

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ŞANLIURFA İLİ VE ÇEVRESİNİ ETKİLEYEN ATMOSFERİK TOZ
KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE ÇEVRESEL ETKİ
POTANSİYELİNİN İRDELENMESİ**

Tuba RASTGELDİ DOĞAN

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2014**

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ŞANLIURFA İLİ VE ÇEVRESİNİ ETKİLEYEN ATMOSFERİK TOZ
KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE ÇEVRESEL ETKİ
POTANSİYELİNİN İRDELENMESİ**

Tuba RASTGELDİ DOĞAN

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2014**

Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU (Danışman) ve Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR (2.Danışman) danışmanlığında, Tuba RASTGELDİ DOĞAN'ın hazırladığı “Şanlıurfa İli ve Çevresini Etkileyen Atmosferik Toz Kaynaklarının Araştırılması ve Çevresel Etki Potansiyelinin İrdelenmesi” konulu bu çalışma 14/02/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU

Üye (2. Danışman) : Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR

Üye : Prof. Dr. Salih AYDEMİR

Üye: Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

Üye: Doç. Dr. Arslan SARAL

Bu Tezin Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 11163

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Tozun Tanımı, Kaynakları ve Sınıflandırılması	3
2.2. Partikül Maddeler ve Tane Boyutları	5
2.3. Hava kalitesini etkileyen Partikül Maddelerin Kaynakları ve Sınıflandırılması	7
2.4. Partikül Madde Kaynağı Çöllerin Oluşum Nedenleri.....	8
2.5. Dünya'daki Başlıca Büyük Çöller.....	9
2.5.1. Afrika Kıtası Çölleri	12
2.5.2. Asya Kıtası Çölleri	14
2.5.3. Amerika Bölgesi	16
2.5.4. Avustralya Bölgesi	16
2.6. Türkiye'yi Etkileyen Çöller.....	17
2.7. Çöl Tozlarının Taşınması	20
2.8. Sahra Çöl Tozunun Biyolojik Reaksiyon Mekanizması.....	29
2.9. Çöl tozlarının Mineralojik Özellikleri	34
2.10. Çöl Kaynaklı Tozların Etkileri	39
2.11. Çöl Tozlarının Sağlığa Etkisi	40
2.12. Çöl tozlarının Çevreye Etkisi	47
2.13. Çöl tozlarının Bitkilere Etkisi.....	50
3. MATERYAL ve YÖNTEM	52
3.1. Çalışma Alanı	53
3.2. Partikül Madde Toplama Cihazı Hakkında Genel Bilgi.....	54
3.2.1. Kaset Ünitesi	56
3.2.2. Filtre Değişim Kabini.....	57
3.2.3. Hava Çekiş Silindiri	58
3.2.4. Kameralar ve Takip Odası.....	58
3.3. Çalışma Alanı Sıcaklığı	61
3.4. Modis Uydu Görüntüsü ve Hysplit Programı	63
3.5. Tozların Miktarı ve Kimyasal İçeriğinin Belirlenmesi.....	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	66
4.1. Modis Uydu Görüntüsü, Hysplit Programı ve Bölgesel Kamera ile Kaynak Tespiti	66
4.2. PM 10 ve PM 2.5 Çapındaki Toz Miktarlarının Belirlenmesi.....	84
4.3. Çöl Tozlarının Sağlık Açısından Değerlendirilmesi.....	93
4.4. PM10 ve PM2.5 Tozlarının Kimyasal Bileşimi	97
4.5. Çöl Tozlarının Çevre Üzerine Olan Etkileri	113
4.6. Çöl tozlarının Tarım Üzerine Olan Etkileri	120
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	124
5.1. Sonuçlar.....	124
5.2. Öneriler.....	126
KAYNAKLAR	129
ÖZGEÇMİŞ	135

ÖZET

Doktora Tezi

ŞANLIURFA İLİ VE ÇEVRESİNİ ETKİLEYEN ATMOSFERİK TOZ KAYNAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE ÇEVRESEL ETKİ POTANSİYELİNİN İRDELENMESİ

Tuba RASTGELDİ DOĞAN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU
2.Danışman: Prof. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR

YIL:2014, Sayfa:136

Son yıllarda küresel ısınmanın etkisi, doğanın tahrip edilmesi ve atmosfere salınan gaz miktarının artmasına paralel olarak meteorolojik şartlar değişerek kıtalar arası toz taşınım olaylarının arttığı tahmin edilmektedir. Yeryüzünün yaklaşık beşte biri çöllerle kaplıdır. Bu çöllerden, basınç farkının etkisiyle oluşan rüzgarlar vasıtasıyla kalkarak atmosfere karışan mikron boyutundaki toz partikülleri atmosferik taşınım ile çok uzak bölgelere taşınabilmektedir. Ülkemizin yakın çevresinde bulunan başta Sahra olmak üzere Suriye, İran ve Arap Yarım adasındaki çöllerden yılda milyon ton mertebesinde toz taşınmaktadır. Bu taşınımın özellikle geçiş mevsimi olan ilkbahar ve sonbahar'da rastlanması olayın tamamen doğal bir süreç olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Çöl tozlarının taşınım sonrasında çökeceği ortamlarda çevresel etkileşimlere yol açmaktadır. Ayrıca çevre, hava kalitesi, insan sağlığı, toprak ve bitkilere etkisi gibi birçok konuda karşı karşıya gelmektedir. Bu çalışmada, Şanlıurfa ilini etkileyen ve uzak mesafelerden taşınan tozların ilk defa birçok yönüyle ele alınarak multidisipliner olarak incelenmiştir. Uzak menzillerden taşınan bu tozların hysplit programıyla geliş kaynaklarının başta Sahra, Suriye Çölü, İran Çölü ve Arap yarım adasındaki çöllerden olduğu belirlenmiştir. Modis görüntüleriyle kaynaktan taşınım uydudan tespit edilip, bölgesel kameralarla kente etkisi belirlenmiştir. Günlük olarak PM toplama cihazıyla PM10 ve PM2.5 filitrelerle toplanan tozun miktarı belirlenmiştir. İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri olmak üzere tozun miktarları günlük olarak belirlenmiş ve tozun taşınımını özellikle geçiş mevsimi olan ilkbahar ve sonbahar aylarında arttığı tespit edilmiştir. Bu değerler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) gibi standartların minimum değerinin üstünde tespit edilmiştir. Cihazla toplanarak steril olarak elde edilen bu tozların kimyasal içeriğini belirlemek için Cr, Cu, Pb, Zn, Ti, Na, K, Mg, Ca, Fe, Al, Si, Mn ve Sb elementlerinin analizleri yapılmış ve özellikle taşınımın gerçekleştiği dönemlerde K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg, Al ve Si elementlerinde yüksek değerler elde edilmiştir. Solunabilen boyutlarda olan bu tozların sağlık açısından etkisi bölgedeki üç büyük hastanenin göğüs hastaları polikliniklerinden alınan hasta sayılarıyla ilişkilendirilip, tozlu günlerde solunum yolu hastalıklarında (astım, bronşit vb.) hasta sayılarındaki artışla önemli bir sağlık sorununun temeli belirlenmiştir. Tarım açısından çok önemli bir potansiyele sahip olan Şanlıurfa ilinde tozların tarıma etkisi için, bitkiler üzerine kuru ve yağışlarla yağ olarak çökelen çöl tozlarının toprağa ve bitkiye etkileri değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Partikül Madde, Sahra, Uzak Menzil Toz Taşınımı, Şanlıurfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

INVESTIGATION THE ATMOSPHERICAL DUST SOURCES AFFECTING SANLIURFA PROVINCE AND ITS ENVIRONS AND EXAMINATION OF ITS ENVIRONMENTAL IMPACT POTENTIAL

Tuba RASTGELDI DOGAN

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

**Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU
Co_Supervisor: Prof. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR**

Year: 2014, Page:136

It is estimated that cross-continental dust transportation incidences have increased because of the changes in meteorological conditions occurring in parallel with the effects of global warming, destruction of nature, and the increase in the amount of gas released into the atmosphere in recent years. Approximately one fifth of the earth is comprised of deserts. Micron-size dust particles, interfused into the atmosphere through winds created by differences in pressure in deserts, can be carried to very far distances through atmospheric transportation. Million ton dusts are carried every year primarily from the Saharan desert and from Syria, Iran, and Arabian Peninsula which are close to our country. It is clear that the transportation of dust is a natural phenomenon as it has been observed especially in Spring and Autumn which are transition seasons. After the transportation of desert dust, issues are faced in the environment where they precipitate such as air quality, human health, and effects on soil and plants. In this study, dusts transported from long distances and affecting Şanlıurfa are investigated in a multidisciplinary approach by taking various aspects into consideration for the first time. It is determined by hysplit program that dusts transported from long distances come primarily from the Saharan Desert, Syrian Desert, Iranian Desert, and desserts on the Arabian Peninsula. Transportation from the source is determined by modis images through the satellite, its effect on the city is confirmed by local recorders. Dust accumulation is determined daily by PM10 and PM2.5 filters. Daily dust accumulation is recorded for Spring, Summer, Autumn, and Winter and it is determined that there is an increase in dust accumulation in months of Spring and Autumn which are transition seasons. These values are above the minimum standard values of, for example, World Health Organization (WHO) and Air Quality Protection Regulation. To determine the chemical components of these dusts, which are obtained by device as sterile, analyses of Cr, Cu, Pb, Zn, Ti, Na, K, Mg, Ca, Fe, Al, Si, Mn, and Sb elements are done. Especially during periods when transportation increases, high values of K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg, Al, and Si elements are obtained. The effects of these dusts, which are in respirable size, on human health are determined by depending on the patient data obtained from the chest diseases clinics of three large hospitals in the region and determined that there is an increase in the number of patients with chest diseases (such as asthma and bronchitis) on dusty days; therefore, the cause of a significant health problem is determined. To determine the effects of desert dusts on agriculture in Şanlıurfa, which has an important potential for agriculture, effects of dry and wet desert dusts, precipitating on plants, on soil and plants are evaluated.

KEY WORDS: Particle Matter, Saharan, Long Distance Dust Transportation, Sanliurfa.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda her türlü desteğini esirgemeyen ve emek veren danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU hocama çok teşekkür ederim. Çevre Mühendisliği Lisans Programıma başladığım ilk günden doktora sürem boyunca yardımını esirgemeyen, azimiyle, başarılarıyla ve ileri görüşleriyle örnek olan duayenimiz değerli hocam 2. Danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'a ve değerli eşi Figen YEŞİLNACAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezin konusunu öneren, doktora sürem boyunca yardımlarını esirgemeyen, toz ölçümümüz için PM 10 ve PM 2.5 cihazlarını verip yeni yöntem ve teknikleri öğrendiğim ODTÜ-DBE bölümü öğretim üyesi Sayın Yrd.Doç.Dr. Mustafa KOÇAK ve bölüm teknikeri Sayın Mehmet DURMAZ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda her türlü sıkıntıda arayıp fikirlerini danıştığım Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. A.Cemal SAYDAM hocama teşekkür ederim.

Çalışmam süresince fakültenin ve bölümün olanaklarından imkan sağlayan Dekanımız Sayın Prof. Dr. Bülent YEŞİLATA hocamıza ve Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanım Sayın Prof.Dr. Sinan UYANIK hocama teşekkür ederim.

Tez çalışmamda numune alım, çizim ve her türlü aşamasında yardımcı olan değerli meslektaşım Sayın İsmail TEKİNER'e teşekkür ederim. Çevre.Müh. bölümü Öğretim Üyelerine ve arş görevlisi Sayın Deniz Uçar'a, Makine mühendisliği bölümünde Sayın Emrah YAKA'a, Yabancı Diller ve Edebiyatı bölümünden Sayın Yrd.Doç.Nazmiye CENNETKUŞU'na teşekkürü borç bilirim.

En büyük şansım değerli babam Fuat RASTGELDİ ve eğitim hayatımızda bize her zaman ders çalıştıran annem İhsan RASTGELDİ'ye, ablalarım ve meslektaşım kardeşime teşekkür ederim. Anlayışıyla ve yardımıyla hep yanımda olduğunu bildiğim hayat arkadaşım değerli eşim Mehmet DOĞAN'a ve doktoramı hediye ettiğim biricik kızım Zeynep DOĞAN'a teşekkür ederim. İsmi sayamayıp bana destek olan dostlarıma ve öğrencilerime teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Atmosfere karışan atmosferik parçacıkların kaynakları.....	4
Şekil 2.2. Partikül Maddelerin karşılaştırmalı tane boyutları.....	6
Şekil 2.3. 30°C ve 760 mm de partikül yoğunluğu 1g/cm ³ olan partikülleri büyüklüğüne göre havadaki düşme hızı.....	7
Şekil 2.4 Dünya üzerinde çöllerin dağılımı.....	10
Şekil 2.5. Dünya Genelinde Çöl Tozlarının Bölgelere Göre Dağılışı.....	11
Şekil 2.6. Yeryüzünde Çöl Tozlarının Coğrafi Dağılışı.....	12
Şekil 2.7. Sahra Çölü ve Sahel Bölgesi.....	13
Şekil 2.8. Bodele Depresyonu'nda Bulunan Diatomite Depoları.....	14
Şekil 2.9. Asya kıtasındaki çöller.....	15
Şekil 2.10. Amerika Kıtası'nda Bulunan Çöller.....	16
Şekil 2.11. Avustralya Kıtası'nda Bulunan Çöller.....	17
Şekil 2.12. Türkiye'ye toz taşınımını sağlayan yerel rüzgârlar.....	18
Şekil 2.13. Türkiye'nin çevresindeki toz kaynaklarını gösteren uydu fotoğrafı.....	18
Şekil 2.14 KAS'ın Pozitif ve Negatif Dönemi.....	20
Şekil 2.15. Beer Sheba (İsrail) 'de Eylül-Mayıs Arasındaki Yıllık Çöl Tozu Değişimi ve KAS'ın Aralık-Mart Dönemindeki Yıllık Değişimleri.....	21
Şekil 2.16. Sahra Çöl tozunun mevsimsel taşınımının temel yönleri.....	22
Şekil 2.17. Sahra Çölü'nde Çöl Tozlarının Oluşum Mekanizması.....	23
Şekil 2.18. Çeşitli Avrupa Ülkelerinde Sahra Çölü Tozlarının Mevsimlere Göre Ortalama Durumu.....	24
Şekil 2.19. Sahra çölünden kaynağını alan tozların aylara göre Türkiye'ye taşınım oranları	25
Şekil 2.20. Türkiye'ye ve Karadeniz'e Taşınan Çöl Tozları.....	26
Şekil 2. 21. 2009–2010 yıllarında Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde tozlu günlerin aylara göre dağılışı.....	27
Şekil 2.22. 2007, 2008 ve 2009 yıllarındaki mevsimsel toz taşınım ortalamaları.....	28
Şekil 2.23. 2009 ve 2010 yıllarında Türkiye'de aylara göre tozlu gün sayılarını gösteren grafikler.....	29
Şekil 2.24. Çöl tozlarının bulut içerisinde Fe ³ 'ten Fe ² 'ye indirgenmesini.....	31
Şekil 2.25. Çöl tozlarının bulut içerisinde Fe ³ 'ten Fe ² 'ye indirgenmesinin oluşmaması...	31
Şekil 2.26. Çöl tozlarının bulut içerisinde bereketli yağış haline gelmesi için gereken Koşullar.....	32
Şekil 2.27. Sahra tozunun ıslatılmasından 15 dakika sonra okzalit üretimini gösteren IC kromatogramı.....	33
Şekil 2.28. Türkiye'de toplanan toz örneklerinin bakteri ve mantar dağılımı.....	34
Şekil 2.29. SEM fotoğrafı -EDX spectra (a) illit parçacığı, (b) aluminosilikat parçacığı muhtemel simektiti kalsit parçacığıyla, 6(c) aluminosilikat.....	37
Şekil 2.30. X Işınları Kırınım Analiz Yöntemiyle Sahra Çöl Toprağının Mineral Analizi (d: kristallerin kırınım yüzey indisleri).....	38

Şekil 2.31. Çöl Tozu-Ekosistem İlişkileri	39
Şekil 2.32. Boyutlarına göre partikül maddelerin solunum sisteminde ulaşabileceği noktalar	45
Şekil 2.33. Tozların Üst solunum yollarında birikme partikül büyüklüğü.....	46
Şekil 2.34. Partiküllerin Alveollerde birikimi	46
Şekil 2.35. Şanlıurfa'da Çöl Tozların Görüntüsü 13.03.-24.04.2012.....	49
Şekil 2.36. Şanlıurfa'da Çöl Tozların Görüntüsü 13.03.-24.04.2012.....	49
Şekil 2.37. Çöl Tozlarının Yapraktaki Stoma ve Epidermis Hücrelerin Yapısına Etkisi	51
Şekil 3.1. Toz Ölçüm Cihazının Kurulduğu Çalışma Alanı.....	53
Şekil 3.2. Cihazın Harran Üniv. Osmanbey Kamp. Çevre Müh. Bölümü Çatısına kurulması.	54
Şekil 3.3. Toz toplama cihaz ünitesinin genel görünümü.....	55
Şekil 3.4. Toz toplama cihazının şematik gösterimi.....	55
Şekil 3.5. Filtre kasetini oluşturan parçalar.....	56
Şekil 3.6.a.b.FiltreKaset Parçaları	57
Şekil 3.7. Filtre Değişim Kabini.....	57
Şekil 3.8. Kasetin Yerleştirildiği Silindir ve Koruma Kabı.....	58
Şekil 3.9. Bölgesel izleme 2. numaralı kamera görünümü.....	59
Şekil 3.10 Bölgesel izleme 2. numaralı kamera görünümü.....	59
Şekil 3.11.Cihaz sayacının izlendiği 3 numaralı kamera görünümü.....	60
Şekil 3.12. Ups Cihazı.....	60
Şekil 3.13. Kameraların izlendiği takip odası.....	61
Şekil 3.14. Şanlıurfa 2008-2012 yılları arasında 5 yıllık sıcaklık ortalaması.....	62
Şekil 3.15. Şanlıurfa 2008-2012yılları arasında 5 yıllık sıcaklık aylık ortalaması.....	62
Şekil 4.1. 1.1.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	69
Şekil 4.2. 7.1.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	70
Şekil 4.3. 28.02.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	71
Şekil 4.4. 14.03.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	72
Şekil 4.5. 02.04.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	73
Şekil 4.6. 11.04.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	73
Şekil 4.7. 11.05.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	74
Şekil 4.8. 12.05.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	75
Şekil 4.9. 29.05.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	75
Şekil 4.10. 05.06.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	76
Şekil 4.11. 06.06.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	76
Şekil 4.12. 30.07.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	77
Şekil 4.13. 31.07.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	77
Şekil 4.14. 04.08.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	78
Şekil 4.15. 20.09.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	79
Şekil 4.16. 21.09.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	79
Şekil 4.17. 22.09.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	80
Şekil 4.18. 03.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	81
Şekil 4.19. 04.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	81
Şekil 4.20. 05.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	82
Şekil 4.21. 06.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	82
Şekil 4.22. 07.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	83
Şekil 4.23. 20.11.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	83
Şekil 4.24. 21.11.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	84

Şekil 4.25. 28.02.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri.....	84
Şekil 4.26. 2012 yıllık PM10 ve AB standart değeri.....	87
Şekil 4.27. 2012 yıllık PM 2.5 ve AB standart değeri.....	88
Şekil 4.28. 2012 yıllık PM10, PM 2.5ve AB standart değeri.....	88
Şekil 4.29. İlkbahar PM10 ve PM2.5 değeri.....	89
Şekil 4.30. Yaz ayı PM10 ve PM2.5 değeri.....	90
Şekil 4.31. Sonbahar ayı PM10 ve PM2.5 değeri.....	91
Şekil 4.32. Kış ayı PM10 ve PM2.5 değeri.....	92
Şekil 4.33. PM 10 ve AB standartının Hastahaneye başvuran hasta sayısı ile ilişkisi.....	96
Şekil 4.34. PM2.5 ve AB Standartının Hastahaneye başvuran hasta sayısı ile ilişkisi.....	97
Şekil 4.35. PM ₁₀ örneklerinde Al ve Fe arasındaki ilişki.....	106
Şekil 4.36. PM ₁₀ örneklerinde Al ve Ti arasındaki ilişki.....	107
Şekil 4.37. PM ₁₀ örneklerinde Al ve Mg arasındaki ilişki.....	108
Şekil 4.38. PM ₁₀ örneklerinde Al ve Ca arasındaki ilişki.....	109
Şekil 4.39. PM ₁₀ örneklerinde Al ve K arasındaki ilişki.....	109
Şekil 4.40. PM ₁₀ örneklerinde Al ve Na arasındaki ilişki.....	110
Şekil 4.41. PM ₁₀ örneklerinde Al ve Si arasındaki ilişki.....	110
Şekil 4.42. PM ₁₀ örneklerinde Al ve Cr arasındaki ilişki.....	111
Şekil 4.43. PM ₁₀ örneklerinde Al ve Cu, Pb ve Zn arasındaki ilişki.....	112
Şekil 4.44. Elementler arası Faktör analizi.....	114
Şekil 4.45. Elementler arası Faktör analizi gruplaması.....	115
Şekil 4.46. Mart ayında Şanlıurfa'da toz taşınım görüntüsü.....	117
Şekil 4.47. Şanlıurfa'da tozlu ve tozsuz günlerin görüntüsü.....	118
Şekil 4.48. Mart ayı Sahra Çölü kaynaklı toz taşınım görüntüsü.....	119
Şekil 4.49. Nisan ayı Suriye çölü kaynaklı toz taşınım görüntüsü.....	119
Şekil 4.50. Eylül ayı Suriye ve Sahra çöllerinin görüş mesafesine etkisi.....	120
Şekil 4.51. Ekim ayı Suriye ve Sahra çöllerinin görüş mesafesine etkisi.....	120

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Kaynaklarına göre atmosferik tozlar	4
Çizelge 2.2. Partikül şeklindeki kirletici emisyonları	8
Çizelge 2.3. Uzun Mesafeli Toz Taşınım Örnekleri.....	21
Çizelge 2.4. Çöl Tozlarında Bulunan Temel Bileşikler	38
Çizelge 2.5. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Koruma Yönetmeliği PM10 değeri.....	41
Çizelge 2.6. Hava kalitesinin Afrika ve diğer bölgelerle karşılaştırılması.....	44
Çizelge 4.1. PM10 Filtrelerin Makro element kimyasal analiz içeriği.....	101
Çizelge 4.2. PM10 Filtrelerin Mikro element kimyasal içeriği.....	103
Çizelge 4.3. Elementlerin Faktor anlazi hesap tablosu.....	113

SİMGELER DİZİNİ

AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer (geliştirilmiş çok yüksek çözünümlü radyometre)
EPA	Environmental Protection Agency
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
HYSPLIT	Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory
PM	Partikül Madde
KAS	Kuzey Atlantik Salınımı
ODTÜ- DBE	Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü
µm	mikro metre
mm	mili metre
mT	maritim tropikal
TIROS-N	Television Infrared Observation Satellites
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Yeryüzü şekilleri, topografik yapı ve iklimsel koşullara bağlı olarak son yüzyılda ekstrem iklimsel hareketleri görülmeye başlamıştır. Dünya'nın bazı bölgelerinde uzun süredir görülmeyen kuraklık etkisini gösterirken, bazı bölgelerinde ise aşırı yağışlar meydana gelmekte ve doğal afetlere neden olmaktadır. Bu iklimsel hareketlere bağlı olarak gıda üretim ortamı olan toprak ve tarımsal ürünler önemli ölçüde etkilenmektedir. Dünyanın konumu, jeomorfolojik yapısı dışında, basınç değişimleri sonucu oluşan hava hareketleri kurak ve yarı kurak bölgelerdeki toprakları (kum, silt, kil boyutunda) hareket ettirerek uzak mesafelere kadar taşımaktadır. Bu taşınım hem kalktığı alandaki toprak kalitesine hem de taşındığı alandaki çevreye zarar verebilmektedir.

Belirli bir noktadan doğal ve yapay (antropojenik) kaynaklarla atmosfere salınan partiküller, hakim rüzgârların vasıtasıyla atmosferde uzun mesafeler kat ederek yerel ve küresel ölçekte hava kalitesini bozmaktadır. Rüzgarlar, 50 µm'den daha küçük boyuttaki katı partiküllerin yeryüzünden havalanmasına ve atmosfer içerisinde çok uzak mesafelere taşınmasına neden olabilmektedir. Bunun ötesinde çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük ve atmosferdeki miktarları milyonlarca ton olabilen partiküller her yıl bu yolla kaynaklarından uzaklara taşınmaktadır (Wark ve Warner, 1981; Ridgwell, 2002).

Yeryüzünün yaklaşık beşte biri çöllerle kaplıdır. Sahra Çölü, dünyadaki diğer çöllerden çok daha fazla uçucu toz üretmekte ve bu tozlar taşınım sürecinde uğradıkları değişimler ile iklimsel prosesler, besin zincirleri, toprak oluşumu ve sediment döngülerinde önemli rol oynamaktadır (Goudie ve Middleton, 2001). Sahra çölünün her yıl atmosfere çeşitli yönlerde dağılan 1-1,5 milyar ton toz saldıdığı bilinmektedir (Moulin ve ark., 1998).

1.1. Çalışmanın Amacı

Son yıllarda, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde meydana gelen çöl tozlarının yıl içerisindeki tekrarlama sayısındaki göreceli artış dikkati çekmektedir. Bu tozların kaynağı, yıl içindeki geliş periyodu, sağlık, çevre ve bitkiye etkisi ve toz içeriğinin bilinmesi tarıma ve çevreye olan etkisinin tahmininde önemli bilgileri oluşturacaktır.

Bu çalışmayla uydu, hysplit programı, bölgesel kameralar ile tozların kaynaktan ülkemize gelişini izlenmiştir. Tozların özellikle Sahra çölü, Suriye çölü ve Arap yarım adasından geldiği tespit edilmiştir. ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü (DBE) işbirliği ile Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Binası çatısına kurulan hava kalitesi belirleme cihazıyla günlük olarak PM10 ve PM2.5 toplanılıp tozun miktarı belirlenmiştir.

Bu araştırmanın amacı, Şanlıurfa ilini ve çevresini etkileyen çöl tozlarının geliş zamanlarını ve yönlerini uydu verileriyle izlemek, gelen tozların (PM10 ve PM2.5) tanecik boyutlarına göre cihazla yakalayarak içeriklerini belirlemek, çevre, sağlık ve tarım üzerine olan etkilerini araştırmaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**2.1. Tozun Tanımı, Kaynakları ve Sınıflandırılması**

Çapı 100 µm'den daha küçük, rüzgârlar vasıtasıyla taşınıp, havada asılı kalabilen veya zamanla çökelebilen parçacıklar toz olarak tanımlanır (Güyağüler ve Durucan, 1985). Tozlar tane boyutlarına göre 3 gruba ayrılır;

a-) Normal Toz: Boyutları 10 µm'den daha büyük olan tozlardır. Durgun bir havada boyutlarına ve ağırlığına bağlı olarak sürekli artan bir hızla yere çökelirler. Taşınabilmeleri için şiddetli hava hareketlerine ihtiyaç vardır.

b-) İnce Toz: Çapları 0,1 ile 10 µm arasında olan parçacıklardır. Bu partiküller daha küçük oldukları için daha kolay taşınma uğrarlar durgun bir havada sabit bir hızda yavaş yavaş çökelirler. Bu tozlar solunum yoluyla alveollere kadar ulaşır ve pnömokonyoz adı verilen akciğer toz hastalıklarına neden olurlar (Baysal, 1979).

c-) Çok İnce Toz: 0,1 µm ve bundan daha küçük çaplı taneciklerdir. Sürekli hareket halinde olan bu parçacıklar hiç yere çökelmeden çok uzun mesafelere taşınabilirler (www.maden.org. tr).

Atmosferik parçacık kaynaklarını şöyle sınıflayabiliriz:

- Çöl kumları.
- Biyokütle yanmalarından ve yanardağ patlamalarından ortaya çıkan duman (orman yangınları)
- Diğer insan kaynaklı atmosfer kirleticileri (Endüstriyel faaliyetler, araçların emisyon gazları....)
- Denizlerden atmosfere karışan deniz tuzları ve damlacık formundaki su buharı
- Uçucu organik bileşiklerden oluşan ikincil organik bileşikler

Atmosferdeki tozların çok büyük bir kısmı çöllerden kaynağını alıp rüzgârlarla atmosferde dolaşan çöl tozlarıdır. Atmosferdeki tozlar içerisinde en az paya sahip olanı ise uzun yıllar sonucu meydana gelen volkanik faaliyetlerle atmosfere yayılan küllerdir. Ülkemizi’de yoğun olarak etkileyen tozların birçok miktarı Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi kaynaklar içerisinde yüksek oranda yer alan rüzgarlarla taşınan tozlar oluşturmaktadır.



Şekil 2.1. Atmosfere karışan atmosferik parçacıkların kaynakları

(www.mpch-mainz.mpg.de/-kosmo)

Çizelge 2.1. Kaynaklarına göre atmosferik tozlar (Niriagu, 1979; Lantzy ve Mackenzie, 1979; Saydam, 1991)

Toz kaynakları	Miktarları (x1000 ton/yıl)
Rüzgarla taşınan toz	5000
Orman yangınları	36
Volkanik parçacıklar	10
Tarımsal faaliyetler	75
Deniz tuzu	1000
Endüstriyel aktiviteler	200

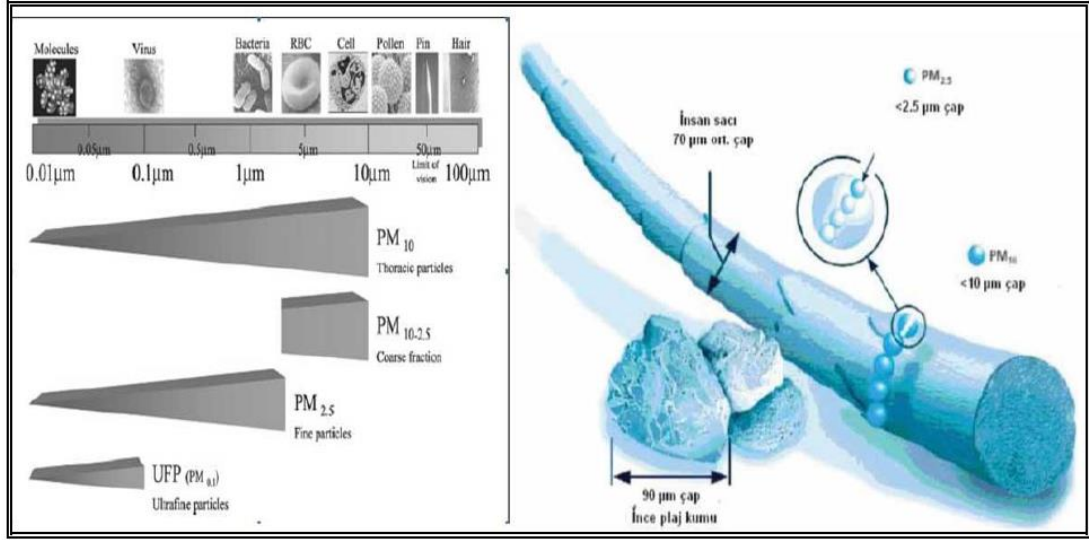
2.2. Partikül Maddeler ve Tane Boyutları

Partikül madde, atmosferde asılı bulunan katı partiküllerin ve sıvı damlacıkların bir karışımıdır. Partikül boyutları çok geniş bir aralığa sahiptir. Toz duman, is gibi bazı partiküller gözle görülebilecek kadar büyüktür. Bunun yanında ancak mikroskopla görülebilen boyutlarda partiküller de bulunmaktadır. Partikül boyutu, partiküllerin kaynaklarının, atmosferik proseslerin oluşum mekanizmalarının, depolanma/giderim proseslerinin belirlenmesinde kritik rol oynayan en önemli parametredir. Aynı zamanda, PM ile insan solunum yolu sistemi ve bununla ilgili sağlık etkileri ilişkilerinin belirlenmesinde de partikül boyutu anahtar rol oynamaktadır.

Partikül madde (PM), rüzgar, deniz ve volkanlar gibi doğal kaynaklardan veya antropojenik kaynaklı aktivitelerden ortaya çıkan ve bir gaz içerisindeki ince katı veya sıvı maddelerin oluşturduğu süspansiyon olarak tanımlanır ve literatürde genel olarak aerosol olarak geçer (Seinfeld ve Pandis, 2006). ABD Environmental Protection Agency (EPA) havadaki tozlar için belirli standartlar ortaya koymuş ve tozları PM10 (10 µm kadar olan parçacıklar) ve PM2.5 (2.5 µm'dan daha küçük parçacıklar) olarak sınıflandırmıştır. PM10 (kaba partiküller) ve PM2,5 (ince partiküller), Sırasıyla aerodinamik çapı 10 ve 2,5 µm'den küçük partiküllerin kütlelerini temsil etmektedir. Tozlar, doğada PM'in kaynakları ve bileşimi çok karmaşıktır. Troposferdeki PM'in ise önemli bir kısmı insan kaynaklıdır ve sülfat, amonyum, nitrat, sodyum, klor, iz metaller, karbonlu maddeler, toprak elementleri ve su içerir (Seinfeld ve Pandis, 2006).

Genel olarak katı ve sıvı yakıtların yanmasında, motorin ve kurşunlu benzin kullanan taşıtlar, termik santraller gibi yanma işlemlerinden ve bazı endüstriyel aktivitelerden kaynaklanır. İlaveten atmosferik gazların dönüşümüyle oluşurlar. Kaba partiküller genellikle mekanik yollarla üretilirler. Çekirdek aerosoller buhar yoğunlaşması veya gaz-partikül dönüşüm boyunca oluşurken, birikme modu partikül maddeler çekirdek partiküllerin koagülasyonu veya buhar yoğunlaşması yoluyla oluşurlar (Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2010).

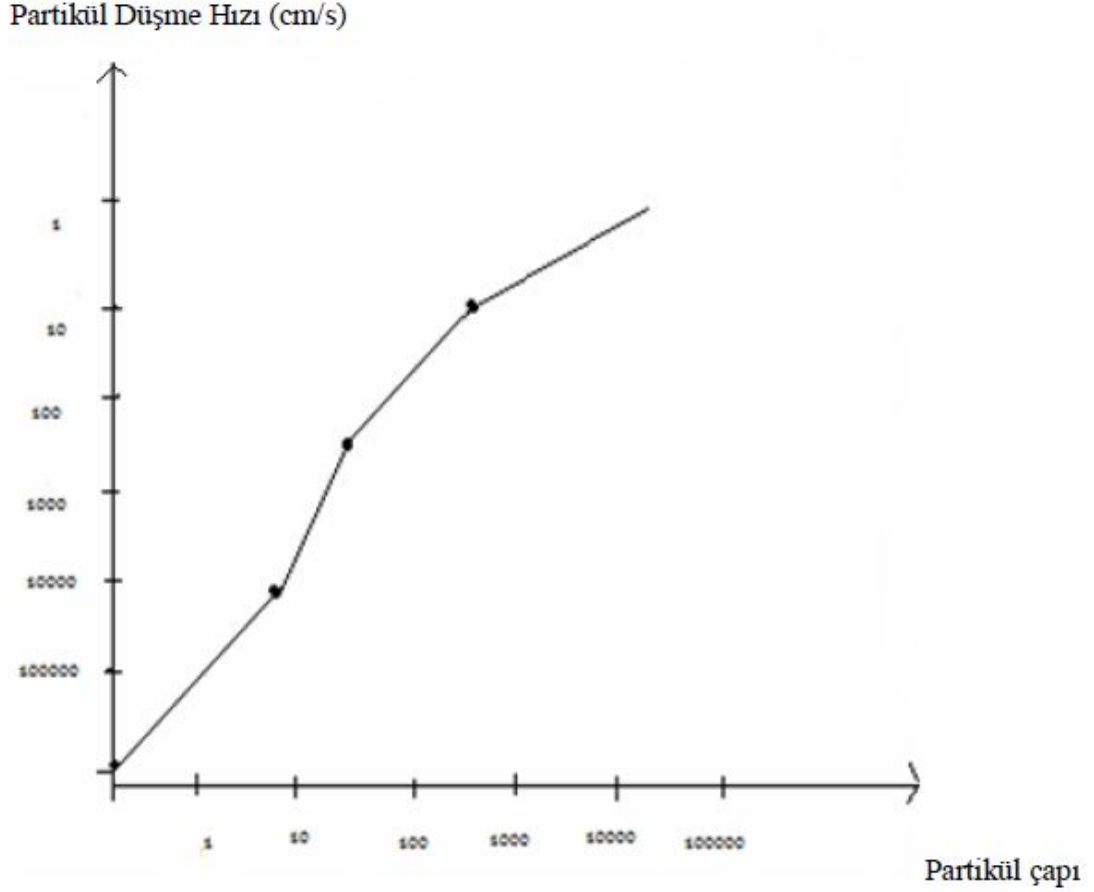
Partikül madde kirliliğine ilişkin başlıca sorunlardan birisi, uçucu parçacık kirliliğinin, parçacıkların boyutuna ve oluşacak yağış zamanına bağlı olarak atmosferde bir süre asılı kalmasıdır. Örneğin çapı yaklaşık $10\ \mu\text{m}$ 'den daha büyük olan iri ve ağır parçacıklar atmosfere salındıktan sonra havada yaklaşık birkaç gün kalır, sonra yere iner. Buna karşın, çapı yaklaşık $1\ \mu\text{m}$ 'den ($0,001\ \text{mm}$) küçük ve hafif parçacıklar alt atmosferde haftalarca asılı kalabilir. Çapı $10\ \mu\text{m}$ 'den ($0,01\ \text{mm}$) küçük olan ince parçacıklar PM10 olarak adlandırılır. Bu boyuttaki parçacıklar akciğerlerin doğal savunma düzeneklerini geçerek içeriye girecek kadar küçük oldukları için önemli bir halk sağlığı tehdidi ve tehlikesi yaratır. Ayrıca, rüzgâr sistemleri, bu küçük parçacıkları yeryüzüne ulaşmadan önce çok uzaklara taşıyabilir. Çapı $2,5\ \mu\text{m}$ 'den küçük olan ve PM2.5 olarak adlandırılan parçacıklar özellikle daha tehlikeli olarak kabul edilir. Bu parçacıkların akciğerlerin savunma düzeneklerini aşarak akciğerlere girme, bu yüzden de insan sağlığı açısından daha büyük bir risk oluşturma olasılığı daha yüksektir. Özellikle geniş ölçekli cephesel hava sistemlerine bağlı olarak oluşan yağışlar bu parçacıkları havadan uzaklaştırır, yani yeryüzüne inmesine neden olur (Şekil 2.2) (Türkeş, 2010).



Şekil 2.2. Partikül Maddelerin Karşılaştırmalı Tane Boyutları (McCormack, 2011; Tecer, 2011)

Bu büyüklük sınıfları içerisinde kalan parçacıkların asılı halde kalma süresi birkaç saniyeden birkaç aya kadar değişir. Partiküllerin asılı halde kalmasına tesir eden

en önemli faktör büyüklük çaplarıdır. Büyüklük çapları ile çökme hızı arasındaki ilişki Şekil 2.3’de gösterilmiştir (Okay,1996).



Şekil 2.3. 30°C ve 760 mm de partikül yoğunluğu 1g/cm³ olan partiküllerin büyüklüğüne göre havadaki düşme hızı (Okay,1996)

2.3. Hava kalitesini etkileyen Partikül Maddelerin Kaynakları ve Sınıflandırılması

Hava kalitesinde partikül maddeler çok önemli bir yer kaplamaktadır. Bunun başlıca nedeni insan sağlığı olmak üzere görüş mesafesinin azalması bitki ve çevre kirliliği gibi birçok direkt veya dolaylı etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda rol oynayan partikül şeklindeki kirlenici emisyonların tanımları iriliklerine, yoğunluklarına ve kimyasal yapılarına bağlı olarak aerosol, duman, is ve toz şeklinde isimlendirilmektedir. Bu tanımlar Çizelge 2.2’ de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Partikül şeklindeki kirletici emisyonları (Hallet ve ark., 1996)

Kirletici adı	Açıklama
Tanecik (partikül)	Boyutları 0.001 μ m - 500 μ m arasında değişen katı ve sıvı kütlelerdir. 10 μ m altında olanlar askıda kalabilir. Büyük tanecikler ise çökebilir.
Aeresol	Gaz ortamında koloidal büyüklükte dağılmış pozitif veya negatif yada yüksüz katı ve sıvı parçacıklardır.
Duman	Tam olmayan yanma sonucu oluşan yoğunlukla karbonla ve diğer yanabilen maddeleri içeren parçacıklar olup boyutları 1 μ m den küçüktür.
is	Karbonlu bileşiklerin tam yanmaması sonucu katran ile yapışarak aglomera olan ve havadan dağılan 0.5 μ m den küçük karbon tanecikleridir.
Toz	Gaz ortamında geçici olarak asılı halde bulunan ve boyutları 1-10 μ m arasında değişen katı taneciklerdir.
Uçucu kül (füme)	Katı yakıtların yakılmasından 1-200 μ m boyutlarında bulunan ve bünyesinde yakıtında yer aldığı yanma gazlarındaki küllerdir.

Bu tanımlardan sonra hava kirliliği; doğal olaylar, sosyal ve ekonomik etkinlikler sonucu oluşan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol biçimindeki kirleticilerin havanın doğal bileşimi ve yapısını olumsuz yönde etkileyerek, insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunması olayıdır (www.havaizleme.gov.tr).

2.4. Partikül Madde Kaynağı Çöllerin Oluşum Nedenleri

Dünyadaki çöller, çöl tozlarının kaynaklarını oluşturmaktadır. Çöl tozları boyutları mikronlarla ifade edilen ve kaynağını çöllerden alıp, havada asılı kalarak

hava hareketlerinin etkisiyle taşınma uğrayabilen ve çökelebilen partiküllerdir. Çöllerdeki bu tozların boyutları 3 sınıfı da ihtiva etmektedir.

Çöller, genel olarak 3 nedene bağlı olarak oluşmaktadır.

1. Subtropikal Kuşaktaki Yüksek Basınç Koşulları

30° Kuzey ve Güney enlemleri boyunca genel atmosfer sirkülasyonuna bağlı olarak oluşan dinamik yüksek basınç koşulları sonucunda bu bölgelerde geniş alanları kaplayan sıcak ve kurak çöller oluşmuştur. Bu çöllere örnek olarak Büyük Sahra, Kalahari, Arabistan, Atacama ve Sonora çölleri verilebilir.

2. Denizden Uzaklık ve Topoğrafik-Oroğrafik Özellikler (Dışa kapalılık ve hava kütlelerinin sokulamaması)

Şiddetli karasallık ve denize olan uzaklık, topoğrafik şartlar sonucunda denizlerin etkisinin iç kesimlere ulaşamaması neticesinde oluşan kurak çöllerdir. Bunlara örnek olarak Gobi, Taklamakan, Karakum ve Kızılkum çölleri verilebilir.

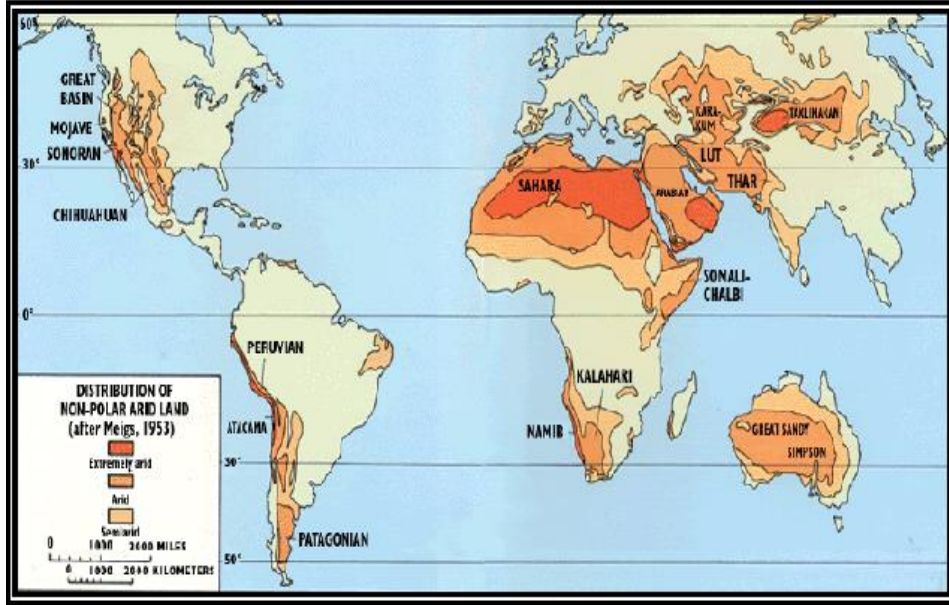
3. Tropikal ve Subtropikal Kuşaktaki Soğuk su Akıntıları

Humboldt ve Bengale soğuk su akıntılarının G. Afrika ile G. Amerika'nın batısında oluşturdukları çöllerdir. Örnek olarak Atacama, Kalahari çölleri verilebilir. Çöl bölgelerinde yıllık yağış 30-40 mm'yi geçmemektedir. Nisbi nem oranı % 5-30 arasındadır (Dönmez, 1990).

