
3. Biyotik hava kirleticileri (Cupresacea, gramineae, olea europaea (olive) ) ağaçlarının poleni grains/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.
4. Maksimum ve minimum hava sıcaklığı (°C) olarak meteoroloji kurumu tarafından ölçülmüştür. (Instituto Nacional de Meteorología –INM)
5. Sahra tozunun Madrid şehrinin atmosfere karışıp karışmadığı, ispanya çevre ve sahil aktiviteleri bakanlığından alınmıştır.( <http://www.calima.ws/> sitesinde mevcuttur.)



**Şekil 2.8. PM<sub>2.5</sub> Konsantrasyonu Ve Toplam Doğal Ölümler Arasındaki Scatter-Plot Diyagramı [48]**

Şekil 2.8 ' de görüldüğü gibi PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu artışıyla doğrusal şekilde günlük doğal nedenlerden dolayı (kaza dışında ölümler) ölüm sayısında artış gözetlenmiştir [48].

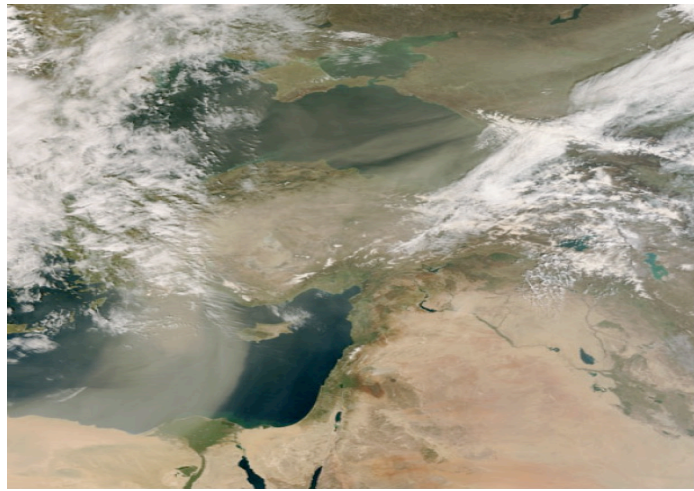
## 2.10. Sahra Tozunun Migren Hastaları Üzerindeki Etkisi

Migren hastalığı dünya nüfusunun %15'ni etkileyen bir hastalıktır ve bu hastalık insanların yaşam kalitesi ve çalışma performanslarını ciddi bir şekilde etkilemektedir. Migren baş ağrıları bir sınır sistemi bozukluğudur ve çeşitli dış ve iç ortam faktörleri tek başına bu hastalığı tetiklemektedir. Çevresel faktörlerden birisi hava koşullardır. Araştırmalara göre migren hastaların %7-43 oranında atmosferik koşullarının değişimine çok hassaslar [49].

Çeşitli araştırmalar hava koşullarının değişimi migren hastalarının kötüleşip veya iyileştiğini kanıtlamaktadır [49][50]. Atmosferik hava koşulları, hava basıncı, nem oranı, rüzgar ve hava sıcaklığı hepsi migren baş ağrısını tetikleyen faktörlerden sayılabilir [51].

Hastanelerin acil bölüm ziyaret artışının hava kirleticilerin artışıyla doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. Örneğin SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO ve PM<sub>2.5</sub> artışıyla beraber hasta sayısı artmaktadır [52]. Daha önce Sahra tozunun atmosferde artışıyla hasta sayısının artışının arasındaki bağlantı incelenmemiştir. Bildiğimiz gibi yıllık olarak ortalama 1–1.5 milyar ton toz Afrika'nın kuzeyinde bulunan Sahra çölünden atmosfere karışmaktadır. Bu Sahra çölünden atmosfere karışan tozlar Asya, Avrupa ve Amerika'yı etkilemektedir.

Uydu görüntülerine göre bu Sahra çölünden havalanan tozlar genelde (%87) batıya veya (%61) güney batıya doğru hareket etmektedir[53]. Araştırmalara göre yıllık 20 milyon ton Sahra tozu İç Anadolu'ya doğru taşınmaktadır [54][55][56]. İç Anadolu'ya taşınan toz bulutu şematik olarak Şekil 2.14 de verilmiştir.



**Şekil 2.9. Sahra Çölünden Atmosfere Karışarak Türkiye Üzerinden Geçen Toz Bulutu, Fotoğraf: NASA'nın MODIS Uydusundan Alınmıştır [57].**



Sahra çölünün tozunda çeşitli aerodinamik çapa sahipler, (EPA) sınıflandırmasına göre Sahra tozu genelde PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> sınıfında yer almaktadır. PM<sub>10</sub> partikülleri burun ve solunum sisteminde tutulabilmektedir ama PM<sub>2.5</sub> akciğerlerin derinlerine kadar inip hücreleri etkileyebilmektedir. Aerodinamik çapı µm'den küçük olan partikül maddeler insan sağlığı açısından daha büyük önem taşımaktadır. Bu partikül maddeler akciğer hücre zarını parçalayıp ve akciğerlerin fonksiyonel kapasitesini azaltabilmektedir.

Griffin ve Gadd 'ın araştırmalarına göre ayrıca çeşitli mikroorganizmalarda bu tozlarla beraber uzun mesafeleri geçip tüm dünyaya yayılabilmektedirler. Coğrafi olarak Karayip bölgesi ve Ortadoğu bölgesinde son 20 yılda astım hastalarının artışı gözlemlenmektedir, bununla beraber son 20 yılda Sahra çölünün aktivitesinin artışı tespit edilmiştir.

Sahra çölünün yüzeyindeki toprakta çeşitli prokaryotların varlığı tespit edilmiştir [58]. Yaklaşık her gram Sahra tozunda diğer bazı topraklarda olduğu gibi 10<sup>7</sup>-10<sup>9</sup> prokaryot bulunmaktadır [16].

Saydam ve Şenyuva [17] araştırmalarına göre Sahra tozunda bulunan bakteri ve mantarlar Sahra tozu taşınımı sürecinde tozun bulutla temas ettiğinde indirgenmiş demir üretildiği ortaya çıkmıştır. Daha önceki araştırmalarda düşük hava basıncı, rüzgar, hava sıcaklığının, migreni tetiklediği ortaya konulmuştur [59]. ama Sahra tozunun atmosferde akışının artması ile migren hastalarının krize girmesi arasında bir bağlantı bulunmamıştır. Ancak Prof. Dr. Saydam tarafından İnternette yayınlanan hava raporlarında bahsi geçen Sahra tozları ile migren ağrıları arasındaki olası ilgi Gazi Üniversitesi Öğretim üyelerinden Prof. Dr. Hayrunisa Bolay Belen'in de ilgisini çekmiş ve yapılan görüşmeler sonunda bir dizi deney yapılması kararlaştırılmıştır. Bu amaçla Gazi Üniversitesi Nöroloji Bilimleri Enstitüsü laboratuvarında deney fareleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

200-250 gram ağırlıkları olan erkek wistar farelerin üzerinde deney yapılmıştır. Bu fareler deney öncesinde dış ortam hava koşullarından poyrazmatik benzeri bir filtrasyon sistemi ile uzak tutulmuş ve 12 saat gündüz ışığı ve 12 saat karanlıkta bekletilmiştir. Ortam sıcaklığı 18-21 °C olarak sabit tutulmuştur. Deneyde kullanılan Sahra tozu Prof. Dr. Cemal Saydam tarafından Tunus, Tozeur şehrinden tedarik edilmiştir. Bu toprak örnekleri ince toz haline getirilmesi için <200 µm ince elekten geçirilmiştir. Sahra tozunda bulunan organik bileşenlerin migren baş ağrısının tetikleme faktörü olduğunu test etmek amacıyla Sahra tozun bir kısmı deneyden önce tozların sterilize etmesi için 2 gün süreliğine Co<sup>60</sup> gama ışınlarının

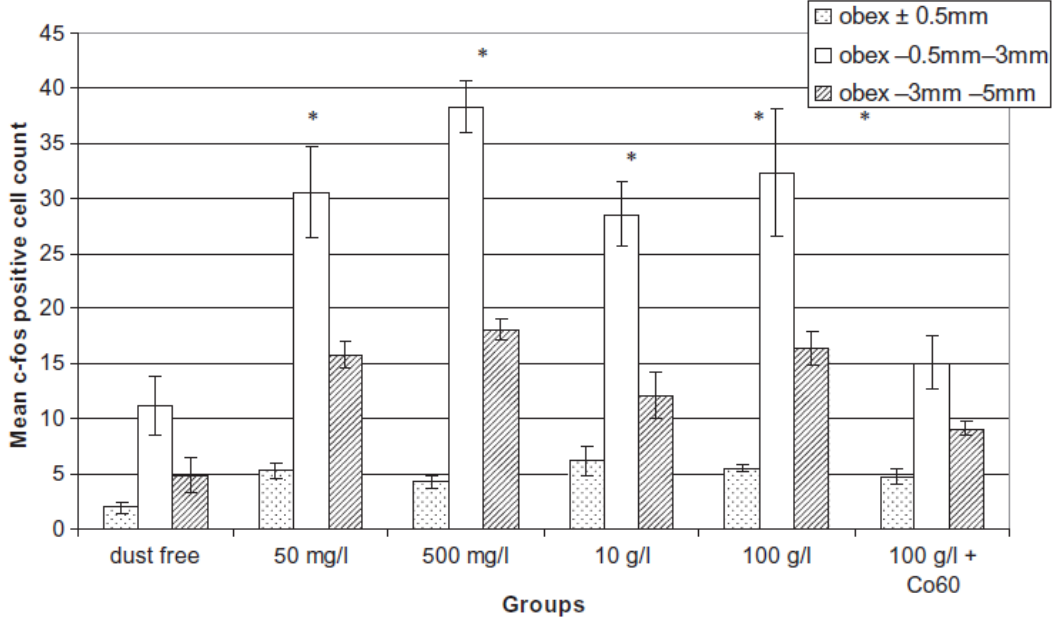
altında tutulmuştur. Sahra tozu konsantrasyonu atmosferde bölgesel olarak değişiklik göstermektedir.  $0.5-326 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [56].

Deneyde ortamın atmosferinin toz bulut olan atmosfere uyumlu hale getirebilmek için 100 mg elekten geçirilmiş toz 2 litre sterilize suda çözülmüştür. Bu karışımı 24 saat boyunca havayla karıştırıp ve 500-W tungsten ampulü altında tutulmuştur. 24 saat sonra hava akımı kesilip karışımın çökmesi için 2 saat bekletilmiştir. Yaklaşık 300 ml bu karışımdan alınıp hava nemlendirici (sonic nebulizer) cihazına koyarak fareleri 2 saat boyunca bu atmosfer koşullarında bırakılmıştır.

Deney üç farklı grupta, üç farklı atmosfer koşulunda yapılmıştır.

- Sahra tozu olan atmosfer (n=21) 50mg – 100 g/l Sahra tozu ve su karışımının 12 saat boyunca güneş ışığını altında tutulmasıyla oluşturulan atmosfer koşulları
- 100 g/l Sahra tozu ve sterilize su karışımının 2 gün boyunca Sahra tozunun içindeki mikroorganizmaların temizlenme ve Saydam Şenyuva [17] reaksiyonlarının engellenmesi amacıyla Co60 ışınlarının altında tutulmasıyla beraber oluşturulan atmosfer koşulları (n=9)
- Temiz hava, tozsuz ve bakterisiz bir atmosfer oluşturmak için su bazlı hava filtrasyonu sistemi kurulmuştur. Ortamdaki hava, hava pompa aracıyla hava taşlarından 20 l sterilize sudan geçirerek havadaki tozları suya bırakmasıyla birlikte havayı tozlardan ve bakterilerden temizlenmesi planlanmıştır.

Deney fareleri 2 saat belirlenen atmosfere maruz kaldıktan sonra tiyopental sodyumla anestezi yapılmış ve beyindeki c-fos genleri inceleme amacıyla otopsi edilmiştir. Ayrıca kan tahlili için kan örnekleri alınmış ve kandaki nitrat ve nitrit ( $\text{NO}_x$ ) seviyesi incelenmiştir [60]. Deney esnasında Sahra tozuna maruz kalen farelerde sürekli hareketlilik izlenmiştir, buda hava koşullarından rahatsız olduklarından dolayı olabilmektedir.



**Şekil 2.10. Deney Gruplarına Göre Ortalama C-Fos Hücre Miktarı [57]**

Sahra tozunda bulunan mikroorganizmaların etkisini görebilmek amacıyla yapılan bu deney sonucunda su bazlı filtrasyon olan ortamda tutulan farelere göreceli olarak Sahra tozlu ortamda tutulan farelerin beyinciklerinde c-fos hücrelerinin artışı ortaya konulmuştur. C-fos geninin oluşması migren ağrısını tetikleyen proteinlerin oluşması öncesinde gelişen bir genidir. Bu genin varlığı migren ağrısının tetikleneceği anlamına gelmektedir. Bilim dünyası bu bilgiye sahiptir ancak c-fos geninin neden geliştiği hakkında bilgi sahibi değildir. Bu çalışma ise c-fos geninin Sahra tozu taşınımı ile gelişebildiğini gösteren ilk çalışmadır.

**Çizelge 2.6. Gruplara Göre 1 Saat Ve 24 Saat Zaman Döneminde Tespit Edilen (CFU/MI), Plasma'da NOX Seviyesi Ve C-Fos + Hücre Sayısı [57]**

Gruplar	1 Saat içinde mikroorganizma (CFU/ml)	24 Saat içinde mikroorganizma (CFU/ml)	Plasma NOX seviyesi (µM/l)	c-fos (+) hücre sayısı
Temiz Atmosfer	110	2000	9.9±5.73	11.2±2.7
Sahra tozu (100g/l)	1250	20000	17.7±11.71	32.9±5.3
Sahra tozu (100g/l) + Co60	125	210	6.7±3.62	15.0±2.4

Su örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizlere göre Sahra tozu olan grupta (100g/l) 1250 CFU/ml, 20 000 CFU/ml 1saat ve 24 saat içinde tespit edilmiştir. Temiz atmosferde olan grupta ise 110 CFU/ml ve 2000 CFU/ml 1saat ve 24 saat içinde tespit edilmiştir. Co<sup>60</sup> sterilize edilen grupta 125 CFU/ml ve 210 CFU/ml 10 saat ve 24 saat içinde tespit edilmektedir. Sahra tozu olan grupta diğer iki grup arasında ciddi bir fark gözlemlenmektedir. Tespit edilen bakteri ve mantarlar çizelge 2.7' de verilmiştir.

**Çizelge 2.7. Sahra Tozunda Tespit Edilen Bakteri Ve Mantar Türleri [57]**

Bakteri Türleri	Mantar Türleri
Nocardia	Aspergillus
Streptomyces	Penicillium
Other aerobic actinomycetes	Cladosporium
Bacillus	Mucor
Micrococcus	Paecilomyces
Staphylococcus	
Pseudomonas	
Corynebacterium	
Nonfermenter Gram-negative bacillus	
Gram-positive bacillus (unidentified)	
Gram-negative bacillus (unidentified)	

Bu çalışmada c-fos gen değişiminin sinir sistemini etkileyen bir faktör olarak göz önüne bulundurup tüm sonuçlar buna göre elde edilmiştir. Sahra tozunun bulunduğu deney ortamında hem mikroorganizmaların sayısı hem de farelerin beyin sinir sistemlerinde c-fos seviyesi artmıştır. Bu bilgilere göre Sahra tozuyla birlikte taşınan mikroorganizmaların migren ağrısı ile doğrudan bağlantılı olduğunu kanıtlanmıştır [57].

### 3. MATERYAL VE METHOD

#### 3.1. Ölçüm Alınan Nokta Ve Örnekleme Zaman Aralığı:

Bu tez çalışmasında Kasım 2014, Şubat 2015 zaman aralığında Ankara ili, Hacettepe Üniversitesi, Beytepe yerleşkesi, Çevre Mühendisliği Bölümünde bulunan laboratuvar alanı örnekleme yeri olarak seçilmiştir. Günlük 3 saat olmak üzere her 5 dakikada bir ölçüm alınmıştır. Örnekleme noktasına güney ve güney batıdan gelen hava akımları Ankara Şehri üzerine gelmeden örnekleme noktasına ulaşmaktadır. Kuzeyden gelen hava akımları ise şehrin batı kesimi üzerinden geçerek örnekleme noktasına ulaşmaktadır.



Şekil 3.1. Ankara İlinde Örnekleme Yapılan Nokta [Google Earth]

### 3.2. Deney Döneminde Ölçülen Parametreler

Tüm deney döneminde cam odayı dış ortam havasından doldurmadan önce dış ortamda PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub> ölçümleri alınmıştır.

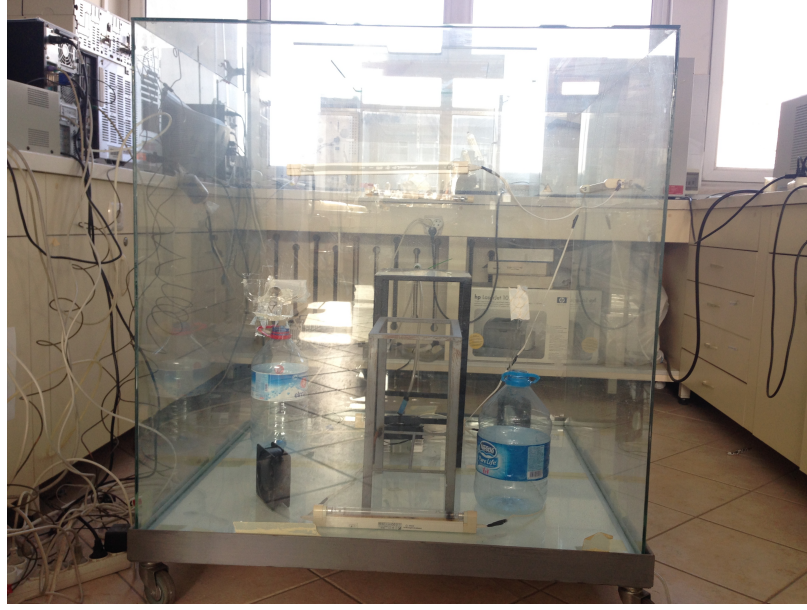
**Çizelge 3.1. Aylara Ait Ölçülen Parametreler Tablosu**

Ay	Numune sayısı	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Kasım	12	D	D
Aralık	26	D	D
Ocak	27	D	D
Şubat	9	D	D
"D: Dış ölçüm			

### 3.3. Örnekleme ve Analiz

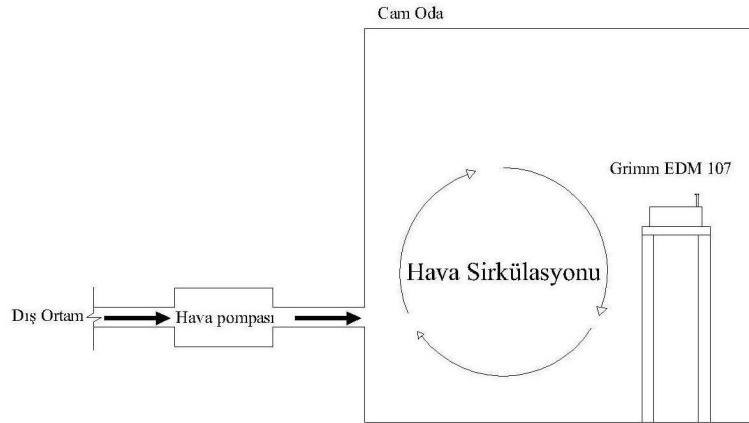
#### 3.3.1. Örnekleme Süreci

Çalışma süreci 19 Kasım 2014 tarihinden itibaren başlanmış olup, her gün saat 14- 17arasında devam etmiştir. Bu süreçte laboratuvarında bulunan şekil 3.2' de gösterilen 1 m<sup>3</sup> hacminde olan cam odayı poyrazmatığı çalıştırmadan önce hava pompası aracılığıyla dış ortam havasıyla doldurulmuştur.