2.5. Dünya'daki Başlıca Büyük Çöller

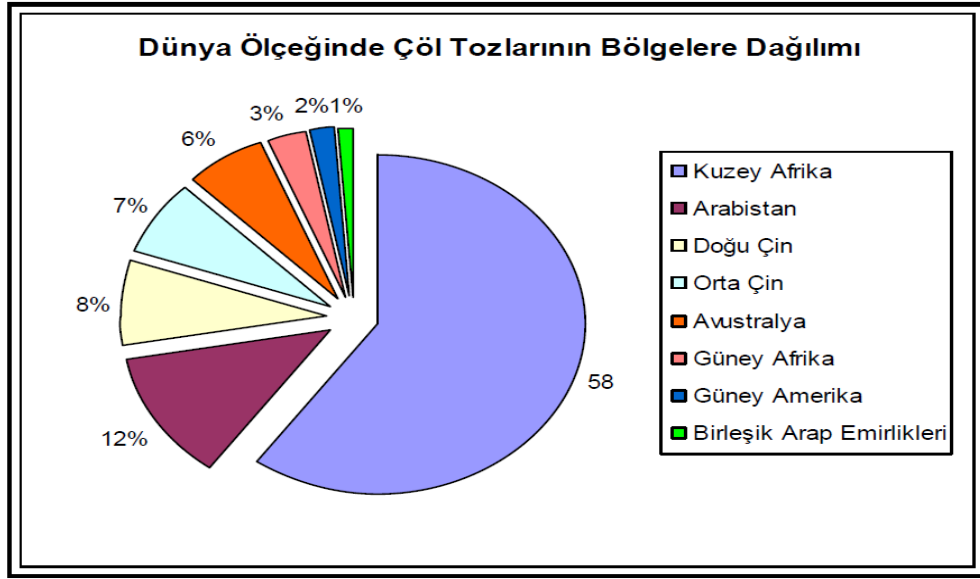
Atmosferdeki tozlar içerisinde en büyük paya sahip olan sıcak çöllerdeki çöl tozlarıdır. Dinamik etkenlerle veya karasallığa bağlı olarak oluşan ve dünya yüzölçümünün yaklaşık olarak %17'sine karşılık gelen bu çöller yarımkürelerde kara ve deniz dağılımının farklı olmasına bağlı olarak kuzey yarımkürede daha geniş yer tutmaktadır. Kara ve denizlerin yarımkürelere dağılımındaki dengesizliğe bağlı olarak çöller daha çok kuzey yarımküre'de toplanmıştır. Bunlardan en önemlileri Kuzey Afrikada'ki Sahra Çölü, Asya'daki Gobi ve Taklamakan çölleri, Kuzey Amerika'daki Colorado ve Texas çölleridir. Yüzölçüm bakımından oldukça küçük olan İran'ın Zabol

ve Afganistan'ın Farah bölgesindeki çöllerde bölgesel olarak çöl tozlarına kaynaklık etmektedir. Güney Afrikada'ki Kalahari Çölü, Avustralya'nın orta kesimindeki Büyük Victoria, Simpson ve Güney Amerika'daki Atacama, Patagonya Çölleri ise Güney Yarım Küre'nin önemli toz kaynaklarıdır.



Şekil 2.4. Dünya üzerinde çöllerin dağılımı (<http://www.usgs.gov>)

Dinamik etkenlere ya da karasallığa bağlı olarak oluşan ve atmosferdeki tozların büyük bir bölümünün kaynağı olan çöllerin atmosfere kattığı toz oranı da aynı değildir. Bu alanda Kuzey Afrika'daki Büyük Sahra Çölü atmosfere her yıl yaklaşık 1 milyar ton toz katarak birinci sırada yer almaktadır (Şekil 2.5) (Saydam, 2010) .



Şekil 2.5. Dünya genelinde çöl tozlarının bölgelere göre dağılışı (Engelbrecht ve Derbyshire, 2010)

Bugün dünyada en önemli doğal mineral çöl tozu kaynakları, Kuzey Afrika'da Sahra-Sahel Bölgesi ve Orta Asya'da Gobi-Taklamakan bölgeleridir (Harrison ve ark., 2001). Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak yapılan global ölçekteki çalışmalar, en aktif toz kaynak bölgelerinin özellikle kumlu alanların ve taşkın ovalarındaki nehirlerin birbirine karıştığı kara drenaj havzalarının en düşük zonlarında olduğunu göstermektedir. Bir alanda çöl tozlarının yoğun şekilde oluşabilmesi için o yerin kurak bir iklime sahip olması, flüvyal süreçlerin yoğun olduğu bir yerde bulunması güçlü topoğrafik röliefe sahip ve çoğunlukla plüvyal dönemler boyunca depolanan derin kuaterner alüvyon depolarına sahip olması gerekmektedir (Engelbrecht ve Derbyshire, 2010).

Global ölçekte Kuzey Yarımküre'de bulunan en geniş ve en yoğun toz kaynakları Kuzey Afrika'nın batı sahilleri, Orta Asya ve Ortadoğu'da bir kuşak halinde uzanmaktadır.

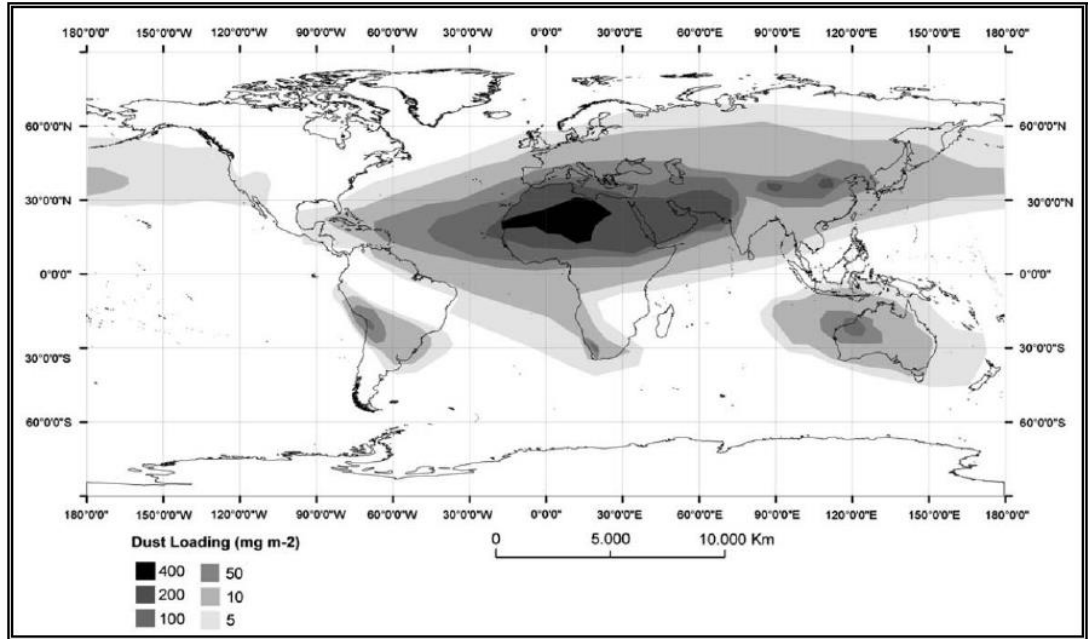
Güney Yarımküre'deki kaynaklar daha az öneme sahip olup toz çıkışları ve depolanmaları son yıllarda Avustralya'da yoğunlaşmıştır. Dünya atmosferine her yıl en azından 1 milyar ton toz katkıda bulunan Kuzey Afrika, dünyanın en geniş mineral

çöl tozu kaynağı olarak düşünülür. Bu muazzam toz miktarı bu bölgedeki arazinin şekillenmesinde deflasyon ve abrazyonun anahtar bir rol oynadığını göstermektedir. Kuzey Afrika'nın iki önemli çöl tozu kaynağından biri, dünyanın en yoğun toz kaynağı olan Bodele Depresyonu, diğeri ise Doğu Moritanya, Batı Mali ve Güney Cezayiri içeren Batı Sahra'dır. Bu bölgeler için toz üretimde doğal faktörler, antropojenik faktörlerden daha fazla öneme sahiptir (Laity, 2008).

2.5.1. Afrika Kıtası Çölleri

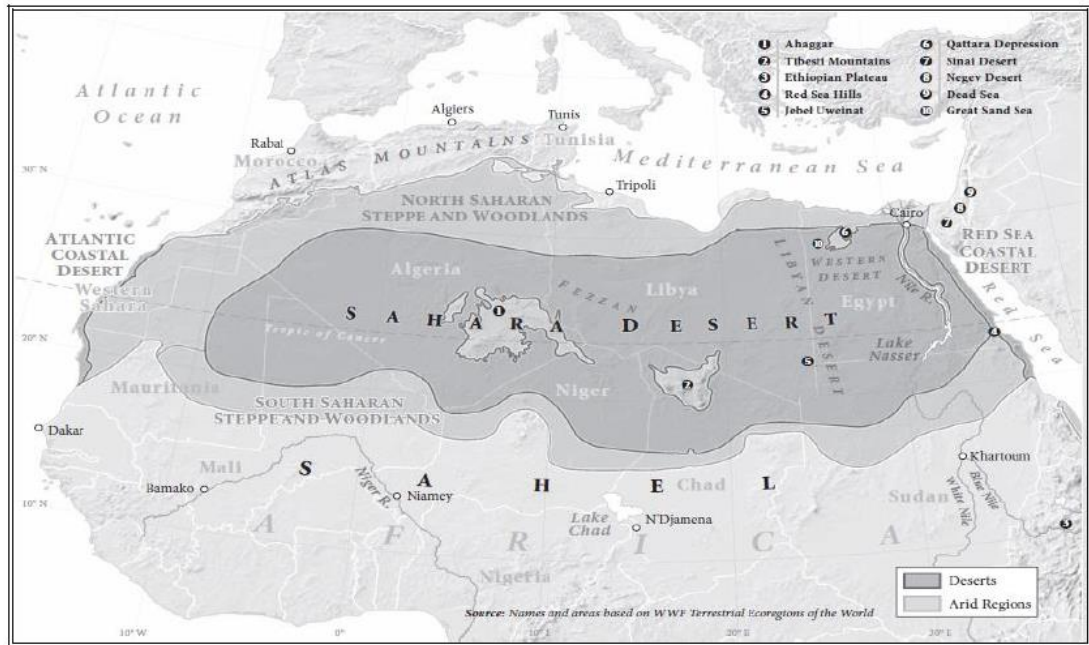
Afrika kıtası kuzey ve güney yarım kürenin 30° enlemlerinde yer alması ve karasal bölgeleri de bünyesinde barındırmasına bağlı olarak kurak bölgeler bakımından oldukça zengindir. Dünyadaki kurak alanların üçte birini barındıran Afrika'nın kuzeyinde Büyük Sahra ve Somali-Chalbi Çölü, güneyinde Karo, Kalahari, Namib ve Madagaskar çölleri yer almaktadır (Laity, 2008).

Bugün dünyada en önemli doğal mineral çöl tozu kaynakları, Kuzey Afrika'da Sahra-Sahel Bölgesi ve Orta Asya'da Gobi-Taklamakan bölgeleridir (Şekil 2.6) (Harrison ve ark., 2001).



Şekil 2.6. Yeryüzünde Çöl Tozlarının Coğrafi Dağılışı (Longueville ve ark., 2010)

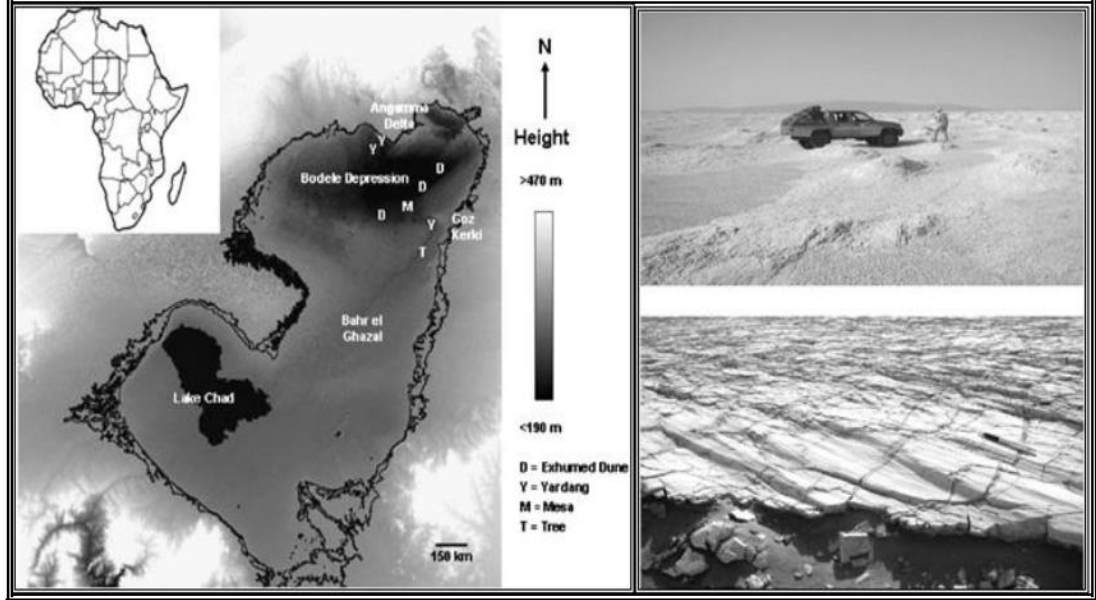
Sahra Çölü, 9.149.000 km²'lik alanıyla ABD'den daha geniştir. Doğu-batı yönünde 5000 km, kuzey-güney yönünde 1500 km'lik bir alana sahiptir. Kuzeyinde Akdeniz, güneyinde ise Sahel diye adlandırılan bir geçiş bölgesi bulunur (Şekil 2.7). Bölgede en önemli su kaynağı Nil Nehri'dir. Sahra Çölü, güçlü rüzgarlar, düşük nemlilik ve yüksek sıcaklığın olduğu aşırı kurak bir çöl bölgesidir. El Aziza (Libya)'da kaydedilmiş en yüksek sıcaklık 58 °C'dir. Kuzeydoğulu Alizeler, Sahra Çölü çevresinde hakimdir ve aynı zamanda bölgede Harmattan olarak bilinmektedir. Sahra Çölü'nde toz oluşumuna neden olan bu rüzgârlar, ITCZ'ye kadar uzanmaktadır. Harmattanın oluşturduğu çöl tozu miktarı, artan basınç gradyanı ve uzun mesafeli hava akımlarından dolayı kışın daha yüksektir (Laity, 2008).



Şekil 2.7. Sahra Çölü ve Sahel Bölgesi (Laity, 2008)

Sahra-Sahel toz koridorundan kaynaklanan çöl tozları Afrika kıtasından Atlantik'e kadar taşınmakta ve bir hafta boyunca varlığını devam ettirmektedir (Castillo ve ark., 2006). Sahra Çölü, Bodele Depresyonu, Batı Sahra, Atlas Dağları'nı güneyi ve Libya-Sudan-Mısır bölgesi olmak üzere 4 bölgeye ayırır. **Bodele Depresyonu**, sadece Sahra'da değil aynı zamanda dünyadaki en önemli toz emisyon kaynağı olarak düşünülmektedir. Çad Gölü'nde Holosen ve Pleyistosen'in ilk zamanlarına ait olan Diatomite depolarının bölgesel olarak geniş yer kapladığı ortaya

konulmaktadır (Şekil 2.8). Diatomite (Tek hücreli deniz algleri) çok yumuşak bir maddedir. Aşındırıldığında toz üretmekte ve kolaylıkla birikim alanlarına taşınabilmektedir (Goudie ve Middleton, 2006).

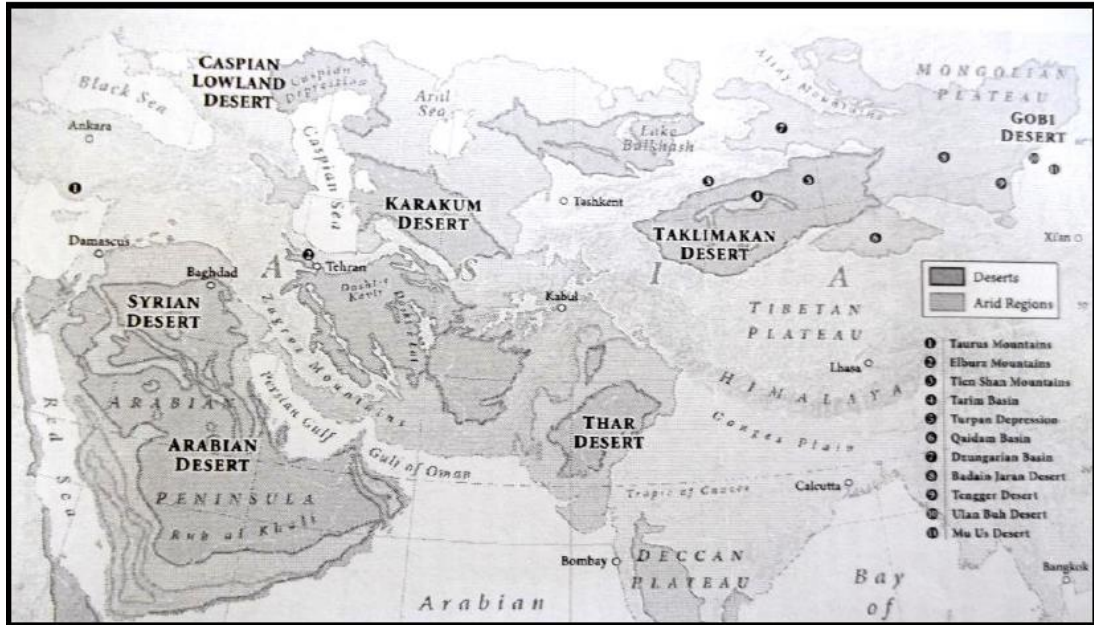


Şekil 2.8. Bodele Depresyonu'nda bulunan Diatomite Depoları (Bristow ve ark., 2009)

2.5.2. Asya Kıtası Çölleri

Türkiye'nin güneyi ve doğusunda yaz döneminde çok şiddetli sıcaklıklar hüküm sürer. Ayrıca bu dönemde Basra alçak basınç merkezinin Anadolu'ya doğru genişlemesi ile oluşan samyeli denilen kuru ve sıcak rüzgârlar, hem buharlaşmayı artırır hem de toz fırtınalarına neden olur. Bu süreçte bölge yoğun olarak Arabistan ve Suriye çöllerinden gelen tozlu havanın etkisinde kalır (Atalay ve Mortan, 2011).

Asya kıtasında bulunan diğer önemli çöl tozu kaynakları kıtanın orta ve doğusunda yer alan Taklamakan ve Gobi, Hint Yarımadasının kuzeybatısındaki Thar ve Hazar Denizi'nin doğusundaki Karakum-Kızıldkum çölleridir (Şekil 2.9). Bu çöllerden Pasifik Okyanusu'nun orta kesimlerine, Hint Okyanusu'na ve Anadolu'ya doğru toz taşınımı gerçekleşmektedir.



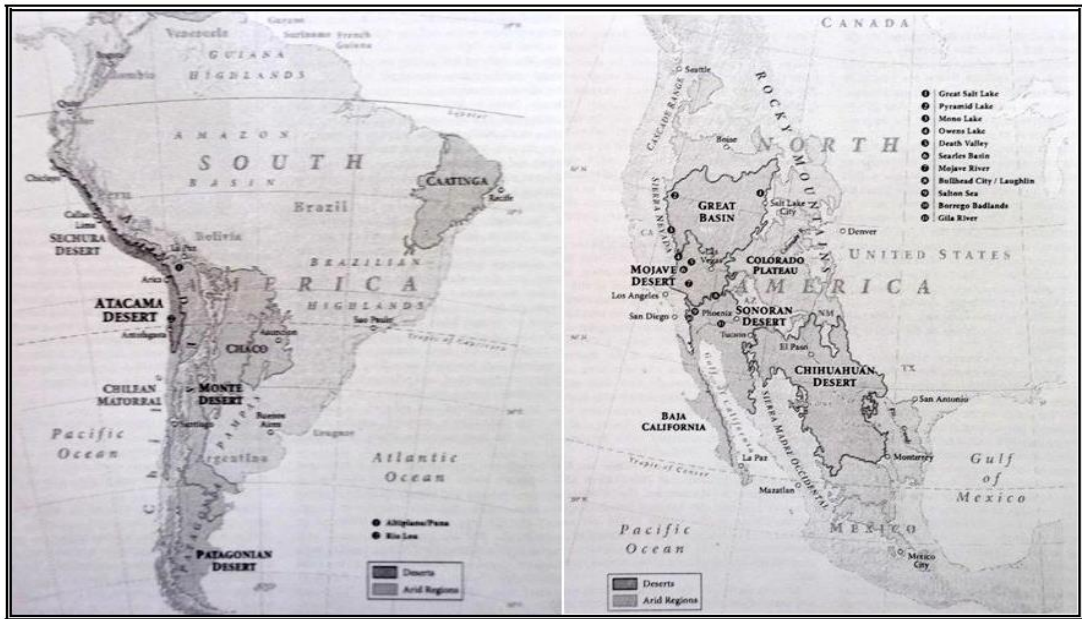
Şekil 2.9. Asya kıtasındaki çölleri (Laity, 2008)

Gobi Çölü, Orta Asya'da, Moğolistan Cumhuriyeti'nin güneyi ve Çin'e bağlı Sin-Kiang ve Kansu eyaletlerinin yakınlarındaki bölgeleri de içine alan geniş çöldür. Etrafını kayalık sıradağlar çevirmiştir. Güneyde Altun Dağ, Bei ve Yin Dağları, batıda Tanrı Dağları, kuzeyde Altay ve Hangay Dağları yer alır. Çölün uzunluğu 1600 km olup, genişliği 480–965 km arasında değişir. Gobi Çölünde karasal ve kuru bir iklim hüküm sürer. Kışları soğuk, yazları ise sıcaktır. Sıcaklık -40 ile 45 °C arasında değişir. Yağışların büyük bölümü yazın olur. Batıda yıllık yağış ortalaması 69 mm iken, kuzeydoğuda 200 mm'ye çıkar. Dünyanın beşinci büyük çölüdür. Çakıllı düzlük araziler ve kayalıklardan oluşmaktadır. Bazı yerleri kum, bazı yerleri çakıllarla kaplı olan Gobi Çölünde, bitki örtüsü dikenli çalı ve küçük otlardan ibarettir. Akarsu hemen hemen hiç yoktur. Yalnız orta büyüklükte tuzlu göllere rastlanır (Laity, 2008).

2.5.3. Amerika Bölgesi

Amerika Kıtası'nda bulunan çöller güneyde (Atakama, Mojave, Patagonya, Peru-Şili, Sechura çölleri) ve kuzeyde (Chihuahuan, Sonoran, Mojave ve Büyük Havza çölleri) toplanmıştır (Laity, 2008) (Şekil 2.10).

Kuzey Amerika'da maksimum toz, ilkbahar ve yaz aylarında olur. En önemli kaynak bölgesi Texas ve Oklahoma çevresindedir (Laity, 2008).



Şekil 2.10. Amerika Kıtası'nda Bulunan Çöller (Laity, 2008)

2.5.4. Avustralya Bölgesi

Avustralya Kıtası'ndaki çöller, Büyük Kum Çölü, Gibson Çölü, Simpson Çölü, Tanami Çölü ve Büyük Viktorya Çölü'dür (Şekil 2.11).



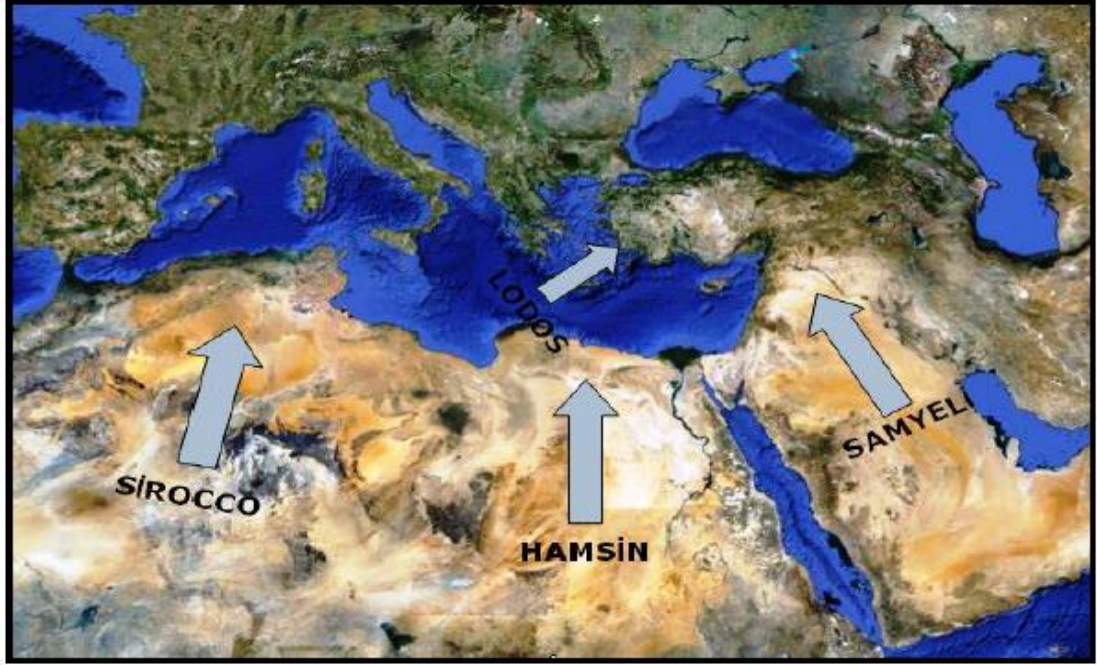
Şekil 2.11. Avustralya Kıtası'nda bulunan çöller (Laity, 2008)

2.6. Türkiye'yi Etkileyen Çöller

Türkiye ve çevresini etkileyen çöl tozları kaynaklarını özellikle Anadolu Yarımadası'na yakın olan bölgelerden almakta çeşitli yönlerden Anadolu'ya ulaşan yerel rüzgârlar vasıtasıyla taşınmaktadır. Türkiye'yi en fazla etkileyen çöllerin başında Kuzey Afrika'daki Büyük Sahra Çölü gelirken Arabistan ve İran çölleri de Anadolu ve çevresine yoğun toz taşınımının gerçekleşmesinde etkilidir (Şekil 2.12 ve 2.13).

Rüzgâr, yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru oluşan hava hareketine denir. Yeryüzünde üç ana rüzgâr kuşağı bulunmaktadır. Birincisi, subtropikal yüksek basınç merkezlerinden Ekvatordaki alçak basınç merkezine doğru esen Alize rüzgârlardır. Alizeler koriolis kuvvetine bağlı olarak Kuzey yarımkürede kuzeydoğudan-güneybatıya, Güney yarımkürede güneydoğudan-kuzeybatıya doğru eser. İkincisi subtropikal yüksek basınç merkezlerinden polar bölgelere doğru esen Batı rüzgârlarıdır. Batı rüzgârları, Kuzey yarımkürede güneybatıdan- kuzeydoğuya, Güney yarımkürede ise kuzeybatıdan-güneydoğuya doğru eser. Üçüncüsü Kutuplar çevresinden Subpolar alçak basınç alanına doğru esen Kutup doğu rüzgârlarıdır. Rüzgâr kuşakları Güneş radyasyonunun dünyadaki dağılışıyla doğrudan ilgili olmayıp

kuşaklar arasındaki basınç ilişkilerinden ortaya çıkmaktadır (Atalay, 2010). Araştırma alanına çöl kaynaklı tozların taşınmasını sağlayan rüzgarlar hamsin, siroko ve gece oluşumlu alçak seviye jetleridir.



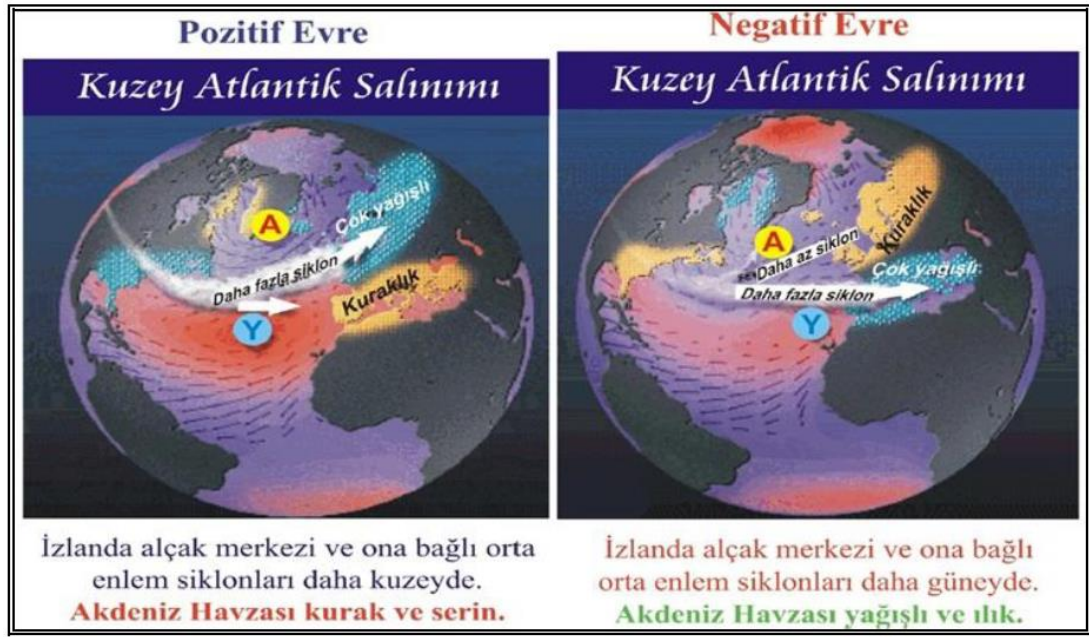
Şekil 2.12. Türkiye'ye toz taşınımını sağlayan yerel rüzgârlar



Şekil 2.13. Türkiye'nin çevresindeki toz kaynaklarını gösteren uydu fotoğrafı (www.maps.google.com)

Kuzey Atlantik Salınımı, Kuzey Atlantik'te bulunan Azor antisiklon alanı ile İzlanda siklon alanı arasındaki basınç farkı, özellikle atmosfer etkinliğinin arttığı kış mevsiminde yıllar arası farklılık gösterebilmektedir. Bazı yıllarda kış mevsiminde Azor adaları çevresinde merkezlenen yüksek basınç değerleri normalin üstünde; İzlanda Adası çevresinde merkezlenen alçak basınç değerleri de normalin altında olabilmektedir. Bazı kış mevsimlerinde ise tam tersine Azor yüksek basınç alanında normalin altında basınç değerleri, İzlanda alçak basınç alanında da normalin üstünde basınç değerleri kaydedilmektedir. Kuzey Atlantik'te meydana gelen bu meridyonel salınım Kuzey Atlantik Salınımı (North Atlantic Oscillation-NAO) olarak adlandırılmaktadır (Yetmen, 2006).

Kuzey Atlantik Salınımı (KAS) pozitif evresindeyken, Azor antisiklon alanında basınç değerleri normalden daha yüksektir. Aynı anda İzlanda siklon alanında ise basınç değerleri normalin altında seyretmektedir. Bu dönemde yer seviyesine yakın Batı Rüzgarları kuvvetlenir ve KAS indisinin negatif evresine oranla yaklaşık 8 m /sn daha hızlı eser. Batı Rüzgarları, Subtropikal Atlantik'teki maritim tropikal (mT) hava kütlelerini Kuzeybatı Avrupa'ya taşıdığından Akdeniz Havzası nemli hava kütlelerinden yararlanamamaktadır. Bunun sonucunda Akdeniz Havzası'na bu dönemde kurak şartlar hakim olmaktadır. Kuzey Atlantik Salınımı negatif fazındayken, Azor ile İzlanda arasındaki basınç farkı azalmaktadır. Azor normal basınç değerinin altında, İzlanda ise normal basınç değerinin üstündedir. Bu dönemde Batı Rüzgârları zayıflamaktadır. Bu nedenle Akdeniz Havzası, Kuzey Atlantik üzerinden yağış getiren sistemlerin etkisinde kalmaktadır (Şekil 2.14). Yapılan çalışmalar KAS'ın 2.1 ile 24.8 yıllık periyotlar içinde bir dönemselliğe sahip olduğunu göstermektedir (Yetmen, 2006).

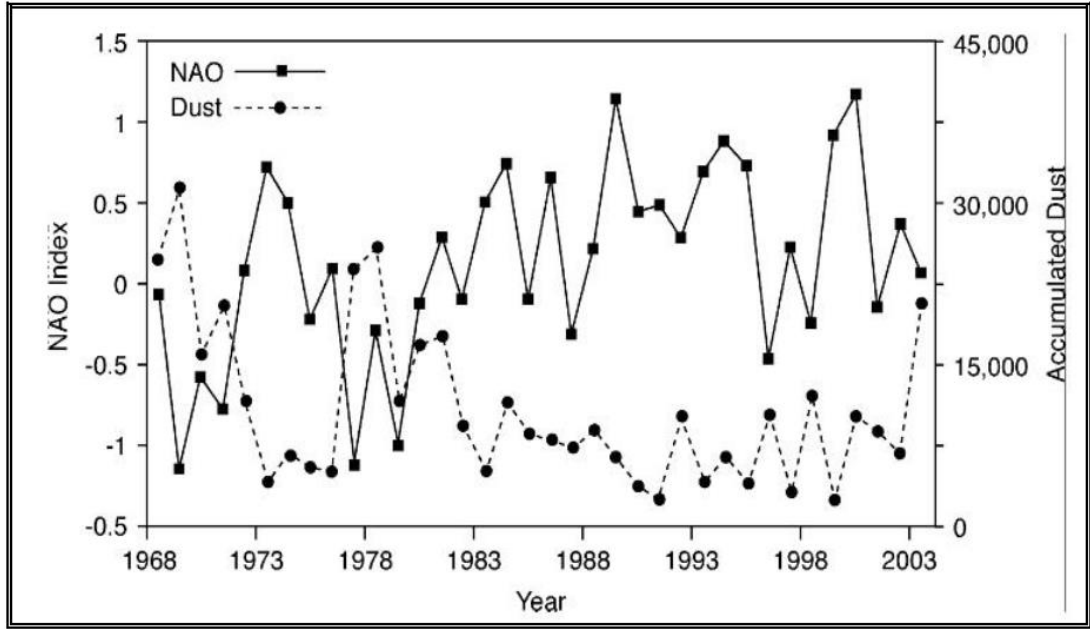


Şekil 2.14. KAS'ın Pozitif ve Negatif Dönemi (Türkeş, 2008)

2.7. Çöl Tozlarının Taşınması

Yeryüzü şekillerine, topografik yapıya, iklimsel koşullara bağlı olarak son yüzyılda ekstrem iklimsel hareketler görülmeye başlamıştır. Dünya'nın bazı bölgelerinde uzun süredir görülmeyen kuraklık etkisini gösterirken, bazı bölgelerde ise aşırı yağışlar meydana gelmekte ve doğal afetlere neden olmaktadır. Bu iklimsel hareketlere bağlı olarak gıda üretim ortamı olan toprak ve tarımsal ürünler önemli ölçüde etkilenmektedir. Yeryüzündeki iklim dengesinde yağış rejimi çok önemli bir yere sahiptir.

Dayan ve ark. (2007)' deki çalışmasında Güneydoğu Akdeniz çevresine taşınan ve biriken çöl tozlarıyla Kuzey Atlantik Salınımı arasında önemli ilişkilerin olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmada KAS'ın pozitif evresinde siklonik aktivitelerin Akdeniz çevresinde az olmasından dolayı toz faaliyetlerinin de az olduğu, buna karşılık KAS'ın negatif evresinde Akdeniz çevresinde siklonik aktivitelerin yoğunlaşmasıyla toz taşınımının artmaya başladığı belirtilmektedir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Beer Sheba (İsrail) 'de Eylül-Mayıs Arasındaki Yıllık Çöl Tozu Değişimi ve KAS'ın Aralık-Mart Dönemindeki Yıllık Değişimleri (Dayan ve ark., 2007)

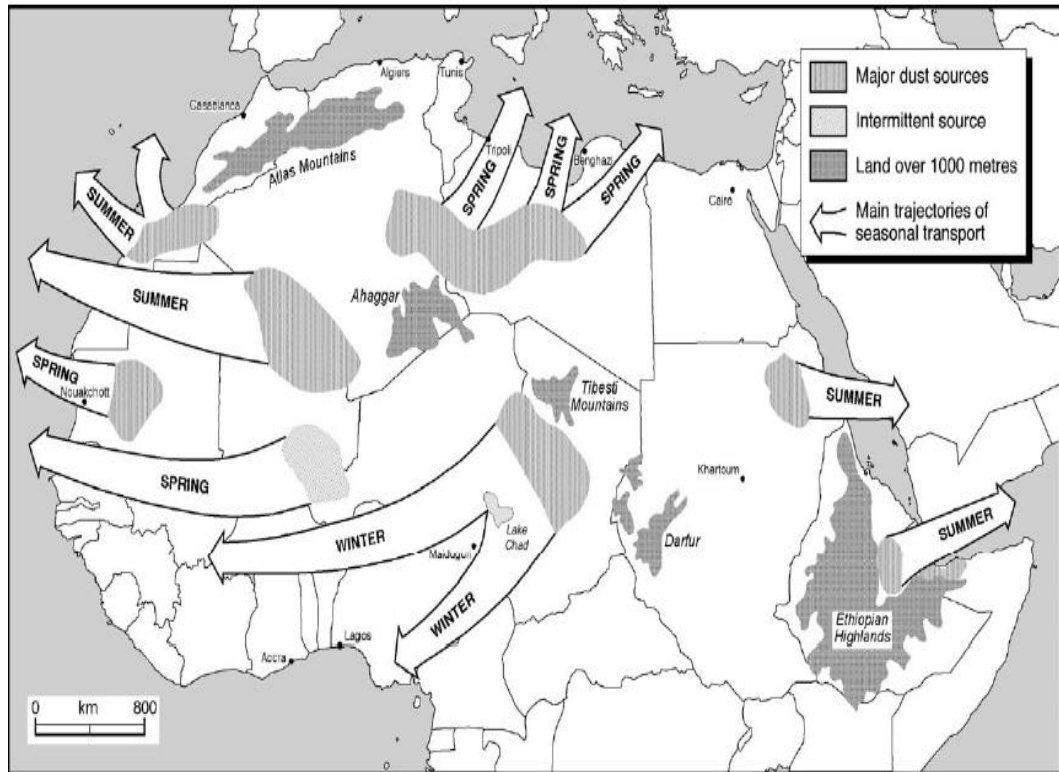
Çöl tozları, buldukları bölgelerden 5000–6000 km uzaklara kadar taşınabilmektedir. Çöl tozları sadece Sahra Çölü'nden diğer bölgelere taşınmamaktadır. Yeryüzünde bulunan diğer çöllerden de çeşitli alanlara tozlar taşınmaktadır. Örneğin Asya'da Gobi, Kuzey Amerika'da Meksika, Güney Amerika'da Arjantin çölleri ve Avustralya'da bulunan çöllerden atmosfere büyük miktarlarda mineral toz taşınmaktadır (Çizelge 2.3) (Eren 2006; Pease ve ark., 1998).

Çizelge 2.3. Uzun Mesafeli Toz Taşınım Örnekleri (Goudie ve Middleton, 2006)

Yaklaşık uzaklık (km)	Tozun kaynak bölgesi	Tozun taşınma bölgesi	Referanslar
6500	Sahra	Barbados (L.Amerika da bağımsız bi ada ülkesi)	Delany ve ark., (1967)
8000	Sahra	Miami	Prospero, (1981)
10000	Sahra	Çin	Tanaka ve ark., (2005)
>16000	Çin	ABD ve Kanada	Husar ve ark., (2001)
>20000	Çin	Fransız Alpleri	Groussed ve ark., (2003)
40000	Batı Sahra	Kıbrıs	Gordon and Murray,(1964)
2000	Libya ve Mısır	Negev, İsrail	Yaalon and Galon, (1975)
2000	Batı Kazakistan	Baltık Denizi	Hongisto and Sofiev (2004)

Kuzey Afrika kökenli çöl tozlarının 3 büyük taşınım yolu vardır. Birincisi çöl tozlarının Atlas Okyanusu üzerinden ABD, Karayipler ve Güney Amerika'ya çok uzun mesafeler boyunca taşınması, ikincisi çöl tozların Akdeniz'e ve Avrupa'ya taşınması, üçüncüsü doğu Akdeniz'e ve Ortadoğu'ya taşınmasıdır. Kış mevsiminde ise toz taşınımı kuzeydoğu rüzgarları (Harmattan) nın etkisiyle daha çok güneye doğrudur ve bunun sonucunda Nijerya Gine Körfezi ve hatta Güney Amerika'daki Amazon Havzası'na kadar toz taşınabilmektedir. Ayrıca Sahra Çölü'nden Uzakdoğu Asya'ya da çöl tozları taşınmaktadır (Şekil 2.16) (Engelstaedter ve ark., 2006).

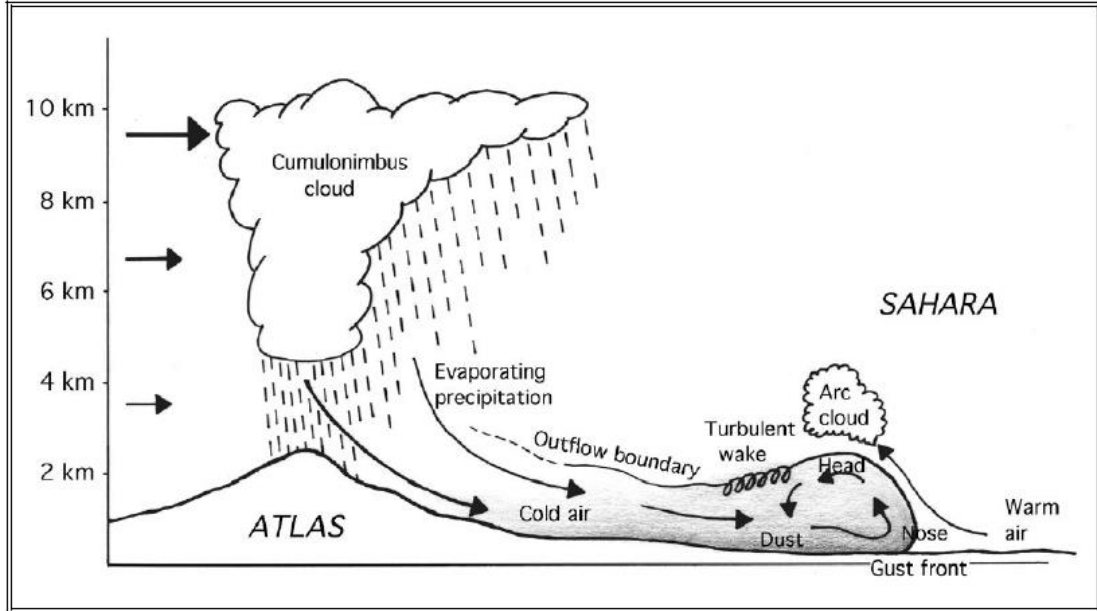
Çöl tozlarının global sistemde taşınımı yılın tüm aylarında gerçekleşen bir olay değildir. Ancak belli dönemlerde bu olay gerçekleşmektedir. Her yıl Nisan ve Ekim ayları arasında yaklaşık 15-30 toz olayının gerçekleştiği belirtilmektedir (Güllü ve ark., 2003; Bergametti ve ark., 1989). Sahra Çölü, en önemli çöl tozu kaynak bölgesidir.



Şekil 2.16. Sahra Çöl tozunun mevsimsel taşınımının temel yönleri (Goudie, 2003)

Çöl tozlarının doğal taşınımı dışında bazen de Şiddetli rüzgârların neden olduğu toz fırtınaları da global sistemde etkili olmaktadır. Toz fırtınaları sonucunda havaya dahil olan toz miktarı milyon ton gibi büyük miktarda tozun taşındığı belirtilmektedir (Atalay, 2007).