**Şekil 3.2. 1 m<sup>3</sup> Hacminde Olan Cam oda**

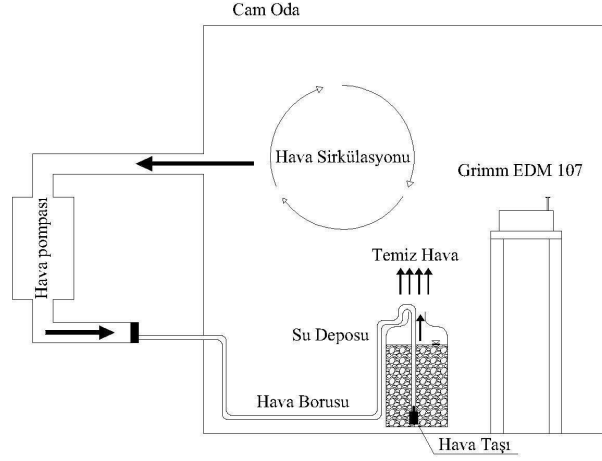
Hava pompasının debisi 160 l/dakikadır. Dolayısı ile 30 dakika süresince dış ortamdan emilen hava  $30 \times 160 = 4800$  l olmakta yani 1 m<sup>3</sup> hacminde bir kaplı alanın havasının 4 kez değişmesini sağlayacak kapasitededir. Şekil 3.3'te şematik olarak cam odanın içinde dış ortam hava sirkülasyonun sağlanmasını göstermektedir.



**Şekil 3.3. Cam Odayı Dış ortam Havasıyla Doldurmak**

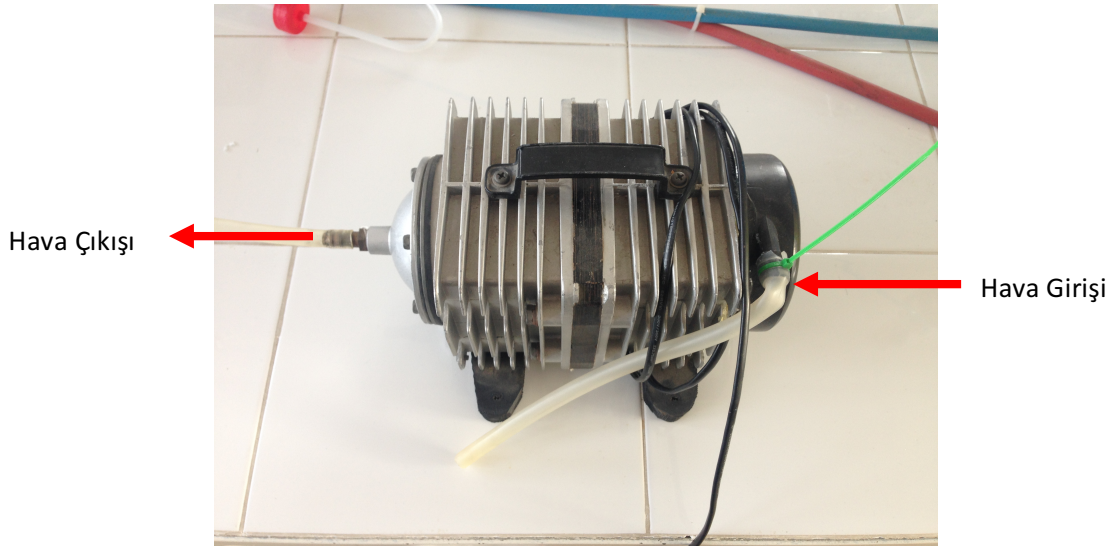
Her gün poyrazmatığı çalıştırmadan önce 30 dakika süsünce 1m<sup>3</sup> hacimli cam odaya dış ortam havası aktarıldıktan sonra Şekil 3.4 'te görüldüğü gibi poyrazmatik (su bazlı filtrasyon) cihazı çalıştırılmıştır.





**Şekil 3.4. Cam Odada Poyrazmatığı Çalıştırmak**

Cam odanın içinde bulunan partikül maddenin poyrazmatik ile azalmasının ortaya koymak amacıyla şekil 3.5 ' te görülen bu tez çalışmalarında kullanılan hava pompasında bulunan hava giriş borusunu cam odada bulunan hava giriş noktasına bağlayıp, hava pompasının hava çıkış borusunu bir hava taşına bağlayıp 5 litrelik su deposunda bulunan sudan geçirerek cam odanın havasını temizlemektedir. Grimm EDM 107 ölçümler esnasında kullanılan partikül madde ölçüm cihazıdır ve her 5 dakikada bir toplam günlük 36 hava numunesi alınmıştır. Bu deney süreci 10 Şubat 2015 tarihinde sona ermiştir.



**Şekil 3.5. Kullanılan Hava Pompası**



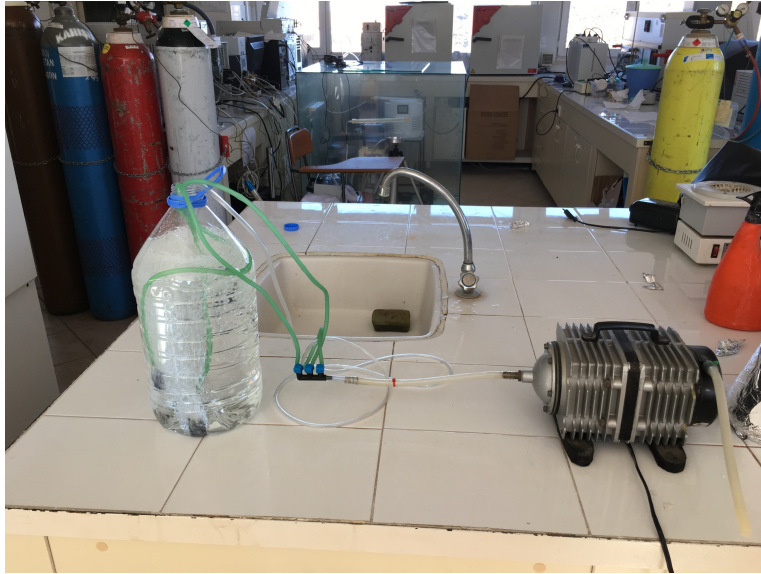
### 3.4. Poyrazmatik

Su bazlı hava temizleme sistemi olarak kullanılan ve Prof. Dr. A Cemal Saydam tarafından “poyrazmatik” olarak adlandırılan sistem şu parçalardan oluşmaktadır.

1. Akvaryum hava motoru ve hava boruları
2. Suda kabarcık oluşumunda kullanılan akvaryum hava taşı
3. 5 litrelik hacme sahip su deposu

Sistem hava motoru aracılığı ile emilen havanın, hava taşından geçirilmesi ile oluşan hava kabarcıklarının 5 litrelik hacimde ve 35 cm yükseklikteki sulu ortamdan geçerek kapalı ortama filtre edilmiş havanın verilmesi esasına dayanmaktadır.

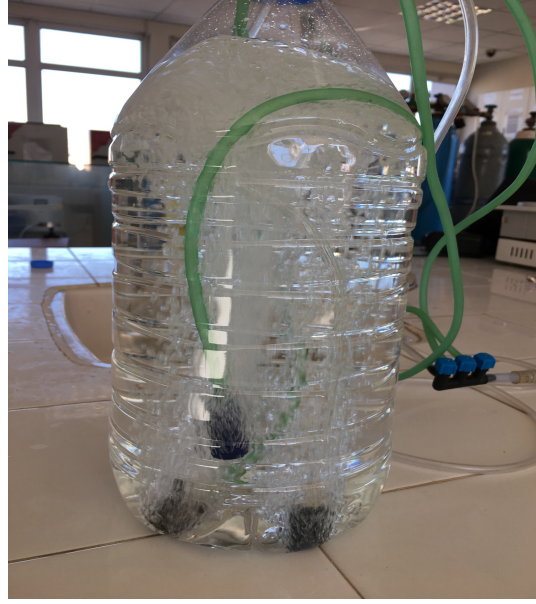
Bu Çalışma Sürecinde Kullanılan “Poyrazmatik” Sistemine Ait Görüntü Şekil 3.6’da verilmiştir.



**Şekil 3.6. Poyrazmatik**

Sistemin çalışma prensibi hava kabarcıklarının sulu ortamda kat ettiği mesafede su ile temas etmesi ve bu sürtünme nedeni ile hava kabarcığı içerisinde olduğu varsayılan vorteksler aracılığı ile hava kabarcığı içerisinde bulunan parçacıkların sulu ortama geçmesi esasına dayanmaktadır.(şekil 3.7)

Dolayısı ile dış ortamda bulunan partiküler maddeler bu sistem aracılığı ile su yüzeyine çıkana kadar sulu ortama transfer olmakta ve su yüzeyinde sonlanan hava kabarcığı içerisindeki temiz havayı kapalı ortama verilmektedir.



**Şekil 3.7. Kullanılan Su Deposu ve Hava Taşları**

### 3.5. Grimm EDM 107 Çalışma Prensibi

Çalışma sürecinde havada bulunan partikül maddelerin konsantrasyonun ölçüm amacıyla Grimm Environmental Dust Monitor (EDM) 107 ölçüm cihazı kullanılmıştır.(şekil 3.3)[61].



Şekil 3.8. Partikül Madde Ölçüm Cihazı [61]

#### Grimm EDM 107 bazı özellikleri

- Aynı anda  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ve  $PM_1$  konsantrasyonun ölçülmesi
- Ölçülebilen partikül madde aerodinamik çap aralığı  $0.2 \mu m$  'den  $20 \mu m$ 'e kadar
- Maksimum ölçülebilen partikül madde konsantrasyon aralığı  $1$  ve  $1500 \mu g/m^3$
- Verilerin günlük, haftalık, aylık şeklinde kaydedilmesi
- Yazılımı sayesinde verilerin bilgisayara aktarabilmek
- Değişilebilir filtre

Cihazda 2 ölçüm modu mevcuttur. Bu modlar aşağıda özet olarak açıklanmaktadır.

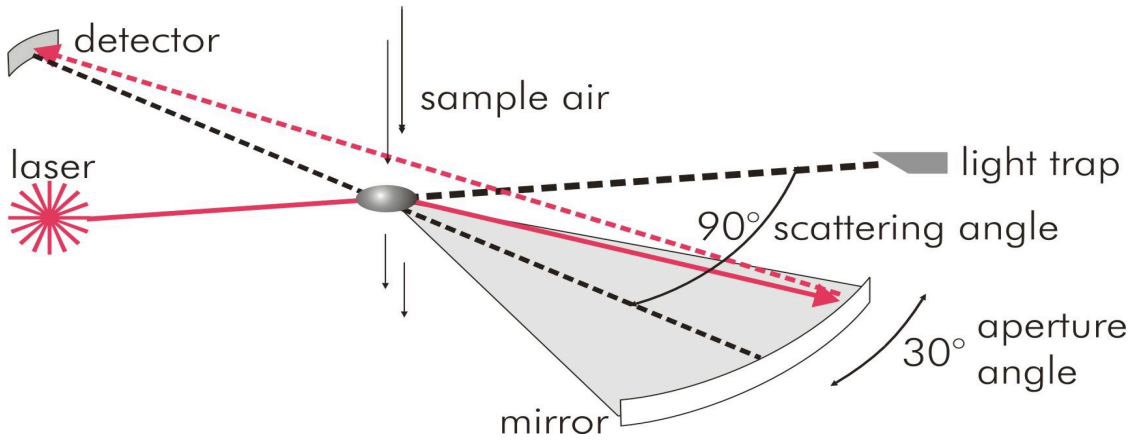
- Sayı dağılımı modu (partikül/litre): data seti, tüm partikül madde aerodinamik çapları için litredeki partikül konsantrasyon sayısı miktarı cinsinden ölçmektedir.
- Çevre modu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): bu modda ölçüm verileri  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  biriminde  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  ve  $\text{PM}_{1}$  konsantrasyonun ortaya konulmaktadır.

### Grimm EDM 107 cihazı ölçüm prensibi

Bu cihaz havada askı halinde bulunan partikül maddeler analiz/toz takip cihazıdır. Cihazın bahsedildiği üzere iki ana fonksiyonda çalışmaktadır. Bu çalışmada seçilen mod çevre modu olup teorik olarak ölçüm prensibi aşağıda verilmiştir.

$$\begin{array}{l} \text{Toplam Ağırlık} \\ (\mu\text{g}/\text{m}^3) \end{array} = \begin{array}{l} \text{Partikül Boyutu} \\ \text{Dağılımında} \\ \text{Kanal Adedi} \\ (14/\text{farklı boyut} \\ \text{kanal boyutları}) \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Hacimsel} \\ \text{Ortalama} \\ \text{Yoğunluk (her} \\ \text{bir 6 saniye} \\ \text{için)} \end{array}$$

Hava numunelerindeki partikül maddeler, ölçüm kısmı içinde ışık saçılımına göre tespit edilmektedir. Saçılım ışığında algılanan her parçacık sayılmakta olup bu saçılım ışığı partikülleri boyutlarına göre sınıflandırılmaktadır. Grimm EDM 107 çalışma mekanizması şekil 3.9 'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Grimm EDM 107 çalışma prensibi [61]

## **Ölçüm teknolojisi**

Grimm EDM 107 cihazı, yarı iletken lazer ışığı vasıtasıyla ışık saçılım teknolojisine dayalı çalışmaktadır. Lazer ışınından geçen partiküllerin geçtiği saçılım sinyali yaklaşık 90° açı ile bir yansıtıcıdan alıcı diyota iletilmektedir.

Diyot sinyali, uygun olan boyutlandırmadan sonra çok kanallı boyut sınıflandırıcıya yönlendirilir. Bu sayımlar görüntülenebilir ve ayrıca veri depolama kartında saklanabilmektedir. Uzun süreli kayıtlar için RS 232 üzerinden verilerin bilgisayar ortamına transferinde mümkündür. Veri depolama kartı olmadan enstrüman dahili bellek boyutu 80 KB'dır. Analiz edilecek hava örneği ise dakikada 1.2 litre debi ile cihaza çekilmektedir.

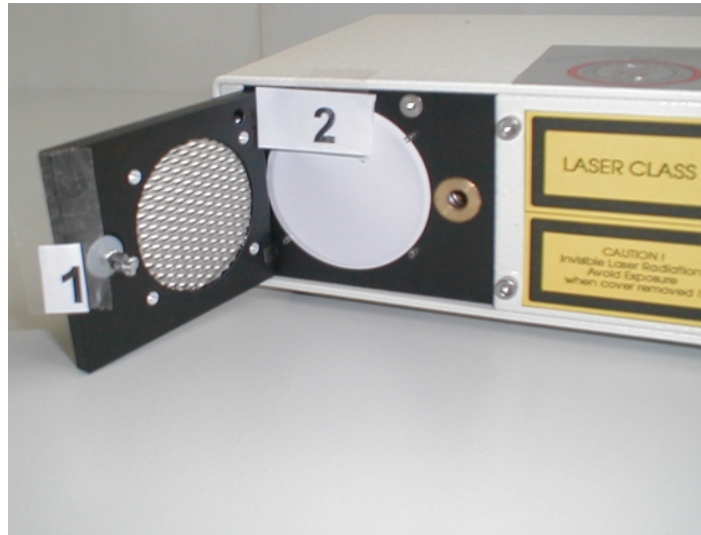
Grimm EDM 107 serisi partikül madde ölçüm cihazı standart olarak 6 saniye ve isteğe bağlı olarak 1 dakika aralıklar ile veri kaydetme seçeneğine sahiptir. Yapılan ölçümler esnasında cihazın 6 saniyede bir kayıt özelliğinden faydalanılmıştır. Cihaz eşzamanlı olarak PM10, PM2.5 ve PM1 konsantrasyonlarını 1 ile 1,500 µg/m<sup>3</sup> arasında tespit edilebilmektedir. Parçacık boyut analiz ölçümleri ise 0.25 ile 32 µm arasındadır. Cihazın parçacık boyut analiz ölçüm modu, tez kapsamında evlerde gerçekleştirilen referans deneyler sırasında kullanılmıştır. Ölçümler cihazın data kartına bağlı olarak günler, haftalar veya aylar bazında veri kaydetme/depolama seçeneğine sahiptir.

Örnekleme çalışmaları esnasında, genellikle ortalama 2-3 hafta periyotlarda kayıtlar kartta depolanmış olup, daha sonra data kartından bilgisayar ortamına aktarımları sağlanmıştır. I. örnekleme dönemi sürecinde, uzun süre data kartında veriler depolanmış olup, teknik sebepten ötürü karttan verilerin eldesi sağlanamamıştır. Bu tip çalışmalarda örnekleme dönemine de bağlı olarak verilerin sıklıkla (mümkünse günlük olarak veriler kontrol edilmeli) data kartından başka bir ortama aktarılması veri kaybına uğranılmaması açısından büyük önem taşımaktadır. Cihazın her bir partikül boyutu analizi veya toz takip işlemleri fabrika ayarı 3 aşamada gerçekleştirilmektedir.



1. Lazer optik ünitesinin kalibrasyonu: lazer optik ünitesinin kalibrasyonu aşamasında uygun partikül maddelerin görebilmesinden emin olmak için ana ünite olarak ilk aşamada lazer optik ünitesi kalibre edilmektedir.
2. Gravimetrik korelasyon doğrulması: Gravimetrik korelasyon analizi geniş bir boyut aralığı ile çok yönlü dağılmış toz ile gerçekleştirilmektedir. Cihaz, geniş bir boyut aralığı ve azalan bir toz konsantrasyonuna olanak sağlayan özel bir toz üretimi bölmesi altına yerleştirilir. Oluşturulan toz, toz izleme ve referans ünitesini beslenmektedir.
3. Son aşamada toz takip sistemi referans birimine göre kalibre edilmektedir.

Şekil 3.10 'da görüldüğü gibi tozların birikimi için EPA standartlarına göre uygulanan 47 mm  $\phi$  filtre kullanıldığı görünmektedir.



**Şekil 3.10. Cihazda Kullanılan Filtre Görünümü [61]**

### **3.6. İstatistiksel Analiz Yöntemleri**

Bu tez çalışması süresince elde edilen tüm ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında Statgraphics Centurion XVI (Versiyon 16.1) bilgisayar paket programı kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Box grafikleri, dağılım özellikleri, ANOVA testi bu program kullanılarak değerlendirilmiştir.

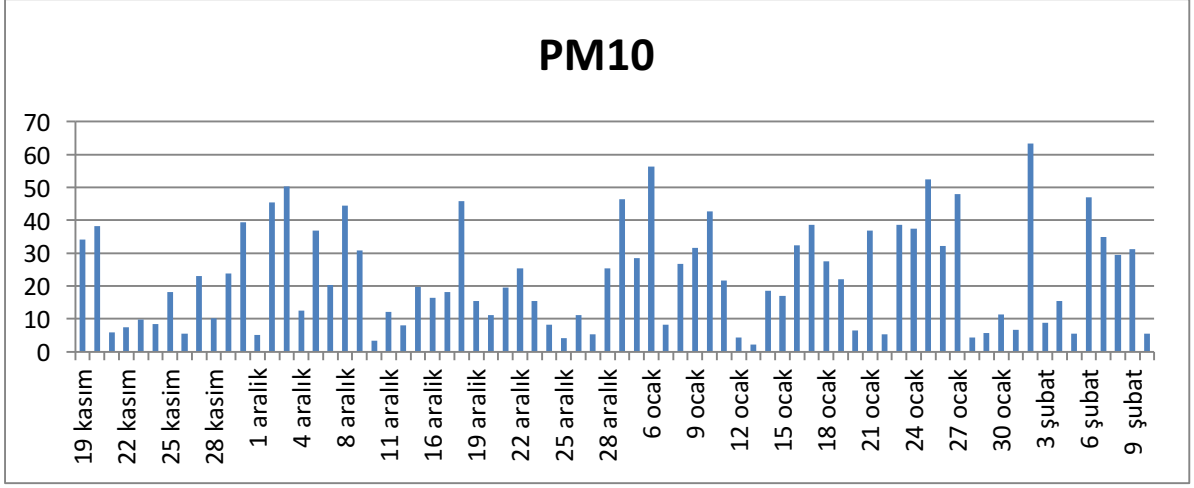
#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ölçüm dönemine ait (19 Kasım 2014–10 Şubat 2015) tüm verilerin dağılımı ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) şeklinde Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de grafiksel olarak gösterilmiştir. Dış ortam partikül madde ölçümleri, Ankara’nın Hacettepe Üniversitesi, Beytepe yerleşkesi, Çevre Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu tarihler arasında toplam 74 gün partikül madde örnekleme gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma her gün saat 14:00-17:00 arasında devam etmiştir. Ölçümler her 5 dakikada bir kez Grimm EDM 107 cihazı aracılığı ile kaydedilmiştir, toplam günlük 36 veri elde edilmiştir..

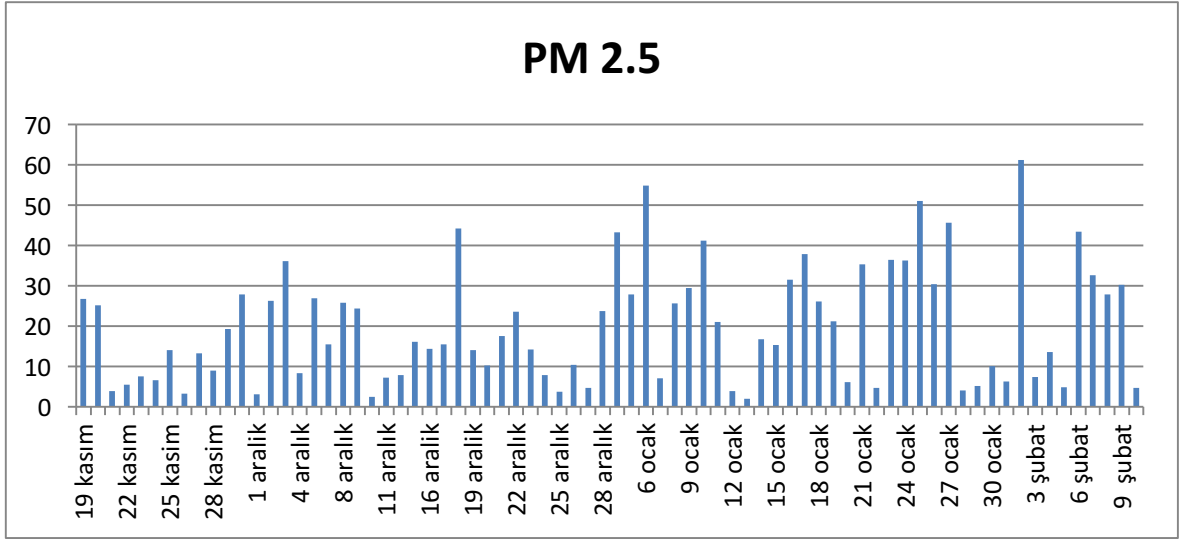
Tüm ölçüm döneminde gerçekleştirilen dış ortam  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  verilerinin aylara göre, veri sayısı, ortalama, medyan, standart sapma, geometrik ortalama, minimum, maksimum değerleri çizelge 4.1 ‘de verilmektedir.

**Çizelge 4.1. Partikül Madde ( $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$ ) ( $\mu g/m^3$ ) İstatistik Değerleri**

$\mu g/m^3$	AYLAR	N	Ort.	Med.	GO	SS	Min.	Max.
PM10	KASIM	12	18.64	16.6	14.74	12.31	5.5	39.4
	ARALIK	26	21.4	17.2	16.41	14.56	3.3	50.2
	OCAK	27	24.57	26.8	17.83	15.89	2.1	56.4
	ŞUBAT	9	26.74	29.5	19.30	18.88	5.4	63.4
PM2.5	KASIM	12	13.5	11.2	10.59	8.77	3.2	27.8
	ARALIK	26	17.21	14.9	13.34	11.42	2.5	44.2
	OCAK	27	23.45	25.7	16.73	15.51	1.9	54.8
	ŞUBAT	9	25.11	27.8	17.63	18.31	4.7	61.3



Şekil 4.1. PM<sub>10</sub> Konsantrasyonu Deney Döneminde Günlere Göre Dağılımı

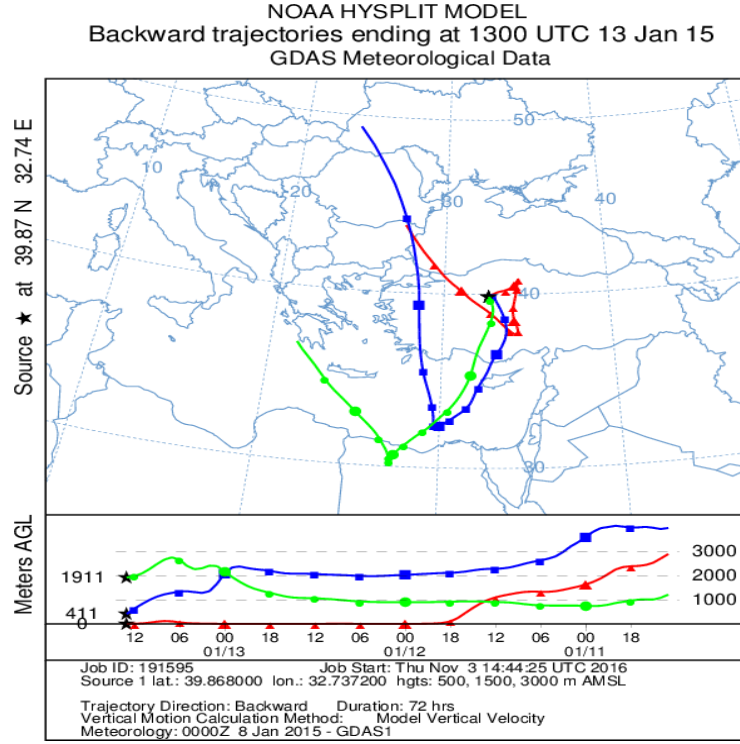


Şekil 4.2. PM<sub>2.5</sub> Konsantrasyonu Deney Döneminde Günlere Göre Dağılımı

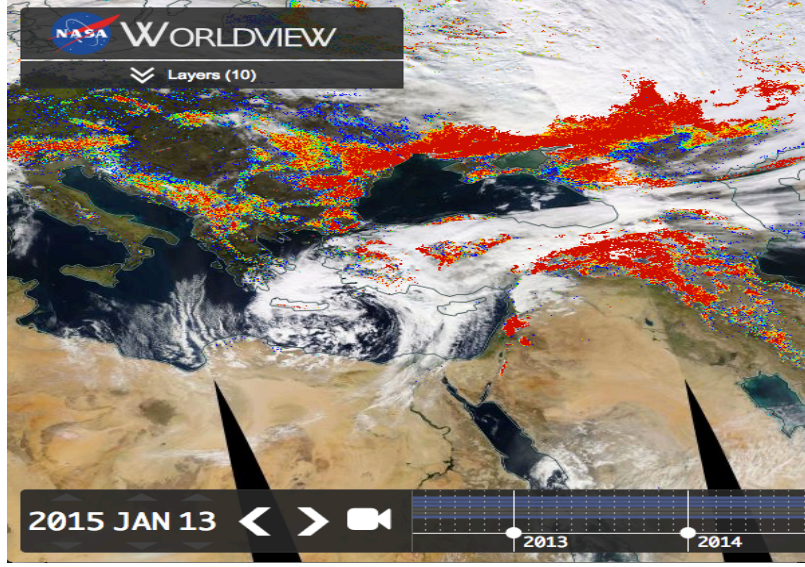
PM değerlerinin  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak verilen grafiklere bakıldığında en yüksek PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarının 1 Şubat 2015 tarihinde  $63.4\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $61.3\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak kaydedildiği gözlenmiştir. En düşük PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon ise 13 Ocak 2015 tarihinde  $2.1$  ve  $1.9\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak kaydedilmiştir.



En düşük PM değerlerinin kaydedildiği 13 Ocak 2015 gününe ait 5 günlük hava kitlesi geri izleme grafiği özellikle yerden 500 (kırmızı hat) ve 1500 (mavi hat) metre yüksekteki havanın kuzeyden geldiğini bir başka deyişle yere yakın hava kütesinin kuzey bölgelerden kaynaklandığını Anadolu üzerinde de siklonik bir döngüden sonra Ankara'ya ulaştığını göstermektedir.(Şekil 4.3)



**Şekil 4.3. 13 Ocak 2015 Günü Ankara'ya Gelen Hava Kütlelerinin Geçen 3 Gün İçerisinde İzlediği Yollar (NOAA)**

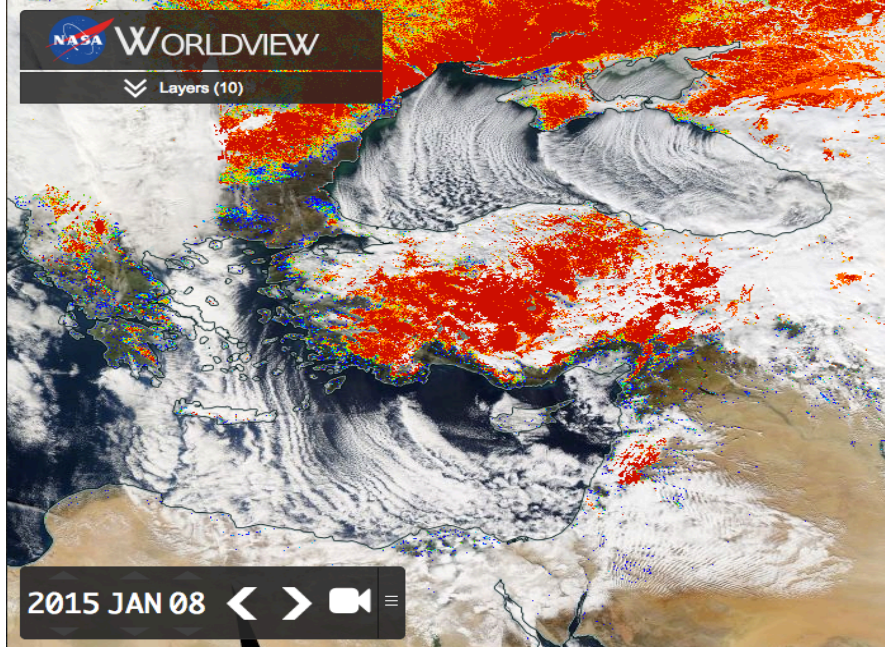


**Şekil 4.4. 13 Ocak Gününe Ait MODIS Uydu Görüntüsüne Göre Sahra'dan Kaynaklanan Bir Hava Kütlesinin Özellikle Güney Bölgelerimizi Etkilediği İzlenmektedir.**

13 Ocak 2015 günü izlenen en düşük PM değerleri beklenen bir durum olmamasına rağmen aletsel olarak izlenmiştir. Ancak tezin ana bakış noktası izlenen PM değerlerinin arkasındaki doğal nedenlerden öte ölçülen PM değerlerinin poyrazmatik ile daha da alt seviyelere çekilip çekilemeyeceğidir.

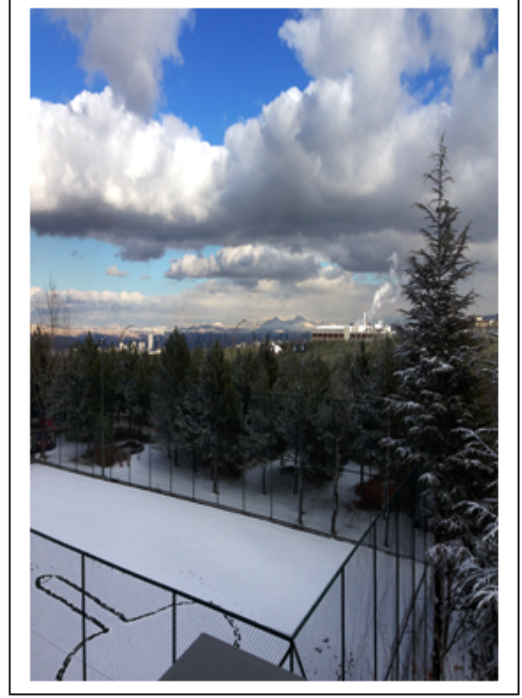
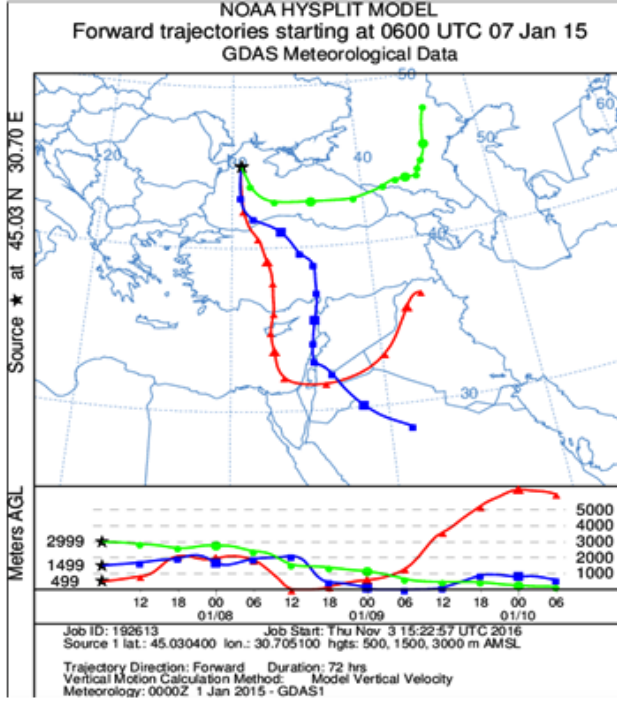
Hava koşullarına göre beklenen en düşük PM değerlerinin özellikle 7/8 Ocak 2015 tarihinde ölçülmesi gerekmekte idi.

7 ve 8 Şubat 2015 gününe ait uydu verilerine bakıldığında tüm Karadeniz ve Ege Denizi ve Akdeniz üzerinde Ukrayna Rusya dan başlayan kuvvetli poyraz rüzgarlarının denizden su buharlaştırması ve atmosferde bulut oluşturması nedeni ile oluşan bulut kümeleri izlenmektedir. Uydu verileri ile görüntülenen bu durum yere yakın atmosferde kuvvetli rüzgarların olduğunun kanıtı olmaktadır.



**Şekil 4.5. 8 Ocak 2015 Tarihine Ait Karadeniz Ege Ve Akdeniz’de İzlenen Kuzeyli Rüzgarlara Bağlı Bulut Oluşumu. Kırmızı ile gösterilen alanlar karla kaplı yerlerdir.**

Aynı güne ait ileri hava izleme tekniği kullanılarak yapılan izlemede örneğin Karadeniz’de Kuzey Batı kıta sahanlığı üzerinde oluşan bir hava kütesinin 72 saat içerisinde kat ettiği mesafe izlenmektedir.



**Şekil 4.6. Ocak 2015 Gününe Ait İleri İzleme Tekniği İle Kuzey Batı Karadeniz'deki Bir Hava Kütlesinin 72 Saat İçerisinde İzlediği Güzergah.**

Tamamen kuzeyden esen rüzgarlar nedeni ile düşük seviyelerde ölçülmesi gereken PM değerlerinin 7 Ocak günü düşük ölçülmesine karşı 8 Ocak günü daha yüksek ölçülmesi ancak soğuk nedeni ile daha fazla yakıt tüketimi ile açıklanabilir. Ancak daha önceden de bahsedildiği üzere bu tezin ana konusu PM değerlerinin neden değiştiği değil ölçülen PM değerlerinin poyrazmatik yöntemi ile nasıl giderildiğidir.

En yüksek PM değerlerinin kaydedildiği 1 Şubat 2015 gününe ait uydu görüntüsü bu değerlerin nedenini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Sahra çölünden kaynaklanan yoğun bir toz kütlesinin uydu görüntüsü partiküler maddenin kaynağını göstermektedir. Bu denli taşınımlar Sahra tozlarının önemini ve bu dönemde yerel kaynakların ne kadar ihmal edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu taşınımlar ayrıca poyrazmatik olarak adlandırılan hava temizleme cihazlarının ne kadar gerekli olduğunun da kanıtı olmaktadır.

#### 4.1. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Örnekleme döneminde elde edilen dış ortam veri seti PM değerlerine göre üç gruba ayrılmıştır. “D” simgesi ile gösterilen grup düşük konsantrasyonlu günler ( $0-10\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), “O” simgesi ile gösterilen grup orta konsantrasyonlu günler ( $10.1-30\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), “Y” simgesi ile gösterilen grup yüksek konsantrasyonlu günleri ( $30.1-60\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) temsil etmektedir.

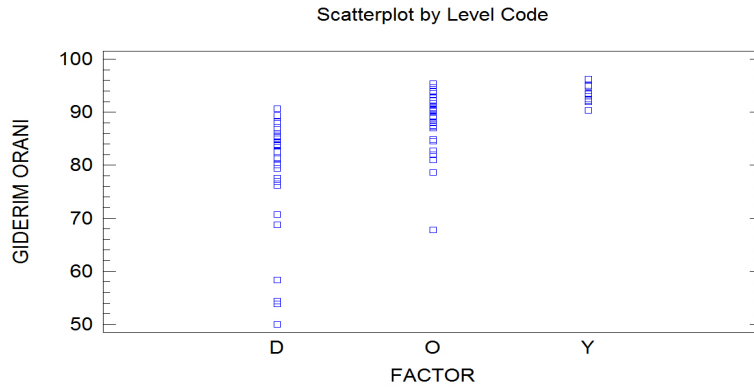
Aşağıdaki diyagram  $\text{PM}_{10}$  verilerine ait olup Y eksenini giderim oranı değerlerini göstermekte olup, X eksenini ayırdığımız düşük, orta, yüksek konsantrasyon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) biriminde günleri göstermektedir. Diyagram çizilmeden önce giderim oranı aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\text{Giderim oranı} = ((C_{110}-C_0)/C_0) * 100$$

$C_0$  = Başlangıç konsantrasyonu

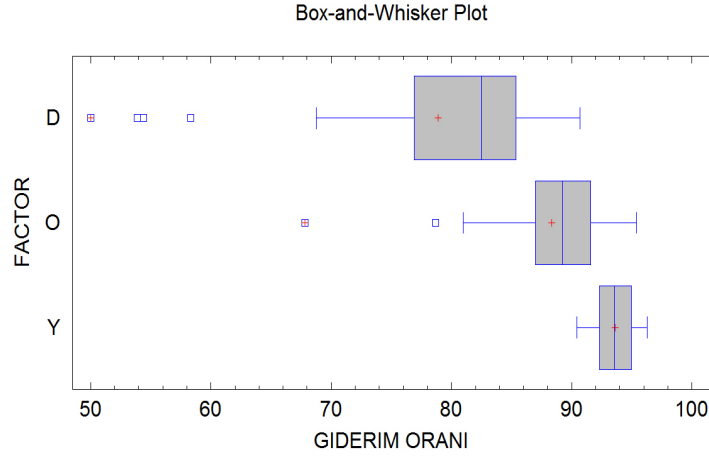
$C_{110}$  = 110’uncu dakikadaki konsantrasyon

Bu diyagrama bakıldığında düşük konsantrasyonlu grupla yüksek konsantrasyonlu grubu karşılaştırdığımızda, “D” grubunun poyrazmatik ile ortalama giderim oranı %79 hesaplanırken, “Y” grubu ortalama giderim oranı %94 olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.7.  $\text{PM}_{10}$  için Gruplar Arasında ANOVA Testinin Sonucunu Gösteren Scatterplot Diyagramı**

Yukarıda bahsi geçen gruplar arasındaki Box-Whisker diyagramı şekil 4.6’da verilmektedir. D grubu ile Y grubunu karşılaştırdığımızda D grubu giderim oranı %50 ile %90 arasında değişirken, Y grubu giderim oranı %90 ile %98 arasında değişmektedir. Yani poyrazmatik cihazı Y grubu üzerinde (yüksek partiküler madde konsantrasyonlu günler) D grubuna göreceli olarak daha verimli çalışmaktadır.