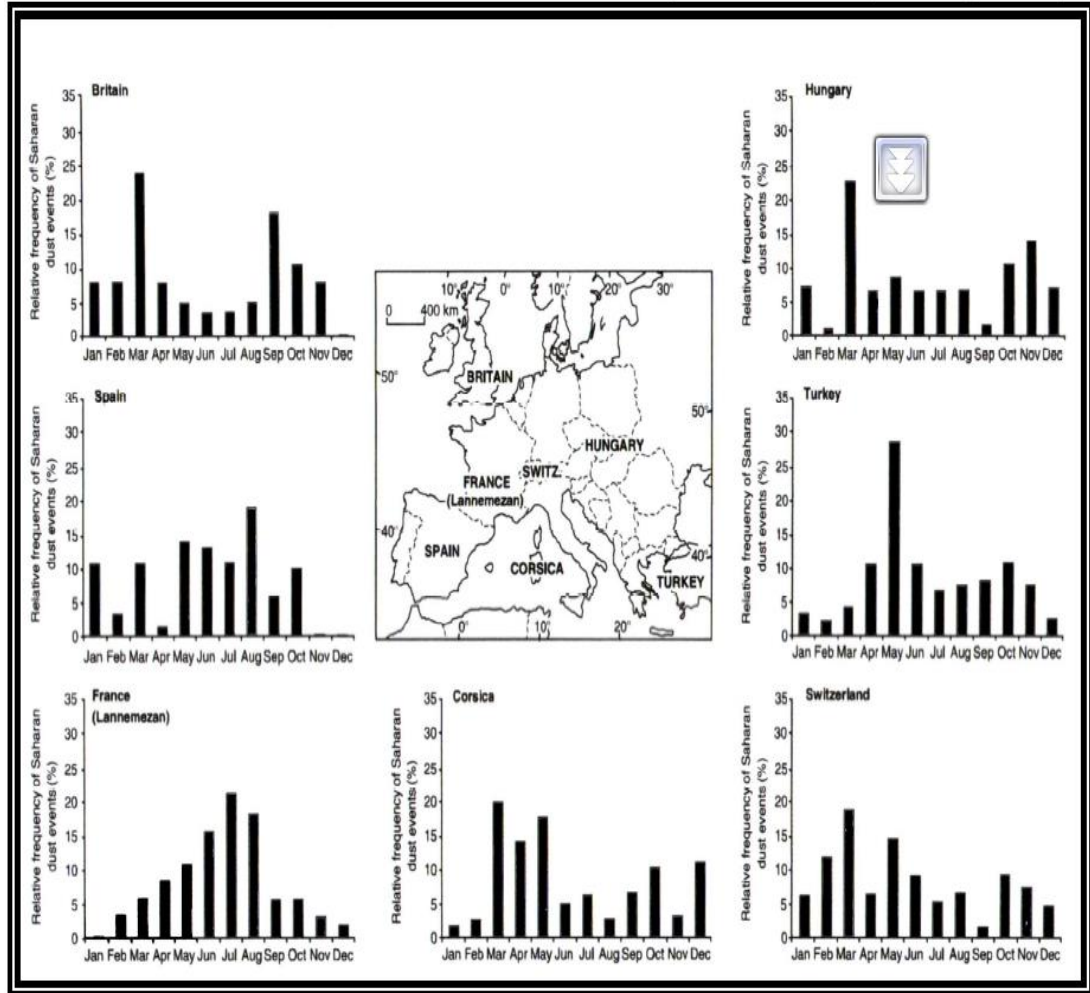
Fas, Cezayir ve Libya’da yoğun depresyonlar, Orta Akdeniz ve Atlantik’in doğusuna toz kümelerini sürükleyebilir. Kuzey Afrika sahilleri boyunca bulunan alçak basınç cepheleri, Ortadoğu’ya yoğun ve tozlu havayı taşır. Mısır’da toz fırtınaları, depresyon alanları ve Akdeniz ile Kuzey Afrika’nın batısındaki cephe alanlarıyla ilişkilendirilir (Şekil 2.17) (Goudie ve Middleton, 2006).



Şekil 2.17. Sahra Çölü’nde çöl tozlarının oluşum mekanizması (Kallos, 2011)

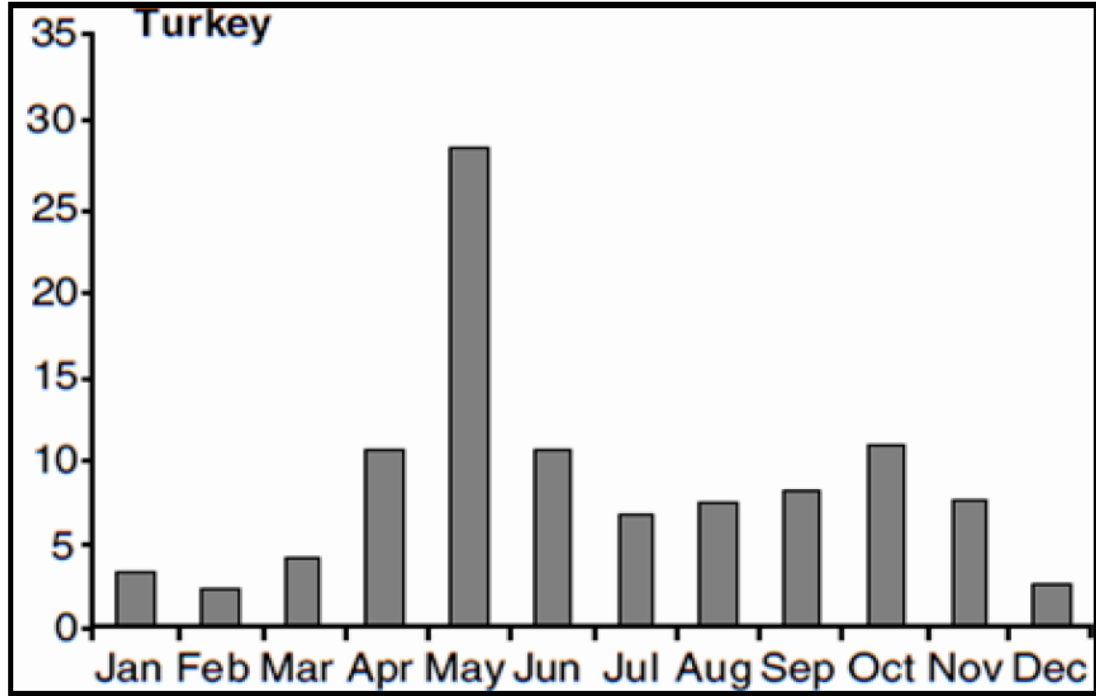
Yapılan gözlemler yaz aylarında Afrika’da, ilkbahar aylarında ise Asya’da toz üretiminde ve taşınımında güçlü bir mevsimsel dönemin olduğunu göstermektedir. Toz taşınımının karakteristik olarak dönemsel olması toz taşınımının mevsimlik meteorolojik olaylardan çok fazla etkilendiğini göstermektedir (Harrison ve ark., 2001).

Sahra Çölü'nden kaynaklanan çöl tozları her ülkede farklı mevsimlerde etkili olmaktadır. Türkiye'de Sahra kaynaklı çöl tozları özellikle mart, nisan, mayıs aylarıyla eylül, ekim ve kasım aylarında etkili olmaktadır (Şekil 2.18).



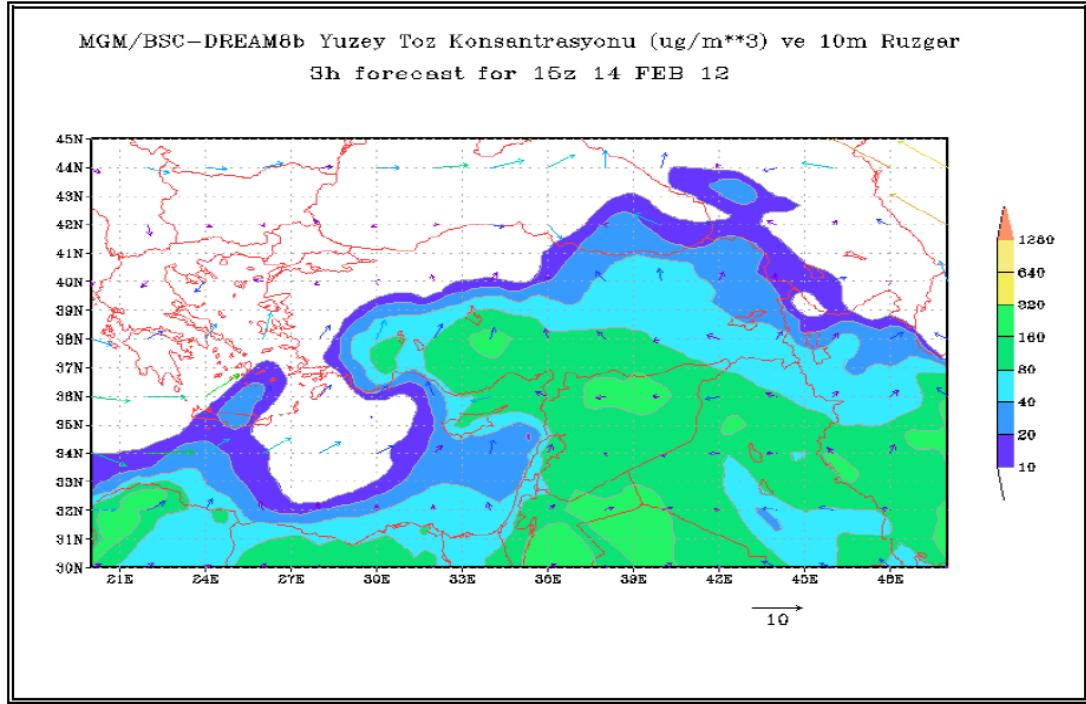
Şekil 2.18. Çeşitli Avrupa Ülkelerinde Sahra Çölü Tozlarının Mevsimlere Göre Ortalama Durumu (Goudie ve Middleton, 2006)

Bugüne kadar yapılan çalışmalar çöl tozlarının özellikle geçiş mevsimlerinde daha fazla etkili olduğunu ortaya koymuştur. İlkbahar ayları olan Mart, Nisan, Mayıs ayları ile Sonbahar ayları olan Eylül, Ekim ve Kasım ayları çöl tozlarının etkisini artırdığı dönemler olarak kabul edilmektedir. Doğu Akdeniz üzerinde özellikle sonbahar aylarında Sahra tozlarına ek olarak Suudi Arabistan ve Ürdün kökenli hava kütleleri de etkisini artırmakta bu da toz taşımını bu aylarda daha da yoğunlaştırmaktadır (Şekil 2.19) (Özsoy, 1999).



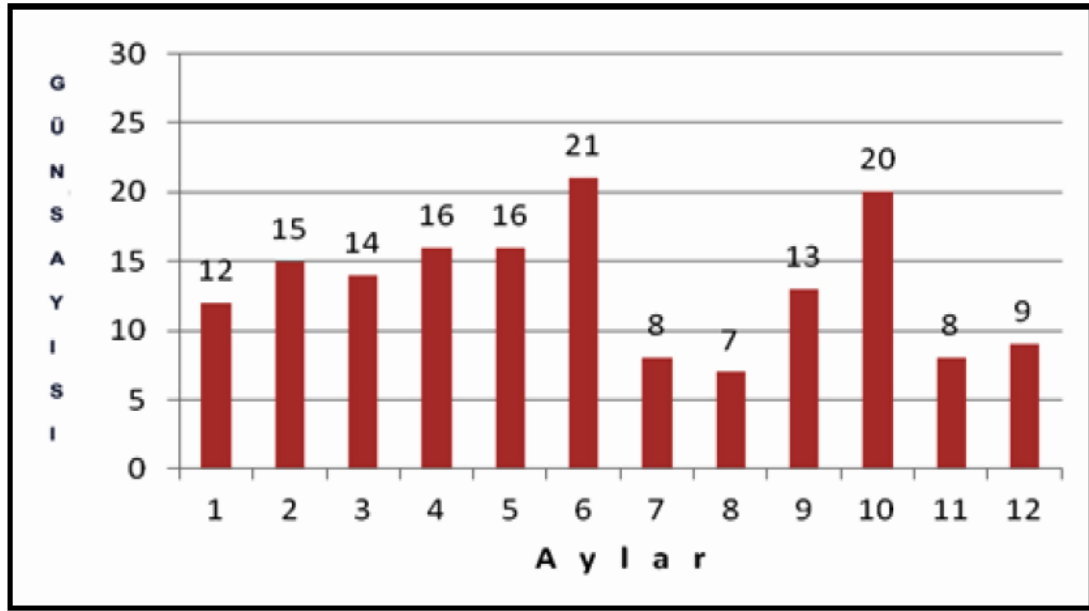
Şekil 2.19. Sahra çölünden kaynağını alan tozların aylara göre Türkiye'ye taşıma oranları (Middleton ve Goudie, 2009)

Sahra çöl tozlarının atmosferik yollarla Karadeniz'e (Şekil 2.20) (Kubilay ve ark., 1995), Doğu Akdeniz'e (Yaalon ve Ganor, 1979; Ganor ve ark., 1998; Kubilay ve Saydam, 1995) Batı Akdeniz'e (Bergametti ve ark., 1989; Martin ve ark., 1990; Dulac ve ark., 1992) Kuzey Avrupa'ya (Reif ve ark., 1986; Franzen ve ark., 1994) Atlantik Okyanusu'na (Talbot ve ark., 1986). Güney Amerika kıyılarına (Praspero ve ark., 1981; 1987), Amazona bölgesine (Suvap ve ark., 1992) ve Türkiye'ye kadar taşınabildiği gösterilmiştir (Özsoy, 1999; Şengün ve Kıranşan, 2010).



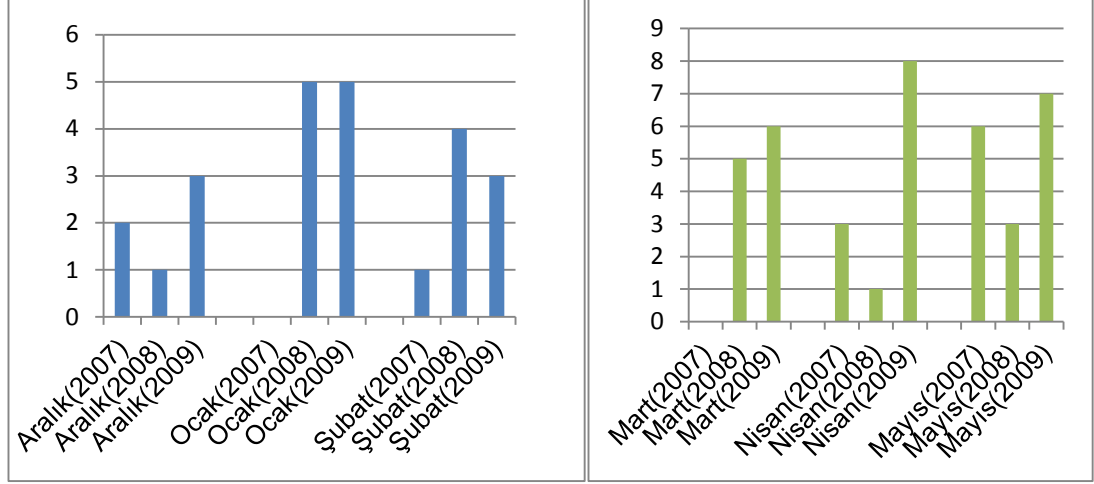
Şekil 2.20. Türkiye'ye ve Karadeniz'e Taşınan Çöl Tozları (www.mgm.gov.tr)

Coğrafi konumuna bağlı olarak Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri Türkiye'de toz taşınımından en fazla etkilenen bölgelerdir. Bunda bu bölgelerin çöl tozu kaynak bölgelerine yakın olması, sahip olduğu topoğrafik özellikler ve bu iki bölgenin coğrafi konumunun çöl tozu taşıyan gezici depresyonların taşınım güzergâhı üzerinde bulunması etkili olmuştur. Bu bölgelerde toz taşınımının yoğun olarak gerçekleştiği, taşınan tozun yağışlarla yaş olarak ya da kendiliğinden kuru olarak çökeldiği dönemler özellikle mevsimsel geçişlerin yaşandığı ilkbahar ve sonbahar aylarıdır (Şekil 2. 21) (Şengün ve Kıranşan, 2012).



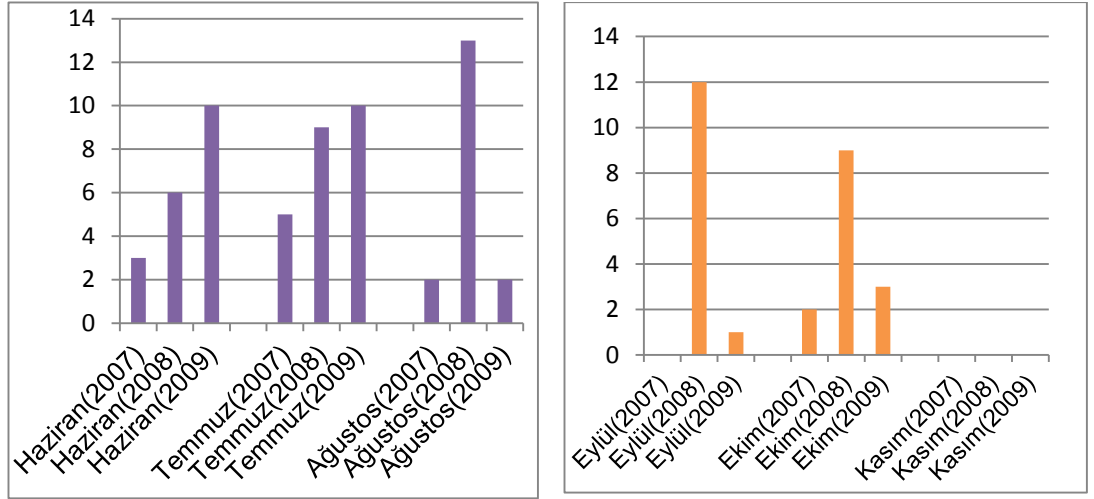
Şekil 2.21. 2009–2010 yıllarında Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde tozlu günlerin aylara göre dağılışı (Şengün ve Kıranşan, 2012)

Grafiklerde de görüldüğü gibi toz taşınımının en yoğun olduğu dönemler geçiş mevsimleri olarak bilinen ilkbahar ve sonbahar aylarıdır. Türkiye’de çöl tozlarının etkili olduğu dönemler ve toz taşınımının yoğunluğu yıllara göre de farklılık gösterebilmektedir. Geçmiş yıllara ait tozlu günlerin gelmesini mevsimsel olarak modis ve hysplit modelleriyle incelediğimizde 2007, 2008 ve 2009 yıllarındaki toz taşınımları Şekil 2.22’de mevcuttur.



a. Kış Mevsimindeki Tozlu Ayların Ort.

b. İlkbahar Mevsimindeki Tozlu Aylar

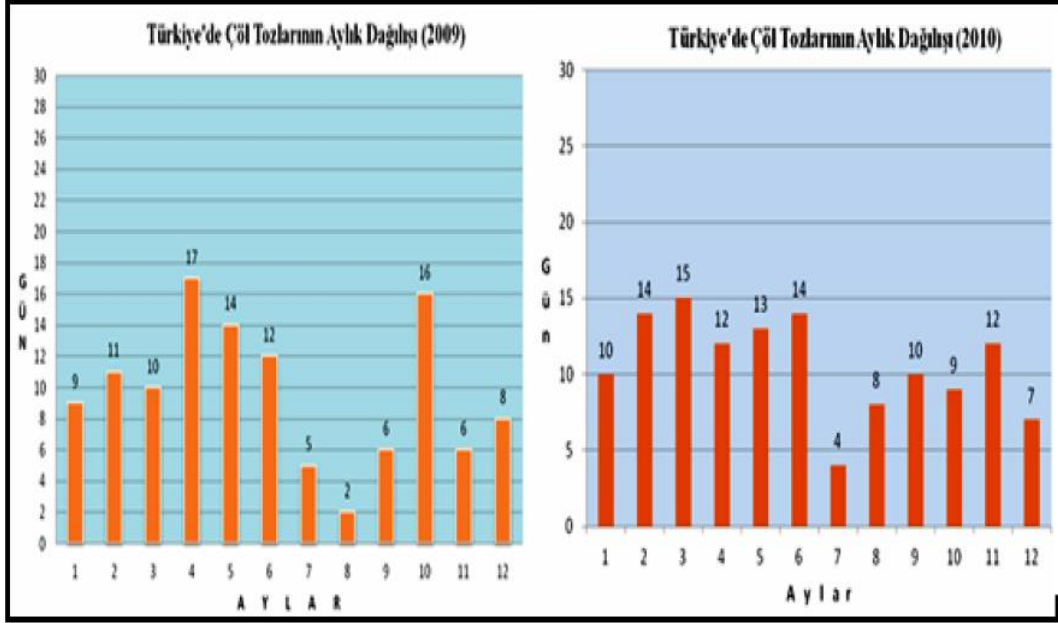


c. Yaz Mevsimindeki Tozlu Ayların Ort.

d. Sonbahar Mevsimindeki Tozlu Aylar

Şekil 2.22. 2007, 2008 ve 2009 yıllarındaki mevsimsel toz taşınım ortalamaları

Türkiye’de çöl tozlarının aylık dağılışı 2009 ve 2010 yılları için Şekil 2.23’te incelediğinde yılın tüm mevsimlerinde toz artışı görülmektedir.



Şekil 2.23. 2009 ve 2010 yıllarında Türkiye’de aylara göre tozlu gün sayılarını gösteren grafikler (Şengün ve Kıranşan, 2012)

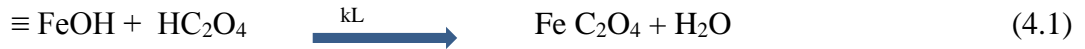
2.8. Sahra Çöl tozunun biyolojik reaksiyon mekanizması

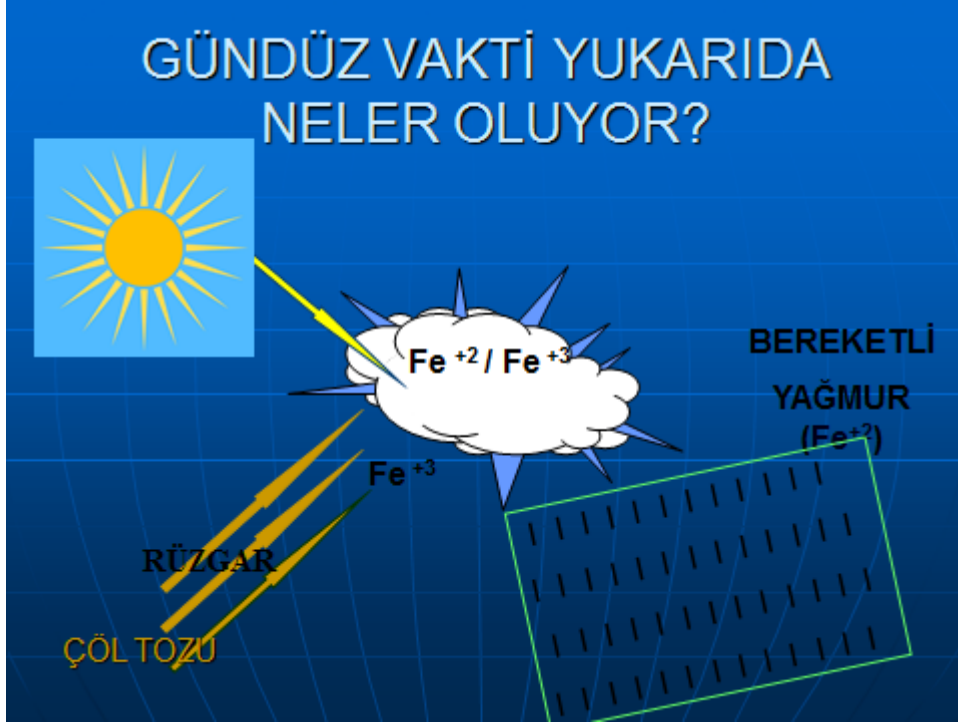
Sahra tozu; kil ve kuvars partiküllerinin demir oksitlerle birleşmesiyle oluşmaktadır (Holmes ve Miller, 2004). Çöl tozu taşınımının yoğun olarak gerçekleştiği Mart ve Nisan ayları Türkiye ve çevresindeki ülkeler için kış mevsiminin geride kaldığı, havaların ısınmaya başladığı, bitkilerin de vejetasyon, gelişme evresine girdiği süreç olarak bilinir. Bu dönemde meydana gelen toz taşınımları sonrası çöl tozlarının bünyesindeki elementlerin etkisiyle toprak zenginleşmekte, bu süreçte çöl tozları bitkiler için adeta bir doğal gübre vazifesi görerek büyümeyi hızlandırmaktadır. Kış aylarının ardından gerçekleşen, bitkilerin çiçeklenme süreçleri çöl tozlarından çok fazla etkilenmektedir. Toz taşınımının yoğun olarak gerçekleştiği mart, nisan aylarında görülen kuru ve yaş toz çökelmeleri bitkilerin kış aylarının ardından tekrar canlanmasını sağlamakta bu noktada büyümeyi tetikleyici rol oynamaktadır (Bilim-Teknik, Ekim 2002.).

Bulut içerisinde yeterli güneş enerjisi seviyesine ulaşıldığında (4.1) ve (4.2) reaksiyon mekanizmaları ile indirgenmiş demir üretilebilmektedir. Çöl tozlarının içerisinde bulundurduğu demir (Fe) başta olmak üzere, çeşitli mineraller bitkilerin gelişiminde, büyüme hızında belirgin etkilere sahiptir. Çöl kaynaklı tozlar içerisinde bulunan demir Fe^{+3} olup canlıların direkt kullanamayacağı cinstendir. Ancak çöl tozlarının bulut içerisindeki tepkimeleri sonucu bu demir indirgenerek doğada çok az bulunan bir unsur olan Fe^{+2} 'ye dönüşür ve canlıların kullanabileceği forma iner (Şekil 2.24). Meydana gelen yağışlarla yağ olarak çökelen bu demir özellikle gündüz vakti toprağa karışırsa bitkiler için çok daha faydalı olur. Kök sistemleri aracılığıyla bu mineralleri bünyesine alan bitkiler demir bakımından zenginleşmekte daha hızlı büyümekte ve verimliliği artmaktadır (Alp ve Sarı, 2007; Griffin ve ark., 2002). Ancak bu kısımda önemli indikatör güneş ışınlarıdır. Bu indikatörün olmaması durumunda demirin Fe^{+3} formundan Fe^{+2} 'ye dönüşmesi gerçekleşemez (Şekil 2.25; 2.26).

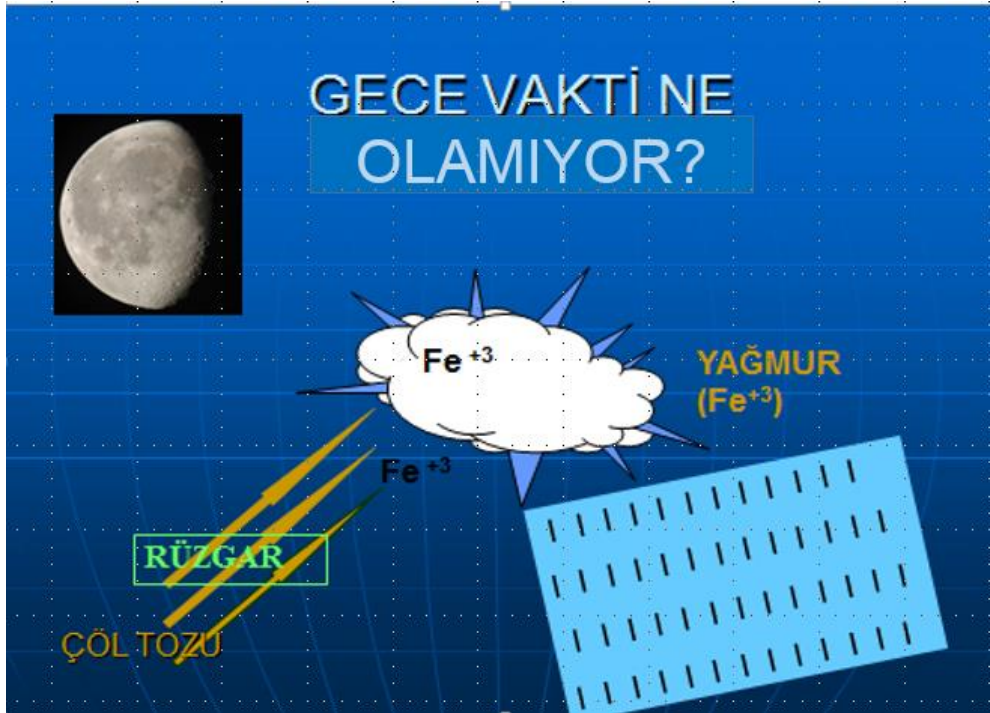
Dekarboksilasyon reaksiyonunun gerçekleşmesi için gerekli olan ışık ortadan kaldırılınca indirgenmiş demirin Fe^{+2} zamanla azaldığı ve Fe^{+3} 'e okside olduğu laboratuvar koşullarında gösterilmiştir. Doğada da bu olay güneş enerjisinin belirli seviyenin altına düşmeye başlamasıyla daha uzun süre içerisinde gerçekleşmektedir. Bu durumu gündüz ve gece olarak Fe'in yer yüzeyine inmesi formu şema ile gösterimi denklem 4.1 ve 4.2'de gösterilmektedir.

Reaksiyon mekanizması aşağıda verilmiştir;





Şekil 2.24. Çöl tozlarının bulut içerisinde Fe^{3+} 'ten Fe^{2+} 'ye indirgenmesini (Bilim-Teknik, 2002)



Şekil 2.25. Çöl tozlarının bulut içerisinde Fe^{3+} 'ten Fe^{2+} 'ye indirgenmesinin oluşmaması (Bilim-Teknik, 2002)

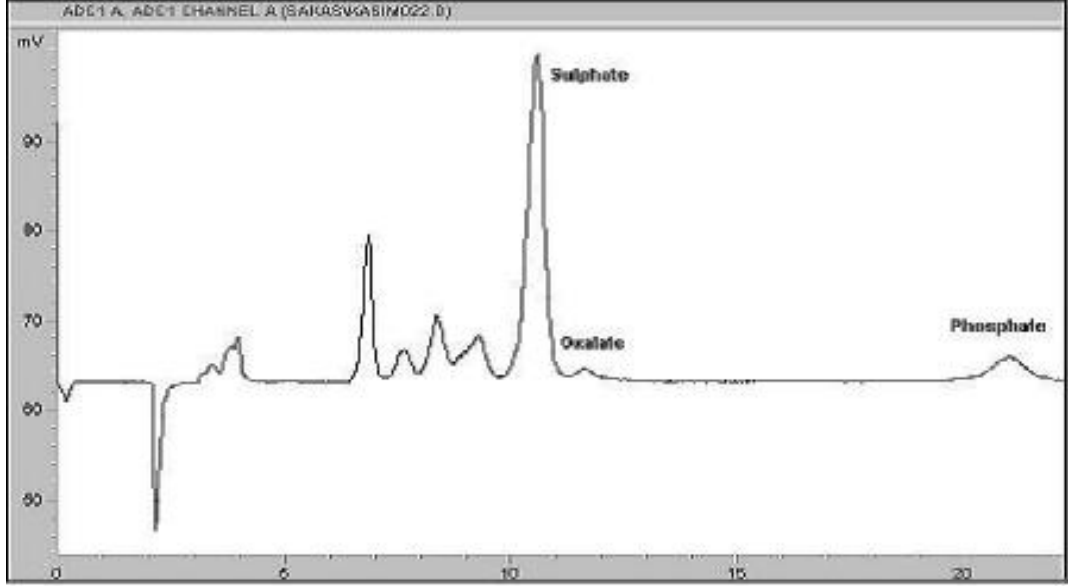


Şekil 2.26. Çöl tozlarının bulut içerisinde bereketli yağış haline gelmesi için gereken koşullar (Bilim-Teknik, 2002)

Çöl kökenli tozların kil minerallerinin yanı sıra bakteri ve mantar içerdiklerini, uzun mesafeli taşınım sürecinde bu karışımın bulut içerisinde su ile temas etmesi sonucunda bakteri ve mantar sporların 15 dakika gibi kısa bir zaman içerisinde aktif hale geçtiğini ve ortama okzalit çıkardıkları gösterilmiştir (Saydam ve Şenyuva, 2002). Çöl tozlarının taşınım sürecinde atmosfere çok miktarda bakteri ve mantar çıkarmaktadır (Griffin ve ark., 2001). Sulzberger ve Laubsherrer (1995) tarafından gösterilen reaksiyon mekanizmasında demir oksitlerden Hematit, Geotit ve Lepidokrosit kullanılmış ve indirgeyici olarak da atmosferde bol bulunan okzalit seçilmiştir.

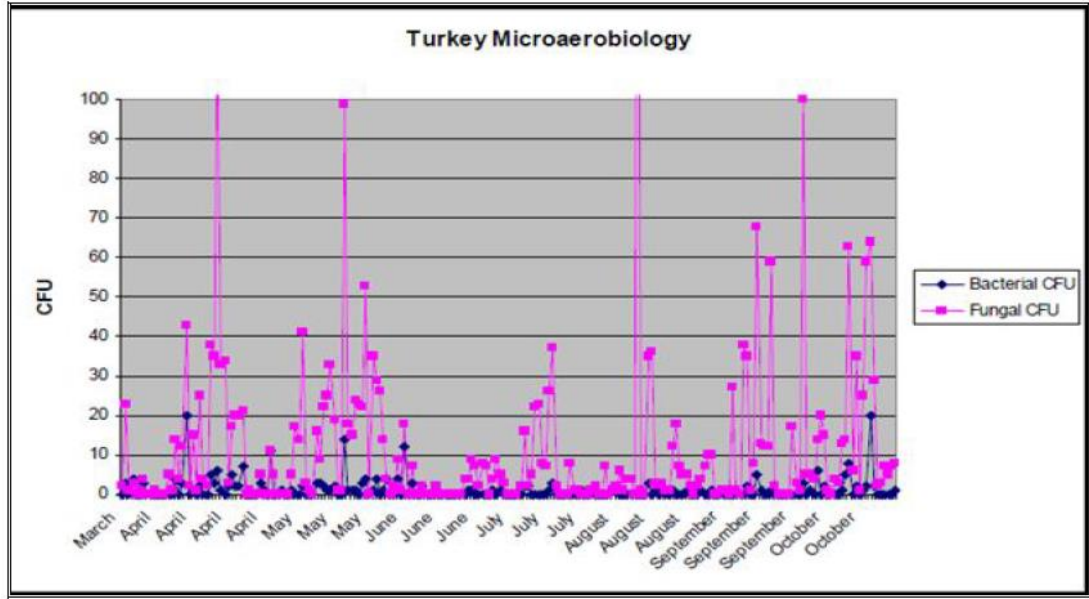
Atmosferde ölçülen okzalitin endüstriyel kirlilikten kaynaklandığı bilinmektedir. Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda çöl kökenli tozların içerisindeki bakteri ve mantarlar tarafından okzalit üretildiği (Şekil 2.27)'de gösterilmiştir. Virgin adalarında toplanan hava örnekleri ile yapılan çalışmalarda Afrika'dan toz geldiği dönemlerde hava ile taşınan mikroorganizma

sayısının normal atmosfer koşullarındakinden 2-3 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Griffin ve ark., 2001). Bugün dahi endüstriyel boyutlarda okzalik asit *Aspergillus niger* kullanılarak elde edilmektedir (Sushil ve ark., 2005).



Şekil 2.27. Sahra tozunun ıslatılmasından 15 dakika sonra okzalit üretimini gösteren IC kromatogramı (Saydam ve Şenyuva, 2002)

Okzalit üretilen bu reaksiyonun gerçekleşmesinden sonra bakteri ve mantarlar tozun yapısında bulunan kil minerallerinin yüzeyine yapışmakta ve kristal yapılarına girebilmektedirler. Kil minerallerinin yapı taşında bulunan demir ile reaksiyona girip demir okzalit oluşturmaktadırlar. Reaksiyonların oluşumu sonrasında demir okzalit yeterli güneş enerjisi olduğunda ligandan metale yük transferi yapmakta ve dekarboksilasyon reaksiyonunu ile parçalanmaktadır. Bu reaksiyon sonucunda oluşan karbonil radikali bir başka geri kazanım mekanizmasını daha tetikleyebilmekte ve yeni bir yüzeyle veya oksijen ile veya yeni bir Fe (III)'ü çözebilmektedir (Zhuang ve ark., 1992).



Şekil 2.28. Türkiye’de toplanan toz örneklerinin bakteri ve mantar dağılımı

Atmosferde ölçülen okzalatin endüstriyel kirlilikten kaynaklandığı bilinmektedir. Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda çöl kökenli tozların içerisindeki bakteri ve mantarlar tarafından okzalat üretildiği (Şekil 2.28)’de gösterilmiştir. Virgin adalarında toplanan hava örnekleri ile yapılan çalışmalarda Afrika’dan toz geldiği dönemlerde hava ile taşınan mikroorganizma sayısının normal atmosfer koşullarındakinden 2-3 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Griffin ve ark., 2001). Bugün dahi endüstriyel boyutlarda okzalik asit *Aspergillus niger* kullanılarak elde edilmektedir (Sushil ve ark., 2005).

2.9. Çöl tozlarının Mineralojik Özellikleri

Antropojenik kökenli partiküller temelde karbon içerikli partiküller, sülfürler ve nitratlardan oluşurken; Sahra tozları, kil mineralleri, kuvars, kalsiyum ve magnezyum karbonatlardan oluşur (Longueville ve ark., 2010). Çöl tozları, genellikle her biri kendine has optik özellikleriyle kuvars, kil mineralleri, kalsit, jps ve demir oksitleri dâhil karışık minerallerden oluşur. Sahra tozları, demir bakımından Asya tozlarından daha zengindir ve rengi daha koyudur. Sahra tozlarını Sahel bölgesi

tozlarından mineralojik ve renk özellikleriyle ayırt etmek mümkündür (Harrison ve ark., 2001).

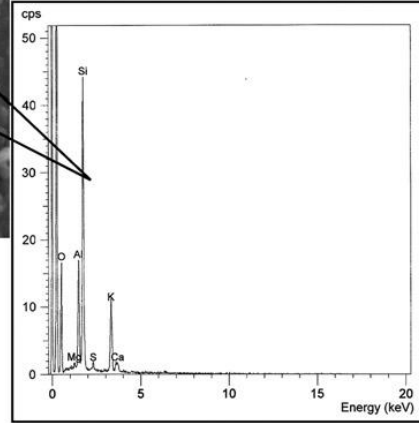
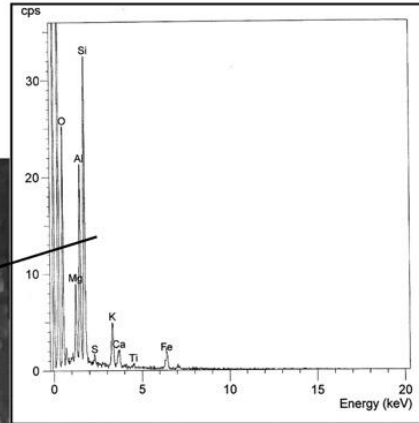
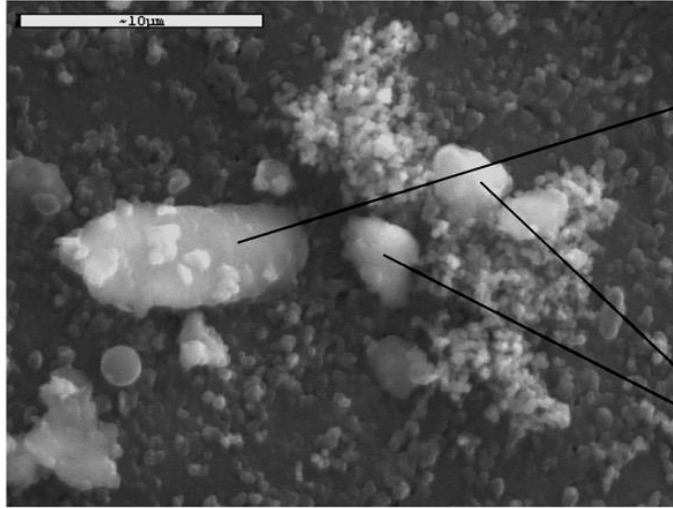
Yeryüzünde bulunan çöller mineralojik özellikler bakımından birbirinden farklılık gösterir. Çöllerin mineralojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla Sahra, Arabistan ve Anadolu'dan alınan çöl tozu örnekleriyle aynı koşullar altında yapılan deneyler sonucunda Sahra'nın 4500 birim indirgenmiş demir ürettiği, Arabistan'ın 800 birim ve Anadolu toprağının ise 100-200 birim indirgenmiş demir ürettiği ortaya konulmuştur (Saydam, 2002).

Güneybatı Texas'ta temmuz ve ağustos aylarında sahra tozu taşınımının gerçekleştiği dönemlerde kuru aerosol dağılımı 0.05-20 µm arasında ölçülmüş olup bu dönemde ölçülen numunelerde yüksek konsantrasyonda sülfat tespit edilmiştir (Hand ve ark., 2002).

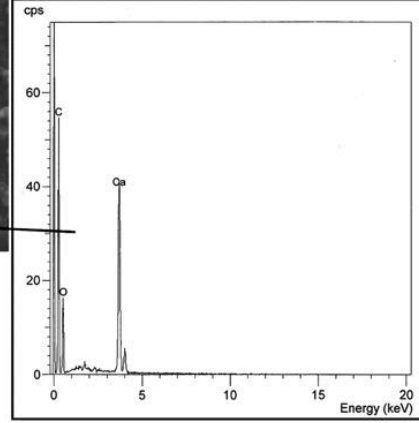
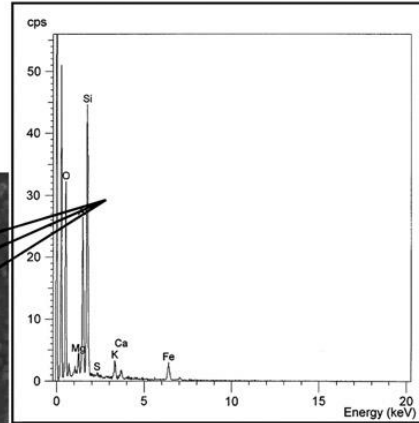
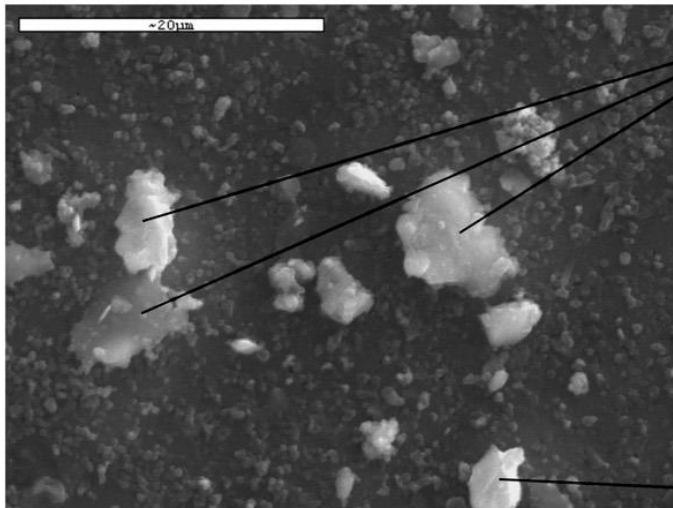
Avrupa üzerinden alınan Sahra tozu örnekleri içerisinde SiO₂ ve Al₂O₃'e baskın olarak rastlanmıştır (Goudie ve ark., 2001). Kanarya Adaları'nda toz taşınımının olduğu zamanlarda yapılan ölçümlerde SiO₂ ve Al₂O₃' için ölçülen değerler toz taşınımının olmadığı zamanlara göre 46 kat daha fazla olup bu faktör K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg ve Ba için 14-25 kat daha fazla ölçülmüştür Bu tür tozların etkileri çok eski zamanlardan beri bilinmektedir. Charles Darwin 1830' larda HMS Beagle gemisi ile Kanarya adalarına yansıdığında gemisini kaplayan kırmızı tozların Afrika'dan kaynaklandığını belirtmiştir (Viana ve ark., 2002).