**Şekil 4.8. PM<sub>10</sub> Gruplar Arasında Box – And – Whisker Diyagramı**

**Çizelge 4.2. ANOVA Testinin Sonuçları**

Faktör	Veri Sayısı	Ortalama	P değeri
D	31	78.88	0.0000
O	31	88.33	
Y	12	93.62	

Çizelge 4.2 'e baktığımızda D grubunun ortalama giderim oranı %78.88, O grubunun giderim oranı %88.33 ve Y grubunun giderim oranı %93.62 olarak hesaplandığı görülmektedir.

P değeri 0.05'den az olduğu için gruplar arasında giderim oranı ortalamalar arasında en az bir grupla diğer gruplar arasında belirgin farklılık olduğu anlaşılmaktadır. Hangi gruplar arasında belirgin istatistiksel fark olduğu tespit edilmek amacıyla multiple range testin uygulaması gerekmektedir.



**Çizelge 4.3. PM<sub>10</sub> Gruplar Arasında Belirgin İstatistiksel Fark Olup Olmadığını Gösteren Tablo**

Gruplar	Belirgin İst. Frak	Ortalamalar Arasındaki Fark
D - O	VAR	-9.44
D - Y	VAR	-14.73
O - Y	YOK	-5.28

Çizelge 4.3' de ise grupların ortalama giderim oranlarının arasında belirgin istatistiksel fark olduğunu göstermektedir. Bu tabloya göre D ile O grubu arasında %9.44, D ile Y grubu arasında %14.73 belirgin istatistiksel fark olduğu ortaya konmuştur. Fakat O ile Y grubu giderim oranı ortalaması arasında %5.28 fark olduğu için, belirgin istatistiksel fark olmadığını söylemek mümkündür.

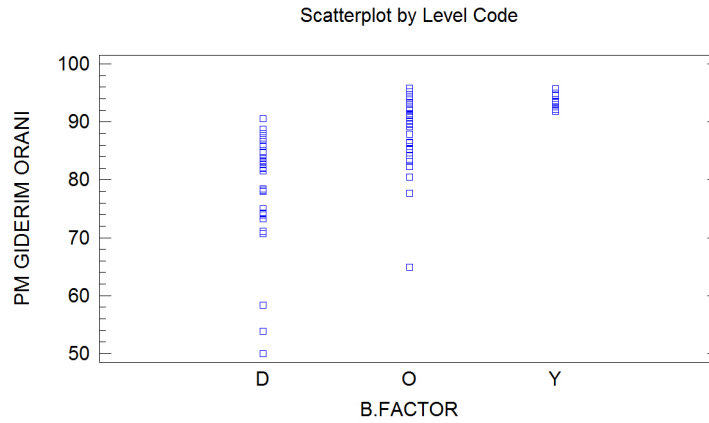
PM<sub>10</sub> veri setinin üç grup oluşturulduğu gibi PM<sub>2.5</sub> verileri için aynı şekilde düşük (D), orta (O), yüksek (Y) konsantrasyon grupları oluşturulmaktadır. Aşağıdaki diyagramda Y eksenini giderim oranı değerlerini göstermekte olup X eksenini oluşturulan grupları (µg/m<sup>3</sup>) biriminde grupları göstermektedir. Diyagram çizilmeden önce giderim oranı aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\text{Giderim oranı} = ((C_{110}-C_0)/C_0) * 100$$

C<sub>0</sub> = Başlangıç konsantrasyonu

C<sub>110</sub> = 110'uncu dakikadaki konsantrasyon

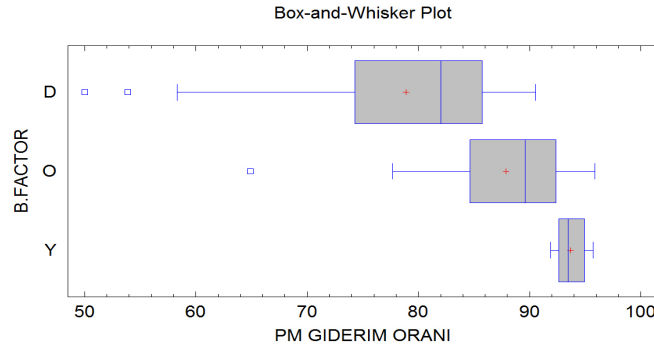
Bu diyagrama göre düşük konsantrasyonlu grupla yüksek konsantrasyonlu gruplarını karşılaştırdığımızda D grubu ortalama giderim oranı %78.88 hesaplanırken Y grubu ortalama giderim oranı %93.68 olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.9. PM<sub>2.5</sub> İçin Gruplar Arasında ANOVA Testinin Sonucunu Gösteren Scatterplot Diyagramı**

Yukarıda bahsi geçen gruplar arasındaki Box-Whisker diyagramı şekil 4.8'de Verilmektedir. D grubu ile Y grubunu karşılaştırdığımızda D grubu giderim oranı %50 ile %90 arasında değişirken, Y grubu giderim oranı %90 ile %98 arasında değişmektedir. Yani PM<sub>10</sub> veri setinden de görüldüğü gibi poyrazmatik cihazı Y grubu üzerinde D grubuna göreceli olarak daha verimli çalışmaktadır.





Şekil 4.10. PM<sub>2.5</sub> Gruplar Arasında Box – And – Whisker Diyagramı

Çizelge 4.4. ANOVA Testinin Sonuçları

Faktör	Veri Sayısı	Ortalama	P değeri
D	33	78.88	0.0000
O	31	87.86	
Y	10	93.68	

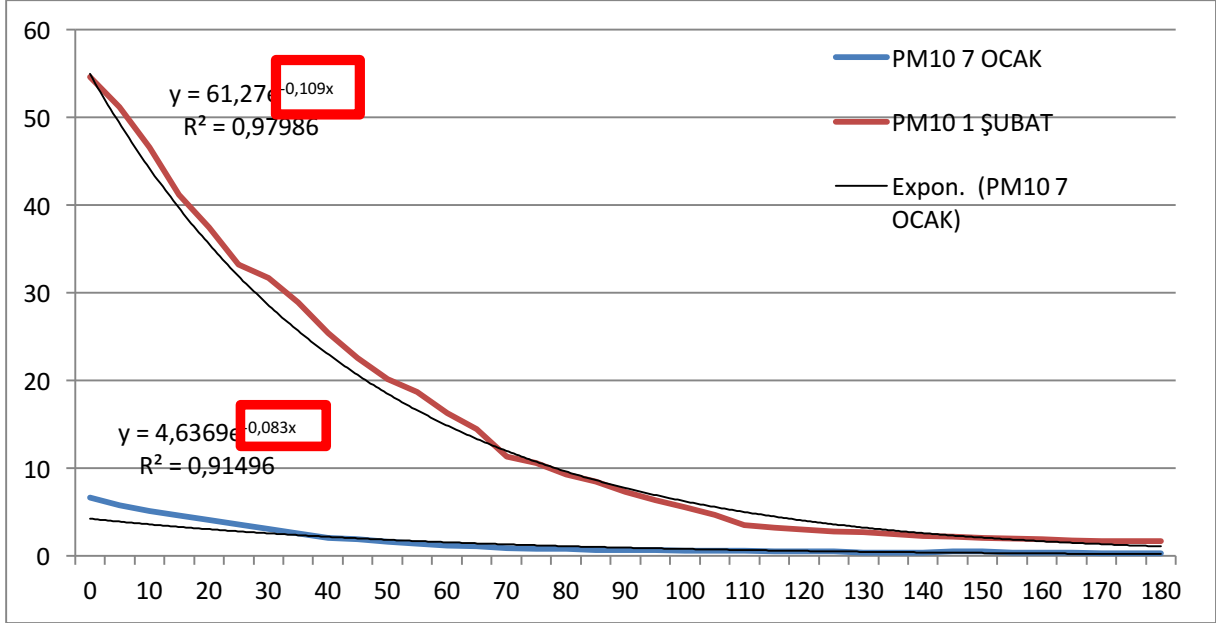
Çizelge 4.4 'e baktığımızda D grubunun ortalama giderim oranı %78.88, O grubunun giderim oranı %87.86 ve Y grubunun giderim oranı %93.68 olarak hesaplandığı görülmektedir.

P değeri 0.05'den az olduğu için gruplar arasında giderim oranı ortalamalar arasında en az bir grupla diğer gruplar arasında belirgin farklılık olduğu anlaşılmaktadır. Hangi gruplar arasında belirgin istatistiksel fark olduğu tespit edilmek amacıyla multiple range testin uygulaması gerekmektedir.

Çizelge 4.5. PM<sub>2.5</sub> Gruplar Arasında Belirgin İstatistiksel Fark Olup Olmadığını Gösteren Tablo

Gruplar	Belirgin İst. Frak	Ortalamalar Arasındaki Fark
D - O	VAR	-8.97
D - Y	VAR	-14.80
O - Y	YOK	-5.82

Çizelge 4.5’ de ise grupların ortalama giderim oranlarının arasında belirgin istatistiksel fark olduğunu göstermektedir. Bu tabloya göre D ile O grubu arasında %8.97, D ile Y grubu arasında %14.80 belirgin istatistiksel fark olduğu ortaya konmuştur. Fakat O ile Y grubu giderim oranı ortalaması arasında %5.82 fark olduğu için belirgin istatistiksel fark olmadığını söylemek mümkündür.



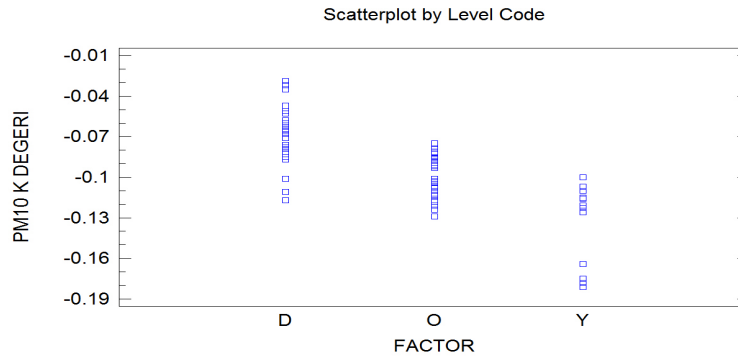
**Şekil 4.11. 7 Ocak 2015 ve 1 Şubat 2015 PM<sub>10</sub> İçin Azalma Diyagramı ve K Değeri**

10 Kasım 2014 – 10 Şubat 2015 tarihleri arası örnekleme döneminde günlük 36 ölçüm alınmıştır ve bu ölçümler için günlük X–Y grafiği çizilmiştir. Bu grafikten her gün için PM<sub>10</sub>– PM<sub>2.5</sub>, K değeri ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır ( $y = a \cdot e^{kx}$ ). Yukarıdaki şekil 4.8 ‘da 1 Şubat 2015 ve 7 Ocak 2015 günleri PM<sub>10</sub> veri seti için K değeri görülmektedir.

Bu grafikler azalma hızını gösterdiği için 1/dakika biriminde olan K değeri eksi (-) çıkmaktadır. Eksi işareti göz önüne almadan azalma katsayısı (K değeri) rakamsal olarak ne kadar büyükse, partikül madde seviyesinin o kadar hızlı sifıra yaklaştığını göstermektedir.

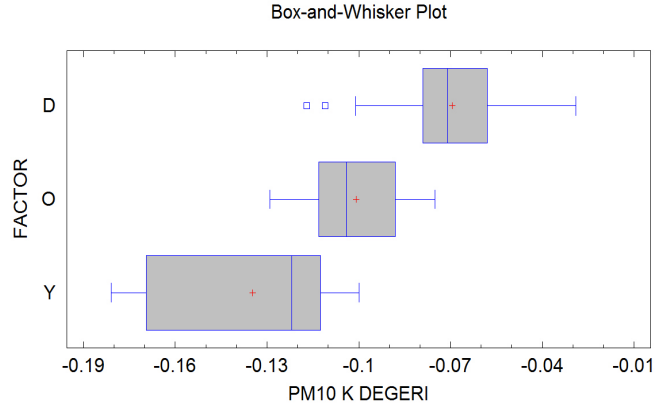
Bahsi geçen azalma katsayısı (K değerleri) arasında, D – O – Y grupları için ANOVA testi uygulanmıştır.

Şekil 4.12'e baktığımızda D grubu ortalama K değeri, Y grubu ortalama K değerine göre rakamsal olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Bu diyagrama baktığımızda düşük konsantrasyonlu yüksek konsantrasyonlu grubu karşılaştırdığımızda D grubu ortalama K değeri  $-0.069516$  hesaplanırken, Y grubu ortalama K değeri  $-0.134667$  olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.12. Gruplar Arasında K Değeri İçin Uygulanan ANOVA Testinin Sonucunu Gösteren Scatterplot Diyagramı**

Şekil 4.13 'da gruplar arasında box-and-whisker diyagramı görülmektedir. Bu diyagrama göre D grubu K değeri, -0.03 ile -0.1 arasında değişirken Y grubu K değeri,  $-0.1$  ile  $0.18$  arasında değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda yüksek konsantrasyonlu günlerde K değerinin (partikül madde azalma hızı) düşük konsantrasyonlu günlere göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Böylece partiküler madde yüklü havada poyrazmatik cihazı olan odada partikül madde seviyesi daha hızlı azalmaktadır.



**Şekil 4.13. Gruplar Arasında Box – And – Whisker Diyagramı**

**Çizelge 4.6. ANOVA Testinin Sonuçları**

Faktör	Veri Sayısı	Ortalama	P değeri
Y	33	-0.134667	0.0000
O	31	-0.100871	
D	10	-0.069516	

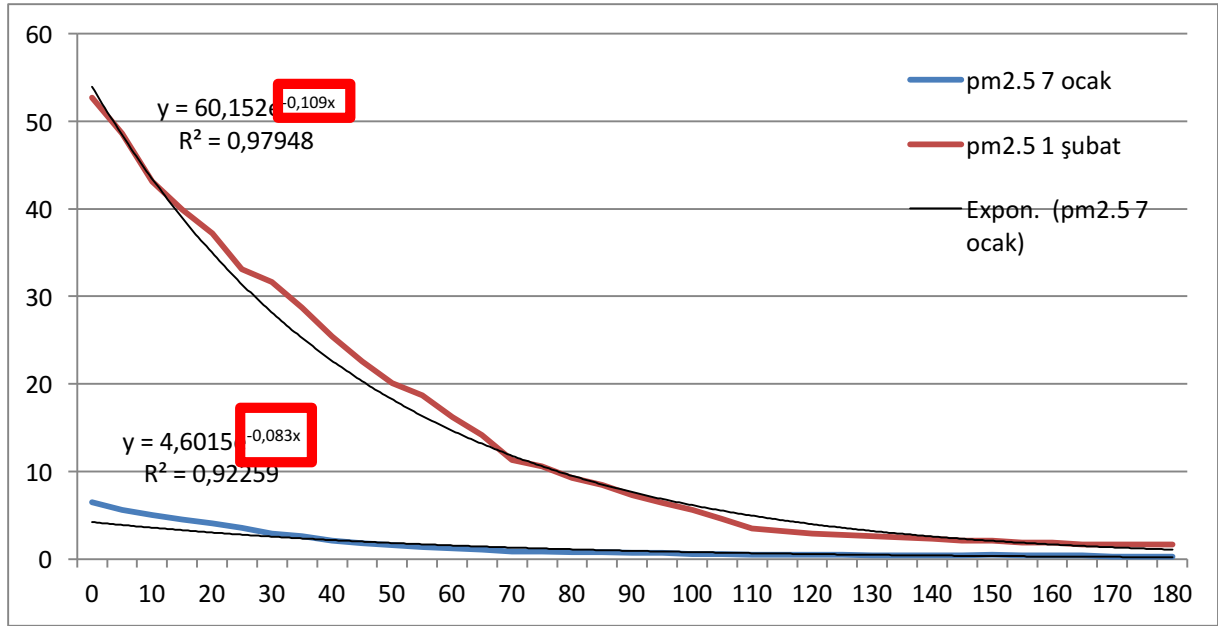
Çizelge 4.8 'e baktığımızda Y grubu ortalama K değeri  $-0.134667$ , O grubu ortalama K değeri  $-0.100871$ , D grubu ortalama K değeri  $-0.069516$  olarak hesaplandığı görülmektedir.

P değeri  $0.05$ 'den az olduğu için gruplar arasında giderim oranı ortalamalar arasında en az bir grupla diğer gruplar arasında belirgin istatistiksel fark olduğu anlaşılmaktadır. Hangi gruplar arasında belirgin istatistiksel fark olduğu tespit edilmek amacıyla multiple range testin uygulaması gerekmektedir.

**Çizelge 4.7.  $PM_{10}$  Gruplar Arasında Belirgin İstatistiksel Fark Olup Olmadığını Gösteren Tablo**

Gruplar	Belirgin İst. Frak	Ortalamalar Arasındaki Fark
D - O	VAR	0.031354
D - Y	VAR	0.065150
O - Y	VAR	0.033795

Çizelge 4.8 'de ise her üç grup ortalama K değeri arasında belirgin istatistiksel fark olduğu tespit edilmiştir. D ile O grubu arasında ortalama K değeri farkı 0.031354, D ile Y grubu arasında ortalama K değeri farkı 0.065150 ve O ile Y grubu arasında ortalama K değeri farkı 0.033795 olarak hesaplanmıştır.



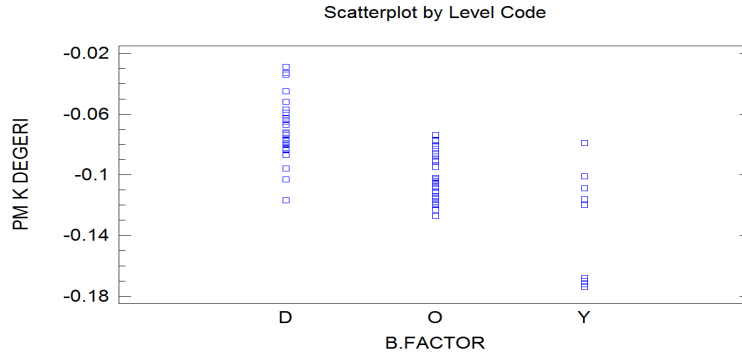
**Şekil 4.14. 7 Ocak 2015 ve 1 Şubat 2015 PM<sub>2,5</sub> İçin Azalma Diyagramı ve K Değeri**

10 Kasım 2014 – 10 Şubat 2015 tarihleri arası örnekleme döneminde günlük 36 ölçüm alınmıştır ve bu ölçümler için günlük X – Y grafiği çizilmiştir. bu grafikten her gün için PM<sub>2,5</sub> veri seti için çizilmiştir ve K değeri hesaplanmıştır ( $y = a \cdot e^{kx}$ ). Şekil 4.14 ‘da 1 Şubat 2015 ve 7 Ocak 2015 günleri PM<sub>2,5</sub> verileri için K değeri görülmektedir.

Bu grafikler azalma hızını gösterdiği için 1/dakika biriminde olan K değeri eksi (-) çıkmaktadır ve bu değer birimi. Eksi işareti göz önüne almadan azalma katsayısı (K değeri) rakamsal olarak ne kadar büyükse, partikül madde seviyesinin o kadar hızlı sifıra yaklaştığını göstermektedir.