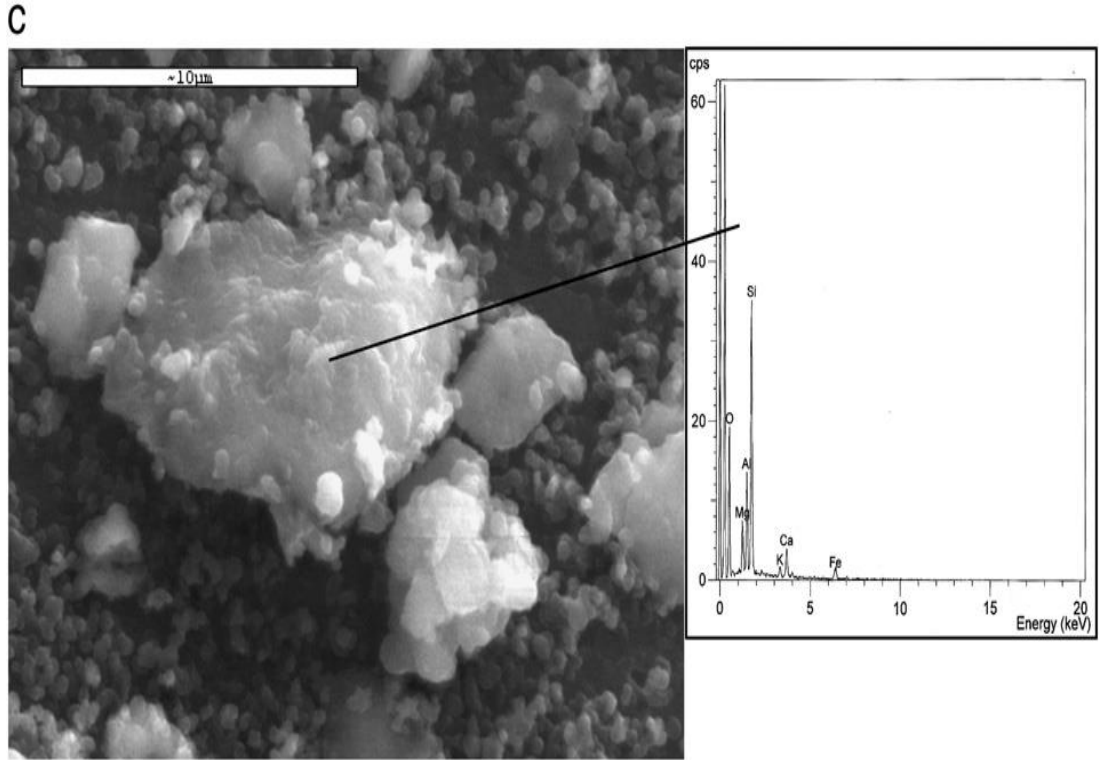
Mineralojik içeriği için SEM-EDXA cihazıyla yapılan çalışmalarda illit, alüminasilika ve kalsit parçacıkları tespit edilmiştir (Şekil 2.29) (Remoundaki, 2011).

a



b





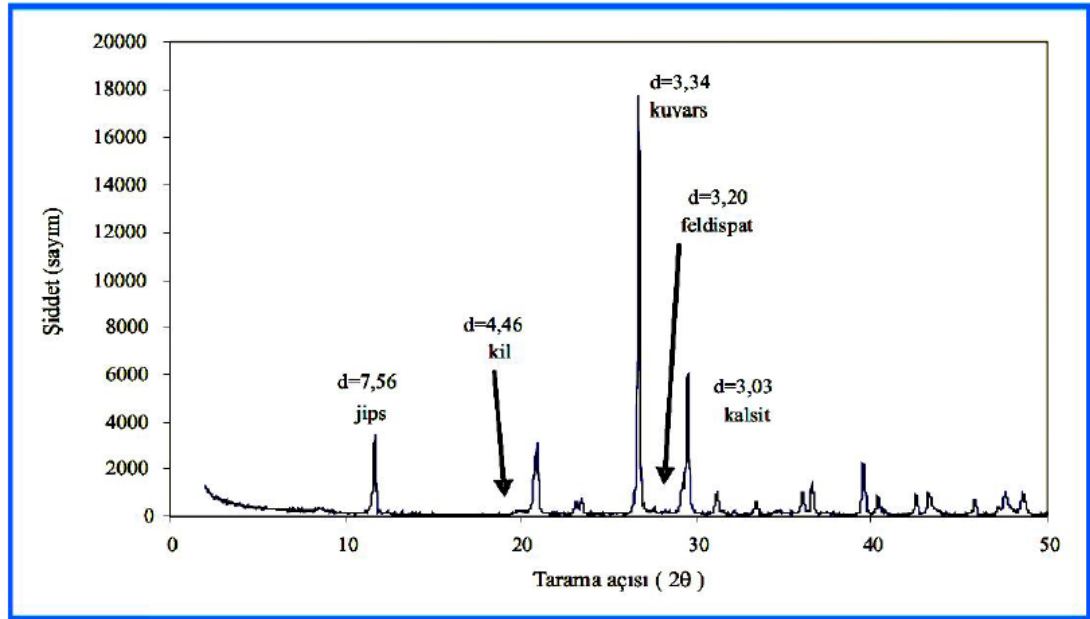
Şekil 2.29. SEM fotoğrafı -EDX spectra (a) illit parçacığı, (b) aluminosilikat parçacığı muhtemel simektiti kalsit parçacığıyla, 6(c) aluminosilikat (Remoundaki, 2011)

Çöl tozlarıyla beraber başka ortamlara mineraller ve elementlere ek olarak mikroorganizmalar ve bakteriler de taşınmaktadır. Toz fırtınaları esnasında havalanan tozlarla birlikte mikroorganizmalar bir bölgeden başka bir bölgeye hatta bir kıtadan başka bir kıtaya taşınır. Çöl tozları içerisinde yapılan analizler sonucunda silisyum dioksit (SiO_2), alüminyum dioksit (Al_2O_3), demir oksit (Fe_2O_3), magnezyum oksit (MgO) ve kalsiyum oksitlerinin (CaO) olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 2.4) (Goudie ve Middleton, 2006).

Çizelge 2.4. Çöl Tozlarında Bulunan Temel Bileşikler (Goudie ve Middleton, 2006)

Bileşikler	Değerler
SiO ₂	% 59.99
Al ₂ O ₃	% 14.13
Fe ₂ O ₃	% 6.85
CaO	% 3.94
MgO	% 2.60
K ₂ O	% 2.35

Rüzgârlarla taşınan çöl tozları, gündüz yağmurlarla yeryüzüne indiğinde yapısındaki koloidal karakterdeki kil ile toprağın tekstürünü, besin ve su depolayan yapısını, sahip olduğu mikro ve makro elementlerle toprağı zenginleştirmektedir (Şekil 2.30) (Yücekutlu ve ark., 2011).



Şekil 2.30. X Işınlari Kırınım Analiz Yöntemiyle Sahra Çöl Toprağının Mineral Analizi (d: kristallerin kırınım yüzey indisleri) (Yücekutlu ve ark., 2011)

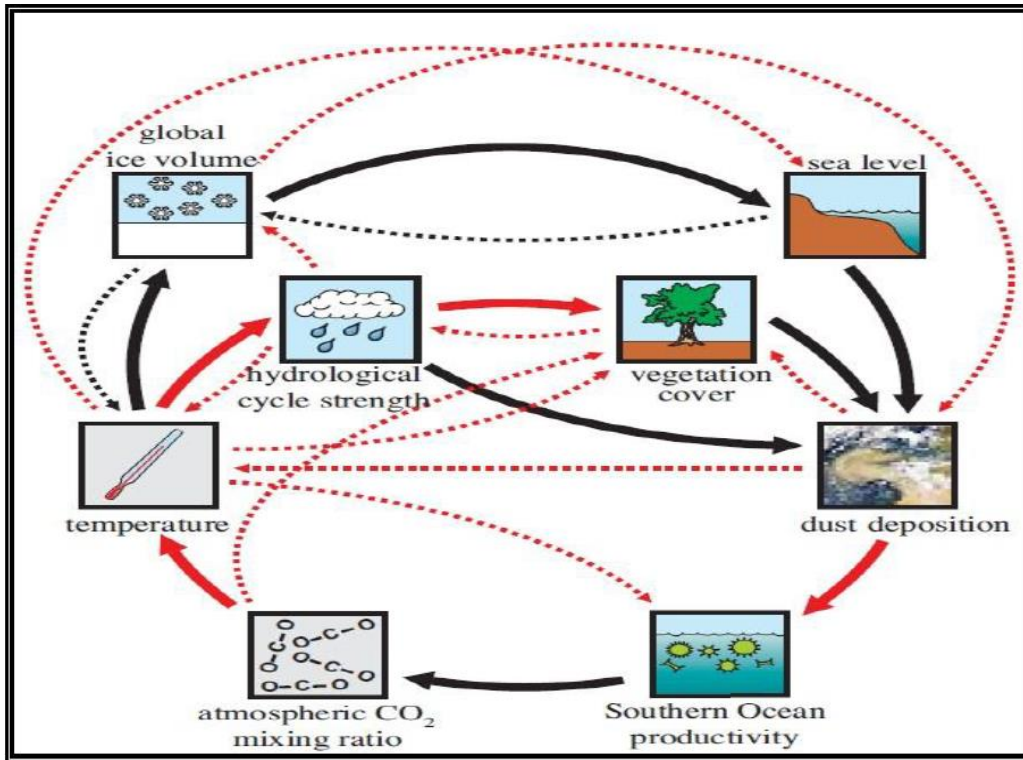
Avrupa üzerinden alınan Sahra tozu örnekleri içerisinde SiO₂ ve Al₂O₃'e baskın olarak rastlanmıştır (Goudie ve ark., 2001). Kanarya Adaları'nda toz taşınımının olduğu zamanlarda yapılan ölçümlerde SiO₂ ve Al₂O₃' için ölçülen değerler toz

taşınımının olmadığı zamanlara göre 46 kat daha fazla olup bu faktör K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg ve Ba için 14-25 kat daha fazla ölçülmüştür

2.10. Çöl Kaynaklı Tozların Etkileri

Çöl tozları, toz olaylarının büyüklüğüne, taşınım mesafesine, taşınım anındaki tozların kimyasal bileşimine bağlı olarak hem olumlu ve hem de olumsuz pek çok çevresel etkilere sahiptir. Bu etkiler lokal ve global etkiler olmak üzere sınıflandırılabilir. Lokal olarak, bitkilerin fotosentez olaylarına, uçak ve araba kazalarına, canlılarda sağlık sorunlarının oluşmasına neden olmaktadır. Global ölçekte ise karasal ve denizel ekosistemleri, toprak gelişimini, iklimi, hava kalitesini ve lokal olarak görüş mesafesini etkilemektedir (Laity, 2008).

Çöl bölgelerinden rüzgârlar aracılığıyla taşınan çöl tozlarının oluşumu tamamen doğal bir olay olup aynı zamanda doğal ortam üzerinde de önemli çevresel etkilerde bulunmaktadır. Çöl tozları doğal ortam üzerinde iklim, bitki örtüsü, toprak ve su kaynaklarını, hava kalitesini ve buzulları etkilemektedir (Şekil 2.31).



Şekil 2.31. Çöl Tozu-Ekosistem İlişkileri (Ridgwell, 2002)

Çöl tozları, Dünya atmosferi ve iklim sisteminin önemli bir parçasıdır. Atmosferde çöl tozlarının rolü, toz konsantrasyonu, mineralojik bileşim, tane boyutu dağılışı ve çöl tozlarının dikey dağılışı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Laity, 2008). Çöl tozları, öncelikle iklim elemanlarından sıcaklık üzerinde çok önemli etkilerde bulunmaktadır. Çöl tozları Güneş'ten gelen ışınları tutarak yeryüzüne ulaşmasını engellemektedir. Bunun sonucunda yeryüzü yeterince Güneş ışığı alamadığından soğumaktadır. Yani çöl tozları global anlamda çok yaygın hale gelirse küresel bir soğuma gerçekleşecektir. Doğu Akdeniz atmosferinde artan mineral toz yükü Güneş ışınlarını doğrudan yansıtmasıyla radyasyon dengesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Özsoy, 1999; Levin, 1993; Gılman ve Garretti, 1994).

2.11. Çöl Tozlarının Sağlığa Etkisi

İnsan sağlığını korumak için 6.6.2008 tarih 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği kabul edilmiş ve amacı; hava kirliliğinin çevre ve 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 sağlamak olarak bildirilmiştir. Bu amaca bağlı olarak;

PM 10: EN 12341 ile tanımlanan 10 µm aerodinamik çaplı geçirgen bir girişten %50 verimle geçen partikül madde, olarak tanımlanmıştır.

PM 2,5: EN 12341 ile tanımlanan 2,5 µm aerodinamik çaplı geçirgen bir girişten %50 verimle geçen partikül madde, olarak tanımlanmıştır.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinin kapsamında PM10 limit aşım değerleri 50 µg/m³ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz) hükmü mevcuttur (Çizelge 2.5). Bu değerler AB kriterleri ve WHO sağlık örgütü tarafından belirlenmiş değerlerdir.

Çizelge 2.5. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği PM10 değeri

Kirletici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşiği	Alt değerlendirme eşiği	Limit değere ulaşılacak tarih
PM(10)	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% 100) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	1 Ocak 2019
	yıllık -insan sağlığının korunması için-	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.1.2014 tarihinde 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% 50) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 Ocak 2019

Çöl kaynaklı tozların atmosferde yoğunlaştığı günlerde dış ortamdaki hava kalitesi önemli ve ciddi oranda düşmekte bu da insan sağlığına zarar vermektedir. Bu olaylar öncesinde halk sağlığının korunması için gerek ülke çapında gerekse kişisel anlamda gerekli tedbirlerin alınması özellikle Türkiye gibi toz taşınımının fazla olduğu hassas ülkeler için bir zorunluluktur (Özdemir ve Ertaş, 2011).

Zehirlilik ve insan sağlığına etkileri açısından bakıldığında, PM için ayrı bir sınıflandırılma yapılması önerilmektedir (Karaca ve ark., 2005). Temel olarak sadece 10 µm aerodinamik çaptan daha küçük partiküllerin (PM10) solunum yoluyla yutulabilir. Ancak akciğerlerdeki alveolar bölgeye çoğunlukla 2.5 µm aerodinamik çaptan daha küçük partiküller (PM2.5) ulaşabilmektedir. Bu partiküller alveolar bölgede tutularak insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere neden olabilirler ve bilimsel açıdan özel bir ilgi ile izlenirler (Nriagu, 1989). Şanlıurfa ilinde toz taşınımının olduğu günlerde solunum hastalığı polikliniğinde hasta artışı tespit edilmiştir (Dogan ve ark., 2010).

Çöl tozları ile birlikte taşınan bazı partiküller ve çöl tozları içerisinde bulunan zararlı maddeler insan metabolizmasında ciddi hasarlara yol açabilmektedir. Atmosferdeki toz konsantrasyonunun yüksek olduğu dönemlerde akciğer ve solunum yolları rahatsızlıkları bulunan hastaların yaşamı daha da zorlaşmakta astım, bronşit, migren gibi hastalıkları olan insanların şikâyetleri normal seyrinin dışına çıkarak artış göstermektedir. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Hayrunnisa Bolay bu konuda yapmış olduğu çalışma sonucu olarak, Bahar dönemlerinde Lodos'un artmasıyla birlikte baş ağrısı, yüksek tansiyon, astım ve halsizlik gibi yakınmalarda artışlar olmaktadır. İnsanlarda migren gibi hastalıklara neden olan faktörün tozun kendisinin değil mikroorganizmalar olduğu yine Bolay tarafından bildirilmektedir. Atmosferik hava koşullarının baş ağrısı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar da toplumun %20'sini oluşturan migren hastalarının yaklaşık olarak %60'ının atmosferik değişimlere karşı hassas olduklarını ortaya koymuştur (Doğanay ve ark., 2006).

Afrika'dan toz geldiği dönemlerde Karayip Adaları açığında deniz üzerinden toplanan atmosferik örneklerde salgın hastalıklara neden olan *Aspergillus sydowii* funguslarına rastlanılmıştır. Çöl tozlarının Dünya'da bazı salgın hastalıklara kaynak olduğu teşhis edilmiştir.

Bu hastalıklar;

- (1) çöl çekirgelerinde Aspergillosis,
- (2) insanlarda Coccidiomycosis,
- (3) İnsanlarda AI Eskan hastalığı
- (4) insanlarda akciğer sendromu (Griffin ve ark., 2001).

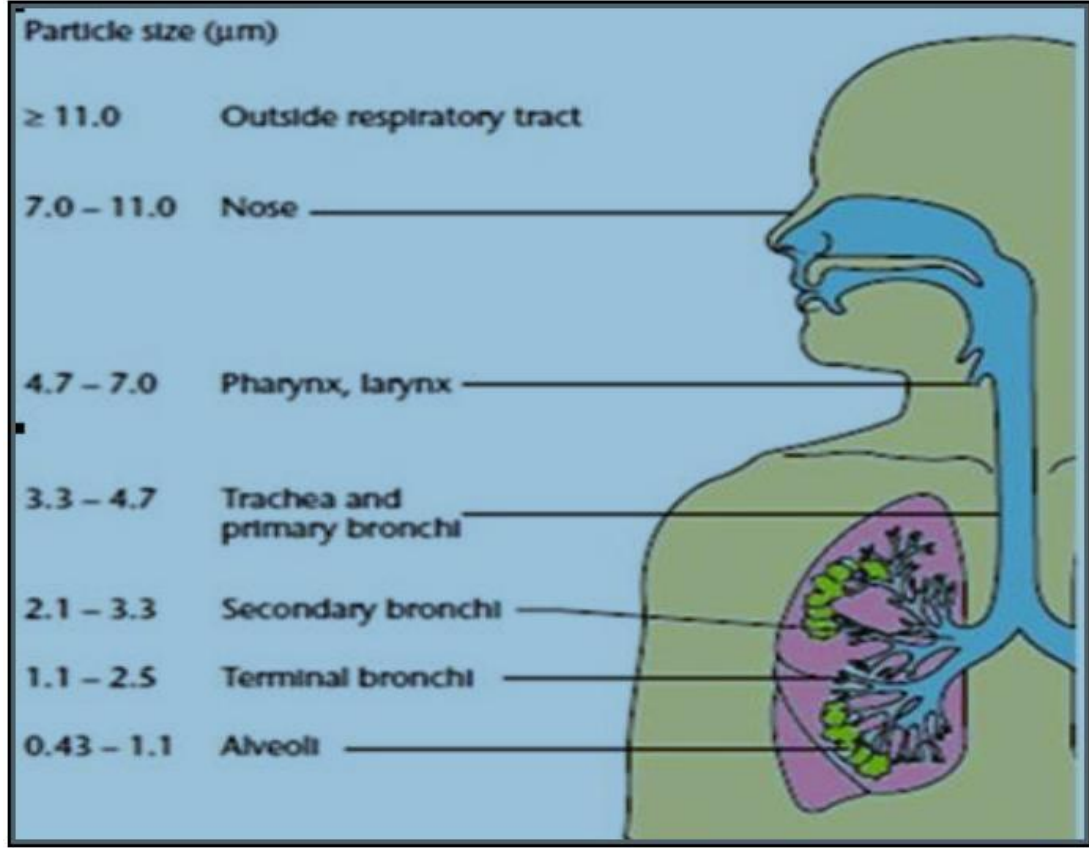
Afrika'nın özellikle sahra bölgesi toz kaynağı olarak ilk sırada yer almaktadır. Ancak diğer bölgelerde, civarlarında çöl bulunması durumunda toz fırtınalarına ve partikül madde artışına maruz kalmaktadır. Bununla ilgili uzun zamandan beri yapılan çalışmalar literatürde mevcuttur. Çizelge 2.6'da bunlar açıkça görülmektedir.

Çizelge 2.6. Hava kalitesinin Afrika ve diğer bölgelerle karşılaştırılması
(Longueville ve ark., 2010)

Indicator	Value	Study Area	Study period	Reference
Average annual PM ₁₀ concentration (µg m ⁻³)	67	Niamey (Niger)	2000	Ozer (2005)
	245	Gouré (Niger)	1984	Ozer et al. (2005)
	108	Nouakchott (Mauritania)	2000	Ozer et al. (2006b)
	18	Northern Spain	1996-1999	Rodriguez et al.(2001)
	30	Southern Spain	1996-2000	Qureal et al. (2001)
	49.8	Nouakchott (Mauritania)	June 1989 - June 2000	Ozer et al. (2006b)
Average monthly concentration (µg m ⁻³)	344	Taiwan	2000	Yang (2002)
	20-200	Middle East	1994-1999	Draxler et al. (2001)
	200	Uzbek Republic	August 1990- August 1991	Wiggs et al. (2003)
	400	Nouakchott (Mauritania)	May 2000- April 2001	Ozer et al. (2006b)
Number of days year ⁻¹ where 50 µg m ⁻³	51	Northern Spain	2000	Rodriguez et al. (2001)
PM ₁₀ threshold exceeded	4-7	Nouakchott (Mauritania)	1996 – 1999	Qureal et al. (2001)
	10-23	Northern Spain	January 2000	Ozer et al. (2006b)
Extreme daily mean PM ₁₀ concentration (µg m ⁻³)	1942	Nouakchott (Mauritania)	January 2000	Gillies et al. (1997)
	3000-13735	Mali	April – May 1990	Mctanish et al. (1997)
	98	Sardinia	March 1991	Molinaroli et al. (1993)
	57	Spain	1996 – 2000	Rodriguez et al. (1993)
	119	Spain	June 1999 – June 2000	Oureal et al. (2001)
	121	Southwestern USA	1989 - 1996	Prospero (1996a)
	149	Miami	1983 (23 years)	Prospero (1996b)
	1000	Beijing	Early 2000	Fang et al. (2003)
	1500	Beijing	Early 2000	Xie et al. (2005)
	1779	Korea	2002	Chung et al. (2003)
1800	Middle East	August 1990- August 1991	Draxler et al. (2001)	

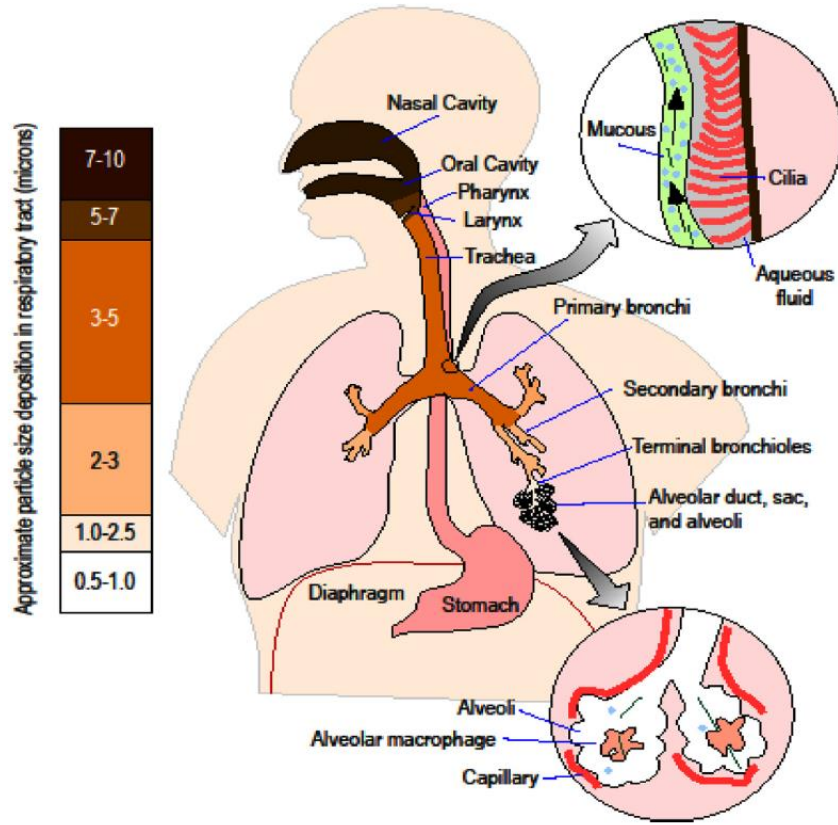
Tozun zararlı etkileri soluduğumuz havaya bağlı olarak özellikle solunum sisteminde kendisini daha çok göstermektedir. Burun ve ağız, soluk borusu, bronşlar ve alveoller olmak üzere dört bölümden oluşan solunum sistemimiz tozlardan

boyutlarına göre farklı düzeylerde etkilenmektedir. Tozların boyutlarına göre solunum sisteminde ulaşabilecekleri noktalar gösterilmiştir (Şekil 2.32).

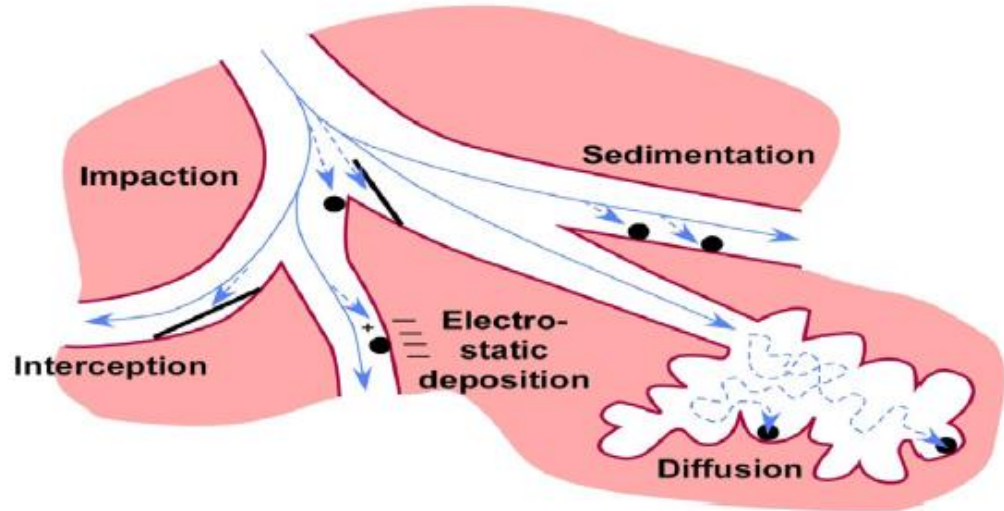


Şekil 2.32. Boyutlarına göre partikül maddelerin solunum sisteminde ulaşabileceği noktalar (Kallos, 2011)

Solunum yolları rahatsızlıklarında tozların partikül büyüklüğü çok büyük bir önem arz etmektedir. Solunan hava akciğerlere nüfus etmekte ve mide dahil vücudun sindirim sistemine de geçmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmayla ilgili olarak Şekil 2.33 ve 34 incelediğinde alveollerin toz parçacıkları ile tıkadığı ve bununla ölüm dahil birçok rahatsızlığı tetiklediği bildirilmiştir.



Şekil 2.33. Tozların Üst solunum yollarında birikme partikül büyüklüğü (Plumlee ve ark., 2007)



Şekil 2.34. Partiküllerin Alveollerde birikimi (McClellan ve ark., 2000)

2.12. Çöl tozlarının Çevreye Etkisi

Çevre unsuru hava, toprak ve sudan oluşmaktadır. Birbiriyle ilişkili 3 unsur aslında bir döngü içerisinde. Bu döngü ekolojik döngü olarak bilinmektedir. Bu unsurların bir tanesinde meydana gelen kirlenme veya bozulma bir zincir etkisiyle diğer döngü sistemini de etkilemektedir.

Hava, atmosferi meydana getiren gazların karışımı olarak tanımlanabilir. Hava, insan ve canlıların yaşaması için hayati öneme sahiptir. Atmosferdeki hava tabakasının kalınlığı yaklaşık 150 km'dir. Bunun sadece yaklaşık 5 km'si canlıların yaşamasına elverişlidir. Yeryüzünden uzaklaştıkça hava tabakasının yoğunluğu azalır. Atmosfer, yerkürenin etrafında adeta düzenleyici ve koruyucu bir örtü şeklindedir. Saf hava, başta azot ve oksijen olmak üzere argon, karbondioksit, su buharı, neon, helyum, metan, kripton, hidrojen, azot monoksit, ksenon, ozon, amonyak ve azot dioksit gazlarının karışımından meydana gelmiştir.

Havada yaklaşık olarak;

- Azot %79,
- Oksijen %20.95,
- Karbondioksit ve asal gazlar %0.05 oranında bulunur.

Havada bulunan gazları 3 grupta toplayabiliriz;

1. Havada devamlı bulunan ve çoğunlukla miktarları değişmeyen gazlar (azot, oksijen ve diğer asal gazlar)
2. Havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar (karbondioksit, su buharı, ozon)
3. Havada her zaman bulunmayan gazlar (kirleticiler)

Hava da tıpkı su ve toprak gibi kirlenebilen bir ortamdır. Bunlardan farklı olarak canlılar aç ve susuz günlerce yaşayabileceği halde nefes almadan birkaç dakikadan fazla duramaz. Bu yüzden doğal bileşimdeki hava, tüm canlılar için zorunlu olan yaşamsal bir haktır.

Hava kirliliği modern yaşamın bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Sıkışık düzende kurup, içinde kendimizi yaşamaya hapsettiğimiz kentlerde; ulaşım, ısınma ve aydınlanma için gerekli enerji ve her geçen gün artıp çeşitlenen tüketim gereksinmemizi karşılamaya yönelik toplu üretimin artıkları, havayı yoğun gaz ve toz kalıntılarıyla doldurmaktadır.

Herhangi bir özel yöntem kullanılmadan çıplak gözle fark edilebilen çamurlu yağışlar Avrupa'da çok eskilerden beri bilinirken ülkemizde 1950'li yıllardan sonra fark edilmeye başlanmıştır. Atmosferdeki çöl tozlarının bulutlarda yoğunlaşmaya sebep olduğu ve yağışları başlattığı bilinmektedir. İşte bu yağışlarla birlikte atmosferdeki tozların da yağ olarak yere çökmesiyle kızıl yağışlar olarak da bilinen çamurlu yağışlar meydana gelir (Özsoy ve Örnektekin, 2008).

Bu yağışlar sonrasında çevre, sokaklar, araçlar ve binaların dış yüzeyleri kirlenmektedir. Bu taşınım sırasında özellikle görüş mesafesi 50 metreye kadar düşmektedir. Bu nedenle hava ulaşımı dahil kara ulaşımında dahi aksamalar meydana gelmektedir. Şanlıurfa ilinde aynı yerden çekilen fotoğraflardaki görüntülerde görüş mesafesinin ne ölçüde düştüğüne net olarak görülmektedir (Şekil 2.35 ve Şekil 2.36).



Şekil 2.35. Şanlıurfa'da Çöl Tozların Görüntüsü 13.03-24.04.2012



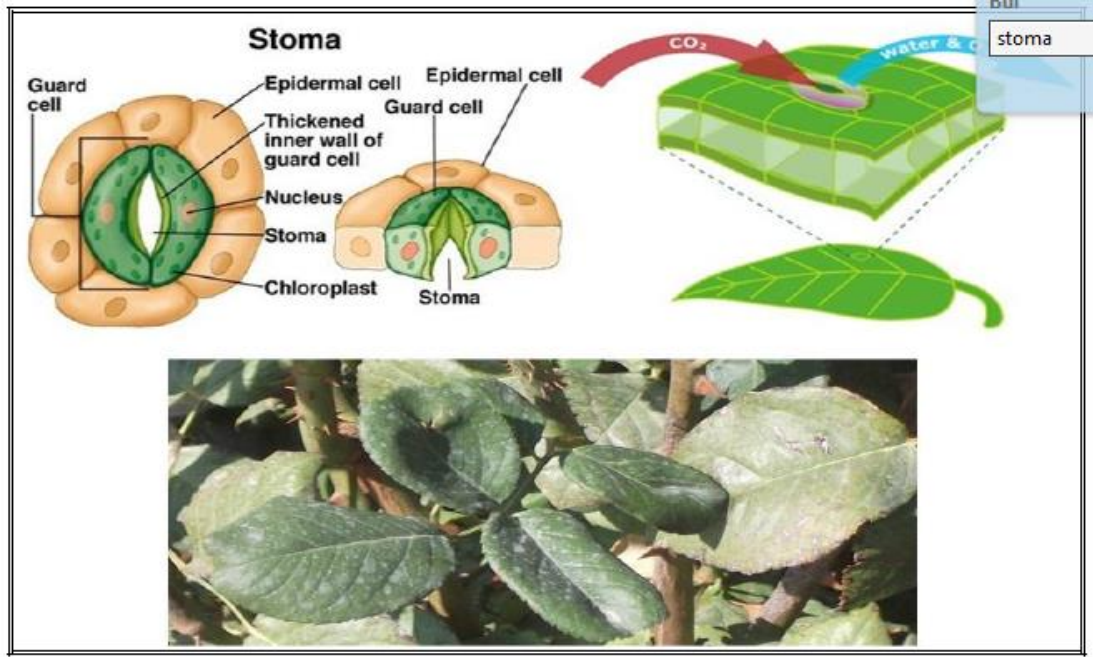
Şekil 2.36. Şanlıurfa'da Çöl Tozların Görüntüsü 13.03-24.04.2012

2.13. Çöl tozlarının Bitkilere Etkisi

Dış çevreyle sürekli bağlı olan bitkiler, havanın kalitesinden direk olarak etkilenen canlı grubun başında gelir. Özellikle tozlu günlerde bitkilerin yaprakları ve meyveleri bu durumdan olumlu ve olumsuz olarak etkilenmektedir. Olumlu etki; tozların bulut için bir çekirdek görevi gördüğü ve akabinin de yağışı meydana getirdiği bilenen bir gerçektir. Bu sayede bitki su ihtiyacını karşılamaktadır.

Ayrıca, Çöl tozlarının içerisinde bulundurduğu demir (Fe) başta olmak üzere, kurşun, alüminyum, çinko, mangan gibi çeşitli mineraller bitkilerin gelişiminde, büyüme hızında ve kültür bitkilerinden alınan verimde belirgin etkilere sahiptir. Çöl kaynaklı tozlar içerisinde bulunan demir Fe^{+3} cinsinden olup canlıların direkt kullanamayacağı cinstendir. Ancak çöl tozlarının bulut içerisindeki tepkimeleri sonucu bu demir indirgenerek doğada çok az bulunan bir form olan Fe^{+2} ye dönüştür ve canlıların kullanabileceği bir durumda olur (Alp ve Sarı, 2007; Griffin ve ark., 2002).

Çöl tozlarının bitkilere doğrudan olumsuz etkisi; bitki yaprağının yüzeylerinde bulunan ve stomata denilen deliklerden girmeleri neticesinde meydana gelir. Dolaylı etkisi ise; toprak ve su kanalı ile bitki köklerini etkilemeleri suretiyle belirir (Bursa Çevre Merkezi, 2003). Toz zerrecikleri, bahçe bitkilerine fide ve fidan döneminde daha fazla zararlı olmaktadır. Rüzgârın da etkisiyle toz, toprak yüzeyine yakın bitki epidermis hücrelerinin aşınmasına neden olmaktadır. Toz, bitkinin yaprak yüzeyini kapladığı zaman fotosentez, terleme, stomanın açılıp kapanması ve yaprak sıcaklığı gibi fizyolojik özellikleri olumsuz yönde etkilemektedir (Şekil 2.37).



Şekil 2.37. Çöl Tozlarının Yapraktaki Stoma ve Epidermis Hücrelerin Yapısına Etkisi (www.anjungsainssmkss.wordpress.com)

Atmosfere giren güneş ışınları yeryüzüne ve bitkilere ulaşmaya kadar nitelik ve nicelik bakımından azalır. Havanın bulutluluk oranı ya da partikül madde miktarı güneş ışığını absorbe ederek yeryüzüne ulaşan ışık ve enerji miktarını daha da azaltır. Bu durum bitkilerde fotosentez yapmayı zorlaştırarak besin üretimini azaltır. Bitkilerin uzun süre güneş enerjisinden mahrum kalması strese ve bitkinin ölümüne neden olur (Kocaçalışkan, 2005).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Şanlıurfa, Suriye'ye komşu Güneydoğu Bölgesi'nde yer alan yaklaşık 1 700 000 nüfusuna sahip bir ildir. İlin, son zamanlarda özellikle İlkbahar ve Sonbahar dönemlerinde sık sık rüzgâr yönünün genelde hakim rüzgâr yönü olan kuzey-batı dışında, güney yönü ağırlık olması durumlarından dolayı toz bulutlarının güney sınırimızda bulunan Suriye\Sahra çöllerinden partikül madde taşınımı gerçekleşmektedir. Bu taşınım yakın zamana kadar meteoroloji uyduları (Meteosat ve GEOS vb.) ve NOAA'nın TIROS-N (Television Infrared Observation Satellites) serisi uydularında bulunan AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) algılayıcıları ile tespit edilmiştir. 1990'lı yılların ikinci yarısında detaylı renkli görüntülerine SeaWIFS uydusu aracılığıyla ile ulaşılabilirken (<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs/browse.pl>) daha sonra ERS ve ENVISAT uyduları devreye girmiştir. Son yıllarda ise MODIS ve TERRA uyduları ile çok kanallı ve 250 m çözünürlükteki uydu verilerine ulaşılabilir. Uydu geçişini takip eden birkaç saat içerisinde küresel toz taşınımına ait olan izlenmiş veriler internet ortamında yayımlanmaktadır (<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>).

Bugüne kadar toz taşınımının uydular aracılığıyla incelenmesine rağmen fiziksel ve kimyasal kompozisyonu ne olduğu konusunda kesin bir bilgi mevcut değildir. Çünkü uzun menzilli toz taşınımında atmosferik koşullarda etkili olmakta ve toz kaynağından taşınma kadar süre içerisinde birçok hava şartlarına ve etkilere maruz kalmaktadır. Bu nedenle tozun etkilediği bölgede tozun kimyasal içeriği farklılık gösterebilmektedir. Şanlıurfa ilini etkileyen tozların miktarı, kimyasal içeriği, günlük/mevsimlik farklarını ve kaynağının içeriğini ortaya çıkarmak için günlük olarak tozların toplanması gerekliliği görülüp bu çalışmayla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada materyal olarak cihaz hakkında, bölgenin sıcaklığı, tozların kaynağının belirlenmesinde kullanılan modis uydu görüntüsü ve hysplit programı hakkında bilgi verilmiştir. Metod olarak, tozların kimyasal bileşiminin (elementel) tespitinde kullanılan metod hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Çalışma Alanı

Tozların günlük olarak toplanması için, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü (ODTÜ-DBE) ile Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü arasında yapılan işbirliği kapsamında ODTÜ-DBE'ye ait olan toz toplama cihazı Şekil 3.1'de kurulmuştur. Çalışma alanının seçilmesinde; bölgesel tozlardan etkilenmemesi için anayoldan uzak olmasına, sanayi kuruluşları bölgesinde bulunmamasına ve Harran Üniversitesi'nin ısınma sistemi fuel oil olmasıyla herhangi bir partikül madde içeriği ve miktarını etkilememesine özenle dikkat edilmiştir.



Şekil 3.1. Toz ölçüm cihazının kurulduğu çalışma alanı

Cihaz ve filtreler hakkında teknik bilgi için ODTÜ DBE'ye gidilip işbirliği yapılmış ve ODTÜ DBE cihazının aynısı Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Binası çatısına ODTÜ DBE ekibi tarafından kurulmuştur (Şekil 3.2,3.2.a, 3.2.b).



a.

b.

Şekil 3.2. Cihazın Harran Üniv. Osmanbey Kamp. Çevre Müh. Bölümü Çatısına kurulma aşamasını gösteren görüntüler

3.2. Partikül Madde Toplama Cihazı Hakkında Genel Bilgi

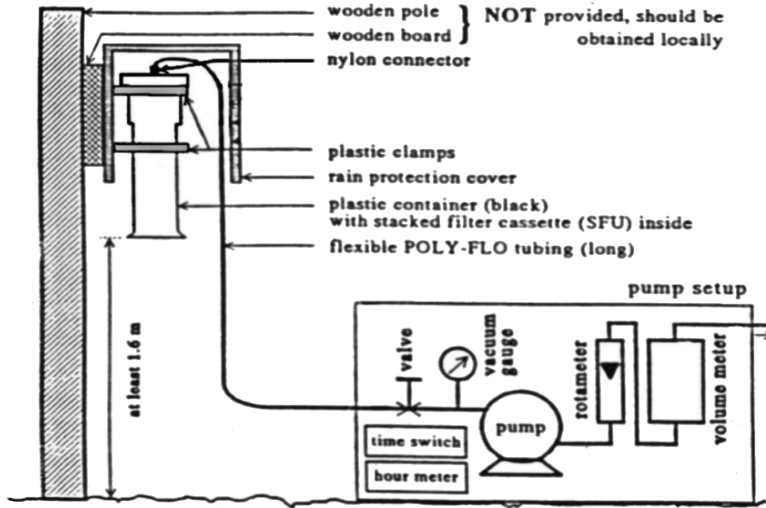
ODTÜ-DBE ile yapılan işbirliği ile Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Toz toplama cihazı Şekil 3.3'te görüldüğü gibi kısımlardan oluşmaktadır. Cihazın, ayrıntılı teknik çizimi Şekil 3.4'te mevcuttur.

Bu kapsamda PM toplama cihazı 4 temel kısımdan oluşmaktadır;

- a. Bir pompa, basınç ölçer, hava debisinin ölçüldüğü sayaç, pompaya bağlı hava emişinin yapıldığı bağlantı hortumunu içerir.
- b. Hava emiş debisini 24 saat kayıt altına alan kamera
- c. Kaset ünitesinin yerleştirildiği hava çekiş silindiri
- d. Silindiri yağmur ve güneşin etkisinden koruyan kap (kova) (Emiş silindirinin aşağısından gerçekleştiği için kovanın aerodinemiğe etkisi yoktur)



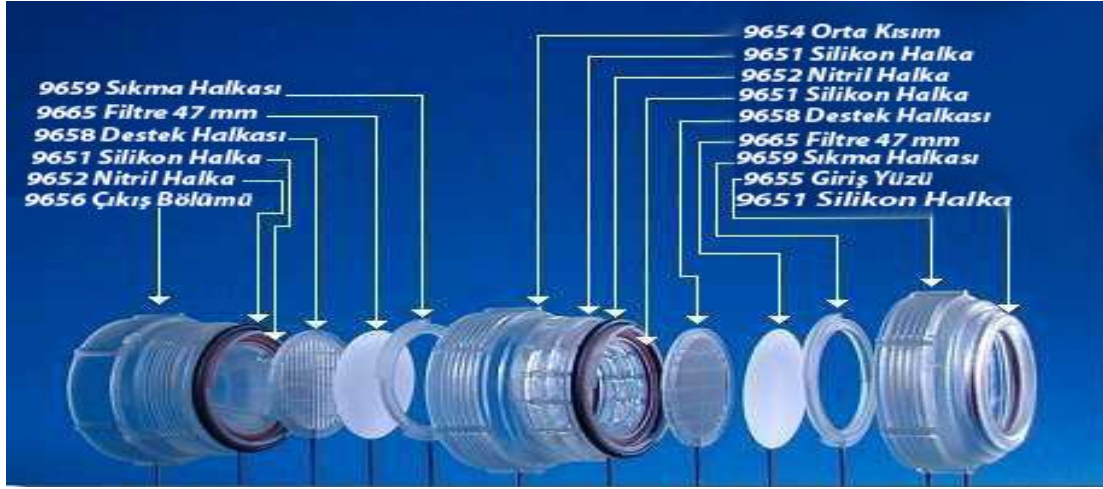
Şekil 3.3. Partikül Madde toplama cihaz ünitesinin genel görünümü



Şekil 3.4. Partikül Madde toplama cihazının şematik gösterimi

3.2.1. Kaset Ünitesi

Şekil 3.5’te görüldüğü gibi kaset, üzerlerinde yazılan bölümlerden oluşmaktadır. Kasete; kaba (course) ve ince (fine) olmak üzere iki çeşit filtre kullanılmaktadır. Bunlardan fine (10 µm) kasetin alt kısmındaki destek halkasına parlak yüzeyi üst kısma gelecek şekilde, course (2.5 µm) ise kasetin üst kısmındaki destek halkasına parlak yüzeyi üst kısma gelecek şekilde yerleştirilir ve kaset hava almayacak şekilde iyice sıkıştırılır. Bu işlem sırasında filtrelerin sorunsuz bir şekilde kaset ünitesine tam yerleştirilip boşluk kısmı kalmaması için dikkat edilmeli ve hava akımı olmayan tozsuz bir ortamda gerçekleştirilmelidir. Toz toplama cihazı için çeşitli tipte ve özellikle filtrelerin kullanılması gerekmektedir (Şekil 3.6, 3.6.a, 3.6.b). Bu filtreler 0.4 µm ve 8 µm gözenek çapına sahip Whatman filtreler olarak adlandırılır. Bu filtreler PM 2.5-10 ve PM 2.5’tan küçük partikülleri toplamaktadır.



Şekil 3.5. Filtre kasetini oluşturan parçalar



Şekil 3.6.a.b. PM 10 ve PM 2.5
FiltreKaset Parçaları

3.2.2. Filtre Değişim Kabini

Filtre değişim işlemini gerçekleştirmeden önce Şekil 3.7’de görülen kabinin içerisinde önce filtreler şekilde görüldüğü gibi (parçalar halinde) konulup 20 dakika uv ışınıyla kabin içerisinde tozsuz ortam sağlanıp sterilize edilir. Bu sterilize işlemi gerçekleşikten sonra filtreler kaset ünitesine yerleşimi yapılır. Filtre silindire takılmadan önce hava akımını önlemek için cihaz durdurulur.



Şekil 3.7. Filtre Değişim Kabini

3.2.3. Hava Çekiş Silindiri

PM10 ve PM 2.5 toplayan filtreler kasete 9:30'da yerleştirildikten sonra silindire dik bir şekilde takılması yapılır (Şekil 3.8). Pompaya bağlı hava emiş borusu kasete bağlanır. Silindirin ağzı iyice sıkıştırılır ve silindir koruma kabının (kova) altına yerleştirilir. Cihaz tekrar çalıştırılıp 5 dakika beklendikten sonra 16-17 dm³/dk hava çekip çekmediği kontrol edilir. Daha sonra çıkarılan kasetin (sabah 09:30'dan ertesi gün 09:30'a kadar) içerisindeki filtreler kaset değişim kabininde çıkarılıp petri kaplarına konulur.



Şekil 3.8. Kasetin Yerleştirildiği Silindir ve Koruma Kabı

3.2.4. Kameralar ve Takip Odası

Tozu, bölgesel olarak takibini sağlayabilecek 3 kamera sistemi çevre mühendisliği çatısı toz toplama cihazı civarına kurulmuştur. Şekil 3.9'daki kamera 1. güneyden gelen tozları ve görüş mesafesi hakkında bilgi verirken Şekil 3.10'daki kamera 2 kuzey kısım hakkında bilgi vermektedir. Şekil 3.11'deki kamera 3 ise hava emiş debi sayacını görüntülemektedir. 3 kamera da 24 saat kesintisiz olarak çekim yapmaktadır. Toz toplama cihazı ve kameraların elektrik kesintisinden etkilenmemesi

için 8 saat güç veren ups sistemi kurulmuştur (Şekil 3.12). Kameraları 24 saat online olarak izlenebilen ve kayıt altına alan Şekil 3.13’ te görülen bir takip odası oluşturulmuştur.



Şekil 3.9. Bölgesel izleme 2. numaralı kamera görünümü



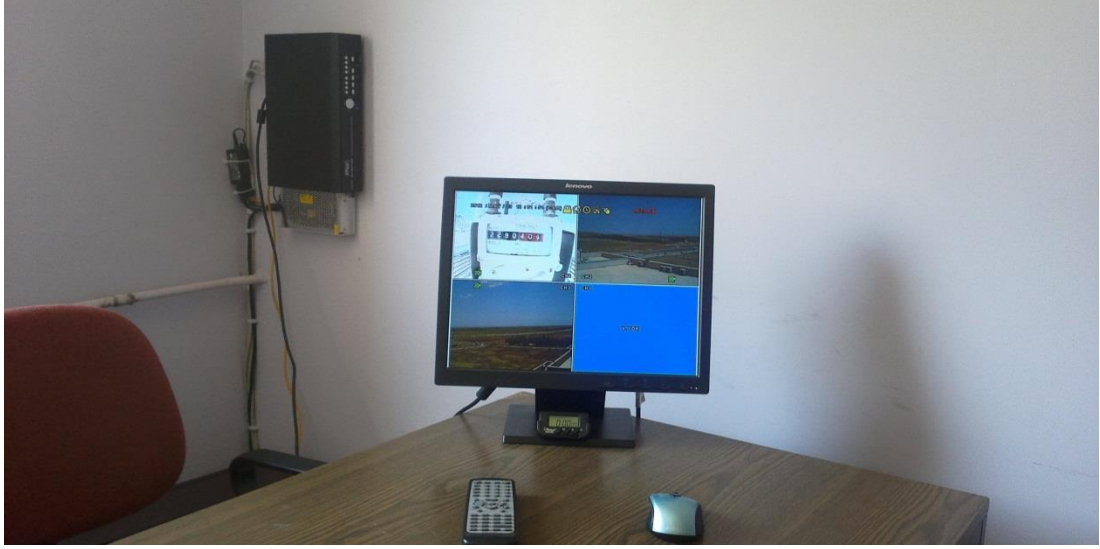
Şekil 3.10. Bölgesel izleme 2. numaralı kamera görünümü



Şekil 3.11.Cihaz sayacının izlendiği 3.numaralı kamera görünümü



Şekil 3.12. Ups Cihazı

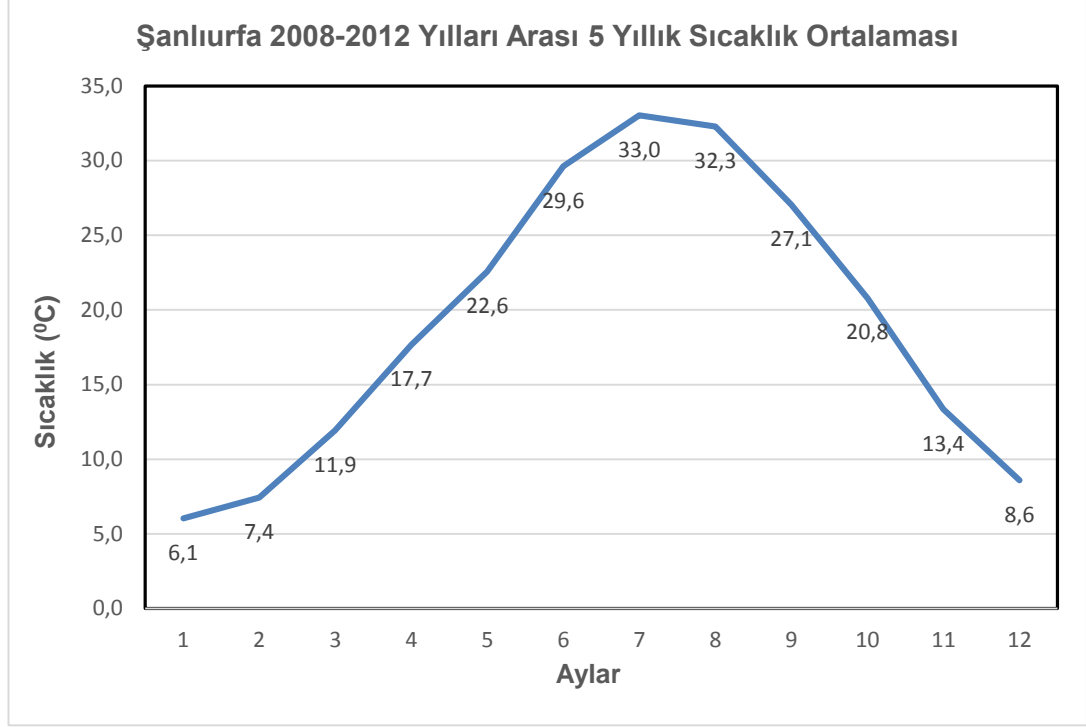


Şekil 3.13. Kameraların izlendiği takip odası

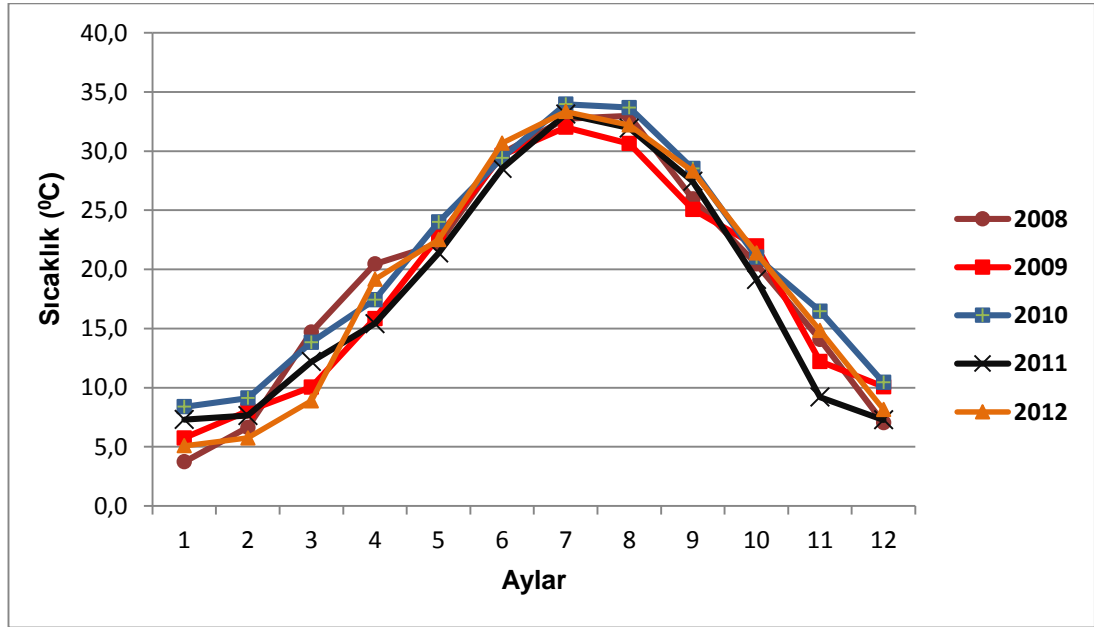
Silindirin içindeki kasetin 16 dm³/dk hava çekip çekmediği çatıdaki cihazların kontrolü için yerleştirilen kameralarla takip edilir. İnternet tarayıcısı üzerinden cihazın IP numarası yazılarak internet üzerinden kamera görüntülerine erişim sağlanmaktadır.

3.3. Çalışma Alanı Sıcaklığı

Şanlıurfa ili, yaz aylarında sıcak ve kurak, kış ayında ise ılık geçmektedir. Bölgenin son 5 yıl içerisindeki sıcaklık durumunu değerlendirmek için Şanlıurfa meteoroloji Müdürlüğünden değerler alınmıştır. 2008-2012 yılları arasındaki ortalama sıcaklık Şekil 3.14 ve 2008-2012 yıllarında aylık sıcaklık Şekil 3.15'te mevcuttur. Son 5 yıl ortalamasında kış aylarında ortalama sıcaklık 7.3 °C, ilkbahar aylarında 17.3 °C, yaz aylarında 31.4 °C ve sonbaharda 20 °C olarak tespit edilmiş, bu değerler Türkiye ortalamasının üstünde olarak yarı kurak bir iklim olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca 2012 yılına doğru toz taşınımı artmasıyla sıcaklık değerinin de özellikle mart-mayıs periyodunda arttığını Şekil 3.15'te görülmektedir.



Şekil 3.14. Şanlıurfa 2008-2012 yılları arasında 5 yıllık sıcaklık ortalaması



Şekil 3.15. Şanlıurfa 2008-2012 yılları arasında 5 yıllık sıcaklık aylık ortalaması

3.4. MODIS Uydu Görüntüsü ve Hysplit Programı

Şanlıurfa'da, hakim rüzgâr yönü genelde kuzey-batı olmakla beraber güney yönü rüzgar olması durumunda, toz bulutlarının güney sınırimızda bulunan Suriye\Sahra çöllerinden partikül madde taşınımı gerçekleşmektedir. Bu taşınımın izlenmesinde yakın zamana kadar meteoroloji uyduları (Meteosat ve GEOS vb.) ve NOAA'nın TIROS-N (Television Infrared Observation Satellites) serisi uydularında bulunan AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) algılayıcıları kullanılmıştır. 1990'lı yılların ikinci yarısında detaylı renkli görüntülerine SeaWIFS uydusu aracılığıyla ile ulaşılabilirken (<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs/browse.pl>) daha sonra ERS ve ENVISAT uyduları devreye girmiştir. Son yıllarda ise MODIS ve TERRA uyduları ile çok kanallı ve 250 m çözünürlükteki uydu verilerine ulaşılabilir. Uydu geçişini takip eden birkaç saat içerisinde küresel toz taşınımına ait olan izlenmiş veriler internet ortamında yayımlanmaktadır (<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>).

MODIS Aerosol uydu görüntüsü, küresel olarak okyanusların veya kıtaların bir kısmının üzerindeki ortamın aerosol optiksel kalınlığını görüntüler. İlave olarak, aerosol büyüklüğünün dağılımı, okyanusların üzerinden ve aerosol tipi ise kıtaların üzerinden elde edilir. Günlük Seviye 2 (level 2) verileri, 10×10 1-km piksel çözünürlükle üretilir (<http://tr.docdat.com/docs/index-35938.html>).

İki çeşit MODIS Aerosol veri ürünü vardır;

- MOD04_L2, veriler Terra uydusundan
- MYDO4_L2, veriler Aqua uydusundan elde edilir.

Bu çalışmada, 2012 yılında her gün modis görüntüsü izlenmiş ve tozlu günler tespit edilmiştir. Ayrıca tozların kaynağını belirlemede yardımcı olan Hysplit programı kullanılmıştır.

3.5. Tozların Miktarı ve Kimyasal İçeriği Belirleme

Bu çalışmada, toz toplama cihazından günlük olarak PM10 ve PM 2.5 olmak üzere 2 filtre elde edilmiştir. Bu filtreler, kullanılmadan önce desikatörde 48 saat bekleme sonrasında 5 dijitlik hassas terazide darası alınarak, kabin içerisinde petri kaplarına yerleştirilmiştir. Kullanım sonrası tekrardan desikatörde 48 saat bekletilip darası alınarak, cihazın 24 saatlik çekiş debisiyle hesaplanıp miktarı belirlenmiştir. Miktarı tespit edilen filtreler, ODTÜ Merkezi Laboratuvarına gönderilmiştir. Filtreler aşağıdaki metotla çözelti haline getirildikten sonra ICP cihazıyla Na, K, Mg, Ca, Fe, Al, Si, Ti Mn, Sb, Cr, Cu, Pb, Zn, Cd ve Ni elementlerinin analizleri yapılmıştır.

Metod olarak çözeltiye alma işlemi Anton Paar Multiwave 3000 mikrodalga numune hazırlama sistemi (Rotor type 8SXF100) kullanılarak yapılmıştır.

Mikrodalga kaplarına aktarılan filtrelerin üzerine 7 ml HNO₃ (Merck, suprapur) ve 0.5 ml HF (Merck, GR for analysis ISO) eklenmiştir.

Cihaz parametreleri 1. Güç (W): 100, Süre (dakika): 5

2. Güç (W): 500, Süre (dakika): 5

3. Güç (W): 800, Süre (dakika): 10

Söndürme işlemi için: Tüm numunelere 3 ml, 5% H₃BO₃ (Merck, suprapur) eklenip mikrodalga işlemi tekrar uygulanmıştır.

Cihaz parametreleri Güç (W): 800 Süre (dakika): 10

Tüm numune ve şahit çözeltiler de-iyonize su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

Çözelti hale gelen numune ICP cihazıyla 3 defa analiz edilerek ortalaması alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Son yıllarda artan küresel ısınma ve insanların doğayı tahrip etmesine bağlı olarak yüzey vejetasyonundaki değişim, toprak nemliliğindeki farklılaşma ve kıtalar arası iklimsel değişimler toz taşınımında artışlara neden olduğu tahmin edilmektedir. Global hava akımlarıyla taşınan bu tozlar iklimsel hareketlere bağlı olarak çok uzak mesafelere kadar taşınabilmektedir. Kurak/yarı kurak iklimler ve bitki örtüsünden yoksun olan alanların bu tozlardan daha çok etkilendiği dikkati çekmektedir. Son yıllarda Şanlıurfa'nın da içerisinde bulunduğu GAP ve bazen de diğer çevre illerinde çöl tozlarının taşınma sıklığının arttığı dikkati çekmektedir. Bazen birkaç gün havada asılı kalan bu tozların sağlık dışında, çevre ve tarım üzerine olan olumsuz etkileri bilim dünyasını düşündürmektedir. Çoğu zaman bulut gibi görünen tozların, atmosferde bulunduğu zaman diliminde baş ağrısı yapması yanında, insan gözünü yaktığı ve solunum ile ilgili sorunları artırdığı dikkati çekmiştir. Bu tozların geliş tarihlerinde cihaz yardımıyla toplanması, uydu görüntüleriyle izlenmesi ve incelenmesi çalışmanın ana amaçlarından birisidir. Bu nedenle uluslararası ölçüm standartlarına göre farklı boyuttaki tozlar toplanarak bileşimleri incelenmiştir.

Tez çalışmasının ana amaçlarından birisi de, gelen tozların geliş yönü ve geliş sıklığını uydu görüntüleriyle belirlemektir. Havada toz bulutunun gözleendiği tarihlerde cihazla toz toplanırken, aynı zamanda uydu görüntüleriyle tozun geliş yönü ve etkilediği alanın genişliği de değerlendirilmiştir.

4.1. Modis Uydu Görüntüsü, Hysplit Modeli ve Bölgesel Kamera ile Kaynak Tespiti

İklimsel olayda en önemli faktörlerden birisi, toz taşınımı olayıdır. Taşınım, evrende önüne geçilemeyen, seviye ve şiddeti azaltılamayan bir doğal süreçtir. Havanın kalitesi aerosol bileşenleri tarafından belirlenir, yani saf gaz süspansiyonu,

katı ve sıvı parçacıklar (su, karbon ve toz). Çok fazla aerosol varlığı hava kalitesini bozar, örneğin nitrojen oksit (yanan ürünlerden çıkan) atmosferde diğer kimyasallarla etkileştiğinde yer seviyesi ozonu ve yoğun yerleşim yerlerinde hava kirliliğine yol açar. Çoğu doğal aerosol okyanuslardan kaynaklanır fakat yer yüzeyi aerosolun önemli bir kısmını üretir (özellikle doğal olmayan-endüstriyel). Dünyamızın, yaklaşık beşte birini kaplayan çöller, aerosol içeriğini etkilemektedir. Boyutları çok küçük olan ve hatta bazen gözle dahi fark edilemeyen partikül maddeler aerosollerin özelliklerini değişmesine neden olmaktadır.

Aerosol özellikleri ve atmosferdeki dağılımı ile ilgili veri almak bilim insanlarının iklimsel olayların etkilerini örneğin radyasyon miktarı (gelen ve giden radyasyon dengesi) ve bulut albedosunu (cisimlerden uzaya geri yansıyan güneş enerjisinin oranı) anlamalarını sağlar. Aerosolu bilmek, kesin sıcaklık eğilimini açıklamaya yardımcı olakta ve farklı büyüklük ve renklerdeki aerosol parçacıkları güneşten gelen ışınlarla farklı şekillerde etkileşir. Siyah renkli parçacıklar siyah karbon aerosol diye adlandırılır ve atmosferde çok fazla radyasyon ve sıcaklık ihtiva eder. Açık renkli parçacıklar güneş ışığını yansıtır ve dünyayı serinletir (<http://tr.docdat.com/docs/index-35938.html>).

Bu çalışmada, hava kütle cephesi çok açık olan Şanlıurfa ilinde 1 yıl boyunca gelen hakim rüzgarlar aracılığıyla gelen toz taşınımı uydular aracılığıyla izlenmiş ve Şanlıurfa'ya gelen tozların yönleri ortaya koyulmuştur. Tozun geldiği günlerde görüntü üzerinde bulanıklık (sarı toz) kalkışı görülmektedir. Uzak menzillerden taşınan tozlar, Şanlıurfa'ya ulaşması bazen 2 gün sürebilmekte ve bu zaman zarfında tozun geleceği önceden belirlenebilmektedir. Ayrıca 2012 yılı Şanlıurfa genelinde meydana gelen PM10' lerin nereden ve hangi yollarla geldiğini bulabilmek için, geri yörüngelerin tayininde sıklıkla kullanılan Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT) modeli kullanılmıştır. Episot günlerinde Şanlıurfa iline ulaşan hava parsellerinin üç gün boyunca hangi rotaları izlediğini bulabilmek için HYSPLIT modeli 500, 1000 ve 1500 m yüksekliğinde çalıştırılmıştır. Modeli

çalıştırmadan önce geri yörüngelerin bitiş saati olarak 00:00 saati ve bitiş koordinatları olarak da 41° Enlem ve 29° Boylam koordinatları (Harran Üniversitesi Çevre mühendisliği çatı katı PM toplama cihazı koordinatları) sisteme girilmiştir. Gelen tozların toplanması amacıyla Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği çatı katına yerleştirilen 3 kamera sistemi ile güney, kuzey cepheleriyle tozun görüş mesafesini önemli derecede etkilediği gözlenmiştir.

Farklı mesafe ve yönlerden gelen tozların boyutları da farklı olmaktadır. Gelen tozların boyutu çevre ve sağlık üzerine etki ederken, çökme hızı açısından da önem kazanmaktadır.

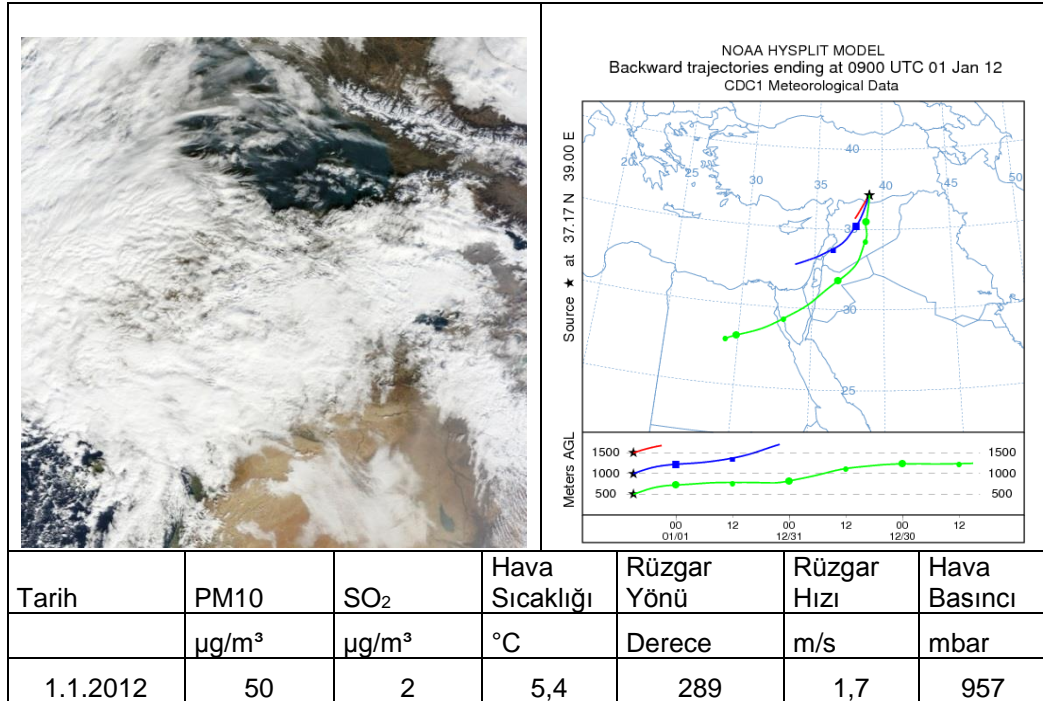
Partikül madde boyutlarına bağlı olarak kuru çökme, havadaki partikül kütlesinin kuru (yağışsız) şartlar altında çökmesi olayıdır (Taşdemir, 2002). Kirleticilerin gaz ve partikül halde olmaları ve meteorolojik koşullar çökmenin mertebesini etkilemektedir (Holsen ve ark., 1991). Lin ve ark., (1994) yapmış oldukları çalışmalarda, küçük partiküllerin ($dp < 0,1$ m) çökmesinde Brownian hareketi önemliyen büyük partiküllerin ($dp > 1$ mm) çökmesinde sedimentasyon etkisi baskın halde olduğunu tespit etmişlerdir. Partikül büyüklüğü arttıkça çökme hızı dolayısıyla da akışlarda artış olacaktır. Öte yandan aradaki boyutlarda (0.1 mm $< dp < 1$ mm) yüzeye çarparak uzaklaşma daha etkilidir (Lin ve ark., 1994). Bu çalışmada, Şanlıurfa iline gelen tozların büyüklük çaplarının 10 mikrondan küçük olduğunu tahmin edilmektedir. Çünkü 10 mikrondan daha büyük partiküllerin yerçekiminin etkisiyle ve birçok iklimsel (sıcaklık, basınç, rüzgar vb.) etkilerle daha yakın mesafelerde yeryüzüne inmesi mümkündür.

Türkiye ve çevresini etkileyen çöl tozları kaynaklarını özellikle Anadolu Yarımadası'na yakın olan bölgelerden almakta, çeşitli yönlerden anadolu'ya ulaşan yerel rüzgârlar vasıtasıyla taşınmaktadır. Türkiye'yi en fazla etkileyen çöllerin başında Kuzey Afrika'daki Büyük Sahra Çölü'nden gelirken, Arabistan ve İran çölleri de

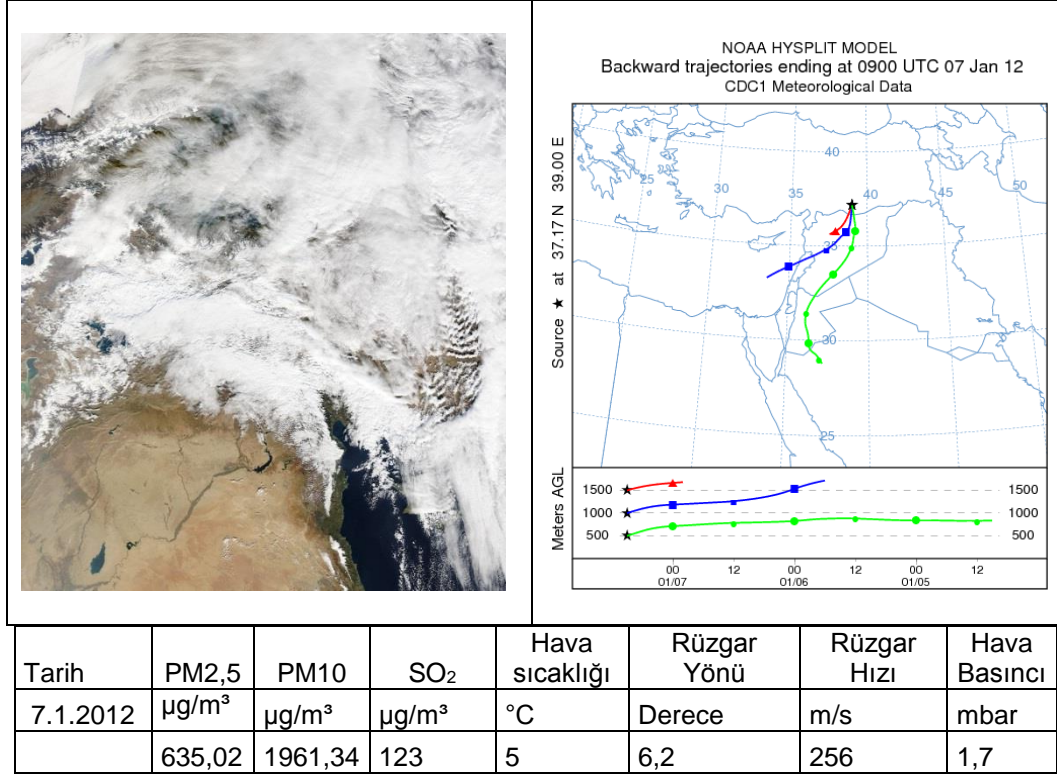
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

anadolu ve çevresine yoğun toz taşınımının gerçekleşmesinde etkili olduğu belirlenmiştir. 1 yıl boyunca Şanlıurfa için izlediğimiz uydularda da tozların bu kaynaklardan (yönlerden) geldiğini, bunların yanı sıra sınır komşumuz olan Suriye Çölü'nden de toz taşınımının gerçekleştiği tespit edilmiştir.

1 ve 7 Ocak 2012 tarihlerinde alınan uydu görüntülerinde görüldüğü gibi, tozun gelme yönü Sahra ve Suriye çölleri olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.1 ve 5.2). Sinoptik basınç etkisinde Sahra'dan harekete geçen sıcaklık derecesi yüksek tozlar Suriye çöllerindeki tozları da harekete geçirmiştir. Şekil 5.2'de hysplit yörüngesine yapılan çalışmalarda, yağış oluşumunda, su buharının çekirdekleşmesinde de aerosoller kritik bir rol üstlenmektedir. Bu durumda, aerosoller, buluttaki su zerreciklerinin konsantrasyonunu ve büyüklük dağılımlarını etkileyebilmektedir (Charlson ve ark., 1987; Ayers and Gras, 1991; Ramanathan ve ark., 2001; Lelieveld ve ark., 2002). Özellikle kış aylarında meydana gelen taşınım sonrasında yağış gerçekleşmesi bu durumla ilişkilendirilmektedir.



Şekil 4.1. 1.1.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri



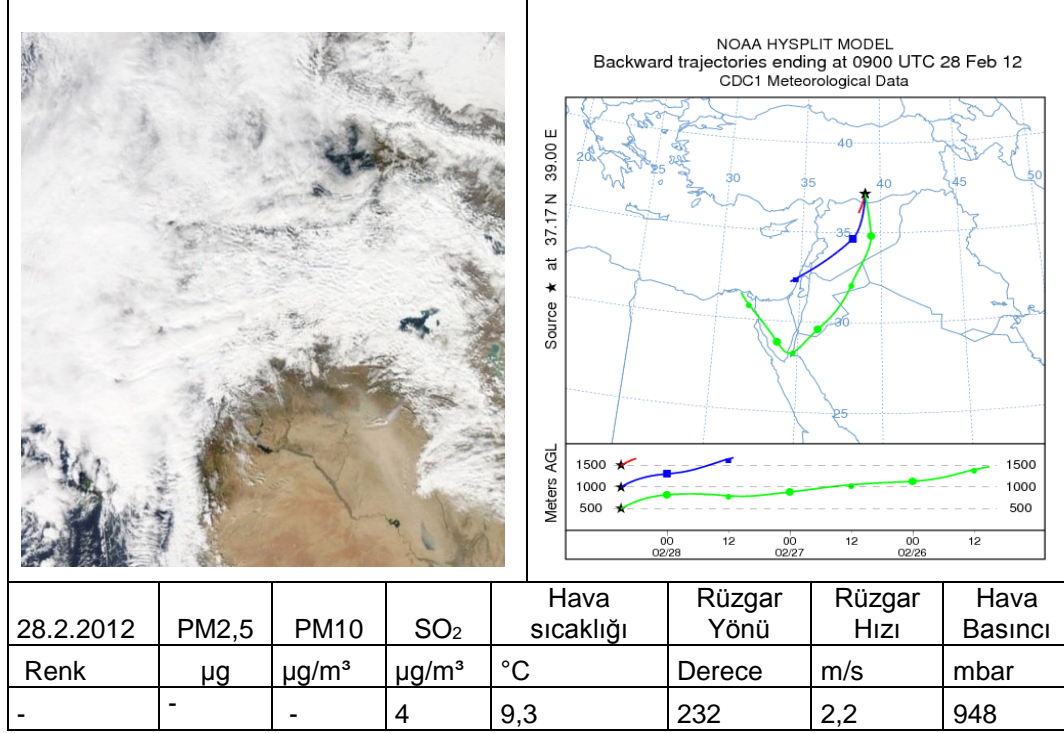
Şekil 4.2. 7.1.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

Şekil 4.1 ve 4.2 incelendiğinde görüntünün ağırlıklı olarak bulutla kaplı olduğu görülmektedir. Ancak dikkatle incelendiğinde tozun bulunduğu alanların daha bulanık olduğu dikkati çekmektedir. Uydu görüntüsünün sağındaki hysplit model şekli incelendiğinde farklı boyuttaki tozların yönleri daha açık bir şekilde dikkat çekmektedir. Bu durum tüm çalışma aşamalarında değerlendirmeye alınmıştır.

Şekil 4.3'te ilk tozdan sonra görülen toz hareketi şubat ayında Sahra ve Suriye çöllerinden kaynaklanmıştır. Hava sıcaklığının düşük olmasından bulutlar arasından toz taşınımı Suriye üzerinde daha belirgin olarak görülmektedir. Bulutlar daha çok dikey hava hareketlerine bağlı adyabatik soğumaların etkisiyle yerden yükseklikte oluşan yoğunlaşmanın sonucudur. En alçak bulutlarda bile bulut tabanı ile yeryüzü arasında saydam bir hava tabakası vardır. Bulutlar ve yağış atmosferik aerosollerin atmosferden temizlenmesinde önemli olduğu vurgulanmıştır. Aerosol boyut dağılımını ve aerosol popülasyonunun kimyasal doğasını bulutlar ve yağış etkiler.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

Aerosollerin büyüklüğünü ve suda çözünübilirliğine bağlı olarak seçici ortadan kaldırmayı bulutlar ve yağışlar sağladığı tespit edilmiştir (Ganor ve ark., 1998).



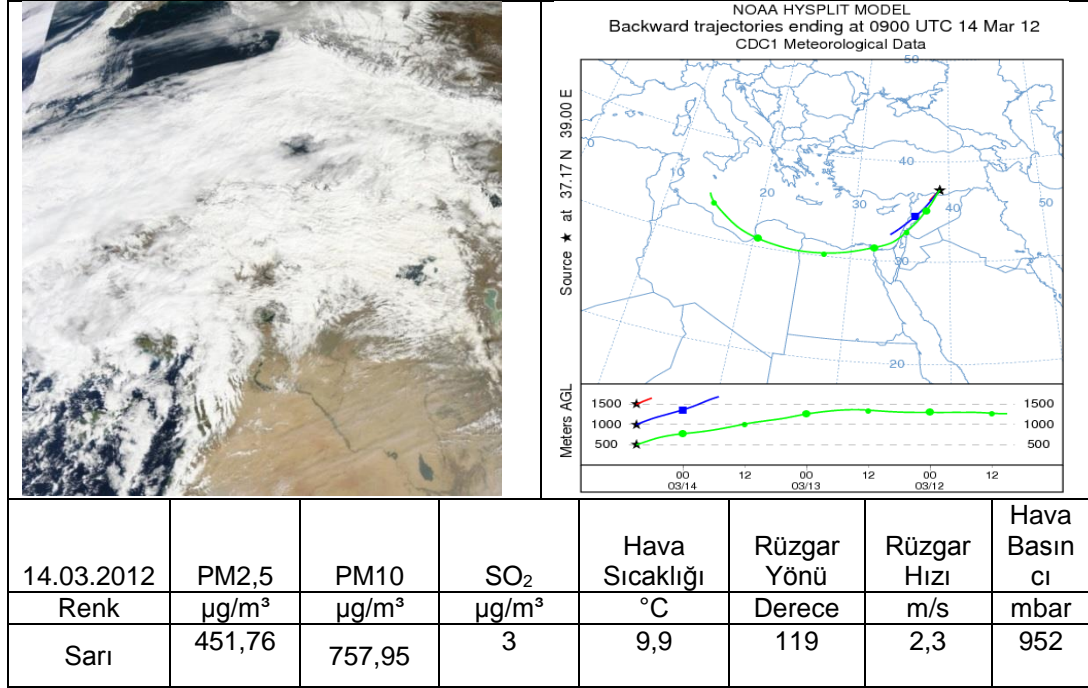
Şekil 4.3. 28.02.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

Doğu Akdeniz’de yapılan çalışmalar, Sahra ve Arabistan yarımadası tozlarının Anadolu’daki etkisinin senede 20 milyon ton civarında olduğunu göstermiştir (Kubilay ve ark.,2000). Ancak bunun % 80’e varan kısmının Mart-Nisan ayları içerisinde ve her biri birkaç günlük periyotlar halinde Anadolu’ya ulaştığını göstermektedir (Kubilay ve Saydam, 1995; Kubilay ve ark., 2000). Bu çalışmada, Şanlıurfa ve çevresine mart, nisan, mayıs ve haziran aylarında toz taşınımının daha yüksek olduğunu modis görüntüleri, hysplit modeli ve PM toplayan cihazla tespit edilmiştir.

Bu durumu, Yaloon’un (1997) çalışmasında bildirdiği gibi Sahra Çölü, geçmişte ve şu anda olduğu gibi, muhtemelen gelecekte de en önemli toz sağlayıcı olmasıyla ilişkilendirebilir (Yaloon, 1997). Şekil 4.4’te mart ayında Sahra ve Suriye çöllerinden

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

kaynaklı bir toz taşımının olduğu açıkça görülmektedir. Tozların yakalandığı filtre rengi sarı olarak tespit edilmiştir.

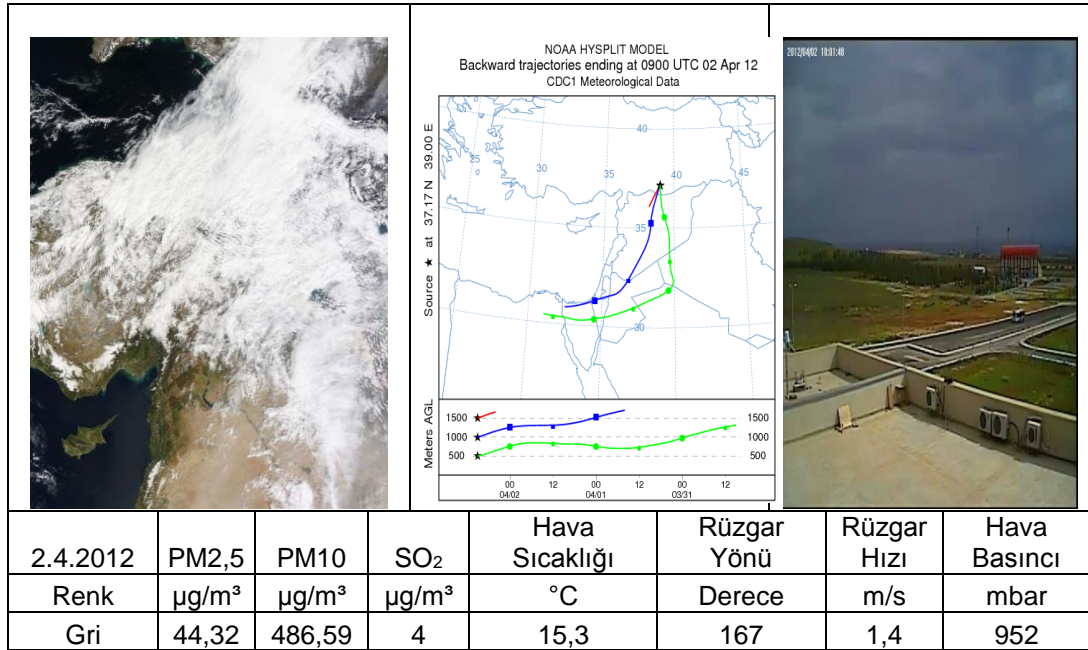


Şekil 4.4. 14.03.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşımını bilgileri

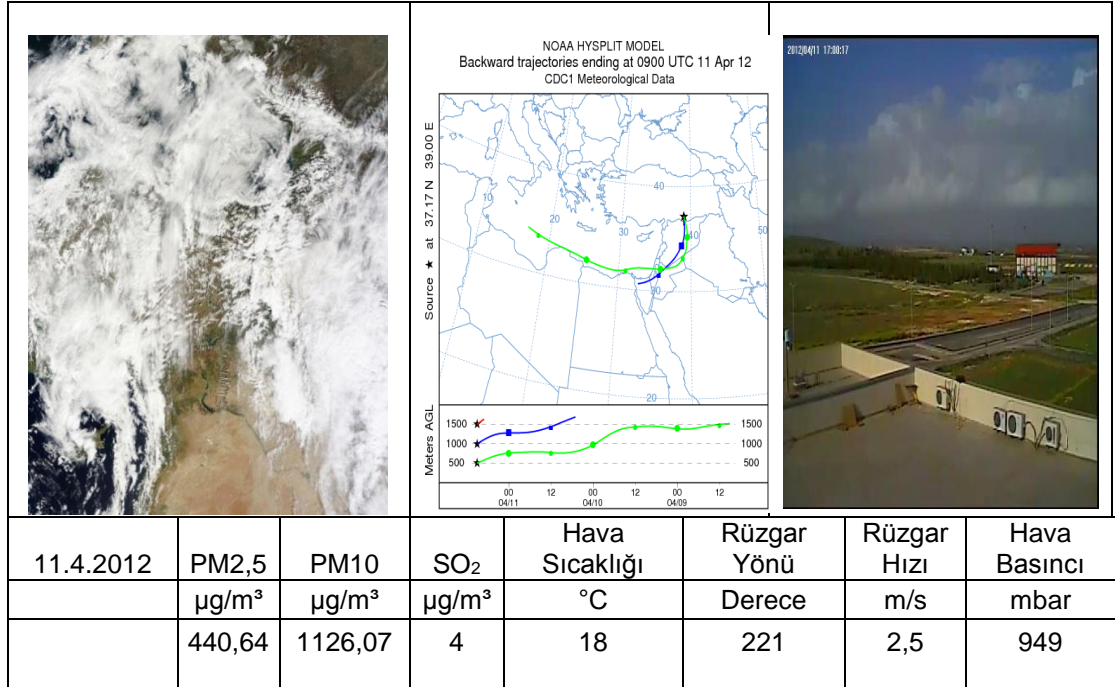
Kuzey Akdeniz'e düşen toz miktarının senede metrekarede 14 gram olduğu ve bu değer in Sahra'nın etkisinde kalan bölgelerden sadece batı Afrika sahil kesiminden daha düşük olduğu, diğer tüm bölgelerden ise daha fazla olduğu bildirilmiştir (Washington ve ark., 2003). Bu miktarın daha fazlası bölgemizde özellikle Mart-Haziran döneminde düştüğü tahmin edilmektedir.

Şekil 4.5 ve 4.6'da da açıkça görüldüğü gibi Sahra'dan gelen hava kütlesi Suriye Çölü'ne doğru hareket ederek partikül maddeleri uzak menzil taşımına koyarak bölgemizi etkilemiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN



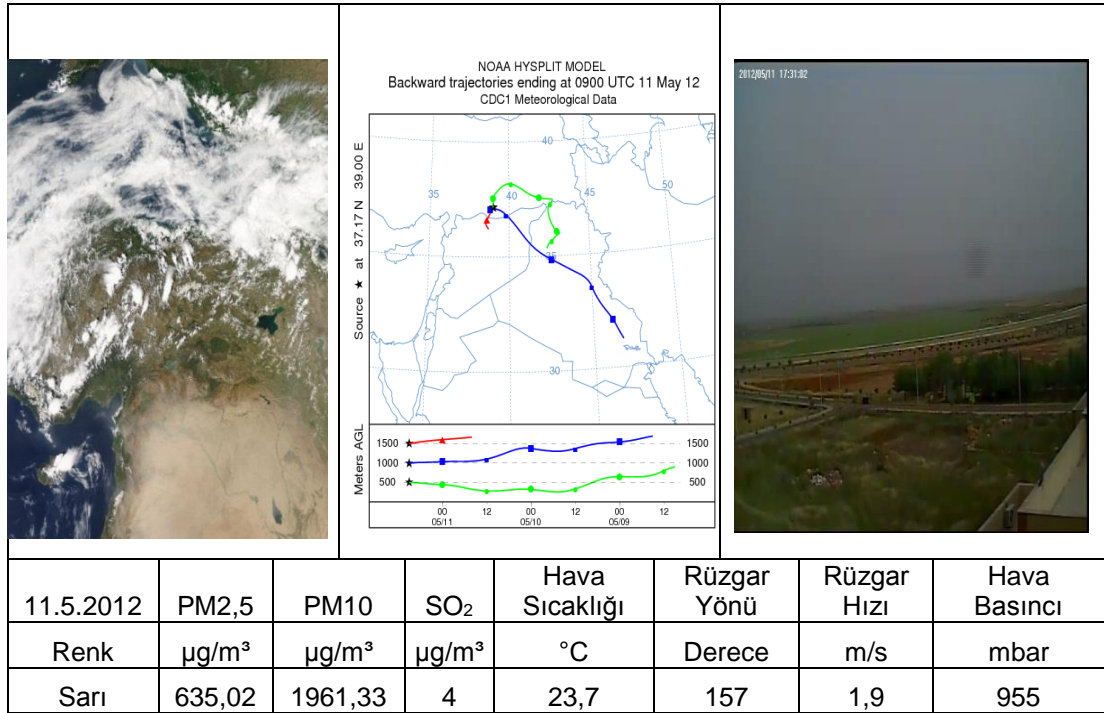
Şekil 4.5. 02.04.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri



Şekil 4.6. 11.04.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

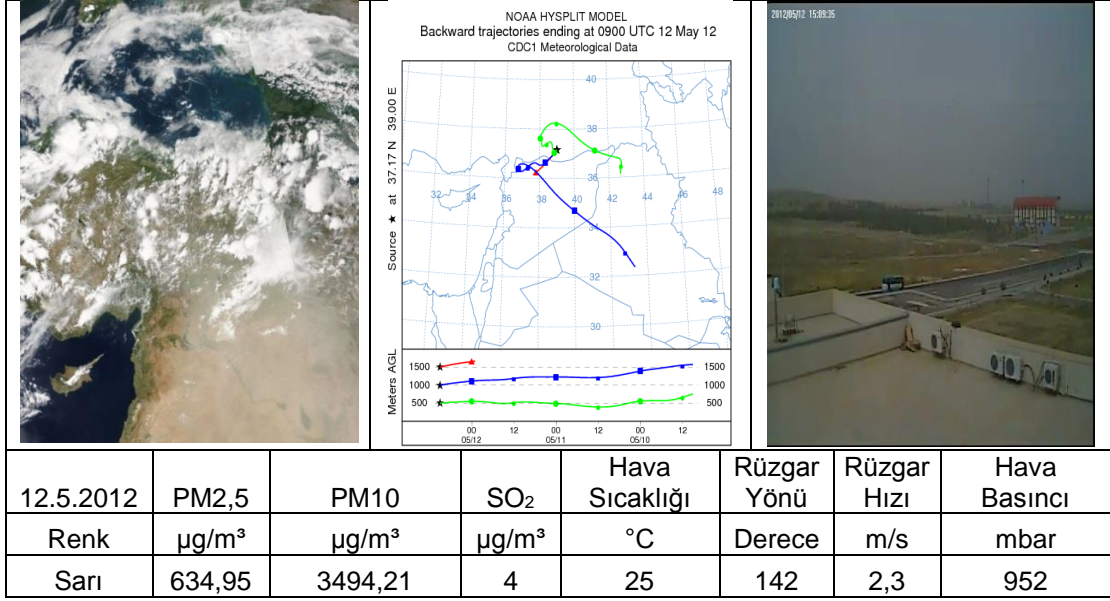
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

Şekil 4.7 ve 4.8’de görüldüğü gibi Mayıs aylarında toz İran, Suriye ve Arap Yarımadası’ndaki çöllerden geldiği tespit edilmiştir. Bu kaynaklardan gelmesinde hava hareketleri ve basınç farklarından kaynaklanmaktadır. Çalışmanın bu kısmında Şanlıurfa ilinde toz toplama cihazının yanına kurulan kuzey ve güney kısmının görüntüsünü temsil eden 24 saat çalışan kameralarla gözlenmiştir. Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9’da da görüldüğü gibi, tozun bölgede beyaz bir sis bulutu gibi kapladığı ve görüş mesafesini oldukça düşürdüğü görülmektedir. Atalay (2010) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye hava kütleleri açısından ele alındığında, herhangi bir hava kütlelerinin kaynak bölgesinde yer almadığı için mevsimlere göre başka bölgelerden gelen farklı hava kütlelerinin etkisi altına girdiği vurgulanmıştır. Bu nedenle yazın güneyden gelen tropikal, kışın ise kuzeyden gelen polar hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır (Atalay, 2010). Yazın tropikal hava kütlesi siklonu zayıflatarak toz taşınımı düşürmektedir.