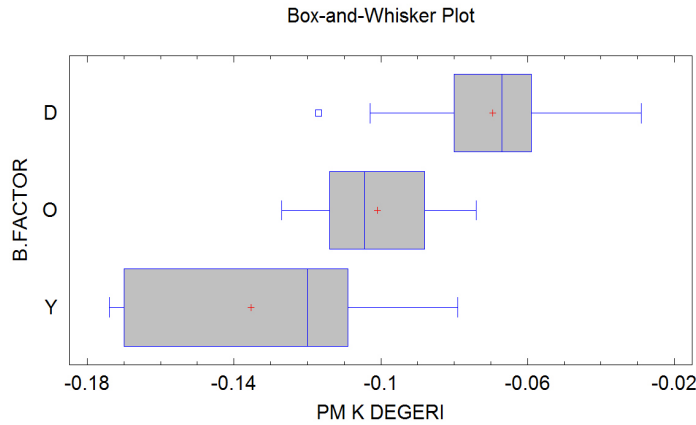
Bahsi geçen azalma katsayısı (K değerleri) arasında, D – O – Y grupları için ANOVA testi uygulanmıştır.

Şekil 4.15’e baktığımızda D grubu ortalama K değeri, Y grubu ortalama K değerine göre rakamsal olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Bu diyagrama baktığımızda düşük konsantrasyonlu yüksek konsantrasyonlu grubu karşılaştırdığımızda D grubu ortalama K değeri  $-0.069454$  hesaplanırken, Y grubu ortalama K değeri  $-0.135273$  olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.15. PM<sub>2.5</sub> Gruplar Arasında K Değeri İçin Uygulanan ANOVA Testinin Sonucunu Gösteren Scatterplot Diyagramı**

Şekil 4.16’da gruplar arasında box-and-whisker diyagramı görülmektedir. Bu diyagrama göre D grubu K değeri -0.03 ile -0.1 arasında değişirken Y grubu K değeri -0.1 ile -0.18 arasında değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda yüksek konsantrasyonlu günlerde K değerinin (partikül madde azalma hızı) düşük konsantrasyonlu günlere göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Böylece kirli havada poyrazmatik cihazı olan odada partikül madde seviyesi daha hızlı azalmaktadır.



**Şekil 4.16. PM<sub>2.5</sub> Gruplar Arasında Box–And–Whisker Diyagramı**

**Çizelge 4.8. ANOVA Testinin Sonuçları**

Faktör	Veri Sayısı	Ortalama	P değeri
Y	11	-0.135273	0.0000
O	30	-0.101000	
D	33	-0.069454	

Çizelge 4.11'e baktığımızda Y grubu ortalama K değeri -0.135273, O grubu ortalama K değeri -0.101000, D grubu ortalama K değeri -0.069454 olarak hesaplandığı görülmektedir.

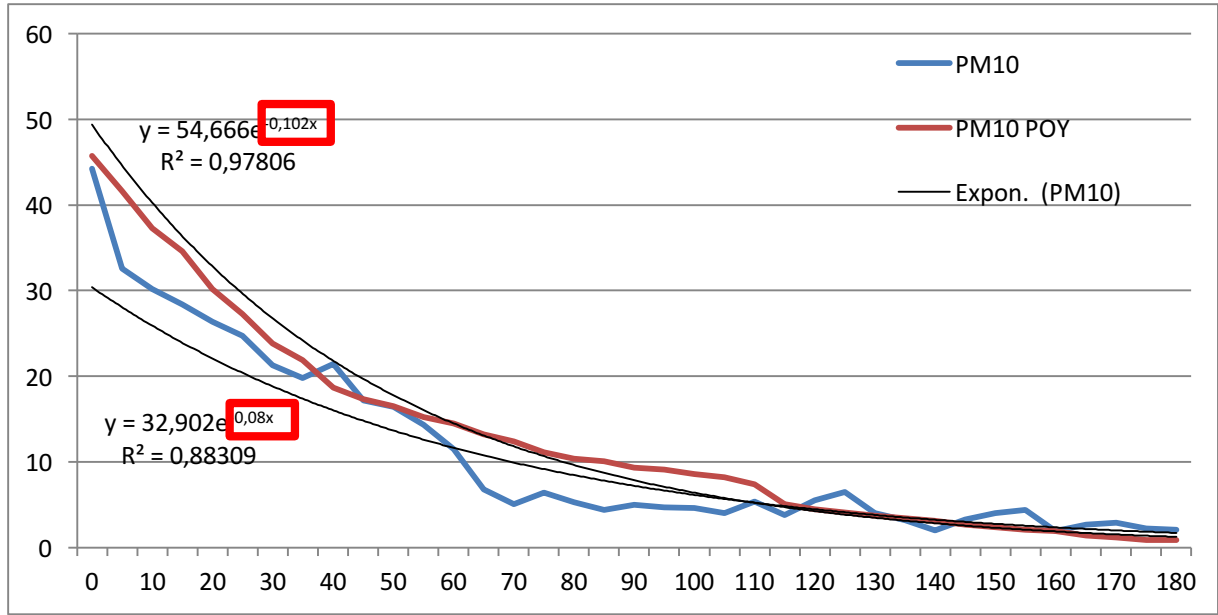
P değeri 0.05'den az olduğu için gruplar arasında giderim oranı ortalamalar arasında en az bir grupla diğer gruplar arasında belirgin farklılık olduğu anlaşılmaktadır. Hangi gruplar arasında belirgin istatistiksel fark olduğu tespit edilmek amacıyla multiple range testin uygulaması gerekmektedir.

**Çizelge 4.9. PM 2.5 Gruplar Arasında Belirgin İstatistiksel Fark Olup Olmadığını Gösteren Tablo**

Gruplar	Belirgin İst. Frak	Ortalamalar Arasındaki Fark
D - O	VAR	0.031545
D - Y	VAR	0.065818
O - Y	VAR	0.034272

Çizelge 4.9'da ise her üç grup ortalama K değeri arasında belirgin istatistiksel fark olduğu tespit edilmiştir. D ile O grubu arasında ortalama K değeri farkı 0.031545, D ile Y grubu arasında ortalama K değeri farkı 0.065818 ve O ile Y grubu arasında ortalama K değeri farkı 0.034272 olarak hesaplanmıştır.



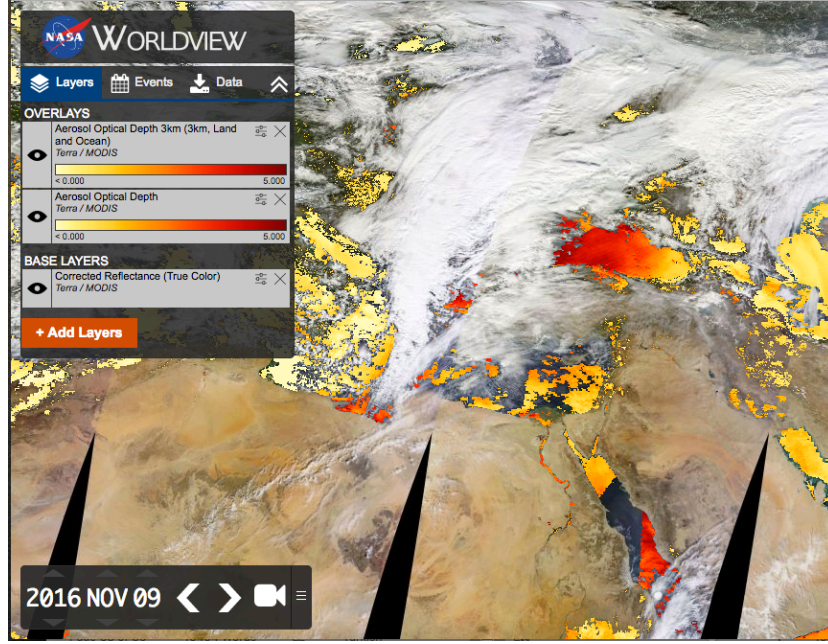


**Şekil 4.17. Cam Odasında Poyrazmatik Çalıştığında ( Mavi Çizgi), Poyrazmatik Çalışmadığında ( Kırmızı Çizgi ) Partikül Madde Azalma Diyagramı**

Bu değerlere baktığımızda poyrazmatik partikül maddenin daha hızlı bir şekilde azalmasının sağlanmasını ifade etmektedir ( $K = -0.102$ ). Bir odada hareket olmazsa partikül madde kendi ağırlığından dolayı çökmektedir ( $K = -0.08$ ). Odada hareket olduğu zaman tekrar bu partikül maddeler havaya karışıp ortamda olan kişileri rahatsız etmektedir fakat poyrazmatik yukarıda bahsedilen partikül maddeleri suda hapis ettiği için bir daha bu partikül maddelerin havaya karışmasına izin vermemektedir. Ayrıca Adeleh Rashidi'nin çalışmalarına göre partikül maddelerin karıştığı suyu doğal gübre olarak kullanmak imkanı sağlanmaktadır.

## 5. SON DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Dış hava kalitesinin metropoller üzerinde görüntü olarak kirlenmesi doğal olarak şehir ile ilgili her türlü faaliyet ile ilişkilendirilmektedir. Güneşin doğuşu ile birlikte havanın daha sarımsı görünmesi ise yine doğal olarak NO<sub>x</sub> gazları ile ilişkilendirilmektedir. Bu tezin en son derlenmesi aşamasında 7-8-9 Kasım 2016 tarihlerinde meydana gelen yoğun toz taşınımı da Sahra çöl tozlarının Anadolu üzerinde ne derece etkili olabildiğinin en güzel göstergesi olmuştur.



**Şekil 5.1. 9 Kasım 2016 tarihli MODIS/Terra uydu görüntüsü. Görüntüdeki Sahra kıyılarından Karadeniz’de Rusya kıyılarına kadar izlenen kırmızı renkler Sahra tozlarıdır.**

Toz taşınımı olan günlerde atmosferde bulunan ve tüm Anadolu’yu ve Karadeniz’i kaplayan bir ortamda yerel hiçbir kaynağın etkisinden bahsetmek neredeyse imkansızdır. En son meydana gelen toz taşınımının boyutları Şekil 5.1’de gösterilen uydu verisinden de izlenmektedir. Ankara genelinde belirli bölgelerde yoğunlaşan sanayi bölgelerinin tamamından her türlü emisyonun atmosfere kontrolsüz bir şekilde verildiğini varsaysak dahi bunun izlerini gelen tozların kapladığı alan ve boyutlar ile karşılaştırdığımızda yerel kaynakların ne derece etkisiz olduğu izlenebilir. Dolayısıyla ile dış ortam hava kalitesini durağan hava koşulları haricinde etkileyen en önemli faktör uzun mesafeli taşınımlar olmaktadır.

Doğal tozlar ile yerel kaynakların karşılaştırılması Irak/Musul operasyonları sırasında yakılan bir kükürt fabrikası ile daha da fark edilebilir duruma gelmiştir. Musul yakınlarında Ağustos 2016’dan bu yana devam eden rafineri/petrol kuyusu yangınlarından çıkan siyah dumanlar

yöredeki etken rüzgarlar ile taşınmakta ve siyah dumanlar yarattıkları kontrast ile fark edilebilmekte idi.



**Şekil 5.2. 5 Ekim 2016 Tarihli Kuzey Irak Görüntüsünde Yanan Qayyarah Petrol Rafinerisi Deposu Dumanlarının Güney Doğu İstikametindeki Dağılımları İzlenmektedir.**

Şekil 5.2' de verilen bu görüntüde Qayyarah petrol yangını dumanlarının hakim rüzgarlar ile güney doğu istikametinde yayılışları en az 200 km boyunca izlenmektedir.

Bu olay süregelirken bu dumanlara ilave olarak yangın yerinin hemen kuzeyinde kasten yakılan kükürt fabrikası depolarından yangın sonucu oluşan  $SO_2/SO_4$  dumanları 20 Ekim 2016 tarihinde atmosfere karışmıştır. 21 Ekim 2016 tarihli uydu görüntüsünde net bir şekilde belirginleşen  $SO_2/SO_4$  dumanları atmosferde uydu verileri ile izlenir hale gelmiştir.



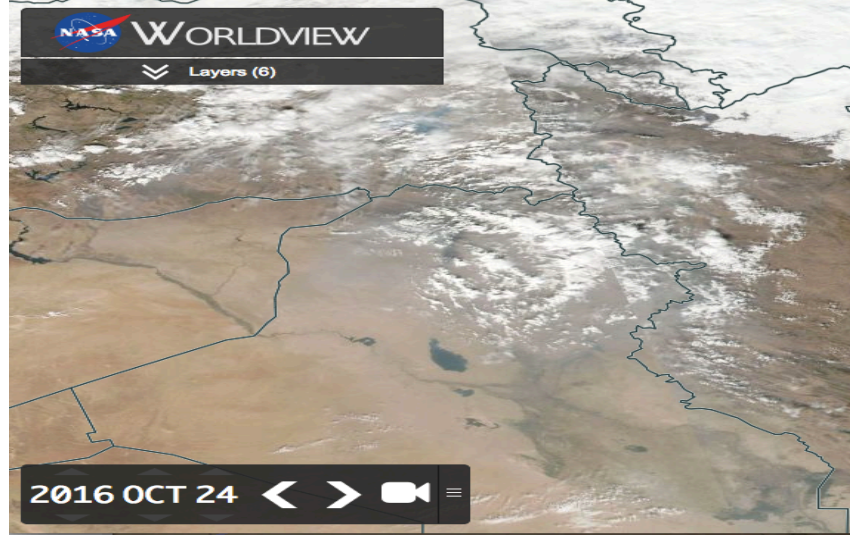
**Şekil 5.3. 21 Ekim 2016 Tarihli Kuzey Irak Kükürt Yangını Ve Atmosfere SO<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub> Çıkışı.**

21 Ekim tarihinde yangının ulaştığı boyutlar atmosfere karışan SO<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub> dumanları ile ne kadar etkili olduğu izlenmiştir.

Yangın sonucu oluşan SO<sub>2</sub> parçacıklarının troposferdeki yaşam süresi 2-3 gün kadardır ve eğer nem var ise SO<sub>2</sub> atmosferde izlenebilir hali olan SO<sub>4</sub>'e dönüşmektedir. Hem yangın sonucu oluşan hem de atmosferde SO<sub>2</sub>'nin oksitlenmesi sonucu oluşan SO<sub>4</sub> ise nem çekme özelliği ile bulut oluşturmaktadır. Ancak bu bulutlar asidik karakterlidir ve doğa için zararlıdır.

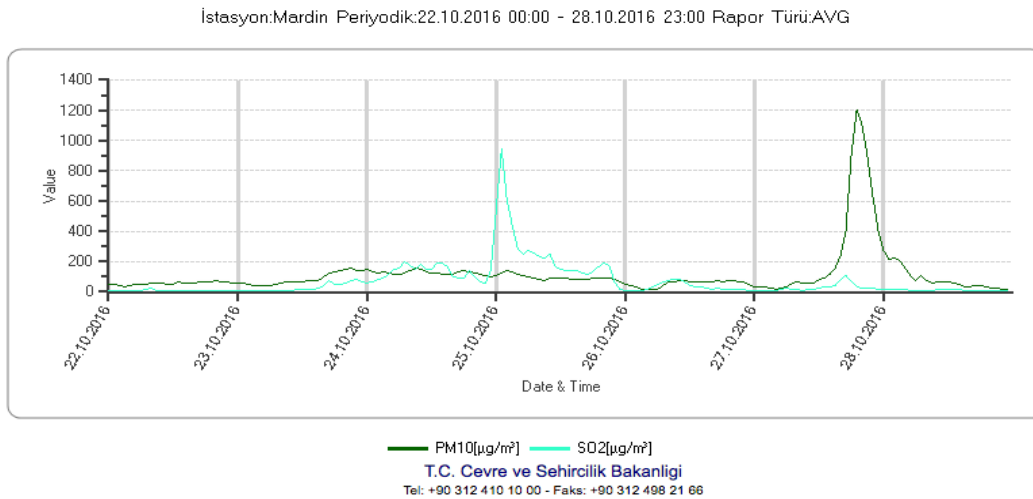
23-24 Ekim 2016 günü yangının devam etmesi ve havada da bulutların oluşması ve oluşan bu havanın da kuzeye doğru hareket ile Anadolu'ya taşınması izlenmiştir.

SO<sub>2</sub> dumanlarının oksidasyonu sonucunda SO<sub>4</sub> oluşumu ve buna bağlı bulut oluşumu 24 Ekim 2016 tarihli (Şekil 5.4) uydu verisinden net bir şekilde izlenebilmektedir.



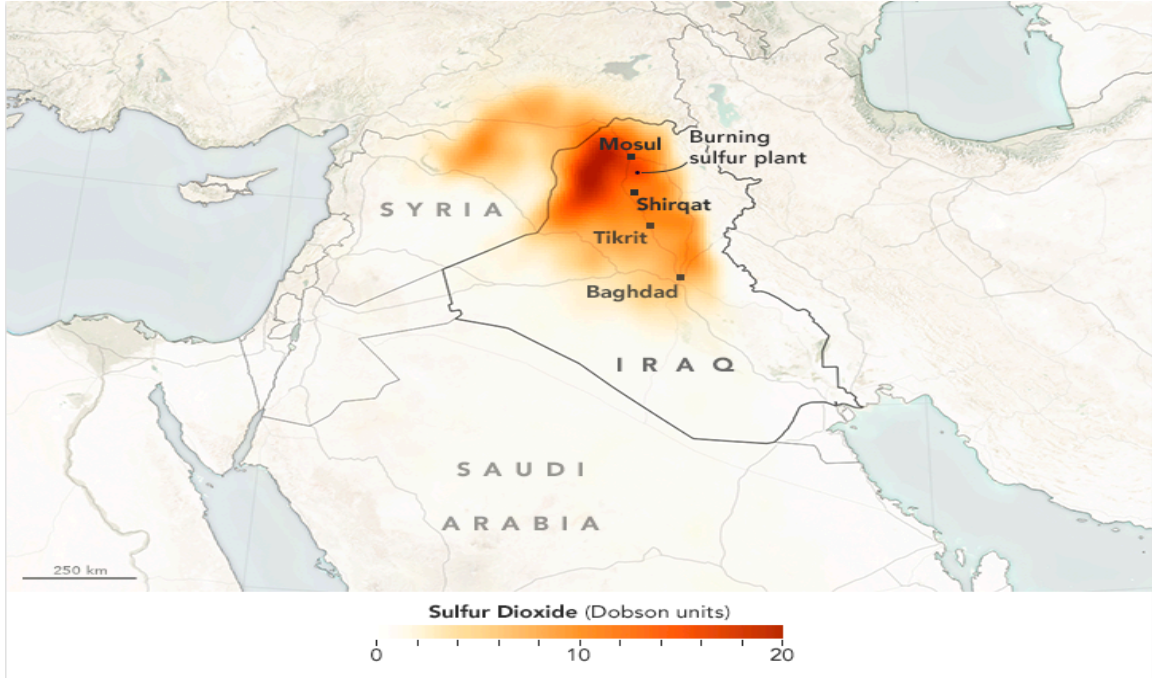
**Şekil 5.4. 24 Ekim 2016 Tarihli MODIS Görüntüsünden İzlenen SO<sub>4</sub> Yüklü Bulutlar**

Hava koşullarına bağlı olarak oluşan asidik bulutlar ve SO<sub>2</sub> dumanı Güney Doğu Anadolu'ya ulaşmış ve burada yaşayanları etkilemiştir. Bunun en kesin kanıtı Şekil 5-5'te verilen Mardin Ulusal Hava Kalitesi İzleme İstasyonu verilerinden görülmektedir. 24 Ekim gece yarısına doğru aniden yükselen SO<sub>2</sub> değerleri 25 Ekim 2016 gününün ilk saatlerinde de etkisini göstermiş daha sonra hava hareketlerine bağlı olarak azalmıştır. SO<sub>2</sub> ve SO<sub>4</sub> dağılımı NOAA uydu verileri ile de saptanmış ve yayıldığı alan Şekil 5.6' de gösterildiği gibi şu şekilde belirlenmiştir.