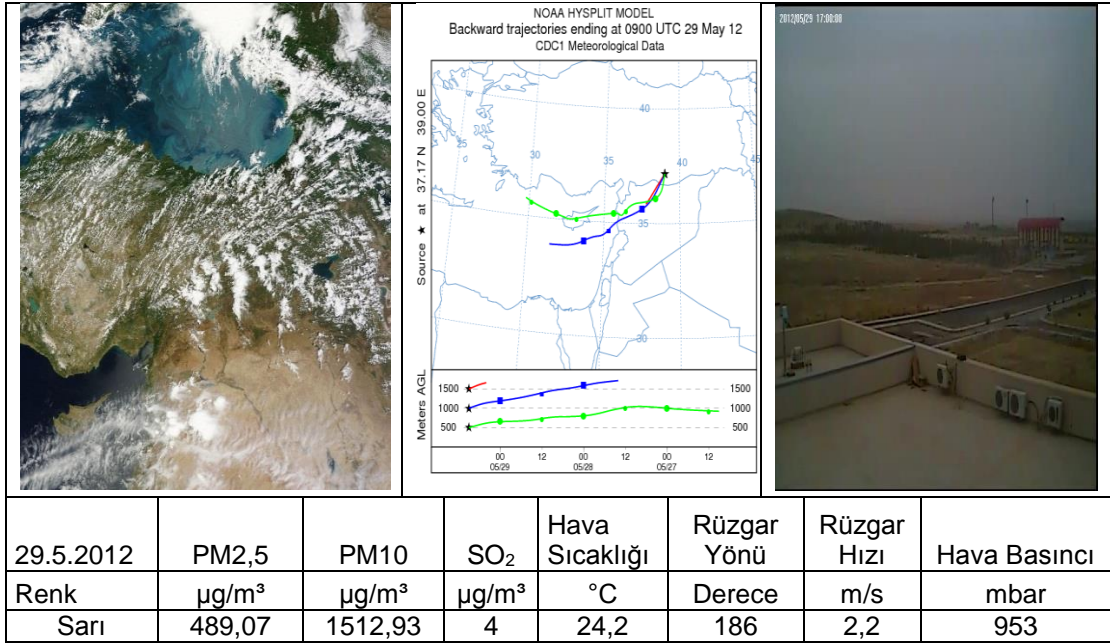


Şekil 4.7. 11.05.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

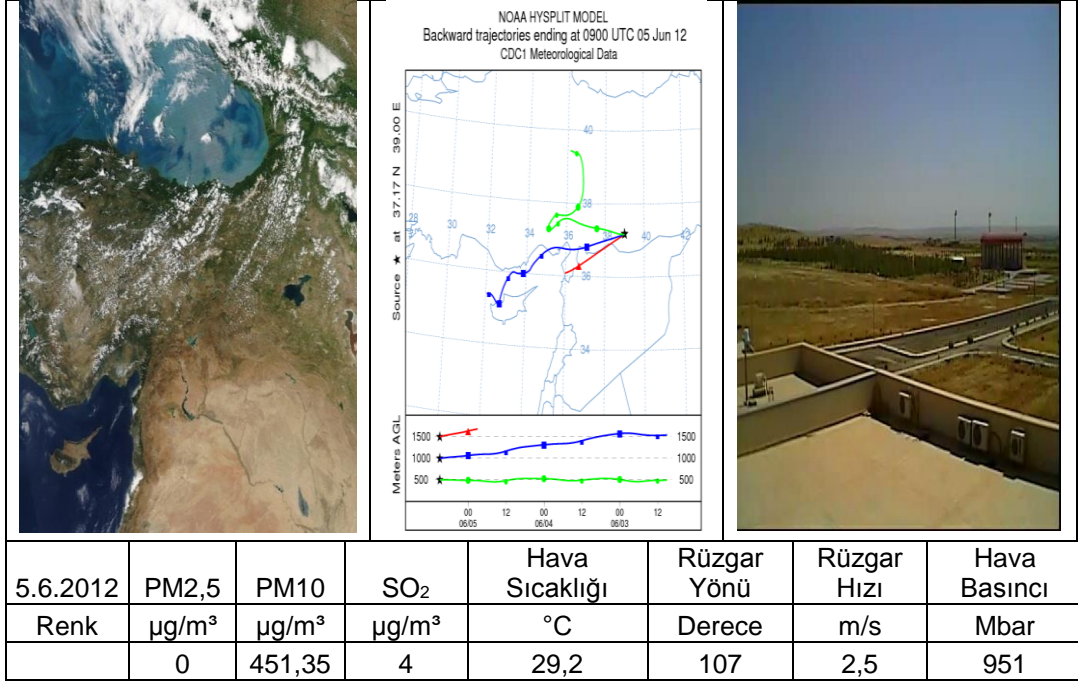


Şekil 4.8. 12.05.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

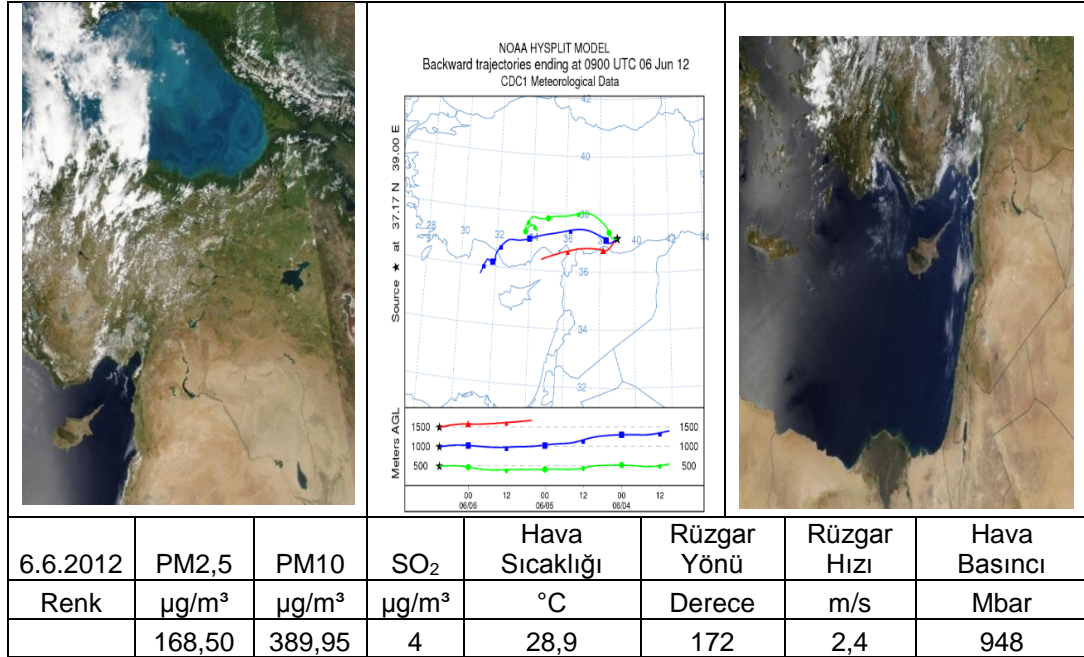


Şekil 4.9. 29.05.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

5-6 Haziran 2012 tarihlerin toz geliş yönü Sahra ve Suriye yönünden olmuştur. Şekil 4.10 ve 4.11'de de açıkça görülen kuru birikim Şanlıurfa'yı 2 gün etkisi altına almıştır.



Şekil 4.10. 05.06.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

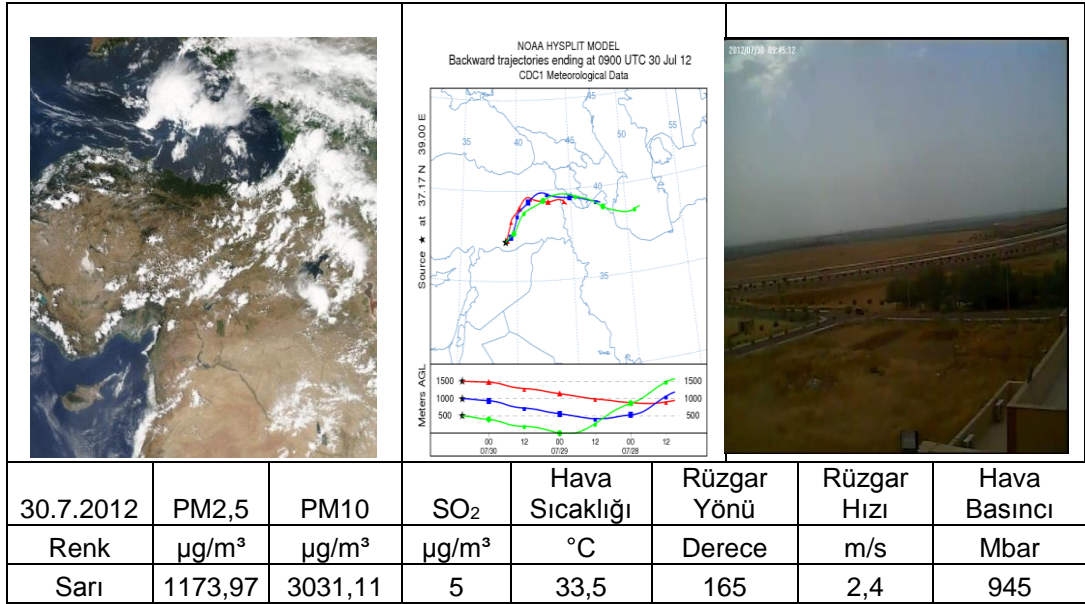


Şekil 4.11. 06.06.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

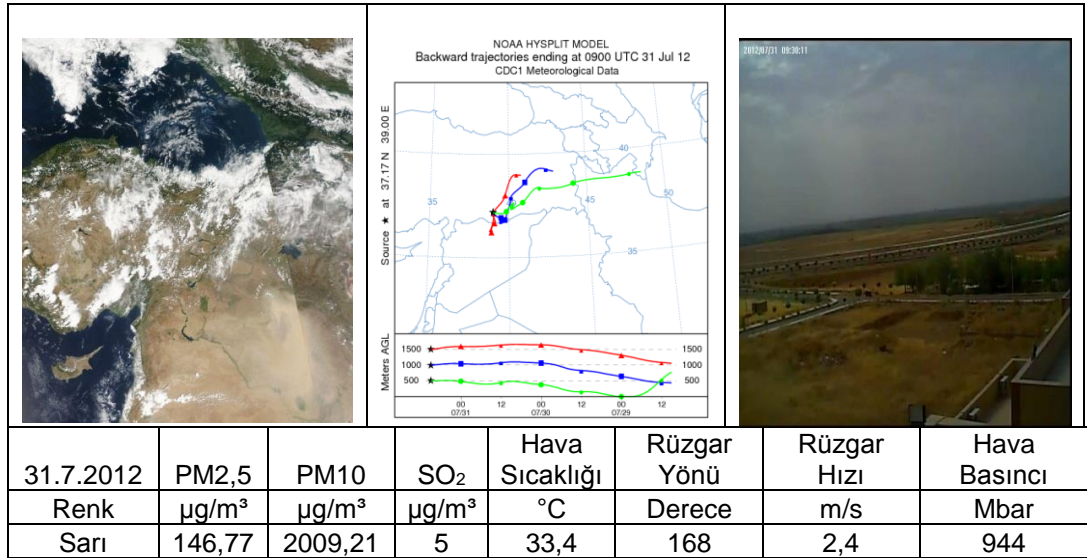
Temmuz ayında toz yönü Sahra ve Suriye güzergahından gelmesiyle birlikte gelme sıklığı azalmıştır (Şekil 4.12 ve 4.13). Bunun nedeni yaz mevsiminde etkili olan

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

bölgesel rüzgârlar, Sahra Çölü ve Arabistan Yarımadası'ndaki karasal tropikal hava kütlelerinin kuzeye doğru ilerlemesiyle oluşurlar (Atalay, 2010).



Şekil 4.12. 30.07.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

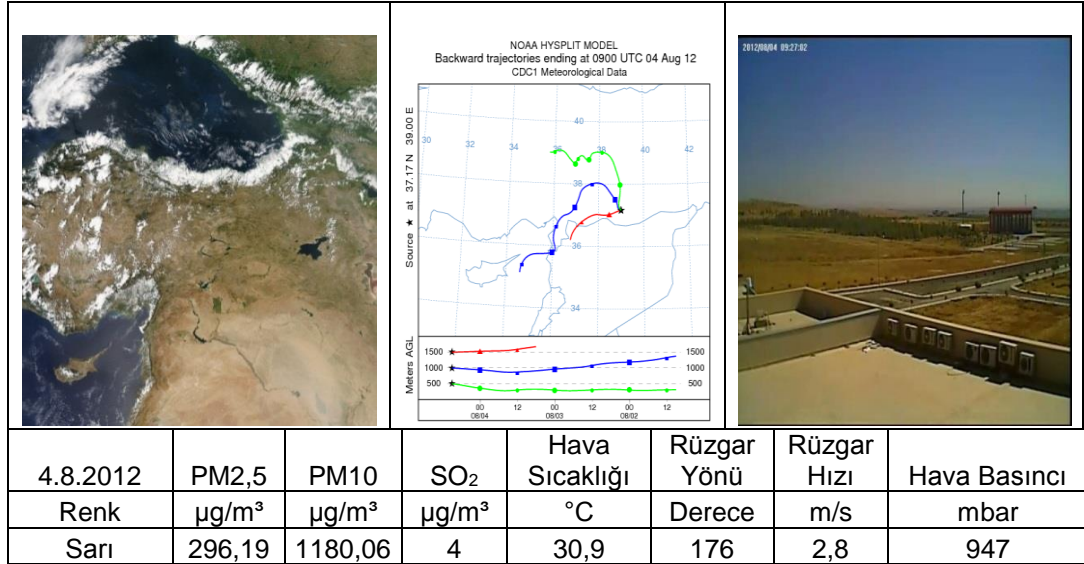


Şekil 4.13. 31.07.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

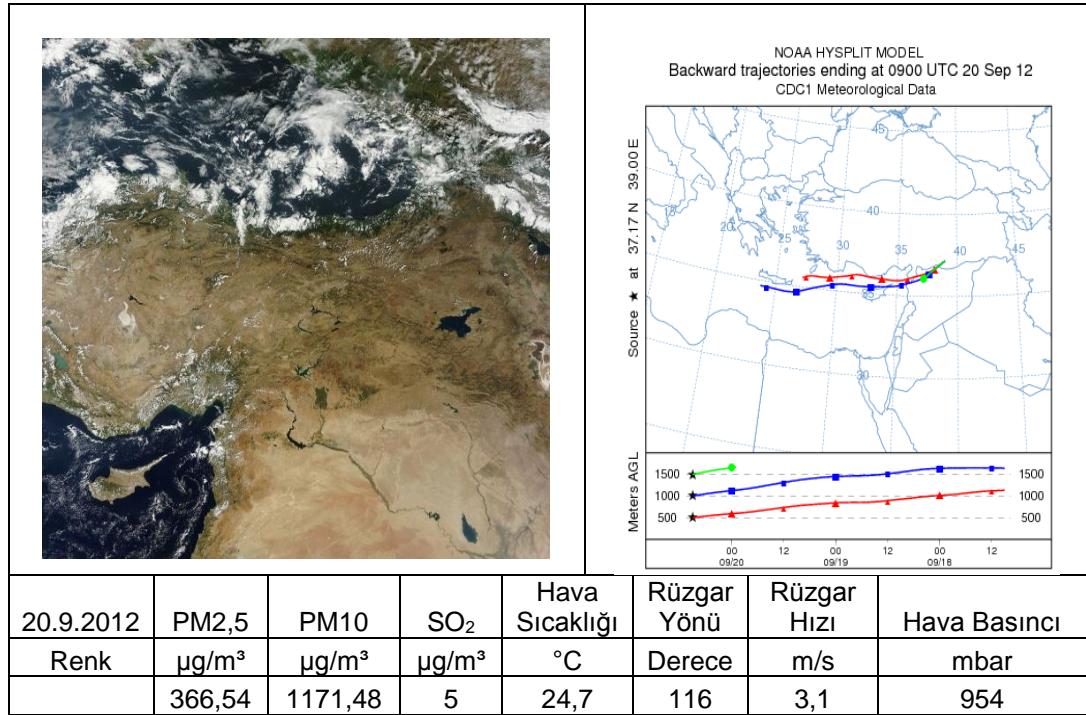
Ağustos ayı, Şanlıurfa ilinde sıcaklığın en fazla olduğu illerin başında gelmektedir Sıcaklık gündüz saatlerinde çoğunlukla 40 °C'yi aşmaktadır. Bununla birlikte partikül madde toplama cihazıyla günlük toplanan toz örneği, 4 Ağustos 2012

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

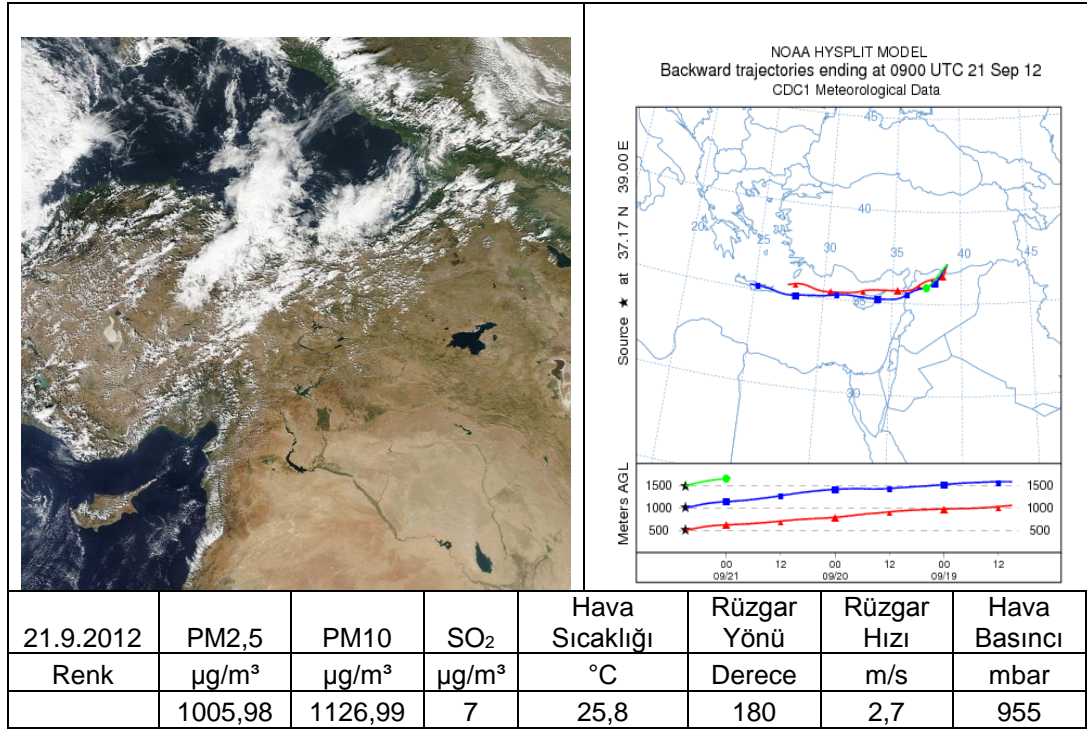
tarihinde PM10 değeri 1180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM2.5 değeri 296 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Taşımının Sahra ve Suriye çöllerinden kaynaklandığı uydu görüntü yorumlarından anlaşılmaktadır (Şekil 4.14). İklim değişikliğine paralel olarak taşınım Mart-Haziran döneminde yoğun olarak görülmekle birlikte rüzgar erozyonu aracılığıyla yaz döneminde de nadir olarak görülmektedir.



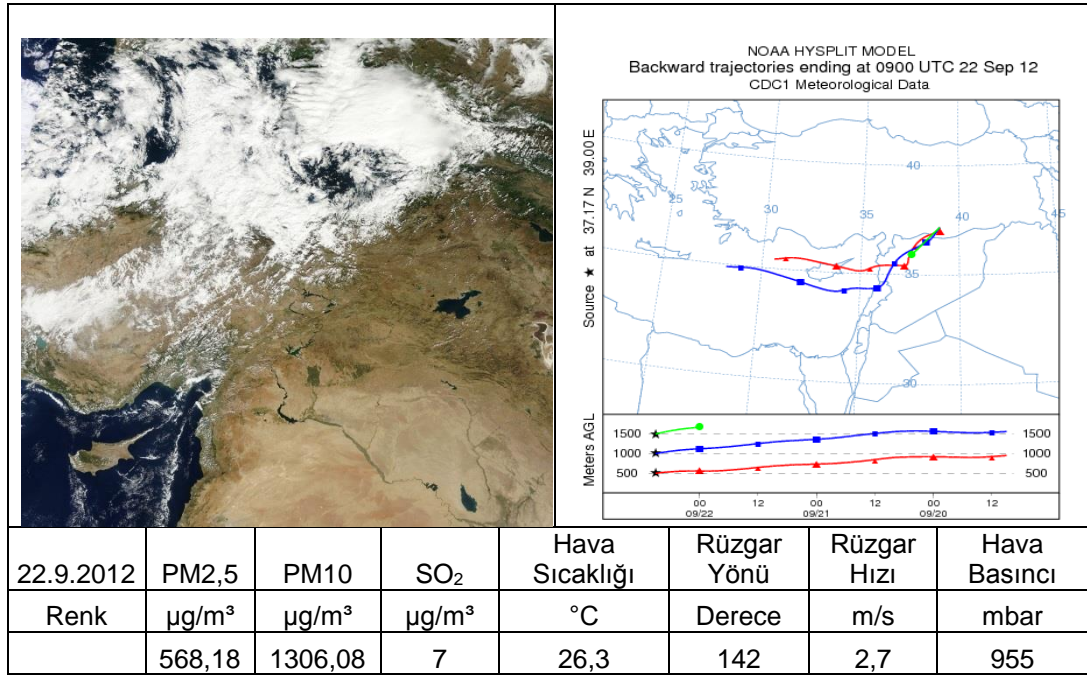
Şekil 4.14. 04.08.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri



Şekil 4.15. 20.09.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri



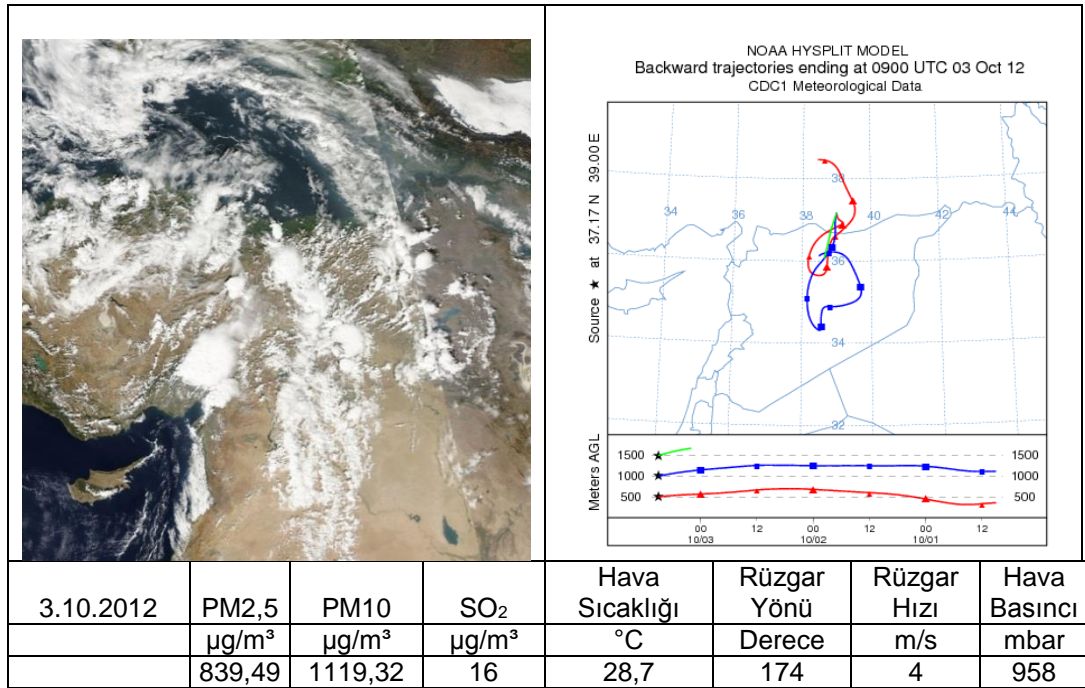
Şekil 4.16. 21.09.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri



Şekil 4.17. 22.09.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

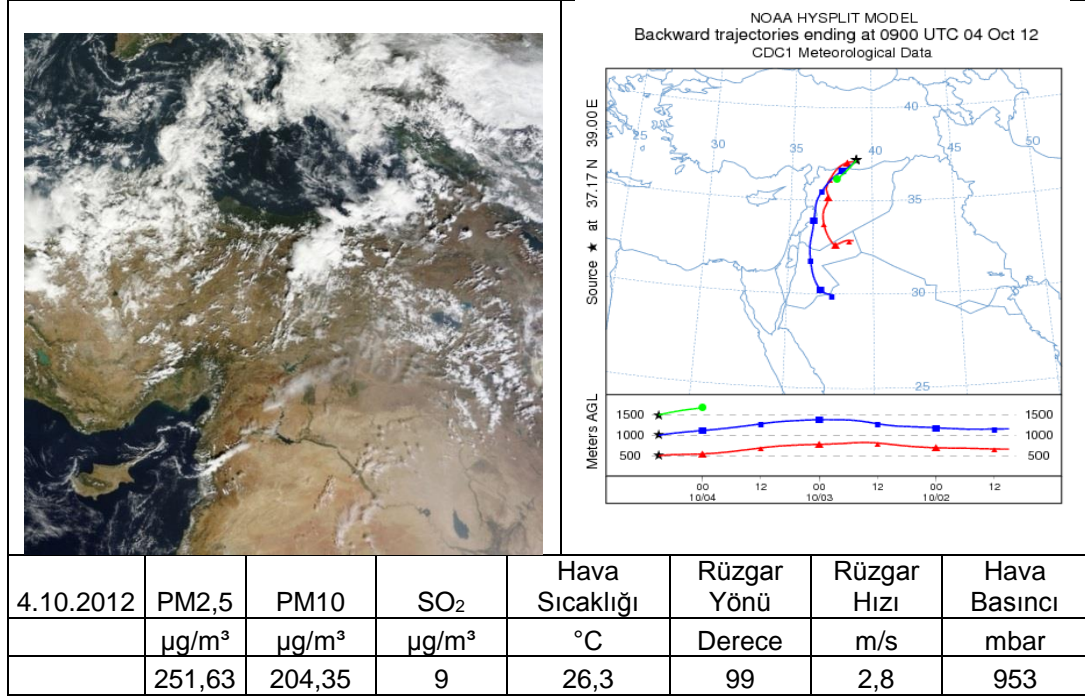
4. ARASTIRMA BULGULARI ve TARTISMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

3-7 Ekim 2012 tarihlerinde 5 gün süreyle toz taşınımı görülmektedir. Sonbahar mevsimi olmasının etkisiyle hava hareketlerine bağlı olarak bu taşınım daha çok Suriye, Arap Yarımadası ve İran çöllerinden kaynaklanmaktadır (Şekil 4.18-4.22). Geçiş mevsimleri olan İlkbahar ve Sonbahar'da tropikal ve polar hava kütlelerinin karşılaşması sonucu Akdeniz üzerinde oluşan cephe hattı boyunca siklonik hareketin yoğunlaşması ve bu siklonların saatin tersi yönünde doğuya doğru dönmesi sonucunda Afrika, Arabistan ve İran üzerinden taşıdığı çöl tozlarını Türkiye'ye ulaştırmasına ve tozlu günlerin yaşanmasına neden olduğunu bildirmiştir.

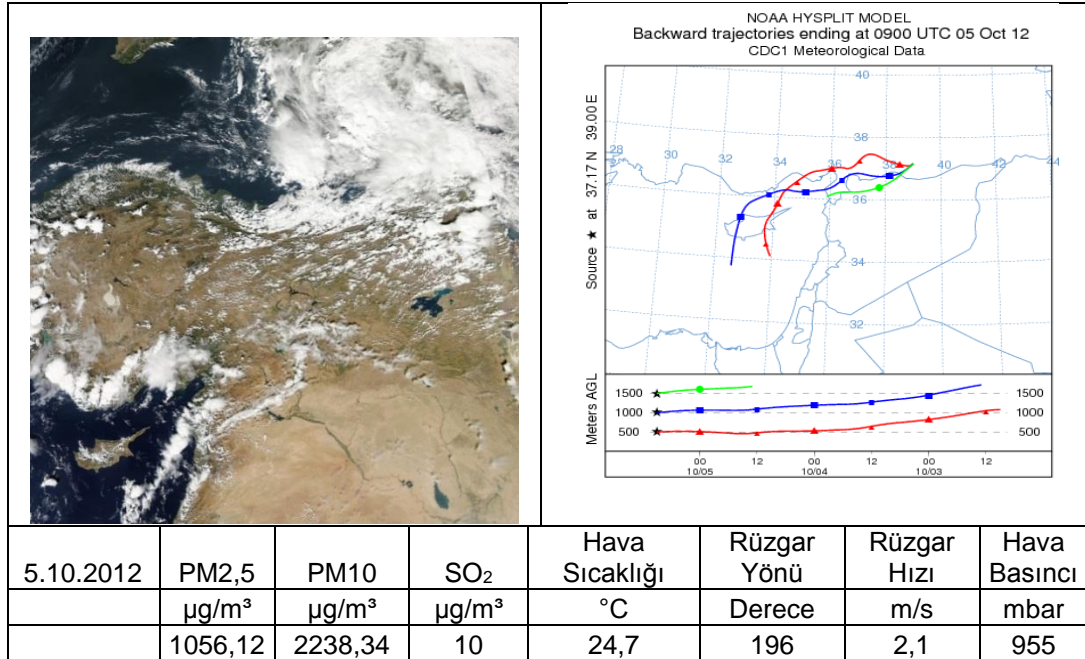


Şekil 4.18. 03.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

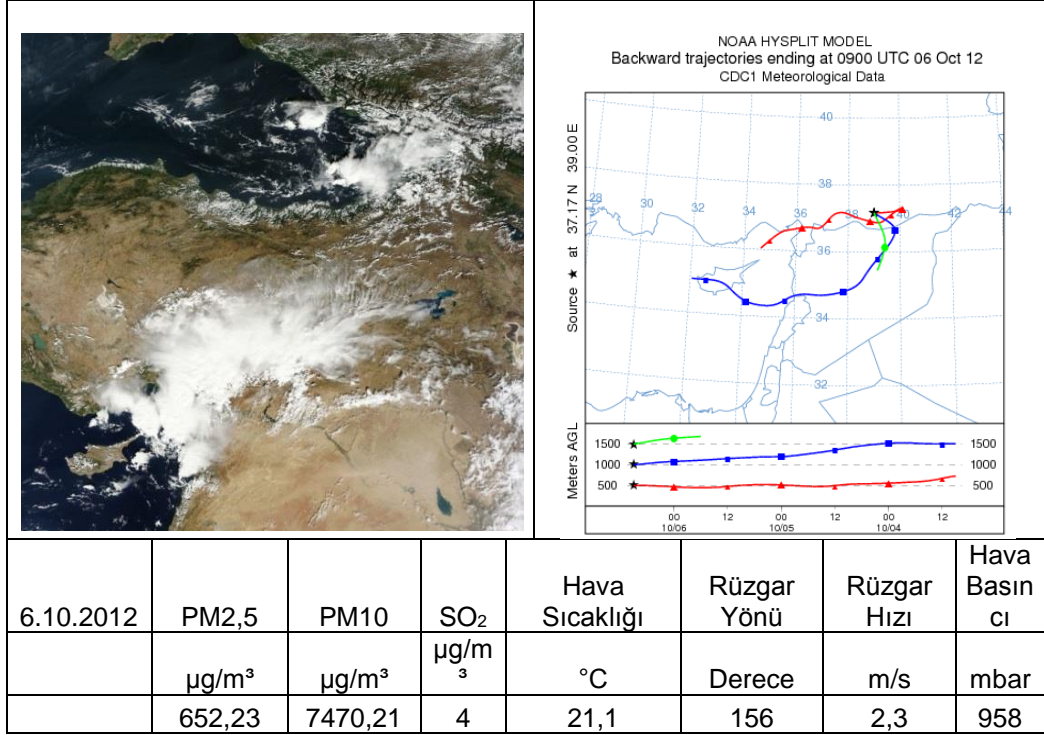
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN



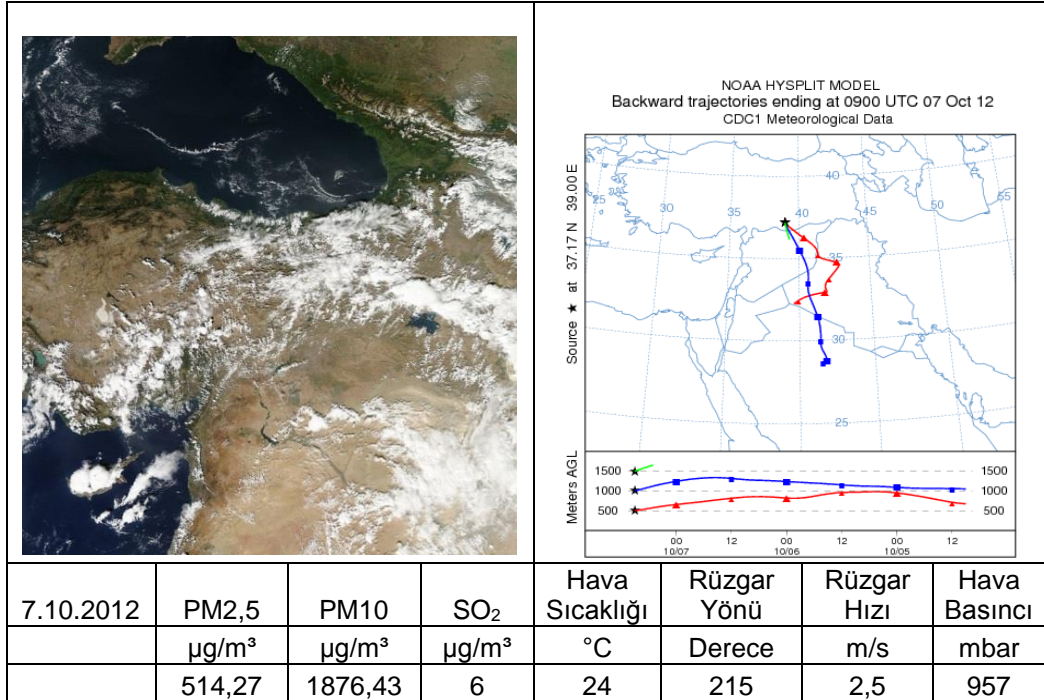
Şekil 4.19. 04.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri



Şekil 4.20. 05.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri



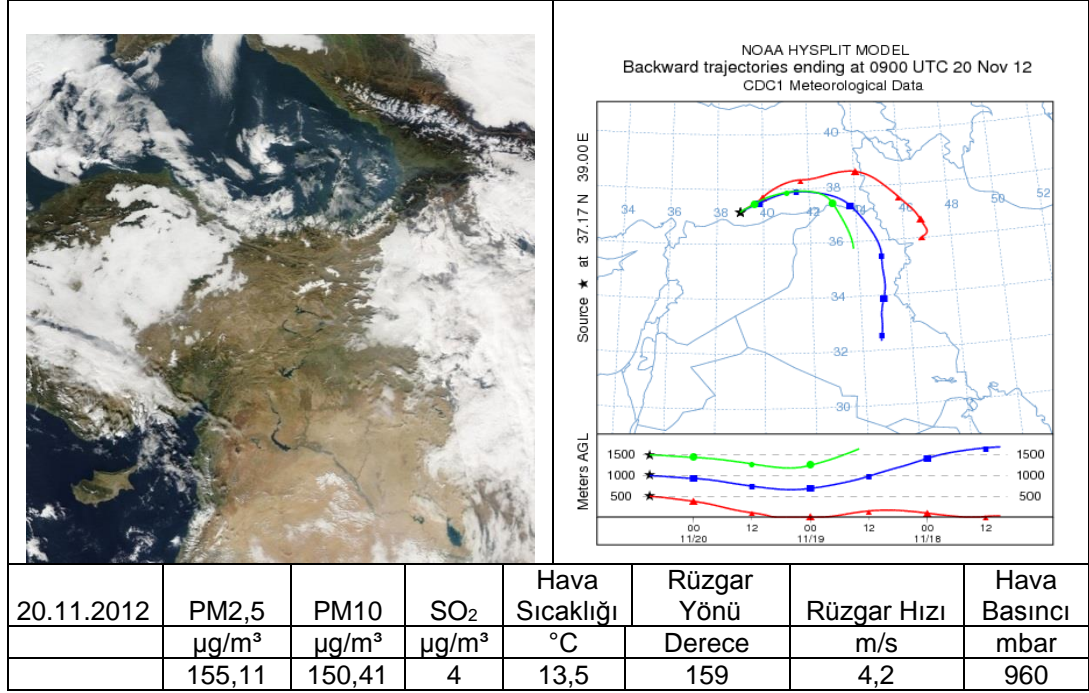
Şekil 4.21. 06.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri



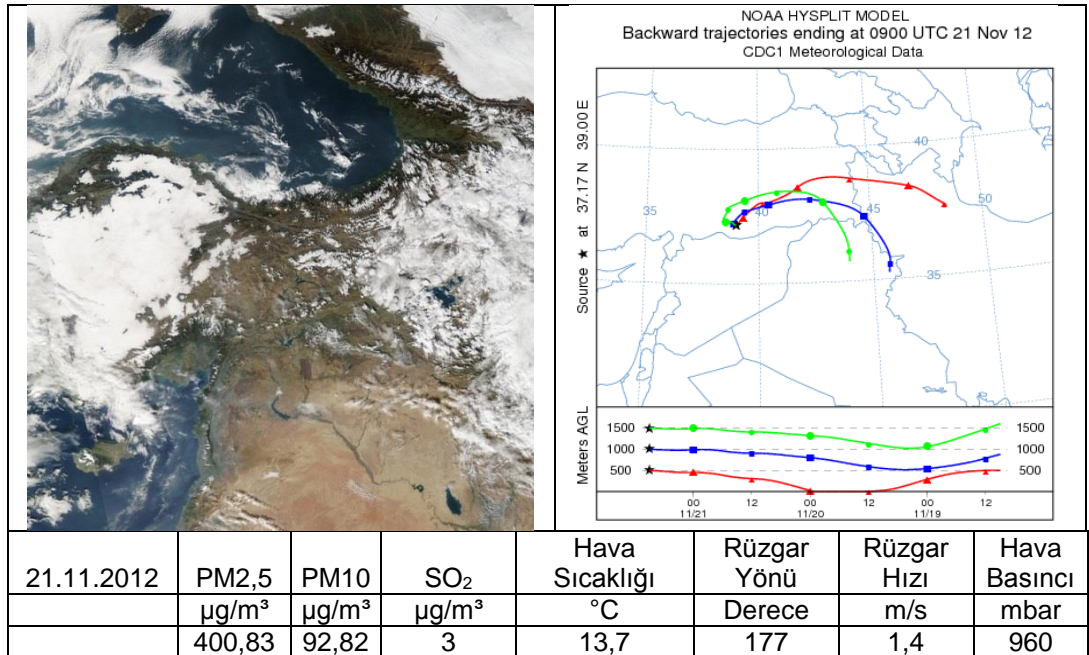
Şekil 4.22. 07.10.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

Uydu görüntülerinde yapılan yıllık gözlemlerde, Kasım ayında Sahra Çölü'nden toz taşınımının gerçekleşmediği ve hava hareketlerinin yörüngelerine bağlı olarak taşınım özellikle Irak ve İran çöllerinin sıcak topraklarının etkisiyle Suriye çölüyle birlikte bölgemizi etkilediği dikkati çekmiştir (Şekil 5.23 ve 5.24).

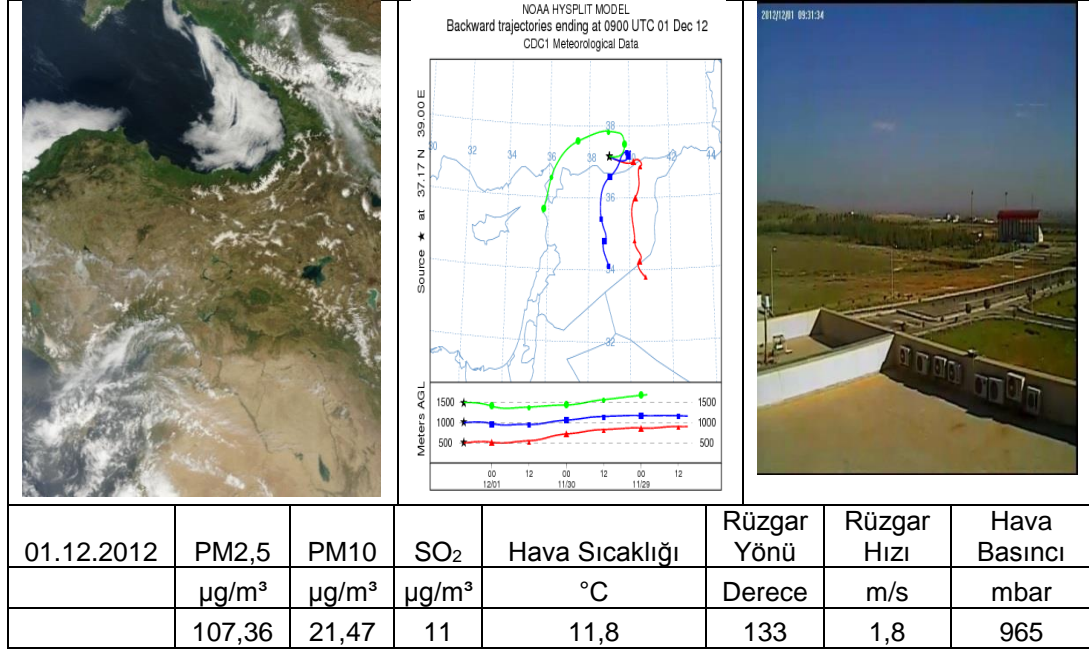


Şekil 4.23. 20.11.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri



Şekil 4.24. 21.11.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

Şekil 4.25’de Aralık ayındaki taşınımın Arap Yarımadası ve İran çöllerinden kaynaklandığı görülmektedir.



Şekil 4.25. 01.12.2012 tarihli hysplit ve modis görüntüsüyle toz taşınımı bilgileri

Sonuç olarak, 2012 yılında geçiş mevsimi olan İlkbahar ve Sonbahar mevsimlerinde yoğun miktarda PM10 ve PM2.5 taşınımının gerçekleştiği görülmüştür. Bu taşınım doğal bir hava hareketi olup Sahra, Suriye ve Arap yarımadası kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

4.2. PM 10 ve PM 2.5 Çapındaki Toz Miktarlarının Belirlenmesi

Araştırmada, kilometrelerce uzaklardan taşınan ve özellikle İlkbahar ve Sonbahar mevsimlerinde Sahra Çölü ve Suriye üzerinden gelerek özellikle GAP alanını etkileyen tozların geliş yönü ve miktarının belirlenmesi amacıyla Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü’ne PM10 ve PM 2.5 toplayan bir cihaz kurulmuştur. Toz geliş tarihleri uydu görüntüleri ile izlenmiş ve tozun etkili olduğu günlerde cihaza takılan filtreler vasıtasıyla tozlar toplanmıştır.

4. ARASTIRMA BULGULARI ve TARTISMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

Sinoptik ölçeklerdeki alçak basınç merkezlerinin saatin ters yönündeki döngüsü ile Kuzey Avrupa'dan soğuk hava kütlelerini çekerken Afrika üzerinden de sıcak hava kütlelerini harekete geçirmektedir. Bu sıcak hava akımları Afrika'da Kuzey Sahra Çölü üzerinden geçerken yerde bulunan toprağı da beraberinde taşımaktadır.

Taşınımına katılan tozlardan büyük çaplı olanlar yerçekiminin ve aerodinamik hareketlerin etkisiyle yakın mesafelerde çökerken, PM 10 ve PM 2.5 gibi çok küçük partiküller havada aslı olarak hakim rüzgarın etkisiyle uzak mesafelere kadar taşınabilmektedir.

Çöl tozlarının tane boyutlarını belirlemeye yönelik ilk çalışma ABD'de Udden (1898) tarafından yapılmıştır. İlk çalışmalarda tane boyutlarının 15,6 - 62,5 µm arasında değiştiğini belirlenmiştir. Çöl tozlarının tane boyutu kaynak bölgelerinden uzaklaştıkça düşmektedir. Kaba partiküllerin (31-62 µm) kaynağından 320 km, orta düzeydeki tozların (16-31 µm) kaynağından 1600 km, daha küçük partiküllerin ise (16 µm) dünyanın çok geniş yerlerine ulaşabileceğini göstermiştir (Goudie ve Middleton, 2006). Bu nedenle çalışmamızda, PM10 ve PM 2.5 toplayarak miktarlarını belirlenmiştir.