**Şekil 5.5. 22-28 Ekim 2016 Aralığı Mardin Hava Kalitesi İzleme İstasyonu PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> verileri**





**Şekil 5.6. 24 Ekim 2016 Tarihli Uydu Verisinden Elde Edilen Veriler İle Oluşturulan SO<sub>2</sub> Dağılımı**

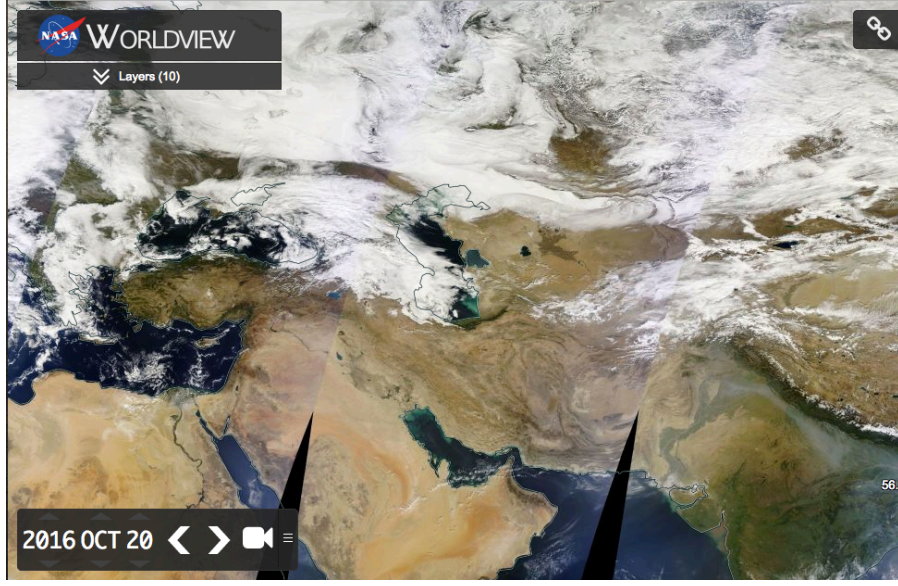
( KAYNAK: NASA Earth Observatory images by Joshua Stevens, using data provided courtesy of the Aura OMI science team and MODIS data from [LANCE/EOSDIS Rapid Response](#). Caption by Adam Voiland)

Şekil 5.6'dan da görüleceği gibi SO<sub>2</sub> dumanlarının hava koşulları ile Anadolu'ya taşınması sonucunda 24 gece yarısı ve 25 Ekim ilk saatlerinde Mardin atmosferinde saatlik ortalama değerleri 1000 µg/m<sup>3</sup> seviyesine yaklaşmıştır.

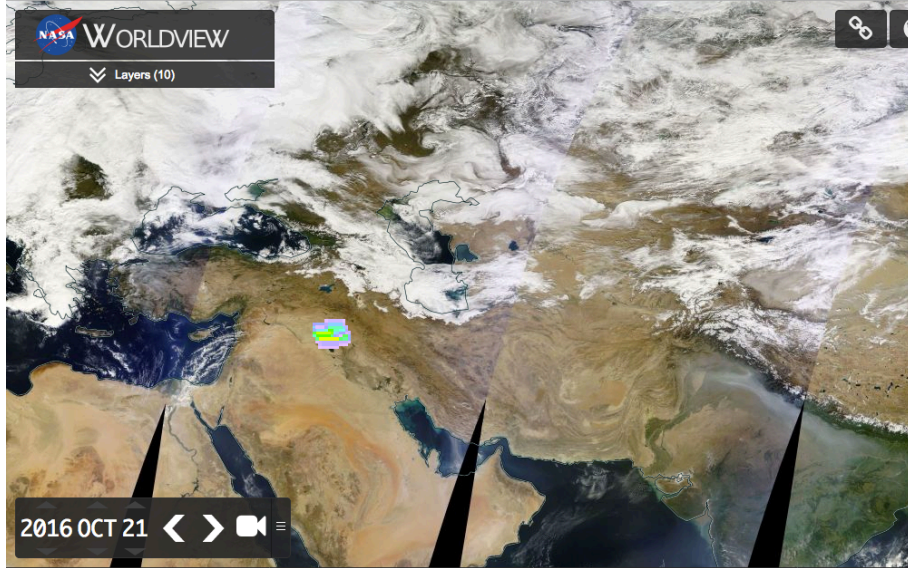
MODIS uyduları atmosferdeki SO<sub>2</sub> değişimlerini de algılayabilmektedir. Bu nedenle meydana gelen bu olumsuz hadise sonrası kaydedilen veriler SO<sub>2</sub> dumanlarının dağılımını net bir şekilde göstermektedir. Bu talihsiz olay sonrasında alttaki uydu verileri ile SO<sub>2</sub> dumanlarının dağılımı izlenmiştir.

20 Ekim 2016 tarihinde (Şekil 5.7) Musul ve çevresinde kaydedilen herhangi bir SO<sub>2</sub> izi yokken, 21 Ekim 2016 da (Şekil 5.8) ilk belirtileri uydu tarafından kaydedilen veriler yerdeki fabrika yangını sonucunda atmosfere çıkan SO<sub>2</sub> dumanlarını tespit etmiştir.

İlerleyen günlerde bu dumanlar yerel bir olay olmaktan öteye taşınmış ve önce Anadolu'ya (23-26 Ekim 2016) (Şekil 5.9-5.13) ve daha sonra sınırlarımızı da aşarak Hazar Denizi'ne oradan da Özbekistan Afganistan Pakistan ve Hindistan'a kadar etkili olmuştur (Şekil 5.13-14). Yangının sönmesi ile 28 ve 29 Ekim tarihlerinde atmosferdeki SO<sub>2</sub> izleri yeniden normale dönmüştür (Şekil 5.15-5.16).

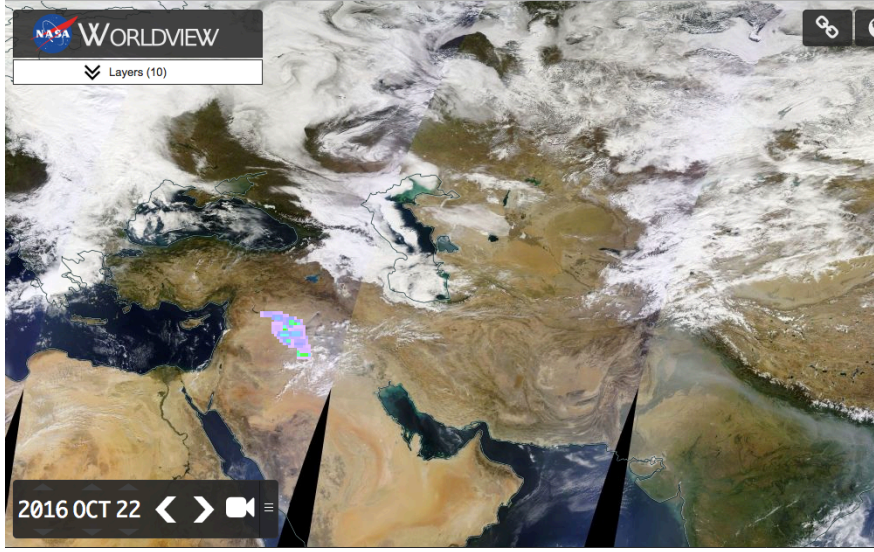


**Şekil 5.7. 20 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**

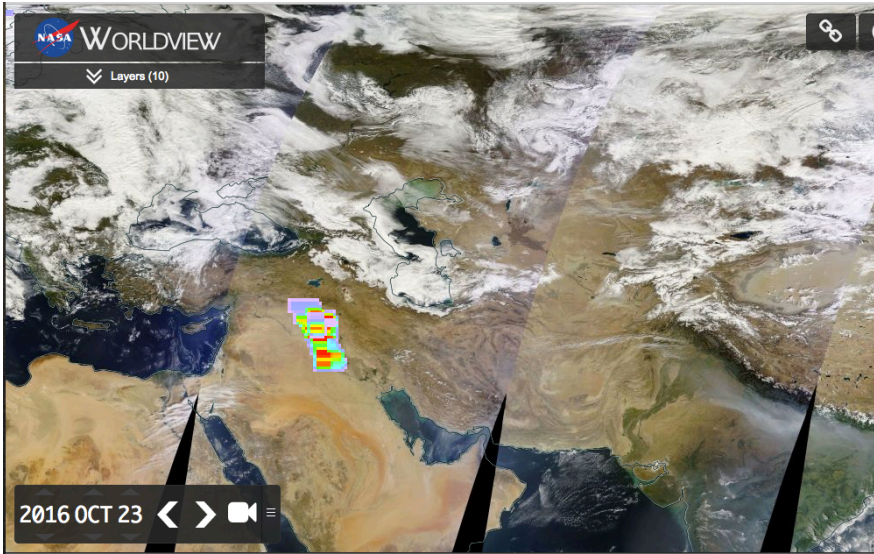


**Şekil 5.8. 21 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**



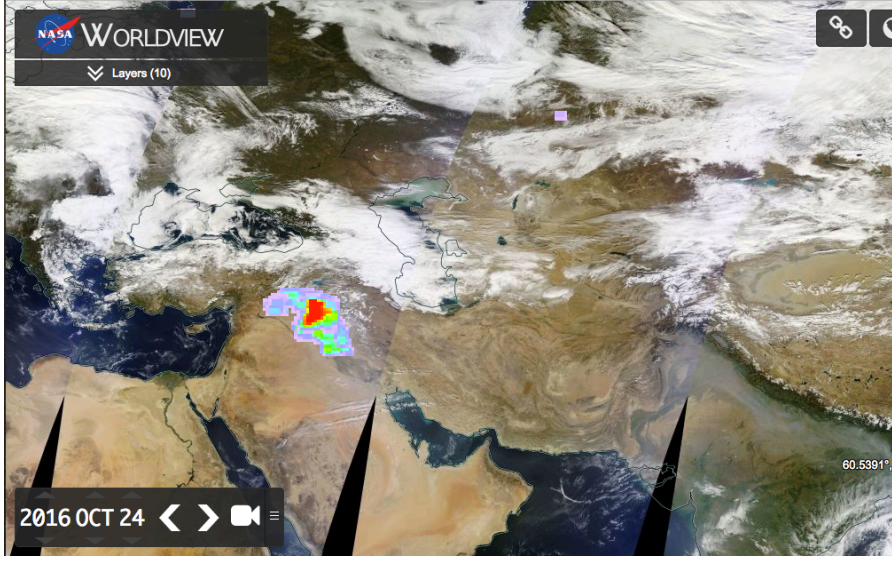


**Şekil 5.9. 22 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**

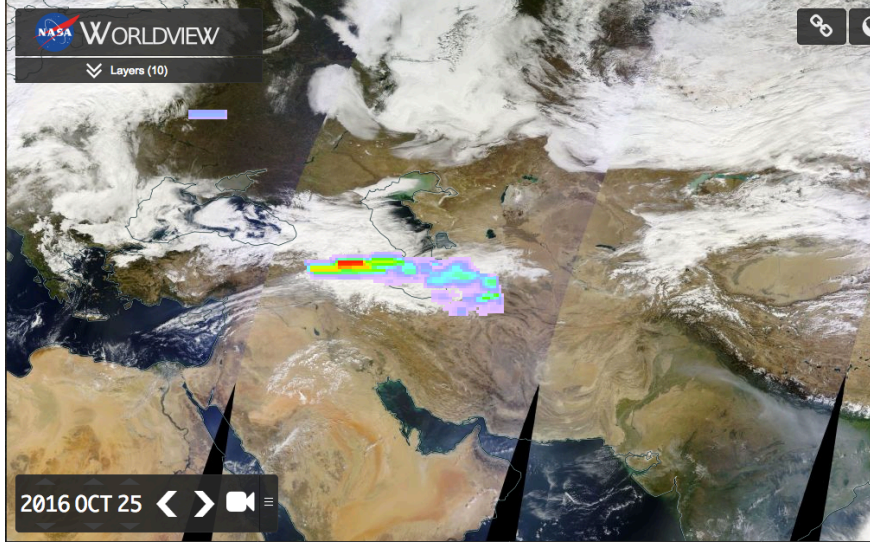


**Şekil 5.10. 23 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**

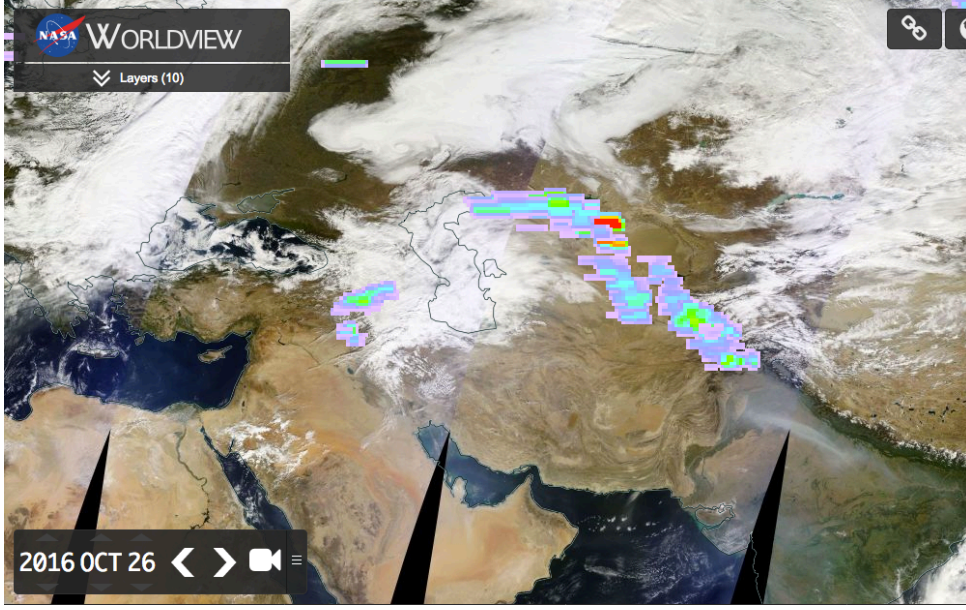




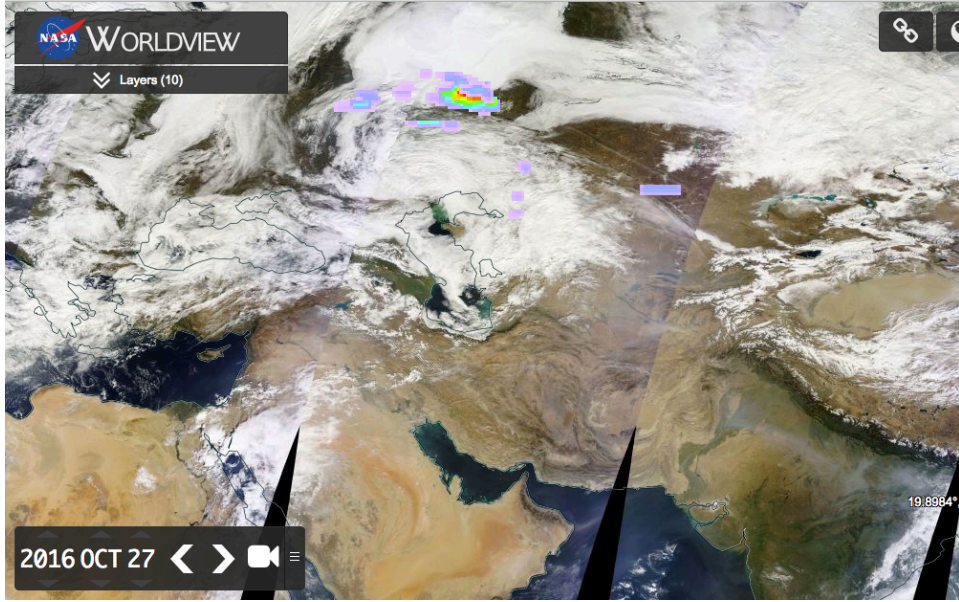
**Şekil 5.11. 24 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**



**Şekil 5.12. 25 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**

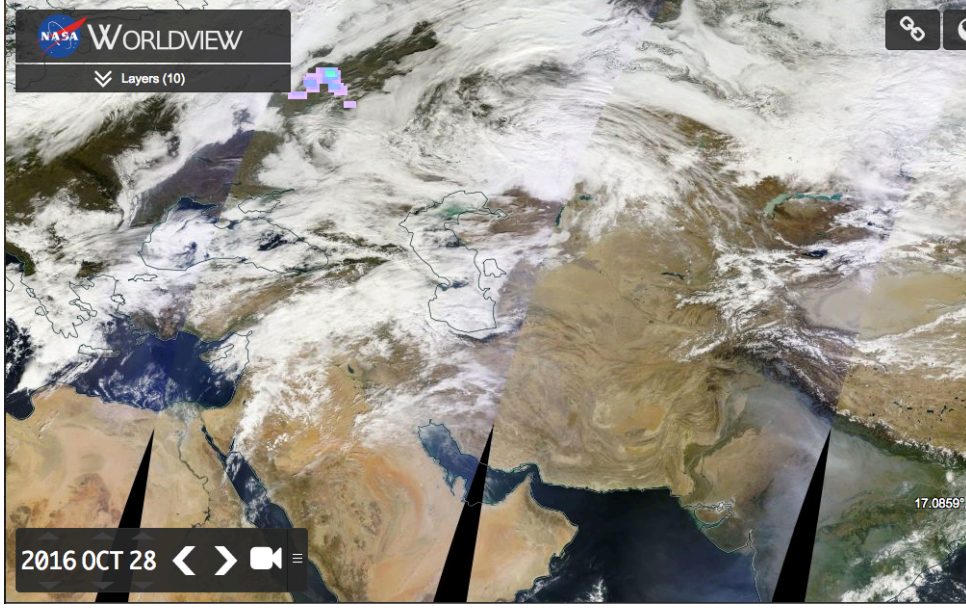


**Şekil 5.13. 26 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**

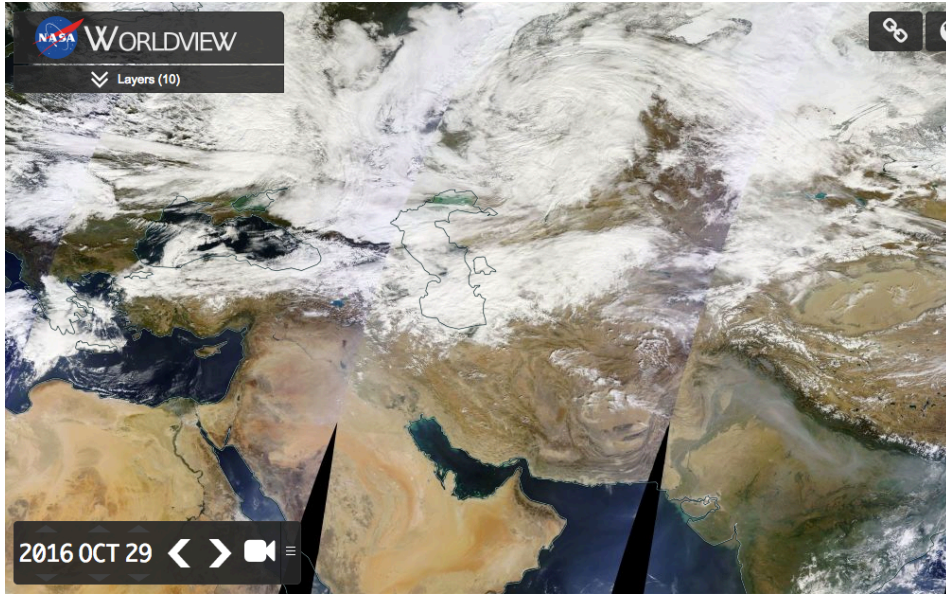


**Şekil 5.14. 27 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**



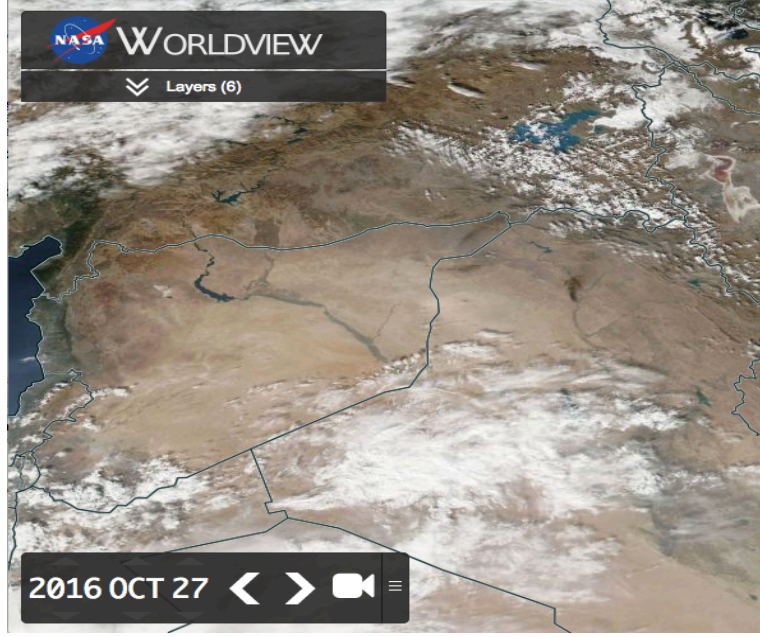


**Şekil 5.15. 28 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**



**Şekil 5.16. 29 Ekim 2016 MODİS Uydusunun Görüntüsü**

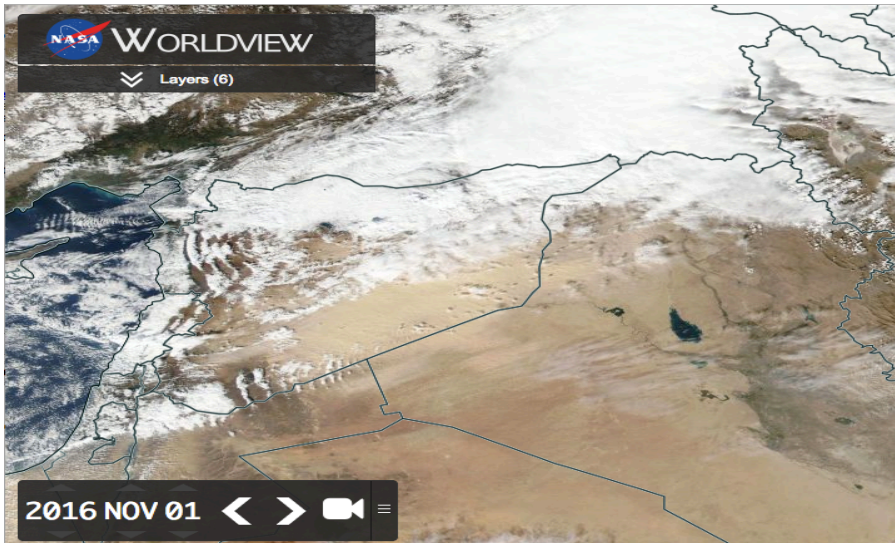
Şekil 5.5'den de görüleceği gibi 27 Ekim akşamı Mardin'de PM değerleri  $1200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  seviyesine ulaşmıştır. Buna neden olan toz taşınımı ise Şekil 5.17 'da gösterilmiştir.



**Şekil 5.17. 27 Ekim 2016 Tarihli Suriye Irak Sınırında Oluşan Toz Taşınımı Olayının Uydu Görüntüsü**

27 Ekim tarihli uydu verisinden Suriye Doğusunda Irak sınırında ancak uzman gözü ile fark edilebilen toz taşınımının Mardin iline ulaşması ile  $PM_{10}$  miktarı  $1200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  seviyesine ulaşmıştır.

1 Kasım 2016 tarihinde ise (Şekil 5.18) Suriye güneyinden Irak sınırına kadar ulaşan çok yoğun toz taşınımı basındaki haberlere göre mevcut askeri hareketliliği dahi engellemiştir.



**Şekil 5.18. 1 Kasım 2016 Tarihli Uydu Verisinde Suriye Güneyinde İzlenen Toz Taşınımı**

Buraya kadar gösterilen uydu verileri ve olağan dışı bir olay sonucunda atmosfere karışan SO<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub> parçacıkları bize iç ortam hava kalitesinin temizleme uğraşlarının lüks olmadığını bazı hallerde de yaşam için elzem olduğunu göstermektedir.

Bu gibi durumlarda topluma maske takın evden çıkmayın veya hemen çok pahalı hava temizleyicileri alın önerileri topluma hoş gelmeyecek ve de soruna çare de getirmeyecek önerilerdir.

Poyrazmatik gibi pratik herkes tarafından kurulabilen hava temizleyicileri soruna kesin çare olacak ve atmosferden gelen etkileri tamamen ortadan kaldıracabilecek önerilerdir.

Sonuç olarak eğer havada yukarıda örnekleri gösterilen boyutlarda dahi olsa partikül madde var ise poyrazmatik bunları sulu ortama transfer etmekte ve ortadan kaldırmaktadır. Piyasada mevcut hava temizleyicileri veya elektrik süpürgeleri hava temizleme veya emiş güçlerine göreceli olarak emdikleri havayı filtre edip çıkış noktalarından daha da hızlı bir şekilde kapalı ortama geri vermekte ve odada mevcut diğer kirleticilerin de atmosfere karışmasına dolayısı ile iç ortam hava kalitesinin daha da bozulmasına neden olmaktadır.

Poyrazmatik ise emdiği havayı temiz olarak ortama vermektedir. Dolayısı ile yukarıda örneği gösterilen toz ve SO<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub> gibi kirleticiler tamamen bertaraf etme potansiyeline de sahiptir. Elbette kapalı ortamda bu parçacıklar şekil 4.17 gösterildiği gibi zamanla yerçekiminin de etkisi ile yere inmekte ama halen kapalı ortamda varlıklarını sürdürmektedirler.

Poyrazmatik ise daha yüklü atmosferlerde daha da etkili performans göstermektedir. Havanın temiz olması halinde poyrazmatik ile çökme arasında herhangi bir fark olmasa bile birinde kirletici yerde kalmakta diğerinde ise sulu ortama geçmektedir.

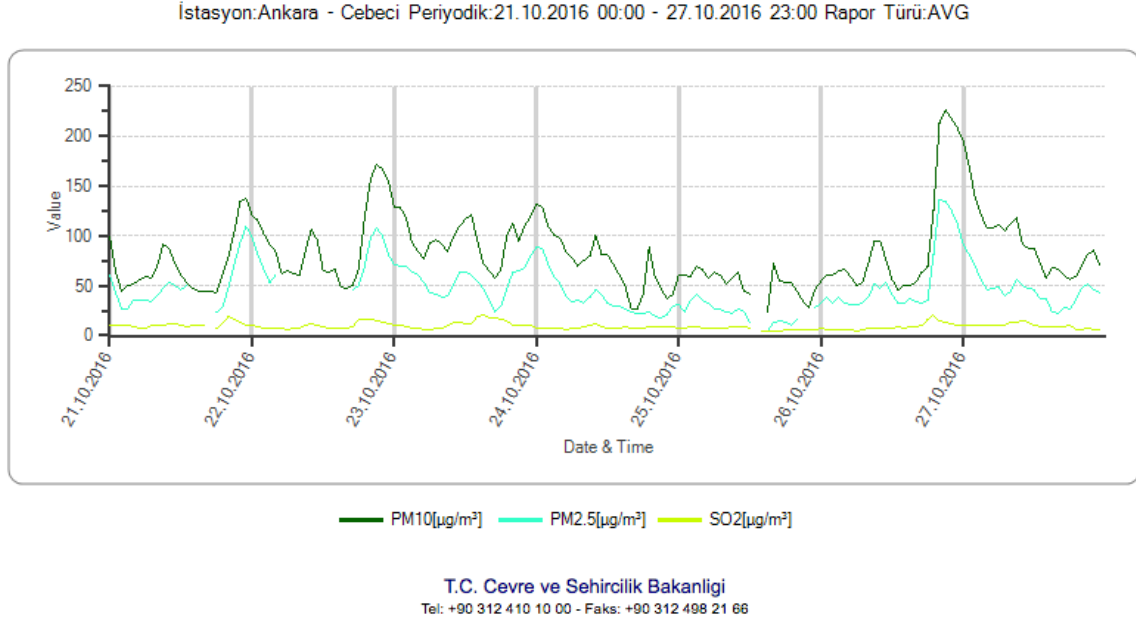
Bu çalışma poyrazmatik'in bilimsel anlamda havadaki partiküller maddeleri tutması hakkında kısıtlı imkanlar ile yapılan ilk çalışmadır. Elbette kullanım sırasında veya gelecekte yapılacak çalışmalarda emilen havanın su içerisinde çok daha küçük parçacıklar haline getirilmesi ile daha yoğun hava kabarcığı oluşturulması ve dolayısı ile aynı birim havanın su içerisinde daha çok yüzey alanı yaratması ve daha etkili olarak temizlenebilir olması denenmelidir.

Ayrıca suyun yüksekliği de diğer bir parametredir. Hava kabarcığının çapı ve sudaki yükselme zamanı elbette havanın daha da iyi temizlenmesine olanak tanıyacaktır. Ancak daha önceden de bahsedildiği üzere bu tezin amacı “poyrazmatik” prensibinin atmosferdeki partiküller maddeleri pratik bir şekilde azaltılıp azaltılamayacağını ilk araştırmasıdır. Yapılan



deneyler bu yaklaşımın doğru olduğunu ve bu basit sistem ile havadaki parçacıkların temizlenebileceğini ve dolayısı ile iç ortam hava kalitesinin iyileştirilebileceği göstermiştir.

Bu tezin yazımı sırasında Ankara atmosferinde 21-28 Ekim 2016 tarihleri arasında durağan bir hava yaşanmıştır. Bununla ilgili Cebeci istasyon verisi Şekil 5.19'da verilmiştir.



**Şekil 5.19. 21-27 Ekim 2016 Ankara/Cebeci Hava Kalite Diyagramı**

Buna göre bu dönemde kaydedilen en yüksek PM<sub>10</sub> miktarı 225 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Bu en yüksek değer tüm Ankara üzerinde olduğunu varsayarsak ve Ankara şehrinin kapladığı alanı da 25 x 25 km ve bu kirli havanın da 1 km yüksekliğinde olduğunu varsayarsak ölçülen PM<sub>10</sub> yükünün;

25km x 25km = 625km<sup>2</sup> x 1 km yükseklik 625 km<sup>3</sup> hacim ve bu hacim içerisinde de

225 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> yükü toplam

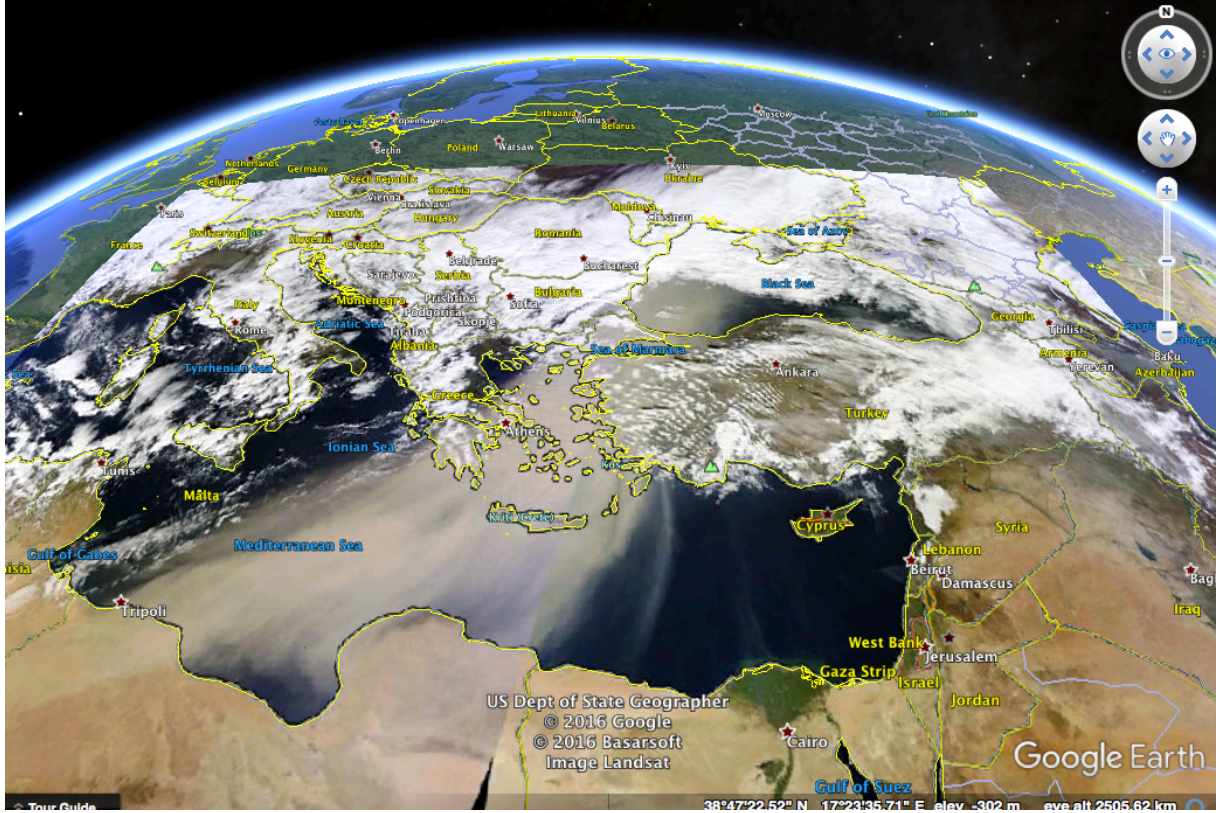
1 µg = 1.10<sup>-12</sup> ton

625 km<sup>3</sup> x 225 µg/m<sup>3</sup>=14062

hesabı ile atmosferdeki toz yükünün yaklaşık 140 ton olduğu hesaplanabilir.

Bu toz yükü toplumun hava kirlendi şeklinde yorum yaptığı bir döneme aittir.

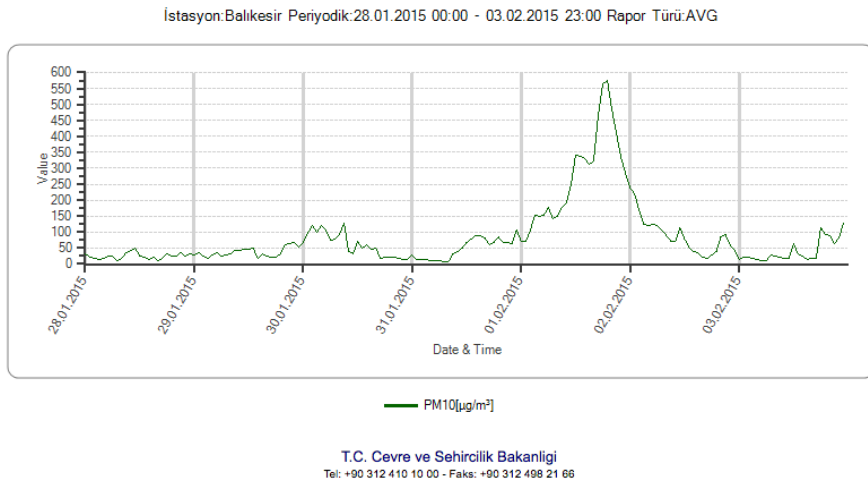
Aynı şekilde Sahradan gelen bir hava akımı içerisinde ne kadar toz var şeklinde bir hesaplama yapılır ise ve bunun için de 1 Şubat 2015'te meydana gelen toz taşınımı esas alınırsa ortaya şu şekilde bir hesaplama çıkmaktadır;



**Şekil 5.20. Google Erath Görünümü**

Bu toz taşınımındaki boyutlar en kaba yaklaşım ile Libya Karadeniz arasında 1800 km; Mora Girit Adası arasında da 600 km olarak hesaplanabilir.

Bu dönemde Balıkesir istasyon verilerine bakılırsa;



**Şekil 5.21. Balıkesir Hava Kalite Diyagramı**

PM<sub>10</sub> verilerinin 550 µg/m<sup>3</sup> değerine ulaştığı görülebilir.

Toz taşınımının yerden sadece 500 metre yüksekliğinde olduğu gibi kaba bir varsayımda bulunursak bu dönemde Sahradan gelen hava akımının içerisinde;

$1800 \times 600 = 1.080.000 \text{ km}^2 \times 0,5 \text{ km} = 540 000 \text{ km}^3$  bir hacim hesaplanabilir

Bu hacimde ve 550 µg/m<sup>3</sup> partikül madde taşıyan sistemin içerisinde toplam olarak= 297 000 ton toz olduğu görülebilir. Yukarıda yapılan hesaplamada 500 metre kalınlık eğer “boundary layer” olarak kabul edilen 1,5 km olarak alınır ise toplam toz miktarı bir milyon ton toz anlamına gelmektedir.

Doğal olaylar ile yerel olaylar karşılaştırılınca ortaya çıkan sonuç böyle olmaktadır. Elbette bu yerel kirlilik yok anlamında ele alınmamalıdır ancak Ankara’da tüm hafta boyunca süren durağan haftada ancak 200 µg/m<sup>3</sup> mertebesine çıkabilen bir kirlilik yükü ve toplamda yüzlerce ton olarak ifade edilen bir kirlilik yükü, yüzbinlerce hatta milyon tona yaklaşan doğal bir olay karşısında ihmal edilebilir seviyelerdedir.

Ayrıca Ekim ayı içerisinde komşu bir ülkede meydana gelen birtakım olaylar sonucunda ortaya çıkan gazlar ve doğal partiküller bu denli bir hava temizleme aracının ne kadar elem olduğunu bir kez daha kanıtlamıştır.

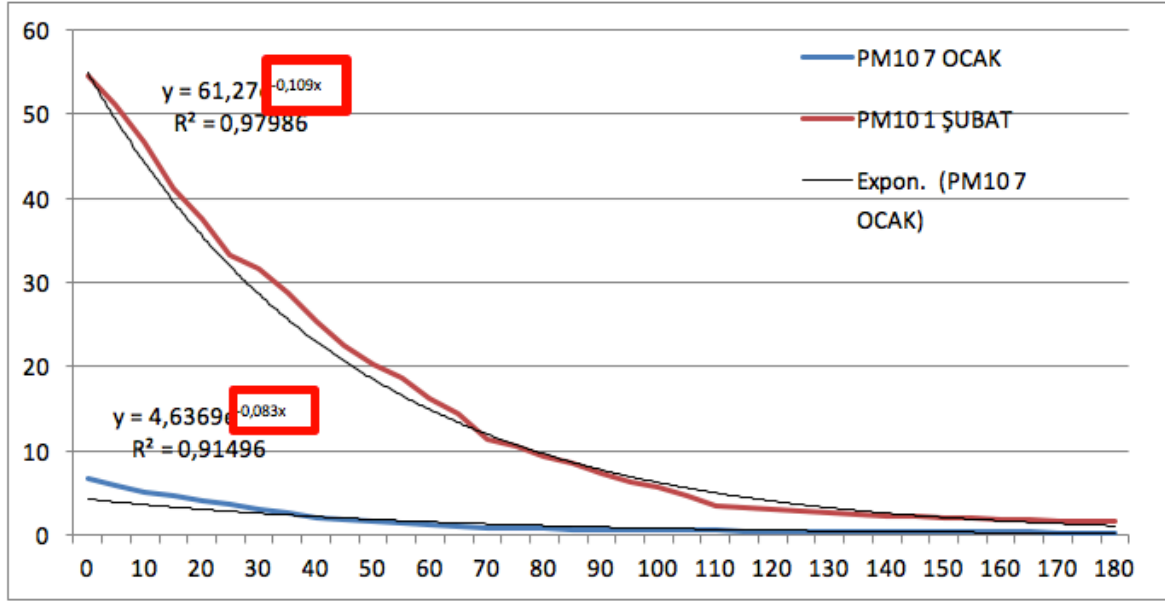
Dolayısı ile poyrazmatik gibi bir sistem her hava koşulunda ama çöl tozlarının geldiği dönemlerde de mutlak bir hava filtrasyon sisteminin toplum tarafından kullanılabilmesini net bir şekilde göstermektedir.