Ülkemizi de etkileyen bu tozlar, Sahra, Suriye ve Arap Yarımadası çöllerinden kaynaklandığı çalışma süresince gözlenmiştir. Doğal bir süreç olup hiçbir insan müdahalesiyle engellenemeyecek olan bu tozların gelme sıklığı hysplit ve modis incelendiğinde Mart ayı için 2007'de hiç toz taşınımı olmamışken 2008 yılında 5, 2009 ve 2010 yılında 10, 2011 yılında 11 olarak sürekli bir artış olduğu görülmektedir (www.modis.com, Şengün ve Kıranşan, 2012).

6.6.2008 tarih 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin amacı; hava kirliliğinin çevre ve 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. Bu amaca bağlı olarak;

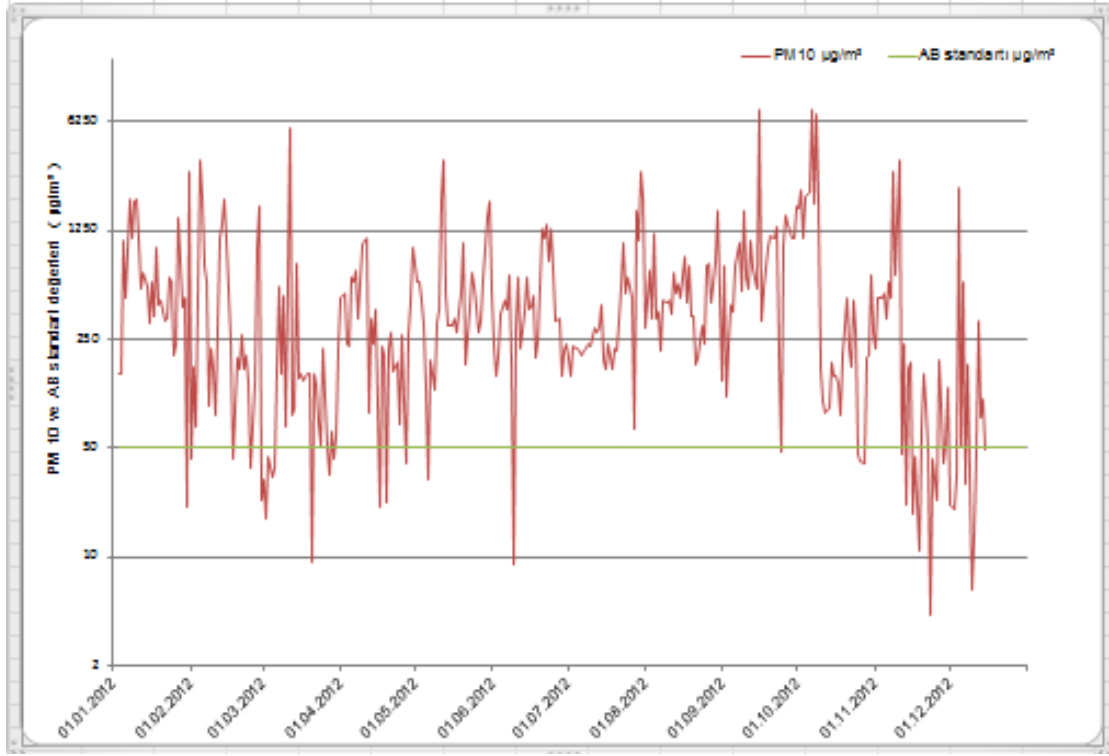
PM 10: EN 12341 ile tanımlanan 10 µm aerodinamik çaplı geçirgen bir girişten %50 verimle geçen partikül madde olarak tanımlanmaktadır.

PM 2,5: EN 12341 ile tanımlanan 2,5 µm aerodinamik çaplı geçirgen bir girişten %50 verimle geçen partiküller madde, olarak tanımlanmıştır.

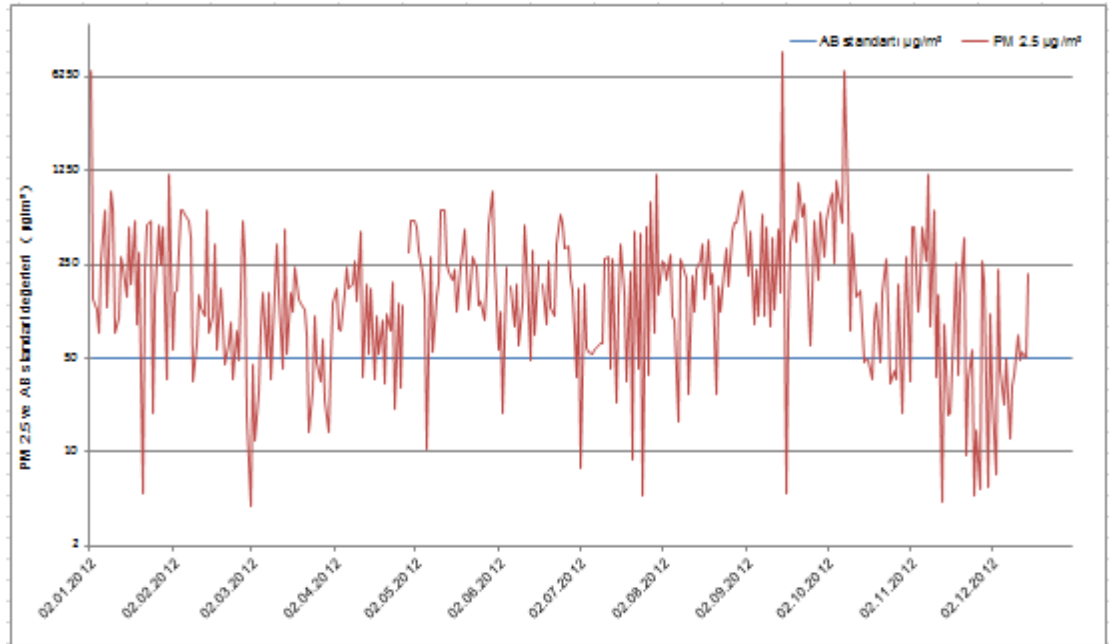
6.6.2008 tarih 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde PM10 limit değeri olarak 50 µg/m³ gösterilmiş ve bununda 1 yılda 35 defadan fazla aşılması istenmemiştir (Hava Kalitesi Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2008). Ancak yapmış olduğumuz çalışmada, bu değeri yılın her ayında fazlasıyla aştığımız belirlenmiştir.

Türkiye hava kütleleri açısından ele alındığında, herhangi bir hava kütlelerinin kaynak bölgesinde yer almadığı için mevsimlere göre başka bölgelerden gelen farklı hava kütlelerinin etkisi altına girmektedir. Bu nedenle yazın güneyden gelen tropikal, kışın ise kuzeyden gelen polar hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır (Atalay, 2010).

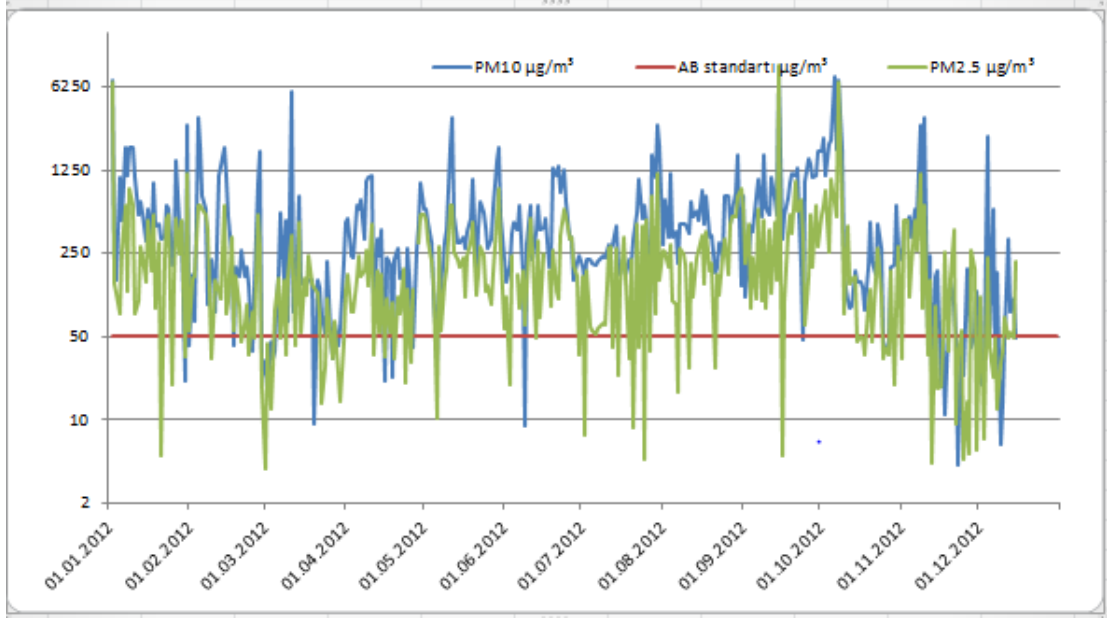
Şengün ve ark., (2010)'nın yapmış olduğu çalışmada, Doğu ve Güneydoğu bölgelerindeki toz taşınımının yoğun olarak gerçekleştiği, taşınan tozun yağışlarla yağ olarak ya da kendiliğinden kuru olarak çökelediği dönemler özellikle mevsimsel geçişlerin yaşandığı ilkbahar ve sonbahar ayları olduğu bildirilmiştir (Şengün ve Kıranşan, 2012). Yapılan bu çalışmada günlük olarak toplanan PM10 ve PM2.5 toz miktarları mevsimsel olarak incelediğinde özellikle İlkbaharı temsil eden Mart-Nisan ve Mayıs aylarında ve Sonbaharı temsil eden Eylül ve Ekim aylarında taşınımına bağlı PM değerinin çok yüksek olduğu kaydedilmiştir (Şekil 4.26-4.28).



Şekil 4.26. 2012 yıllık PM10 ve AB standart değeri



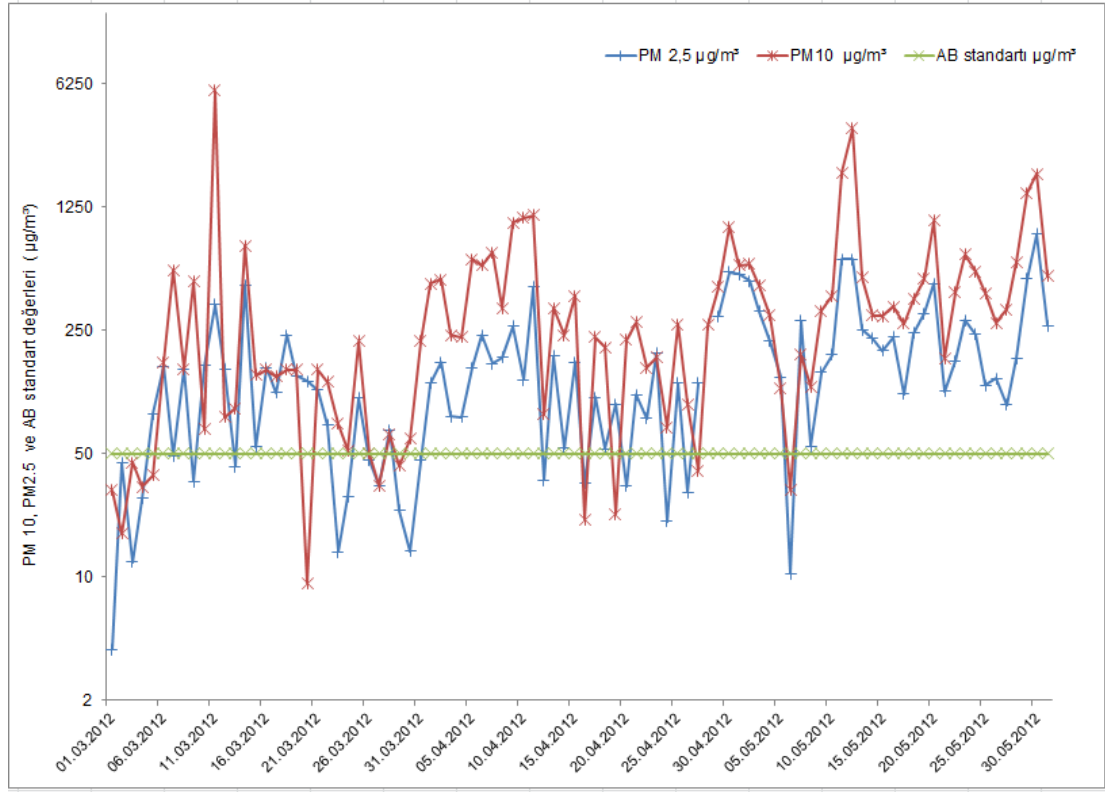
Şekil 4.27. 2012 yıllık PM 2.5 ve AB standart değeri



Şekil 4.28. 2012 yıllık PM10, PM 2.5ve AB standart değeri

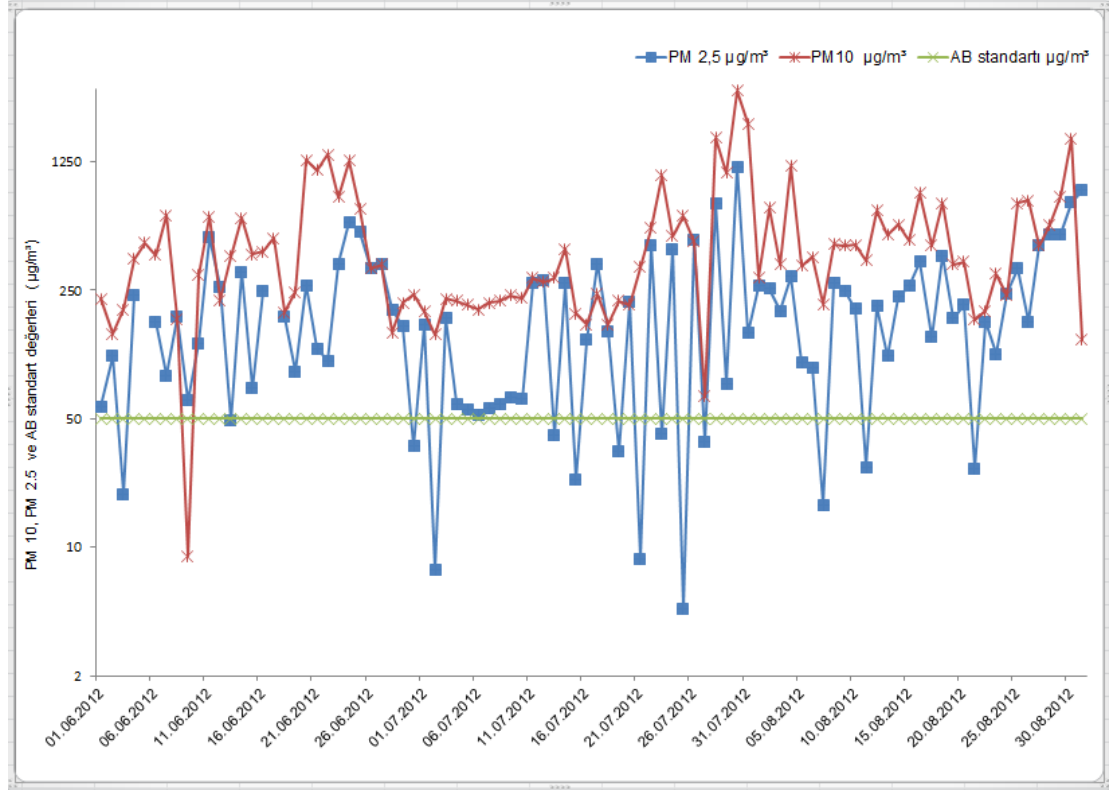
Geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve Sonbaharda tropikal ve polar hava kütlelerinin karşılaşması sonucu Akdeniz üzerinde oluşan cephe hattı boyunca siklonik faaliyetlerin yoğunlaşması ve bu siklonların saatin tersi yönünde doğuya doğru dönmesi sonucunda Afrika ve Arabistan ve İran üzerinden taşıdığı çöl tozlarını Türkiye'ye ulaştırmasına ve tozlu günlerin yaşanmasına neden olmaktadır.

Balis ve ark., (2006)'ın yapmış oldukları çalışmalarda, ilkbahar aylarında 1959-2006 arasındaki 47 yıllık süreçte yüzey toz konsantrasyonunun da gözlenen ortalama duruma göre Kuzey Afrika ve Arabistan Yarımadası'ndaki çöl bölgelerinden kaynaklanan çöl tozları 55⁰ kuzey enlemine kadar ulaştırılmaktadır. Ayrıca çöl tozu taşınımının en yoğun olarak yaşandığı döneme karşılık gelmekte olduğunu bildirmişlerdir. Şekil 4.29'da görüldüğü gibi AB standardı başta olmak üzere Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde PM10 limit değeri olarak 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerin çok üstünde değerlere ulaşmaktadır.



Şekil 4.29. İlkbahar PM10 ve PM2.5 değeri

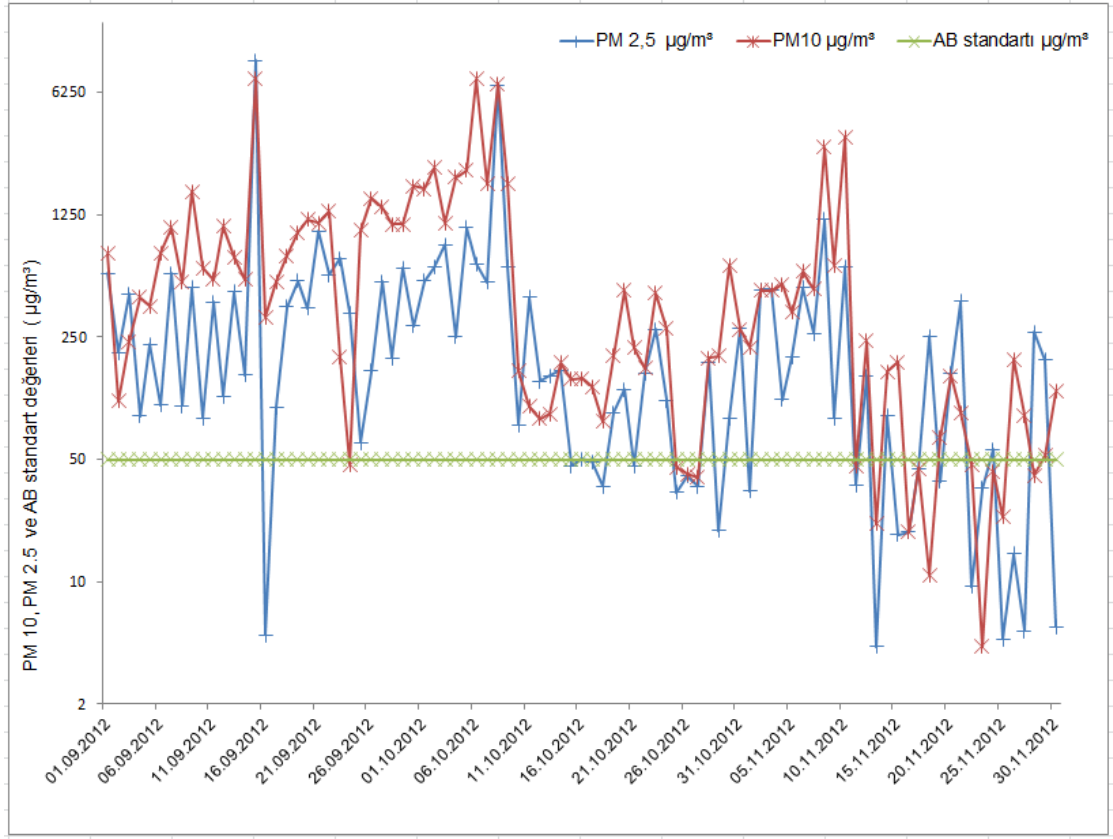
Kıraşanlı (2012) yaptığı çalışmada açıkça bildirmiştir ki; Yaz mevsiminde 30⁰ kuzey enlemleri civarında sıcaklığın daha da artması ve Inter tropikal konverjans (Yeryüzündeki siklon alanlarında çevreden merkeze doğru esen rüzgarların hareketi konverjans olarak ifade edilir. Çoğunlukla bu hareket çevreden merkeze toplanan havayı yükselmeye zorlar) (ITC) kuzeye doğru ilerlemesine bağlı olarak Azor (mT) ve İzlanda'dan (mP) kaynaklanan hava akımları Kuzey Afrika ve Arabistan yarımadasına doğru hareket etmektedir. Ayrıca yaz mevsiminde Akdeniz Havzası'nda siklonik faaliyetler zayıfladığı için çöl tozu taşınımı da zorlaşmaktadır (Kıraşanlı, 2012). Bu çalışmada, Yaz mevsiminde tozların yine yönetmelik ve AB standardı olan 50 mg/m³ değerini birçok gün aştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.30). Haziran ve Temmuz aylarındaki yüksek toz miktarının hava sıcaklığının artmasına bağlı sinoptik bir basınç hareketinden olduğu tahmin edilmiştir.



Şekil 4.30. Yaz ayı PM10 ve PM2.5 değeri

Sonbahar aylarında ise yüzey toz konsantrasyonunda gözlenen 47 yıllık süreçte çöl tozlarının ortalama 50° Kuzey enlemine kadar ulaştırılabildiği görülmüştür. Sonbahar mevsimi, Türkiye'ye ilkbahar aylarından sonra en çok çöl tozu taşınan döneme karşılık geldiği bildirilmiştir (Papayannis ve ark.2008).

Sonbahar aylarında, Ekim ayının başlarına kadar toz taşınımı olmuş, ancak sonrasında havaların soğumasına paralel olarak taşınımın gerçekleşmediği görülmüştür (Şekil 4.31). Çöl tozlarının global sistemde taşınımı yılın tüm aylarında gerçekleşen bir olay değildir. Ancak belli dönemlerde bu olay gerçekleşmektedir. Güllü ve ark. (2003)'na göre, her yıl Nisan ve Ekim ayları arasında yaklaşık 15-30 toz taşınım olayının gerçekleştiği belirtilmektedir (Bergametti ve ark., 1989). Bu çalışmada ise toz taşınım sayısının çok daha fazla olduğunu söylenebilir. Bunun nedenleri başında Şanlıurfa'nın hava akışının çok açık olması ve ilin Suriye ile komşu olmasından dolayı Suriye çölünün toz taşınımında daha çok etkin olması ile ilişkilendirilebilir.



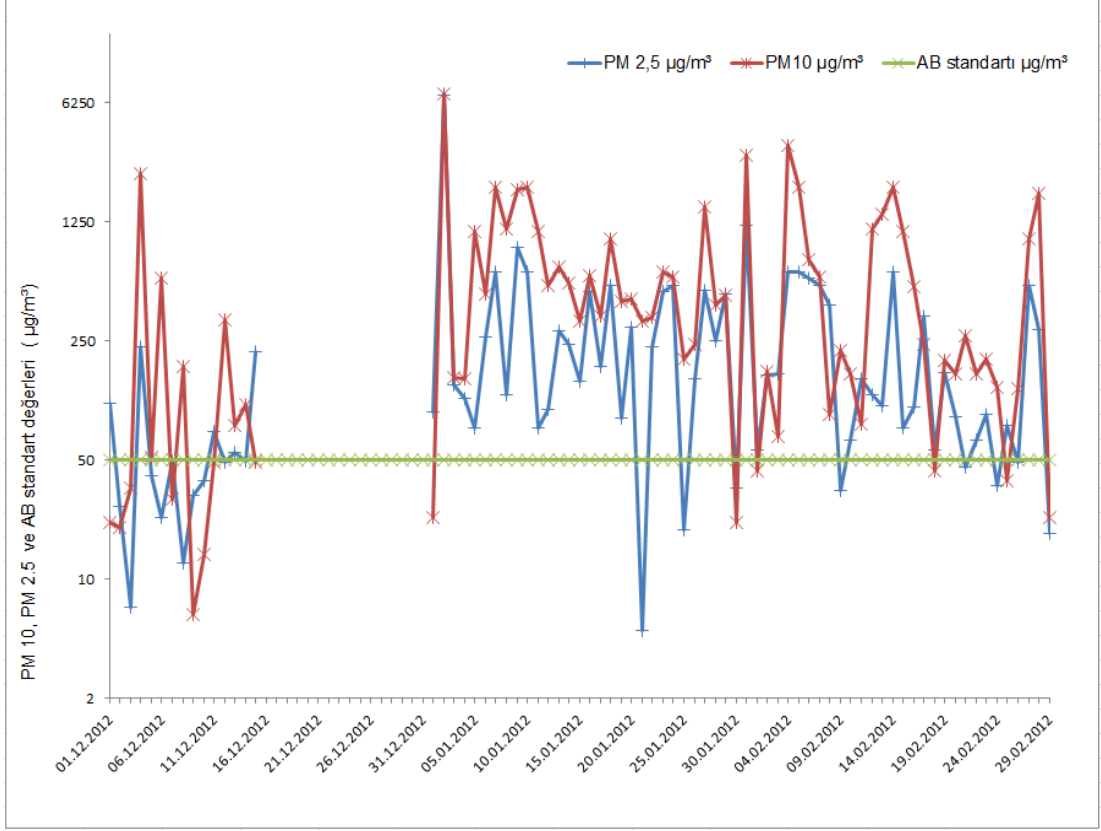
Şekil 4.31. Sonbahar ayı PM10 ve PM2.5 değeri

Kış mevsimde Kuzeydeki polar hava kütlesi (cPk) üzerinden gelen hava akımları güneye doğru ilerleyerek Türkiye'nin iç kısımlarında havuzlanmakta ve burada yüksek basınç koşullarının yaşanmasına neden olmaktadır. İç kısımlarda oluşan yüksek basınç alanlarından alçak basınç özelliği gösteren kıyılara doğru hava akımları gerçekleşmekte ve oluşan hava akımlarının Akdeniz üzerinde bulunan tropikal hava kütlesiyle karşılaşması sonucu Akdeniz cephe sistemi oluşmaktadır.

Türkiye'nin bu mevsimde yüksek basınç şartlarına sahip olması ve Akdeniz üzerinde siklonik hava hareketlerinin (gezici depresyonlar) zayıflamasına bağlı olarak güneyden (Büyük Sahra, Arabistan ve İran) çöl tozu taşınımları azalmaktadır.

Kış aylarında da tozun miktarının AB standartlarını aştığı ancak diğer aylara bakıldığında bu aşımın çok az miktarda kaldığı Şekil 4.32'de belirlenmiştir. Kış ayında toz taşınımı bulutların etkisiyle ve hava nispi neminin daha yüksek olmasıyla

yeryüzüne yağmur olarak inmekte ve taşınımı gerçekleştiren sinoptik basıncın etkisi az olmaktadır.



Şekil 4.32. Kış Ayı PM10 ve PM2.5 değeri

PM10 ve PM2.5 değerlerini alt seviyelere indirmek ve hatta AB standartları sağlamak mümkün değildir. Çünkü partikül madde taşınımı doğal bir olay sonucu oluşmaktadır. Bu değerlerde herhangi bir antropojenik etki katkı göstermediği açıkça belirlenmiştir.

Çalışmamızda açıkça görülmektedir ki, geçiş mevsimi olarak değerlendirilen İlkbahar ve Sonbahar mevsimlerinde alçak basıncın etkisiyle başta Sahra çölü olmak üzere Suriye, Irak ve Arap Yarım adasındaki çöllerden toz taşınımı gerçekleşmektedir.

4.3. Çöl Tozlarının Sağlık Açısından Değerlendirilmesi

İnsan sağlığını etkileyen bir çok faktör bulunmakta ve önemli bir kısmının da kontrolü ve önlemi bulunmaktadır. Oysa iklimsel değişimlere bağlı olarak gelişen hava hareketleri sonucu gelen tozların kontrolü kolay olmadığından özellikle solunum konularında bir çok soruna neden olmaktadır.

İklimsel hareketlere bağlı olarak uzak ve yakın mesafelerden taşınan tozlar yoğunluklarına göre çevre, tarım ve sağlık üzerinde etkide bulunmaktadır. Kontrolü zor görünen bu tozlar etkili oldukları sürelerde insan sağlığını ciddi oranda tehdit etmektedir.

Havadaki partikül madde insan sağlığını etkileyen en önemli kirleticilerden birisidir. Partikül boyutu ile sağlık üzerindeki olumsuz etkisi direkt olarak bağlantılıdır. Partikül apı küçüldükçe, yüzey alanı artmakta ve partiküllerin olumsuz etkileri artmaktadır. Solunum yollarına alınan PM'in 10 µm'den büyük kısmı burun ve nazofarenkste (üst yutak) tutulmakta, 10 mikrondan küçük kısmı ise bronşlarda birikirken, 1-2 mikron apındakiler alveollerde toplanmakta, 0.5 mikron çapındaki partiküller, özellikle 0.1 µm çapında olanlar alveollerden intrakapiller aralığa diffüze olmaktadır. Alveolo-kapiller bariyeri geçen partiküller başta kardiyak fonksiyonlar olmak üzere diğer sistemleri olumsuz etkileyebilmektedir (Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2010).

İnce tozların insan sağlığı üzerinde birçok etkisinin olduğu, fakat en dikkat edilmesi gereken ve en tehlikeli olanı partiküllerin solunum sistemi üzerindeki etkileri bulunduğu bildirilmiştir (Hetland ve ark. 2004). apı 10 µm'den küçük partiküller bazı sağlık problemlerine sebep olabilmekte veya mevcut sağlık problemlerini şiddetlendirebilmekte (astım gibi) ve bu partiküller kalp ve solunum hastalıklarından kaynaklı ölümler ile bağdaştırılmaktadır. Partikül kirliliği, solunum yolu enfeksiyonlarına hassasiyeti artırarak, astım, kronik bronşit gibi mevcut solunum

hastalıklarını kötüleştirerek, ilaç kullanımını ve doktor ziyaretlerini artırabilmektedir (www.havaizleme.gov.tr). Ayrıca aerosoller, solunum sistemi gibi insan sağlığında birçok olumsuz etkilere sahip olabilmekte (Siegmann ve ark., 1999; Prospero, 1999; Griffin ve ark., 2001; Hetland ve ark., 2004). PM 2.5, akciğere kadar ulaşır, kanın içindeki karbon dioksitin oksijene dönüşümünü yavaşlatmakta ve bu da nefes darlığına neden olmaktadır. Bu durumda oksijen kaybının giderilebilmesi için kalbin daha fazla çalışması gerektiği için kalp üzerinde ciddi bir baskı oluşturduğu bilinen bir durumdur. PM10 ise kronik akciğer rahatsızlıklarıyla beraber vücuttaki birçok organının işlevini olumsuz olarak etkilemektedir.

Çöl kaynaklı tozların atmosferde yoğunlaştığı günlerde dış ortamdaki hava kalitesi önemli ve ciddi oranda düşmekte bu da insan sağlığına zarar vermektedir. Bu olaylar öncesinde halk sağlığının korunması için gerek ülke çapında gerekse kişisel anlamda gerekli tedbirlerin alınması özellikle Türkiye gibi toz taşınımının fazla olduğu hassas ülkeler için bir zorunluluktur (Özdemir ve Ertaş, 2011). Şanlıurfa ilinde yapılan çalışmada ise her toz hareketi aşamasında önemli miktarda PM2.5 boyutunda tozunun taşındığı dikkat çekmektedir. Hafif olması nedeniyle bu tozların uzun süre atmosferde kalması zarar verme süresini uzatmaktadır. Tozlar yalnız başına değil, hareket ettiği yüzeylerden kopararak getirdiği toz dışındaki diğer maddelerin de sağlığa etkisi ayrıca değerlendirilmelidir.

Tozların boyutlarına ve biyokimyasal kompozisyonlarına ilave olarak kuru ve/veya yağ (yağmurlu havalarda) halde bulut teşkil etmesi ve yer yüzeyine düşmeleri sonucu, farklı maruz şekillerine bağlı olarak çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Hava kirliliği sağlık için giderek artan bir tehlike oluşturmakta, sağlık problemlerine yol açmakta ya da artırmaktadır (Müezzinoğlu, 2000).

Karaca ve ark., (2005) göre, zehirlilik ve insan sağlığına etkileri açısından bakıldığında, PM için ayrı bir sınıflandırılma yapılması önerilmektedir (Karaca ve ark., 2005). Nriagu çalışmasında, temel olarak sadece 10 µm aerodinamik çaptan daha küçük partiküllerin (PM10) solunum yoluyla yutulabilir. Ancak akciğerlerdeki

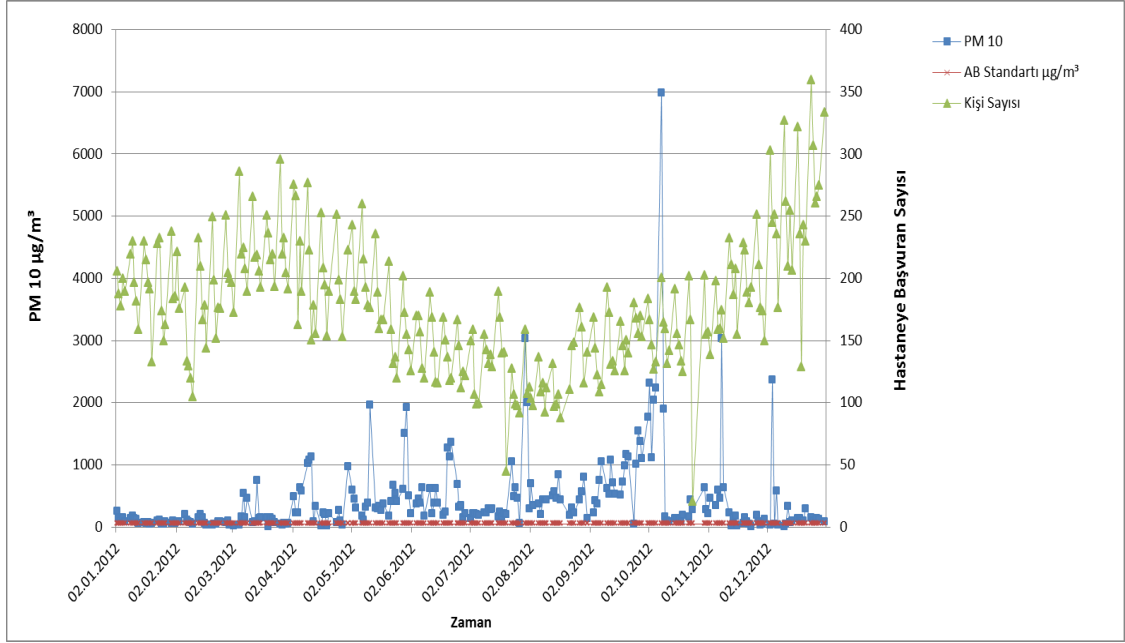
alveolar bölgeye çoğunlukla 2.5 µm aerodinamik çaptan daha küçük partiküller (PM2.5) ulaşabilmektedir. Bu partiküller alveolar bölgede tutularak insan sağlığı üzerinde yan etkilere neden olabilmekte ve bilimsel açıdan özel bir ilgi ile izlendiği bildirilmiştir (Nriagu, 1989).

Çöl tozlarını oluşturan parçacıkların içerisinde kaynaklandığı yöreye özgü kil minerallerinin bulunduğu ayrıca tozların yerden kalkmasına neden olan meteorolojik olaylarla bakteri ve mantarların da atmosferik taşınımına girebildiği tespit edilmiştir (Güllü ve ark., 1998).

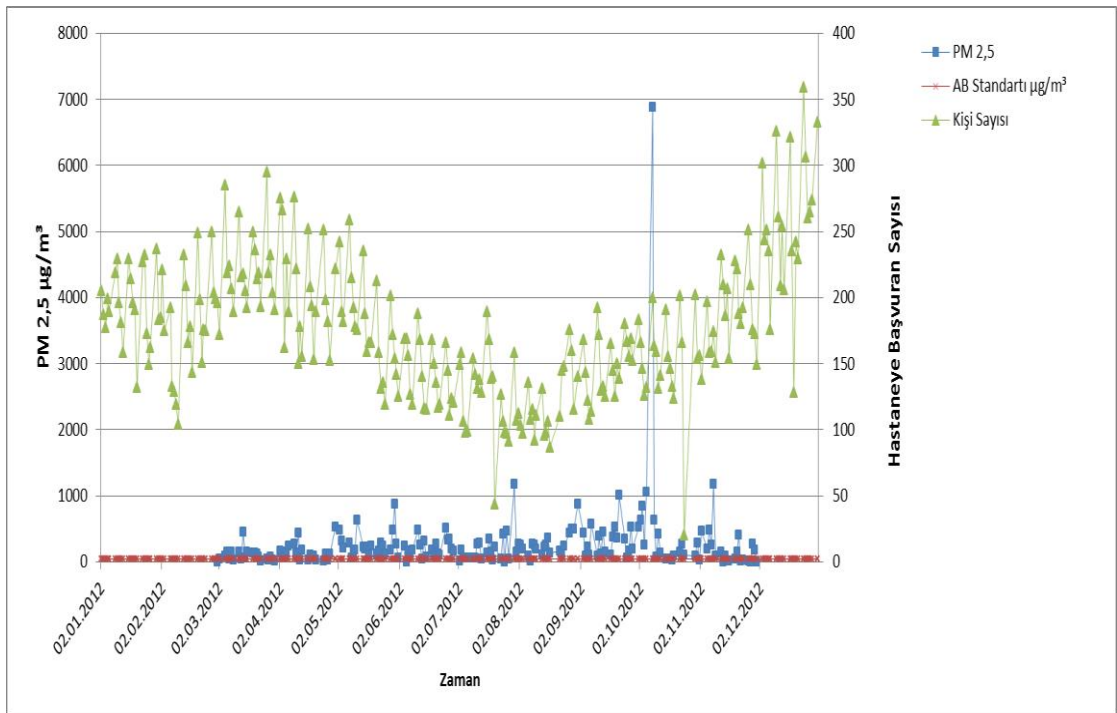
Çöl tozları ile birlikte taşınan bazı partiküller ve çöl tozları içerisinde bulunan zararlı maddeler insan metabolizmasında ciddi hasarlara yol açabilmektedir. Atmosferdeki toz konsantrasyonunun yüksek olduğu dönemlerde akciğer ve solunum yolları rahatsızlıkları bulunan hastaların yaşamı daha da zorlaşmakta astım, bronşit, migren gibi hastalıkları olan insanların şikâyetleri normal seyrinin dışına çıkarak artış göstermektedir (Doğanay, 2006).

Yarı kurak bir iklime sahip olan Şanlıurfa'nın orman yönünden Türkiye'nin en fakir ili olması, tozların atmosferde hareketini kolaylaştırmakta ve insan sağlığı üzerindeki etkisini artırmaktadır. Bölgeye ulaşan tozların kısa süreli insan sağlığı üzerine olan etkisini tahmin etmek için bazı sağlık kurumlarından solunuma bağlı hastalıklarla ilgili veriler temin edilmiştir.

Şanlıurfa'nın en çok hasta bakan hastaneleri olan; Mehmet Akif İnan Araştırma Hastahanesi, Harran Üniversitesi ve Orta Doğu Sağlık Merkezi Hastanesi Göğüs Polikliniklerinden her gün astım, öksürük, alerji vb. şikayetlerle başvuran hasta sayıları elde edilmiştir. Bu 3 büyük hastahaneye başvuran hasta sayıları aritmetik ortalaması alınarak PM10 ve PM2.5 değerleriyle ilişkilendirilmiştir (Şekil 4.5; 4.6).



Şekil 4.33. PM 10 ve AB standartının hastahaneye başvuran hasta sayısı ile ilişkisi



Şekil 4.34. PM 2.5 ve AB Standartının hastahaneye başvuran hasta sayısı ile ilişkisi

Şekil 4.33 ve 4.34'de Aralık 2012 ayındaki artışın nedeni kış ayının başlamasıyla üst solunum şikâyetinin artmasına bağlı olduğu, nisan-haziran ayında da toza bağlı olarak astım, alerji enfeksiyonlarından kaynaklandığı hasta teşhis ve tedavi

kayıtlarında bildirilmiştir. Her iki grafikte de açıkça görülmektedir ki çöllerden taşınımın gerçekleştiği tozlu gün ve sonrasındaki ilk 2 gün içerisinde solunum yolu hastalığı şikayetiyle gelen hasta sayısında artış görülmektedir. Araştırma sırasında Göğüs uzmanlarıyla şifai olarak görüşülmüş ve bu hasta sayısındaki artışın tamamıyla Partikül Madde artışıyla paralel olduğu da ifade edilmiştir. Tozlu günlerde rahatsızlanarak hastahaneye başvuran hasta sayısı ve ölüm arasındaki ilişki daha detaylı çalışılmalıdır.

4.4. PM10 ve PM2.5 Tozlarının Kimyasal Bileşimi

İklimsel hareketlere bağlı toz hareketleri kısa mesafeli olabildiği gibi, kıtalar arası da olmaktadır. Tozlar karakterlerini ağırlıklı olarak kalktıkları arazinin özelliklerinden almaktadır. Çöl tozlarının çevre ve insan sağlığı üzerine olan etkisi dışında, özellikle kimyasal bileşiminin bilinmesi çökeldiği alana olan etkisinin tahmini için önemli verileri içerecektir. Bu çalışmada yıl boyuca çöllerden gelen tozlar filtrelerle tespit edilerek kimyasal analizleri yapılmıştır.

Birçok çalışmaya göre, geçtiğimiz yüzyılda PM oluşumuna sebep olan insan kaynaklı emisyonlar çarpıcı bir biçimde artmış ve buna bağlı olarak insan sağlığında olumsuz etkilere, kentsel ve kırsal alanlarda görüş mesafesinde düşüşe, asit birikimine ve dünyanın radyasyon dengesinin bozulmasına sebep olmuştur (Kindap ve ark., 2006; Seinfeld ve Pandis, 2006; Koçak ve ark., 2009; Anıl ve ark., 2009).

Türkiye'ye taşınan tozlar çok farklı alanlardan, kaynaklardan ve jeolojik formasyonlardan olmaktadır. Bu nedenle tozun kalktığı alanın jeolojik ve yüzey toprağı özellikleri tozun kimyasal bileşiminde önemlidir. Türkiye'ye en çok taşınan Sahra tozlarının içinde bulunan minerallerin içindeki Kimyasal Bileşenler;

- **Oksitler:** SiO₂, Al₂O₃, FeO, Fe₂O₃, CaO ve diğer elementler.
- **Karbonatlar:** CaCO₃ ve MgCO₃ olarak tespit edilmiştir (Koçak, 2006)

Wark ve Warner (1981)'e göre, belirli bir noktadan doğal ve yapay (antropojenik) kaynaklarla atmosfere salınan partiküller, hakim rüzgârların vasıtasıyla atmosferde uzun mesafeler kat ederek yerel ve küresel ölçekte hava kalitesini bozmaktadır. Rüzgarlar, 50 µm'den daha küçük boyuttaki katı partiküllerin yeryüzünden havalanmasına ve atmosfer içerisinde çok uzak mesafelere taşınmasına neden olabilirler. Bunun ötesinde çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük ve atmosferdeki miktarları milyonlarca ton olabilen partiküller her yıl bu yolla kaynaklarından uzaklara taşınmaktadır (Wark ve Warner, 1981; Ridgwell, 2002).

Atmosferik aerosollerin hava kütleleri ile uzun mesafeli taşınımları son 15 yıl içerisinde önem kazanmıştır. Eser elementlerin büyük bir bölümü kaynaklarından (doğal yada antropojenik) partiküller üzerinde atmosfere katılırlar ve uzak bölgelere taşınımları 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 rol oynayan atmosferik partikül maddeler, özellikle aerodinamik çapı 10 µm'den küçük olan solunabilir, atmosferik partikül maddelerdir.

Atmosfer, karasal ortamdan hem kıyasal hem de açık denizlere doğal ve antropojenik taşınım için önemli bir yoldur. Bu bileşenler, mineral tozlar, ağır metaller, bitki kalıntıları/artıkları, azot türleri, pestisitler ve yapay organik bileşikler içermektedir (Guerzoni ve ark., 1999).

Partikül maddeler, uzak menzil taşınımları sırasında birçok antropojenik etki dahil değişik bileşene maruz kalmaktadır. Bu nedenle her bölgeyi etkileyen çöl tozları kaynaktaki içeriğinden farklılık göstermektedir. Bu çalışmada günlük olarak toplanan PM10 ve PM 2.5 filtreler ODTÜ Merkezi laboratuvarında Cr, Cu, Pb, Zn, Ti, Na, K, Mg, Ca, Fe, Al, Si, Mn ve Sb elementleri analiz edilerek Çizelge 4.1 ve 4.2'de

kimyasal içerikleri verilmiştir. Toplanan numuneler arasından özellikle uydudan ve hysplit programından belirlenen farklı kaynaklı numuneler seçilmiştir.

Bucher ve Lucas (1975), Pirenelerde depolanmış Sahra tozlarında % 20-30 oranında karbonat bulmuşlardır. Khiri ve ark., (2004) Fas'a ait çöl tozlarında % 23-69 arasında değişen kalsit içeriklerini bulmuştur. Madaish (1997) Riyad tozlarında % 31,8 oranında kalsiyum karbonat ve Kukul ve Saadallah (1973) Irak tozlarında % 66,1- 69,5 karbonat bulmuştur (Goudie ve Middleton, 2006).