Örneğin yoğun toz taşınımı günlerinde bu sistemin hastanelerin acil servislerinde kullanılması bu dönemde solunum yolu rahatsızlıkları çeken insanları çok basit ve kesin bir şekilde rahatlatacak ve önemli ölçüde maddi tasarruf sağlayabilecektir.

Poyrazmatiğin toplumun %15’ni etkileyen migren hastalarını rahatlatması ve iş gücü kaybını önleyebilmesi de diğer pratik ama katma değeri çok yüksek bir uygulama yanıdır.

Bu tez çalışması sonucunda elde edilen ve Şekil 4.11’de verilen grafik “poyrazmatik” yaklaşımının bilimsel olarak ta uygulanabilir olduğunun kanıtı olmaktadır.





**Şekil 5.22. 7 Ocak 2015 ve 1 Şubat 2015 PM<sub>10</sub> İçin Azalma Diyagramı ve K Değeri**

Poyrazmatik dış ortam hava kalitesini her durumda iyileştirmekte ve hava kalitesinin değişimine neden olan parçacıkları sulu ortama çekerek iç ortam hava kalitesinin kalıcı bir şekilde iyileşmesine neden olabilmektedir. Bu temel prensipten hareket edilerek “poyrazmatik” yaklaşımının toplumun kullanımına sunulması gereği ortadadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Brunekreef ,B. and Holgate ,S. T., “Air pollution and health,” *Lancet*, vol. 360, no. 9341, pp. 1233–1242, **2002**.
- [2] Bursill ,J., Walton ,A., Palmer ,N., and Wong ,G., “2013 ASHRAE Competition HVAC Design Calculations The Team :,” **2013**.
- [3] World Health Organization, “WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment,” *Geneva World Heal. Organ.*, pp. 1–22, **2006**.
- [4] İÇ ORTAM HAVASINDA BULUNAN UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLER VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ.pdf.” .
- [5] “İsitma sezonunda ofislerde iç hava kalitesinin araştırılması,” **1989**.
- [6] Mongolian Ministry of Health, World Health Organization Western Pacific Region, and Public Health Institute, “Health Risk Assessment of Indoor Air Quality,” **2004**.
- [7] Özdemir ,M. T., “Çöl tozu taşınımlarının partiküler madde konsantrasyonu üzerine etkisi : Ankara İli örneği Desert dust transportation on particulate matter concentrations : A case study in Ankara,” vol. 68, no. 1, pp. 23–34, **2011**.
- [8] Yatkin ,S., Bayram,A., Eylül ,D., Kel ,A., and Yerle ,K., “Ölçüm Ve De Ğ Erlendi Rme,” **2007**.
- [9] Tasic ,M., Rajšic ,S., Novakovic ,V., and Mijic ,Z., “Atmospheric Aerosols and Their Influence on Air Quality in Urban Areas,” *FACTA Univ. Ser. Physics, Chem. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 83–91, **2006**.
- [10] World Health Organisation Europe, “Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project,” *Who*, p. 302, **2013**.
- [11] Eea, *Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe*, no. 1. **2009**.
- [12] Shi ,Y., Lau ,K. K. L., and Ng ,E., “Developing Street-Level PM2.5 and PM10 Land Use Regression Models in High-Density Hong Kong with Urban Morphological Factors,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 50, no. 15, pp. 8178–8187, **2016**.

- [13] HUANG ,H., cheng LEE ,S., ji CAO ,J., wei ZOU ,C., geng CHEN ,X., and jia FAN ,S., “Characteristics of indoor/outdoor PM<sub>2.5</sub> and elemental components in generic urban, roadside and industrial plant areas of Guangzhou City, China,” *J. Environ. Sci.*, vol. 19, no. 1, pp. 35–43, **2007**.
- [14] Shrubsole ,C. *et al.*, “Indoor PM<sub>2.5</sub> exposure in London ’ s domestic stock : Modelling current and future exposures following energy ef fi cient refurbishment,” vol. 62, pp. 336–343, **2012**.
- [15] Karaka ,L. G. E., “ASSESSMENT OF PARTICULATE MATTER ( PM<sub>10</sub> , PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> ) CONCENTRATIONS IN INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENTS,” **2015**.
- [16] Whitman ,W. B., Coleman ,D. C., and Wiebe ,W. J., “Prokaryotes: the unseen majority,” *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 95, no. 12, pp. 6578–6583, **1998**.
- [17] Saydam ,A. C., “Deserts: Can they be the potential suppliers of bioavailable iron?,” *Geophys. Res. Lett.*, vol. 29, no. 11, pp. 18–20, **2002**.
- [18] Griffin ,D. W., Kubilay ,N., Koçak ,M., Gray ,M. A., Borden ,T. C., and Shinn ,E. A., “Airborne desert dust and aeromicrobiology over the Turkish Mediterranean coastline,” *Atmos. Environ.*, vol. 41, no. 19, pp. 4050–4062, **2007**.
- [19] Perkins ,S., “Dust, the Thermostat How tiny airborne particles manipulate global climate,” *Sci. News*, vol. 160, pp. 200–212, **2001**.
- [20] Griffin ,D. W., “Atmospheric movement of microorganisms in clouds of desert dust and implications for human health,” *Clin. Microbiol. Rev.*, vol. 20, no. 3, pp. 459–477, **2007**.
- [21] Goudie ,A. S. and Middleton ,N. J., “Saharan dust storms: Nature and consequences,” *Earth-Science Rev.*, vol. 56, no. 1–4, pp. 179–204, **2001**.
- [22] Moulin ,C., Lambert ,C. E., Dulac ,F., and Dayan ,U., “Control of atmospheric export of dust from North Africa by the North Atlantic Oscillation,” *Nature*, vol. 387, no. June, pp. 691–694, **1997**.
- [23] Prospero ,J. M. and Lamb ,P. J., “African droughts and dust transport to the Caribbean: climate change implications,” *Science*, vol. 302, no. 5647, pp. 1024–1027, **2003**.
- [24] Zhang ,X. Y., “Sources of Asian dust and role of climate change versus desertification in Asian dust emission,” *Geophys. Res. Lett.*, vol. 30, no. 24, pp. 6–9, **2003**.

- [25] Zha ,Y. and Gao ,J., “Characteristics of desertification and its rehabilitation in China,” *J. Arid Environ.*, vol. 37, pp. 419–432, **1997**.
- [26] Washington ,R., Todd ,M., Middleton ,N. J., and Goudie ,A. S., “Dust-storm source areas determined by the total ozone monitoring spectrometer and surface observations,” *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, vol. 93, no. 2, pp. 297–313, **2003**.
- [27] Qian ,W., Quan ,L., and Shi ,S., “Variations of the dust storm in China and its climatic control,” *J. Clim.*, vol. 15, no. 10, pp. 1216–1229, **2002**.
- [28] Grousset ,F. E., Ginoux ,P., Bory ,A., and Biscaye ,P. E., “Case study of a Chinese dust plume reaching the French Alps,” *Geophys. Res. Lett.*, vol. 30, no. 6, p. 1277, **2003**.
- [29] Delfino ,R. J., Sioutas ,C., and Malik ,S., “Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health,” *Environ. Health Perspect.*, vol. 113, no. 8, pp. 934–946, **2005**.
- [30] Donaldson ,K., Stone ,V., Seaton ,A., and MacNee ,W., “Ambient particle inhalation and the cardiovascular system: Potential mechanisms,” *Environ. Health Perspect.*, vol. 109, no. SUPPL. 4, pp. 523–527, **2001**.
- [31] Zanobetti ,A. and Schwartz ,J., “The effect of particulate air pollution on emergency admissions for myocardial infarction: A multicity case-crossover analysis,” *Environ. Health Perspect.*, vol. 113, no. 8, pp. 978–982, **2005**.
- [32] Daigle ,C. C. *et al.*, “Ultrafine particle deposition in humans during rest and exercise,” *Inhal. Toxicol.*, vol. 15, no. 6, pp. 539–552, **2003**.
- [33] Laden ,F., Neas ,L. M., Dockery ,D. W., and Schwartz ,J., “Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U.S. cities [In Process Citation],” *Env. Heal. Perspect*, vol. 108, no. 10, pp. 941–947, **2000**.
- [34] Schwartz ,J., Norris ,G., Larson ,T., Sheppard ,L., Claiborne ,C., and Koenig ,J., “Episodes of high coarse particle concentrations are not associated with increased mortality,” *Environ. Health Perspect.*, vol. 107, no. 5, pp. 339–342, **1999**.
- [35] Chang ,C.-C., Lee ,I.-M., Tsai ,S.-S., and Yang ,C.-Y., “Correlation of Asian dust storm events with daily clinic visits for allergic rhinitis in Taipei, Taiwan,” *J. Toxicol. Environ. Health. A*, vol. 69, no. 3–4, pp. 229–35, **2006**.

- [36] Saiyed ,H. N. *et al.*, “Non-occupational pneumoconiosis at high altitude villages in central Ladakh,” *Br. J. Ind. Med.*, vol. 48, no. 12, pp. 825–9, **1991**.
- [37] BENER ,A., ABDULRAZZAQ,Y.M. , AL-MUTAWWA ,J .and DEBUSE,P. “Genetic and Environmental Factors Associated with Asthma Author Published by : Wayne State University Press Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/41465485> REFERENCES Linked referenc,” vol. 68, no. 3, pp. 405–414, **2016**.
- [38] Prospero ,J. M., “Long-range transport of mineral dust in the global atmosphere: impact of African dust on the environment of the southeastern United States.,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 96, no. 7, pp. 3396–3403, **1999**.
- [39] Griffin ,D. W., Kellogg ,C. A., Garrison ,V. H., and Shinn ,E. A., “The global transport of dust,” *Am. Sci.*, vol. 90, no. 3, pp. 228–235, **2002**.
- [40] Jaenicke ,R., “Abundance of cellular material and proteins in the atmosphere.,” *Science*, vol. 308, no. 5718, p. 73, **2005**.
- [41] Sanderson ,W. T., Steenland ,K., and Deddens ,J. A., “Historical respirable quartz exposures of industrial sand workers: 1946-1996,” *Am. J. Ind. Med.*, vol. 38, no. 4, pp. 389–398, **2000**.
- [42] Harber ,P., Redlich ,C. A., and Henneberger ,P. K., “Work-Related Lung Diseases,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 193, no. 2, pp. P3–P4, **2016**.
- [43] M. Asthma and I. N. The, “Managing Asthma Caribbean,” **2009**.
- [44] Asher ,M. I. *et al.*, “Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood: ISAAC Phases One and Three repeat multicountry cross-sectional surveys,” *Lancet*, vol. 368, no. 9537, pp. 733–743, **2006**.
- [45] Prospero ,J. M., “Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: Implications for regional air quality,” *Journal of Geophysical Research*, vol. 104, no. D13. pp. 15917–15927, **1999**.
- [46] Analitis ,A. *et al.*, “Short-term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality.,” *Epidemiology*, vol. 17, no. 2, pp. 230–233, **2006**.
- [47] Samoli ,E., Kougea ,E., Kassomenos ,P., Analitis ,A., and Katsouyanni ,K., “Does the presence of desert dust modify the effect of PM10 on mortality in Athens, Greece?,” *Sci. Total Environ.*, vol. 409, no. 11, pp. 2049–2054, **2011**.

- [48] Jiménez ,E., Linares ,C., Martínez ,D., and Díaz ,J., “Role of Saharan dust in the relationship between particulate matter and short-term daily mortality among the elderly in Madrid (Spain),” *Sci. Total Environ.*, vol. 408, no. 23, pp. 5729–5736, **2010**.
- [49] Kelman ,L., “The triggers or precipitants of the acute migraine attack,” *Cephalalgia*, vol. 27, no. 5, pp. 394–402, **2007**.
- [50] Von Mackensen ,S., Hoeppe ,P., Maarouf ,A., Tourigny ,P., and Nowak ,D., “Prevalence of weather sensitivity in Germany and Canada,” *Int. J. Biometeorol.*, vol. 49, no. 3, pp. 156–166, **2005**.
- [51] Sato ,J. *et al.*, “Artificially produced meteorological changes aggravate pain in adjuvant-induced arthritic rats,” *Neurosci. Lett.*, vol. 354, no. 1, pp. 46–49, **2004**.
- [52] Szyszkowicz ,M., “Ambient air pollution and daily emergency department visits for headache in Ottawa, Canada,” *Headache*, vol. 48, no. 7, pp. 1076–1081, **2008**.
- [53] Mace ,K. a., “Organic nitrogen in rain and aerosol in the eastern Mediterranean atmosphere: An association with atmospheric dust,” *J. Geophys. Res.*, vol. 108, no. D10, p. 4320, **2003**.
- [54] Kubilay ,N. and Saydam ,A. C., “Trace elements in atmospheric particulates over the Eastern Mediterranean; Concentrations, sources, and temporal variability,” *Atmos. Environ.*, vol. 29, no. 17, pp. 2289–2300, **1995**.
- [55] Kubilay ,N., Nickovic ,S., Moulin ,C., and Dulac ,F., “An illustration of the transport and deposition of mineral dust onto the eastern Mediterranean,” *Atmos. Environ.*, vol. 34, no. 8, pp. 1293–1303, **2000**.
- [56] Koçak ,M., Mihalopoulos ,N., and Kubilay ,N., “Contributions of natural sources to high PM10 and PM2.5 events in the eastern Mediterranean,” *Atmos. Environ.*, vol. 41, no. 18, pp. 3806–3818, **2007**.
- [57] Doganay ,H. *et al.*, “African dust-laden atmospheric conditions activate the trigeminovascular system,” *Cephalalgia*, vol. 29, no. 10, pp. 1059–1068, **2009**.
- [58] Gómez-silva ,B., Klein ,A., and Risi ,S., “Conditions of the Atacama Desert,” pp. 287–303, **2000**.
- [59] Wöber ,C., Holzhammer ,J., Zeitlhofer ,J., Wessely ,P., and Wöber-Bingöl ,Ç., “Trigger factors of migraine and tension-type headache: Experience and knowledge of the patients,” *J. Headache Pain*, vol. 7, no. 4, pp. 188–195, **2006**.

- [60] Miranda ,K. M., Espey ,M. G., and Wink ,D. A., “A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite,” *Nitric Oxide Biol. Chem.*, vol. 5, no. 1, pp. 62–71, **2001**.
- [61] “E-107\_Manual\_US\_Jan05.” .
- [62] SAYDAM , A. C., Havadan Tozdan, ISBN: 9786054307876, **2010**

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Hadi HABİBAZARFARD

Doğum Yeri : Ahar / İran

Medeni Hali : Evli

E-posta : hhabibazarfard@gmail.com

Adresi : Şehit Cevdet Özdemir Mah. Ece Cad. 27/5 Çankaya / Ankara

### Eğitim

Lisans : Ahar Azad Üniversitesi , İnşaat Mühendisliği Bölümü , 2008-2011

Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi , Çevre Mühendisliği Bölümü , 2012-2016

### Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : İleri Seviye

Türkçe : İleri Seviye

Azerbaycan Dili : İleri Seviye

### İş Deneyimi

- Marmara araştırma merkezi diğer özel bütçeli kuruluşlar türkiye bilimsel ve teknolojik araştırma kurumu/ Tübitak MAM GE (GEBZE INNOFOOD VE AFSL, GİRESUN VE ŞANLIURFA TEST ANALYSIS LABORATORY) binaları statik projelendirilmesi
- Polonya büyük elçiliği/ Polonya Ankara konsolosluğu yeni ofis binası
- Baştaş başkent çimento sanayı ve ticaret A.Ş. Ankara/ Yeni farin değirmeni, filtre ve bunker yapıları betonarme uygulama projesi yapım işi
- Baştaş başkent çimento sanayı ve ticaret A.Ş. Ankara/ Yeni farin değirmeni çelik çatı projelendirmesi
- Baştaş başkent çimento sanayı ve ticaret A.Ş. Ankara/ Filtre yanı gaz kanalları supportlarının projelendirilmesi işi



- Baştaş başkent çimento sanayi ve ile Filtre binası girişi borusu supportu, mevcut ön ısıtıcı 1 besleme elevatörü uzatılması tasarım ve mühendislik hizmetleri
- Baştaş başkent çimento sanayi ve ticaret A.Ş. Ankara/ Yeni ezici binası (roller press) betonarme ve taşıyıcı çelik uygulama projesi
- Baştaş başkent çimento sanayi ve ticaret A.Ş. Ankara/ Ezici binası içi çelik platformlar detay mühendislik çalışmaları ve projelendirme işi.
- Baştaş başkent çimento sanayi ve ticaret A.Ş. Ankara/ Eski ezici binası güçlendirme projelerinin hazırlanması ve metraj çalışmalarının yapılması işi
- Limçim çimento sanayi ve tic A.Ş. Ankara/ Kilis çimento fabrikasında yapılması planlanan işçi yemekhane ve banyosu, 450101104-A1-ES20, 450101104-A1-ES01, 450101104-A1-ES80, Electrical Room Architectural Basic projelendirilmesi işi
- Limçim çimento sanayi ve tic A.Ş. Ankara/ Kilis çimento fabrikasında yapılması planlanan Kilis Bims tesisi idari binası projelendirilme işi
- PTT Başmüdürlüğü yapı ve teknik işler müdürlüğü Antalya/ Akdeniz sanayi PTT binasının yıkılarak yerine ; Akdeniz sanayi PTT şubesi, başmüdürlük stok ambarı ve Konyaaltı dağıtım merkezine ait dağıtım-teslim için bina yaptırılması projelendirilme işi
- T.C. Çorum il özel idaresi plan proje yatırım ve inşaat müdürlüğü/ Çorum İl Genel Meclis Hizmet Binası Yapımı (statik Proje) işi
- Eti soda A.Ş. / kojenerasyon ünitesi kırılmış kömür besleme sistemi bunker binası, Transfer binası, betonarme hesap ve projelendirme işi.
- T.C. Kastamonu üniversitesi yapı işleri ve teknik daire başkanlığı/ Kastamonu üniversitesi iktisadi ve idari bilimler fakültesi betonarme projelendirme işi
- T.C. Kastamonu üniversitesi yapı işleri ve teknik daire başkanlığı/ Kastamonu üniversitesi iktisadi ve idari bilimler fakültesi çelik çatı projelendirme işi
- Arap Potash Company, Ürdün/ 30 m BRINE CHANNEL çelik köprü proje işi
- Arap Potash Company, Ürdün/ 100 m NUMERIA BRIDGE çelik köprü proje işi
- ticaret A.Ş. Ankara/ Bunker binası ilave betonarme kat yapılması işi
- Baştaş başkent çimento sanayi ve ticaret A.Ş. Ankara/ Loesche binası çelik merdivenlerinin, platformlarının ve boru supportlarının tasarım ve mühendislik hizmetleri

## **Deneyim Alanları**

Üst ve alt yapıların projelendirilmesi, deprem ön incelemesi, bina güçlendirmesi, Rölöve çalışmaları

## **Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi**

-

## **Tezden Üretilmiş Yayınlar**

Hadi HABIBAZARFARD, A. Cemal SAYDAM, Clear – Cut, Easy and Safe Air Purifying Technique (ICOCEE – CAPPADOCIA 2015)



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Çevre Mühendisliği ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 05.01.2017

Tez Başlığı / Konusu: İç Ortam Hava Kalitesinin Poyrazmatik İle  
İyileştirilmesi

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç ve e) Kaynakça kısımlarından oluşan toplam 82 sayfalık kısmına ilişkin, 05.01.2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Hadi HABİBAZARFARD  
Öğrenci No: 11224747  
Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği  
Programı: Tezli Yüksek Lisans  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

Hadi 05.01.2017

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. A. Cevre Mühendisi  
Cevre Mühendisi  
(Unvan, Ad Soyad, İmza)