Son yapılan çalışmalar göstermiştir ki; Akdeniz'e atmosferik girişler makro besin maddeleri ile (N, P) mikro besin maddesinin (Fe gibi) önemli kaynağıdır. Makro ve mikro besin maddelerinin bu şekildeki atmosferik girişinin, biyolojik döngüye etkisi (Akdeniz gibi yarı kapalı ve oligotrofik okyanusal alanların olduğu durumlarda) özellikle önemli olabilir (Guerzoni ve ark., 1999; Kubilay ve ark., 2000; Guieu ve ark., 2002, Ridame ve Guieu, 2002b; Markaki ve ark., 2003; Herut ve ark., 2005; Carbo ve ark., 2005; Bonnet ve ark., 2005). Özellikle Sahra taşınımının gerçekleştiği dönemlerde Fe, Si ve Al elementlerinde göz ardı edilemeyecek bir artış olduğu yapmış olduğumuz kimyasal analizlerde mevcuttur.

Avrupa üzerinden alınan Sahra tozu örnekleri içerisinde SiO_2 ve Al_2O_3 'e baskın olarak rastlanmıştır (Goudie ve ark., 2001). Kanarya Adaları'nda toz taşınımının olduğu zamanlarda yapılan ölçümlerde SiO_2 ve Al_2O_3 ' için ölçülen değerler toz taşınımının olmadığı zamanlara göre 46 kat daha fazla olup bu faktör K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg ve Ba için 14-25 kat daha fazla ölçülmüştür (Viana ve ark., 2002). Çizelge 4.1 ve 4.2'yi incelediğimizde özellikle taşınımın gerçekleştiği dönemlerde K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg, Al ve Si elementlerinde artış görülmektedir.

Toz partikülleri toprağın erozyonuyla oluştuğu için kimyasal kompozisyonu üst kabuk kayaç yapısına benzerdir (bu benzerlik kayaç ve tozun yapısı özdeş olmasa bile)

4. ARASTIRMA BULGULARI ve TARTISMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

(Usher ve ark., 2003a). Çizelge 4.2'yi incelediğimizde kil içeriğini temsil eden Si elementini yoğun olarak görmekteyiz.

Çizelge 4.1. PM10 Filtrelerin Makro element kimyasal analiz içeriği

Tarih	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ti (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Sb (mg/kg)
25.02.2012	-	169	785	2236	4900	327	56
21.03.2012	43100	-	218	-	990	419	32
14.03.2012	-	37	105	209	2300	371	12
15.03.2012	-	41	51	282	2900	560	4
18.03.2012	11700	154	235	739	590	171	21
19.03.2012	-	2769	155	610	750	159	21
20.03.2012	-	-	86	889	1200	279	29
01.04.2012	6200	-	185	-	2500	441	40
02.04.2012	-	234	226	288	2500	422	27
09.04.2012	-	42	126	-	4500	783	14
10.04.2012	79	31	26	-	2800	495	3
11.04.2012	-	54	181	127	3200	551	11
13.04.2012	-	42	199	311	790	134	27
15.04.2012	-	49	196	-	2500	395	25
17.04.2012	1600	95	236	1083	1700	533	-
02.05.2012	-	28	23	-	2600	442	-
01.05.2012	-	24	44	-	2300	413	6
02.05.2012	-	60	25	-	5900	1100	5
04.05.2012	-	151	233	506	2400	413	45
15.05.2012	-	77	278	496	990	227	31
16.05.2012	-	-	205	573	1200	259	22
20.05.2012	-	36	35	92	3000	545	-
28.05.2012	-	92	133	-	2700	505	32
29.05.2012	-	-	231	-	3300	552	11
04.06.2012	-	31	107	205	2700	383	11
12.06.2012	-	94	113	296	1600	322	22
20.06.2012	-	32	25	-	2500	516	3
25.06.2012	113	-	68	-	1800	349	7
26.06.2012	-	-	106	192	2000	434	13
27.06.2012	-	36	108	-	1400	300	13
30.07.2012	-	47	16	-	3100	544	4
12.07.2012	-	57	128	-	1600	338	38
14.07.2012	-	41	266	506	1800	445	25
16.07.2012	-	-	231	-	2000	1227	22
17.07.2012	-	-	145	-	2300	552	24
22.07.2012	-	-	134	-	2700	535	9
23.07.2012	-	34	99	400	2400	496	6
24.07.2012	-	44	264	470	1400	278	25
28.07.2012	-	36	59	-	2500	522	8

4. ARASTIRMA BULGULARI ve TARTISMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

Çizelge 4.1. PM10 Filtrelerin Makro element kimyasal analiz içeriği (Çizelge 4.1 Devamı)

Tarih	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ti (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Sb (mg/kg)
01.08.2012		82	88	316	1500	321	17
02.08.2012		82	389	939	1900	454	30
04.08.2012		30	40	182	2000	407	5
16.08.2012		28	42	159	2100	449	7
18.08.2012		21	90	179	790	182	11
24.08.2012			306		1800	365	14
28.08.2012			105	188	710	159	11
29.08.2012		21	77	116	1000	233	6
30.08.2012		37	36	238	2300	469	4
01.09.2012		38	31	260	2700	526	3
30.08.2012			70	368	1900	390	10
06.09.2012		102	113	435	2200	458	10
09.09.2012		37	98	227	1900	405	7
11.09.2012		58	213	526	1600	354	19
13.09.2012		44	262	400	990	261	25
15.09.2012		145	392		3400	1011	112
30.09.2012		35	108	113	2400	455	8
01.10.2012		126	231		2300	446	24
02.10.2012			189		1000	189	13
04.10.2012		33			340	62	10
03.10.2012		32	259		1900	343	23
05.10.2012		28	111		810	156	16
06.10.2012	126	35	34	49	3000	560	3
07.10.2012					600	88	7
15.11.2012					380	53	6
19.11.2012					0		9
20.11.2012			67		230	34	19
21.11.2012		134	180		200		34
02.12.2012	82	27	92		2600	534	
05.12.2012					210		
06.12.2012			61		580	92	
08.12.2012		28	73		2600	446	9

4. ARASTIRMA BULGULARI ve TARTISMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

Çizelge 4.2. PM10 Filtrelerin Mikro element kimyasal içeriği

Tarih	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Al (mg/kg)	Si (mg/kg)
25.02.2012	4100	3900	14900	76500	11900	25200	421000
21.03.2012	7700	2800	7600	53200	32700	19900	416000
14.03.2012	15800	4900	10000	73200	23000	35900	202000
15.03.2012	22400	1800	11300	91600	34100	49400	164000
18.03.2012	3900	1800	4400	21900	15400	9400	291000
19.03.2012	2900	2300	7600	40600	9800	12500	215000
20.03.2012	5900	4200	9700	91600	15400	15100	247000
01.04.2012	12900	6100	11600	53900	29000	38600	383000
02.04.2012	16300	4800	11700	70400	27800	35800	280000
09.04.2012	27000	3700	17100	92900	48000	78200	277000
10.04.2012	18700	3700	10700	93400	31000	47500	144000
11.04.2012	19800	5100	12300	82700	33000	51600	175000
13.04.2012	6100	2200	4100	186000	10000	9600	133000
15.04.2012	9600	4900	12100	38300	24000	35600	196000
17.04.2012	7400	11100	8800	80400	21300	25700	299000
02.05.2012	16300	2500	8800	90900	27200	40200	127000
01.05.2012	14100	1600	8100	42200	24300	37100	124000
02.05.2012	40400	4300	21000	178000	64800	96200	281000
04.05.2012	15700	13100	9300	98100	24800	37600	129000
15.05.2012	5600	8200	7900	34500	12200	13100	107000
16.05.2012	6100	7700	7000	21200	14100	16400	100000
20.05.2012	22700	10700	11900	118000	33100	48600	140000
28.05.2012	10900	8500	14800	87600	27300	37800	191000
29.05.2012	16900	2800	10900	80400	34200	53800	160000
04.06.2012	11000	4600	11500	51200	24000	36900	165000
12.06.2012	10400	2400	10800	71100	17400	20000	112000
20.06.2012	15200	3000	24600	112000	26800	38100	117000
25.06.2012	11800	2700	23000	48600	19200	28300	97000
26.06.2012	13400	2100	11800	56700	21800	29400	130000
27.06.2012	7600	2300	7500	36200	15200	20600	93000
30.07.2012	16000	3200	10300	139000	29000	42300	130000
30.07.2012	5000	1200	3500	38200	15500	13000	45000
12.07.2012	9000	3200	10600	74400	17300	23200	99000
14.07.2012	9300	3700	13200	89300	21400	26500	110000
16.07.2012	7400	2700	13300	80300	20300	24800	129000
17.07.2012	11200	2900	16800	86100	24800	31800	146000
22.07.2012	15300	9700	10900	130000	29000	40800	127000
23.07.2012	15100	9300	10300	123000	26600	37700	108000
24.07.2012	8100	10700	8100	57600	13500	17600	89000

4. ARASTIRMA BULGULARI ve TARTISMA Tuba RASTGELDI DOGAN

Tarih	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Al (mg/kg)	Si (mg/kg)
28.07.2012	15700	4900	11500	85500	26900	41000	126000
25.07.2012	13200	9100	9000	130000	24800	34900	104000
01.08.2012	8400	3100	7800	68400	15700	21500	102000
02.08.2012	12200	7400	8200	144000	25800	32700	135000
04.08.2012	12000	8600	8100	122000	22100	31000	116000
16.08.2012	13200	11400	8500	145000	24300	33900	139000
18.08.2012	4800	2200	4700	36500	8100	11500	91000
24.08.2012	7800	4300	12300	73800	17200	26700	255000
28.08.2012	4000	3000	13500	32400	7100	10400	101000
29.08.2012	6700	2400	5900	39900	10400	15400	99000
30.08.2012	16000	5300	10700	129000	27600	39400	138000
01.09.2012	15500	5500	10000	146000	29500	42500	188000
30.08.2012	13500	2200	10800	63200	20500	32000	105000
06.09.2012	13200	5600	11200	152000	25900	37300	145000
09.09.2012	12100	5700	8700	119000	23200	31900	111000
11.09.2012	15700	5700	10900	143000	26200	38300	194000
13.09.2012	5400	7200	9600	38000	11700	13500	70000
15.09.2012	16700	12300	25600	141000	38100	45600	220000
30.09.2012	13800	3700	9700	133000	27500	38600	129000
01.10.2012	11900	4100	11200	84900	23000	33500	112000
02.10.2012	5100	1400	4700	30200	11100	15300	66000
04.10.2012	2000	600	2000	14200	3500	4900	39000
03.10.2012	10100	1800	8500	81100	19100	27400	96000
05.10.2012	12700	8000	9700	171000	26700	38700	148000
06.10.2012	25600	3100	11200	113000	37700	50500	138000
07.10.2012	3200	0	2100	7800	6000	8500	49000
15.11.2012	2000	1100	1400	15200	4600	5300	39000
19.11.2012	0	0	730	0	540	460	0
20.11.2012	340	0	2000	0	2100	3300	0
21.11.2012	0	0	6400	0	1600	0	81000
02.12.2012	20600	2200	10200	117000	34800	49000	174000
05.12.2012	840	0	640	11700	680	2200	158000
06.12.2012	4900	8500	2800	9300	3900	7500	288000
08.12.2012	16200	2000	9500	57400	25500	40000	123000

Çizelge 4.1 ve 4.2'yi incelendiğinde özellikle taşınımın gerçekleştiği dönemlerde K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg, Al ve Si elementlerinde artış görülmektedir. Viana ve ark. (2002), Kanarya Adaları'nda toz taşınımının olduğu zamanlarda yapılan ölçümlerde SiO₂ ve Al₂O₃' için ölçülen değerler toz taşınımının olmadığı zamanlara göre

46 kat daha fazla olup bu faktör K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg ve Ba için 14-25 kat daha fazla ölçülmüştür (Viana ve ark., 2002). Avrupa üzerinden alınan Sahra tozu örnekleri içerisinde SiO_2 ve Al_2O_3 'e baskın olarak rastlanmıştır (Goudie ve ark., 2001).

Ağırlıklı olarak Sahra Çölü'nden taşınan ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilen tozların kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde daha önceki çalışmalara benzer olarak SiO_2 ve Al_2O_3 değerlerinin yüksek olması yanında Ca'un yüksek çıkması kireç taşınımının olduğuna işaretler.

Çizelge analiz sonuçlarının incelenmesi sonucunda Fe, Cu, Pb, Zn, Ti, Mn elementleri yanında Ca, Mg, Na, K gibi elementlerin yüksek çıkması tozun çöller dışında tarımsal alanlardan da geçerek materyal taşıyabileceği işaretlerini vermektedir. Sahra Çölünden hareket eden çöl tozunun Nil Vadisi topraklarının bulunduğu alanlardan da katkı almış olabilir. Doğada PM'in kaynakları ve bileşimi çok karmaşıktır. Troposferdeki PM'in ise önemli bir kısmı insan kaynaklı olup sülfat, amonyum, nitrat, sodyum, klor, iz metaller, karbonlu maddeler, toprak elementleri ve su içerir (Seinfeld ve Pandis 2006).

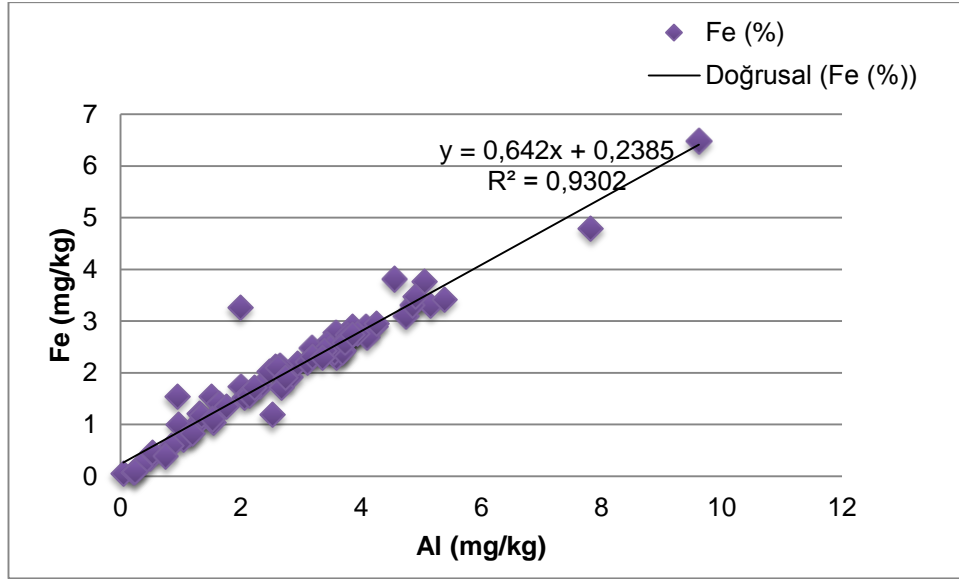
Çöl tozlarının kimyasal içerikleri incelendiğinde bazı element içeriklerinin yüksek olması çökeldiği alana etkisi ayrı bir çalışma ile değerlendirilmelidir. Tozların içerikleri incelendiğinde yüksek görünen bazı mikro ve makro elementlerin toprağa düştükten sonraki bileşimi ve yayılgınlık durumunun bitkiye etkisi dikkate alınmalıdır. Birçok element tozlarla birlikte toprağa düştüğünde toprağa bağlanması ve tutunması tarımsal açılarından verime katkısının önemsiz olacağı düşünülmektedir. Hava hareketleriyle taşınan bu tozların tarıma olan olumlu yönlerinin söylenebilmesi için toprağa düşen toplam miktarı ve toprak içindeki değişim yönleri incelendikten sonra yorum yapılmalıdır.

Çöl tozlarının içerdikleri elementlerin toprağın doğal yapısından farklı olup olmadığını anlamak için "crustal" olarak adlandırılan bazı elementlere göre

değişimlerine bakıldığı da bilinmektedir. Bu bağlamda kullanılan en belli başlı element Alüminyum'dur.

Bu doğal yapıyı yansıtan elemente göre diğer bir element paralel değişim gösterir ise diğer elementin de kaynağının aynı olduğu ama belirsiz bir farklılaşma var ise bu sefer o elementin doğal kaynaklar haricinde de kaynağa sahip olduğu şeklinde bir yorumda bulunmak ve o kaynağı tesbit etmek gerekmektedir.

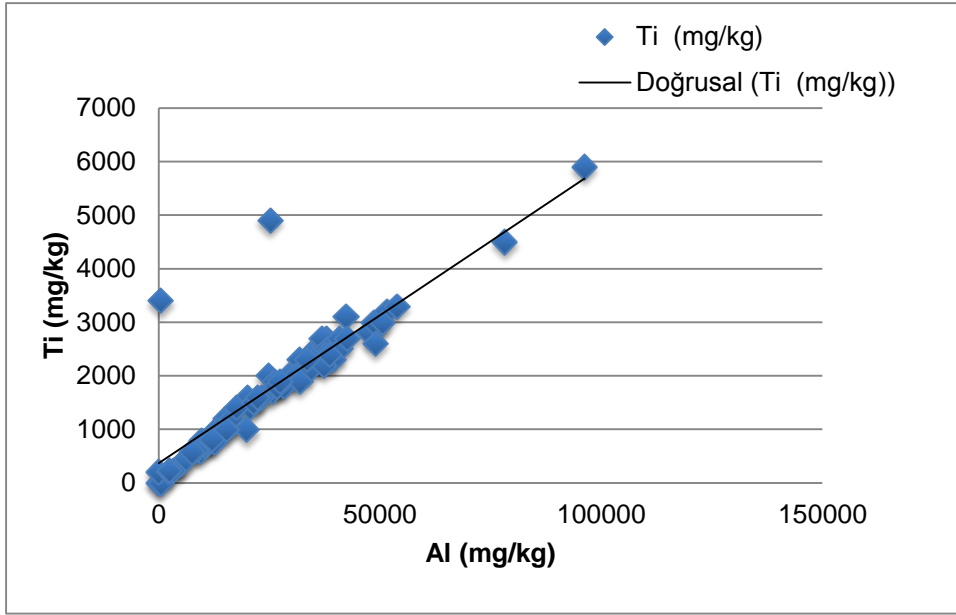
Elde edilen sonuçlar bu anlamda incelenmiştir.



Şekil 4.35. PM₁₀ örneklerinde Al ve Fe arasındaki ilişki

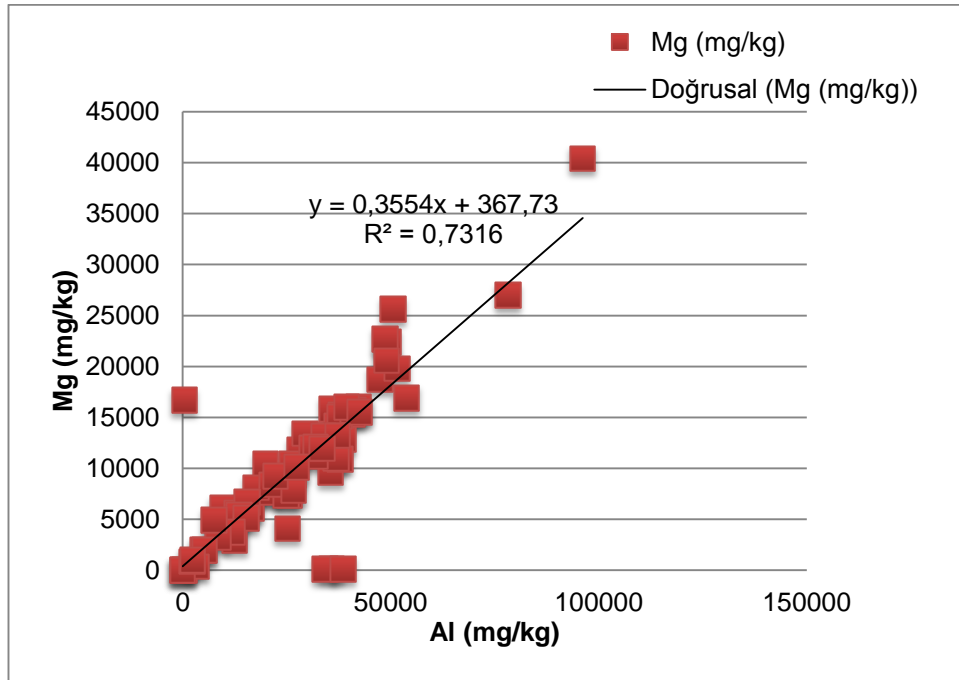
Şekil 4.35' den de görüleceği gibi atmosferik örnekler içerisindeki Fe, Al ile tam bir uyum içerisinde $R^2=0,93$ olarak ifade edilen değişim göstermektedir. Bu da beklendiği gibi Fe'nin toprak kaynaklı olduğunu net bir şekilde açıklamaktadır.

Aynı ilişki Ti için yapılmış ve Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



Şekil 4.36. PM₁₀ örneklerinde Al ve Ti arasındaki ilişki

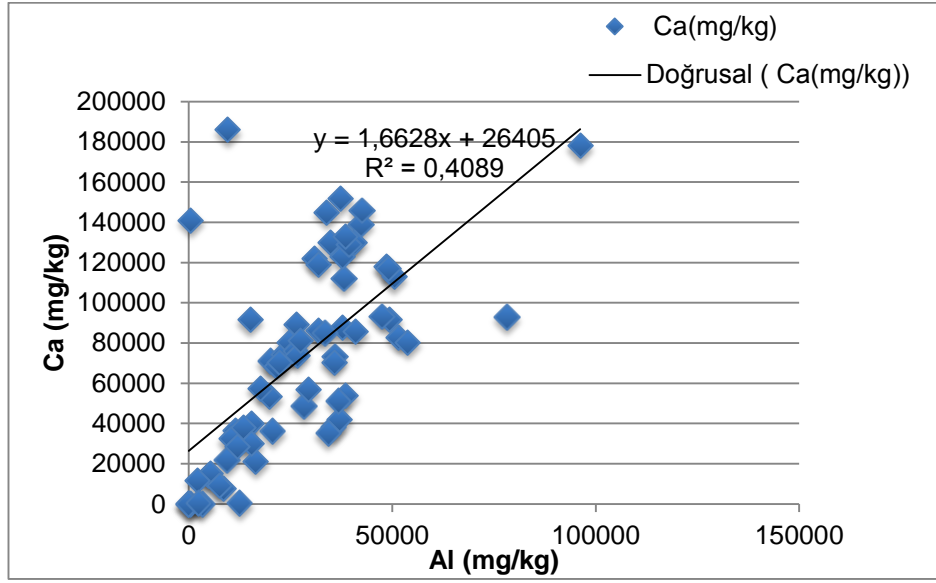
Şekil 4.36'den de görüleceği üzere Al ve Ti arasında'da $R^2 = 0,86$ olarak ifade edilen bir bağlantı olduğu gözükmektedir. Bu da beklendiği gibi Ti'da karasal kaynaklı olduğunu ve herhangi bir kirletici kaynaktan beslenmediğini göstermektedir.



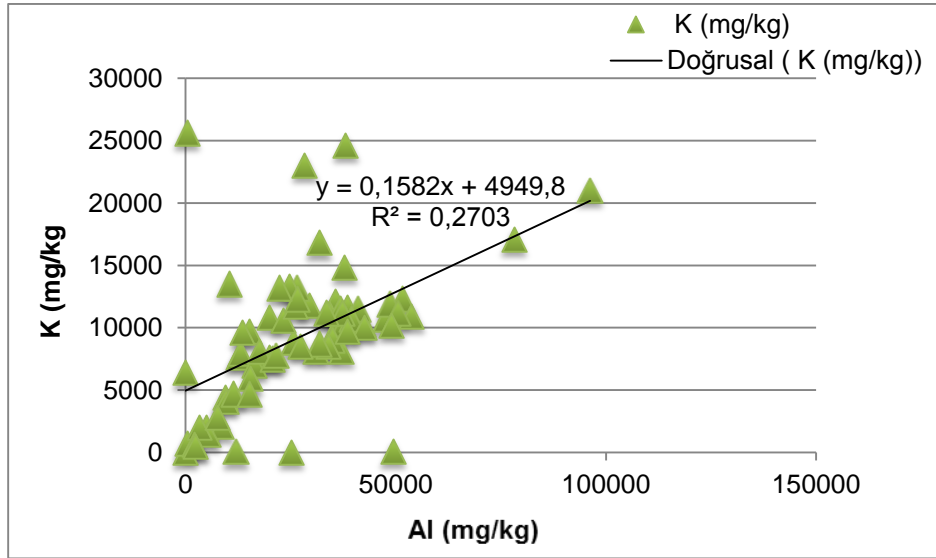
Şekil 4.37. PM₁₀ örneklerinde Al ve Mg arasındaki ilişki

Al ve Mg arasında $R^2= 0,93$ ile ifade edilen bağlantı da her iki elementin kaynaklarının aynı olduğunu net bir şekilde göstermektedir.

PM10 örneklerinde ölçülen değerler “crustal” olarak adlandırılan Al göre değerlendirildiğinde Al'nin Fe, Ti ve Mg ile R^2 değerleri (0,93-0,86) gibi tam bir uyum içerisinde olduğunu göstermektedir. Bir başka deyişle atmosferik taşınım yolu ile Şanlıurfa'ya ulaşan partikül maddelerin kaynaklarındaki kil yapısındaki Al, Fe, Ti ve Mg oranları tam bir uyum içerisinde olduklarıdır.

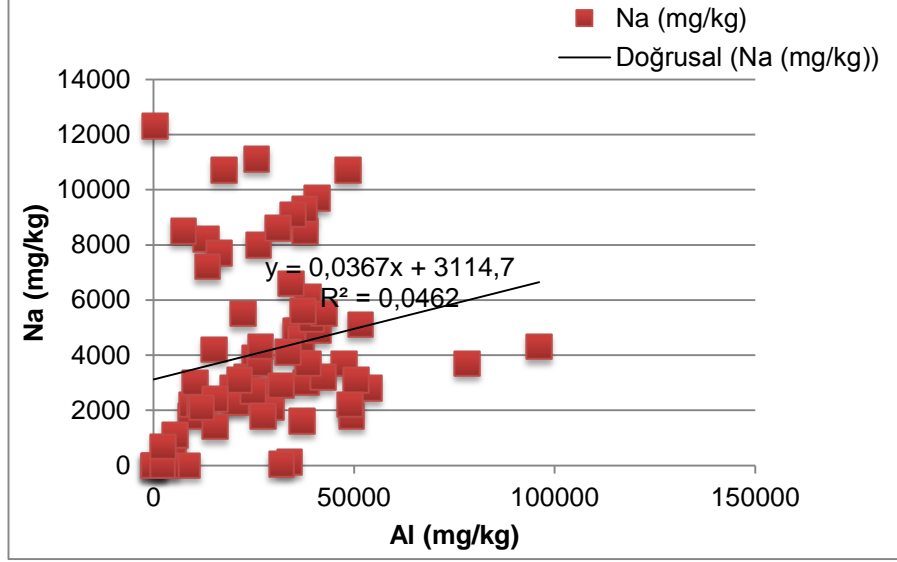


Şekil 4.38. PM₁₀ örneklerinde Al ve Ca arasındaki ilişki

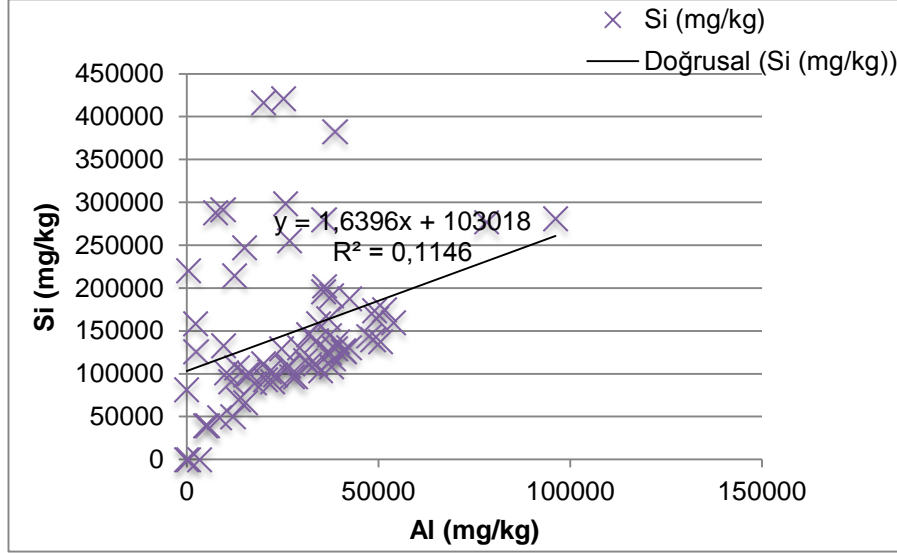


Şekil 4.39 PM₁₀ örneklerinde Al ve K arasındaki ilişki

PM10 örneklerinden elde edilen sonuçlara göre Al, Ca ve K ile korelasyonu Fe, Ti ve Mg kadar kuvvetli olmasa da 0,47 ile ifade edilebilen bir R^2 değeri ile ilişkilendirilmektedir. Bir başka deyişle örnekler içerisindeki Ca ve K'da crustal kaynaklardan etkilenmektedir.



Şekil 4.40. PM₁₀ örneklerinde Al ve Na arasındaki ilişki

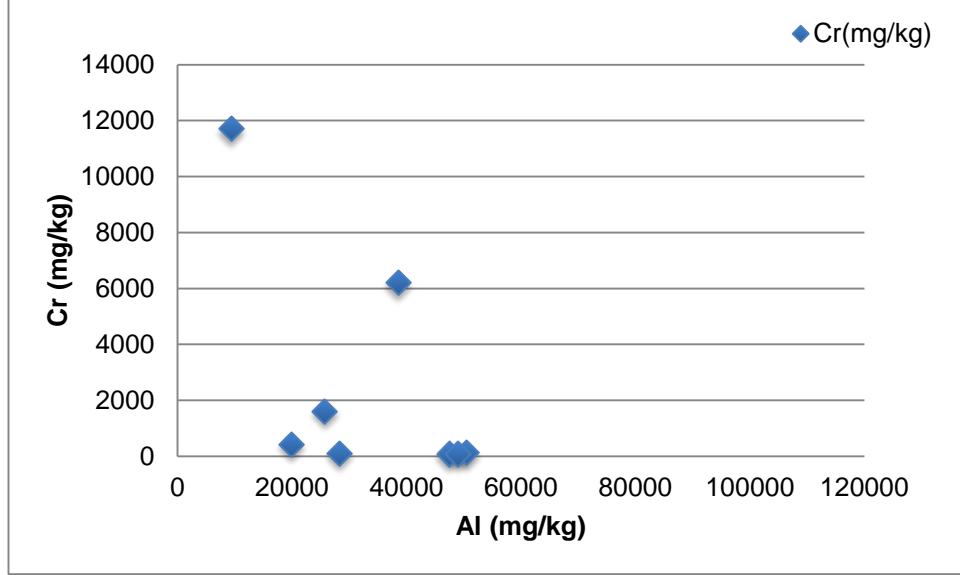


Şekil 4.41. PM₁₀ örneklerinde Al ve Si arasındaki ilişki

Al ve Na, Si arasındaki bağlantıya gelince R^2 değerlerinin 0,13-0,1 değerlerine düştüğü gözlenmektedir. Bu değerler artık Al ve bu elementlerin kaynaklarının farklılaştığını ve arada belirgi bir korelasyon olmadığını göstermektedir. Na genellikle denizsel kaynaklı olduğu bilinen bir elementtir. Şanlıurfa'ya güneybatıdan gelen hava

akımlarının Akdeniz üzerinden de geçmesi zorunluluğu olması bu elenet ile Al arasındaki farklılaşmanın nedeni olarak açıklanabilir.

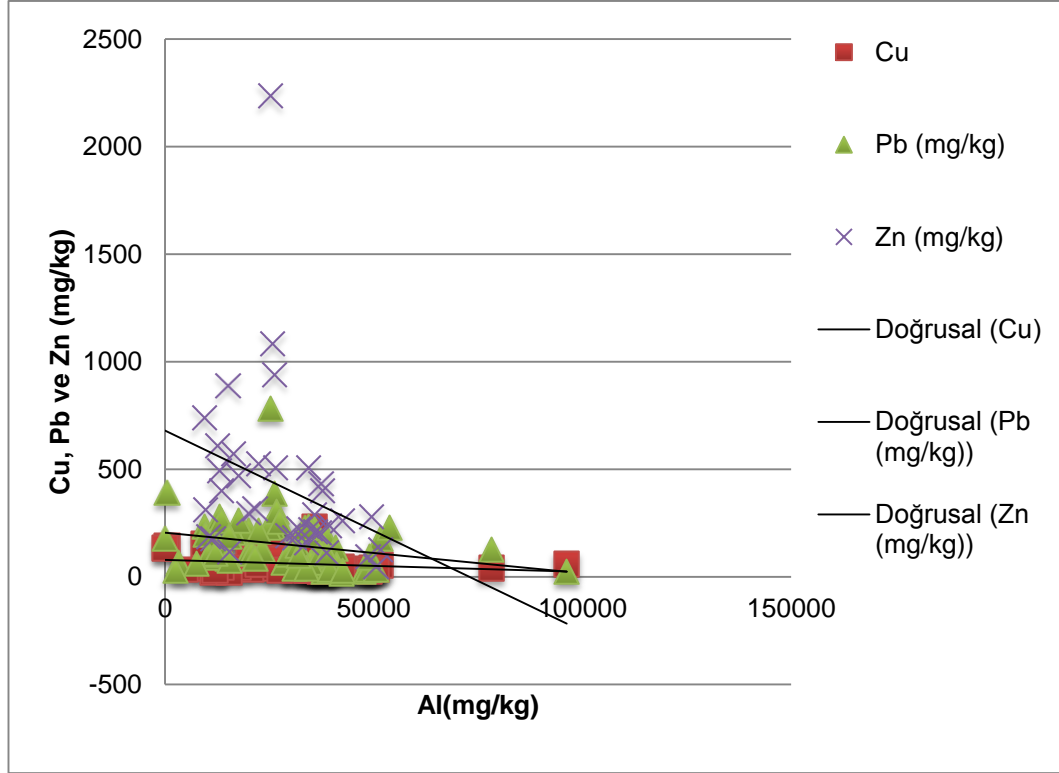
Al ile Cr arasındaki bağlantı Şekil 4.42 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.42. PM₁₀ örneklerinde Al ve Cr arasındaki ilişki

Şekil 4.42' de görüleceği üzere Al ve Cr arasında herhangi bir bağlantıdan söz etmek mümkün değildir. Bu her iki elementin PM₁₀ örneklerindeki kaynaklarının farklılaştığını göstermektedir.

Al ile Pb, Zn ve Cu arasındaki ilişki de Şekil 4.43' de gösterilmiştir.



Şekil 4.43. PM₁₀ örneklerinde Al ve Cu, Pb ve Zn arasındaki ilişki

Şekil 4.43' de görüleceği üzere Al, Cu, Pb ve Zn arasında negatif bir ilişki mevcuttur. Bu da Cu, Pb ve Zn nin kaynaklarının tamamen farklılık gösterdiğinin kanıtı olmaktadır. Ancak bu şekilde bir inceleme ile PM₁₀ örneklerinin içerisindeki örneklerin kaynakları hakkında sadece Fe, Ti, Ca ve Mg hakkında kesin bir yargıya ulaşmak mümkündür.

Değerlerin kaynaklarını daha iyi ortaya çıkarabilmek için faktör analizleri Çizelge 4.4 yapılmıştır.

Çizelge 4.4. Elementlerin Faktör anlazi hesap tablosu

Rotated Factor Loadings and Communalities						
Varimax Rotation						
Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Communality
Cr	-0.087	-0.043	0.108	-0.935	0.109	0.907
Cu	-0.087	-0.077	0.068	0.006	-0.898	0.825
Pb	-0.022	-0.920	-0.118	-0.097	-0.032	0.870
Zn	0.028	-0.749	0.088	0.027	-0.355	0.697
Ti	0.282	-0.134	-0.886	0.035	-0.024	0.885
Mn	0.231	-0.074	-0.861	-0.015	0.137	0.819
Sb	-0.098	-0.746	-0.137	-0.146	0.121	0.620
Mg	0.849	0.227	-0.358	-0.051	0.026	0.904
Na	0.629	-0.426	0.160	0.161	0.137	0.647
K	0.626	-0.003	-0.432	-0.027	-0.114	0.592
Ca	0.850	-0.131	0.002	0.090	0.091	0.755
Fe	0.870	0.138	-0.344	-0.252	0.025	0.958
Al	0.856	0.147	-0.415	-0.068	-0.016	0.931
Si	0.347	-0.369	-0.221	-0.676	-0.285	0.843
Variance	3.9990	2.4210	2.2621	1.4685	1.1031	11.2537
% Var	0.286	0.173	0.162	0.105	0.079	0.804

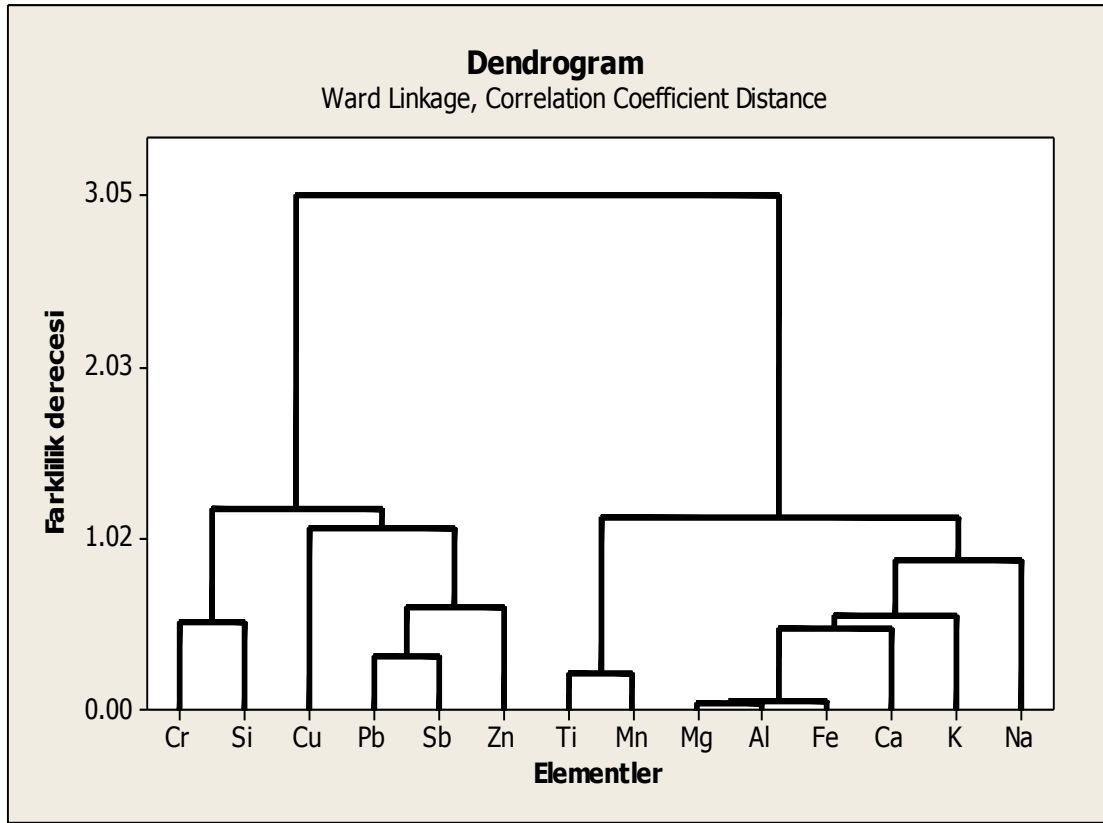
Faktör analiz sonuçları değerlendirildiğinde Mg, Na, K, Ca, Fe ve Al elementlerinin bir grup içerisinde birbirleri ile ilişkili oldukları görülmektedir. Bu elementler silikat minerallerinin (özellikle olivin, piroksen, amfibol, mika, feldispat ve kil minerallerinin yapılarında) yapısında bulunan element major elementlerdir. Bu sonuçlar bu elementlerin toprak kaynaklı olduğunu göstermektedir. Antropojenik bir etki söz konusu değildir.

İkinci grupta Pb, Zn ve Sb elementleri gruplanmıştır. Bu elementler jeolojik materyallerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

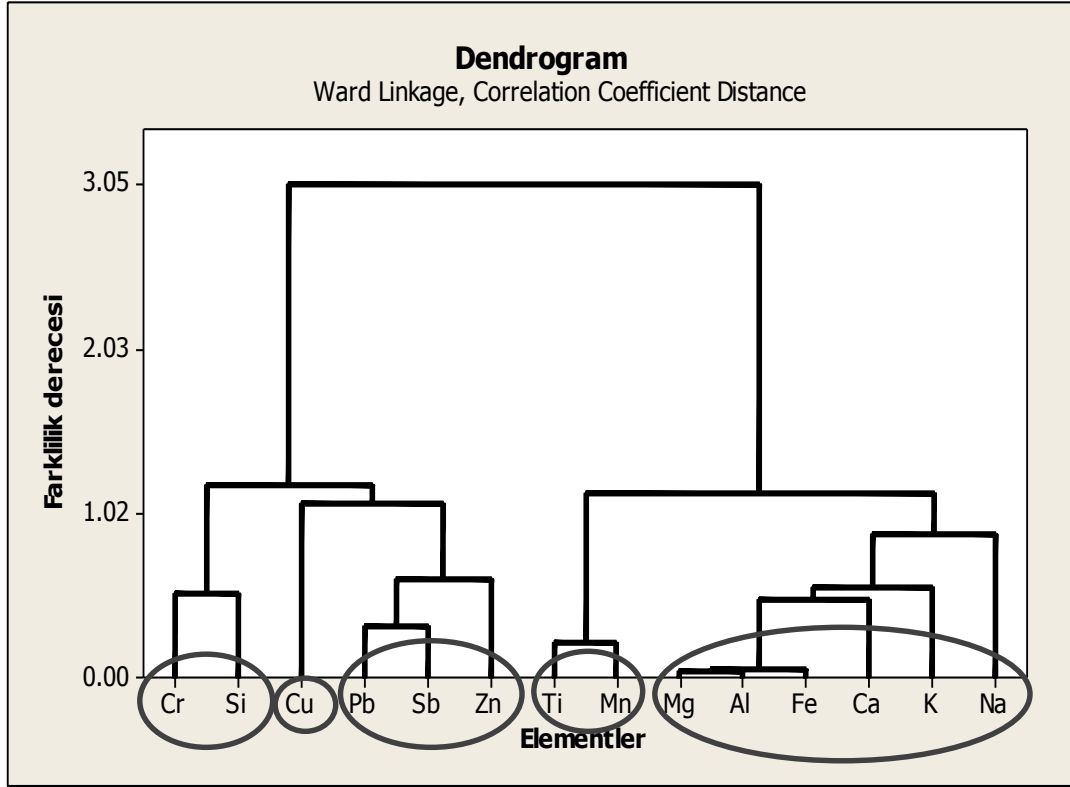
Üçüncü grupta Ti ve Mn gruplanmıştır. Bu elementler farklı alanlardan katılımla gelmiş jeolojik kökenli elementler olabilir.

Dördüncü grupta yer alan krom ve silisyum farklı özellik göstermekte olup çevresel faktörlerin etkisi altında da olabilirler. Diğer bir ifade ile antropojenik etkileşim söz konusu olabilir.

Beşinci grupta yer alan bakır elementi diğer hiçbir elementle ilişki olmayıp tamamen antropojenik etkileşimle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Hava hareketi güzergahındaki madencilik faaliyetleri veya endüstriyel tesislerden atmosfere yayılan emisyonlardan etkilenmiş olabilir (Şekil 4.44 ve 4.45)



Şekil 4.44. Elementler arası faktör analizi



Şekil 4.45. Elementler arası faktör analizi gruplaması

Analiz sonuçlarında yapılan dendrogram (cluster) incelendiğinde özellikle faktör analizinde elde edilen sonuçları desteklemektedir. En yüksek ilişkinin Mg-Al-Fe arasında, Ti-Mg, Pb-Sb, Cr-Si ilişkilerinin diğer önemli yakın ilişkiler olduğu görülmektedir.

Mg-Al-Fe-Ca-K-Mg-Ti-Mn elementlerinin kökensel olarak birbirine yakın kaynaklardan geldiği görülmektedir.

4.5. Çöl Tozlarının Çevre Üzerine Olan Etkileri

Çöl tozlarının taşıdığı mineral maddelerin çökeldiği alandaki toprak ve su kaynaklarına farklı etkisi dışında çevreye verdiği diğer zararlar da çok daha önemli boyuttadır. Taşınan tozların uzun süre askıda kalması doğrudan vücuda verdiği zarar dışında, insan psikolojisinin bozulmasına da neden olmaktadır.

Geçtiğimiz yüzyılda PM oluşumuna sebep olan insan kaynaklı emisyonlar çarpıcı bir biçimde artmış ve buna bağlı olarak insan sağlığında olumsuz etkilere, kentsel ve kırsal alanlarda görüş mesafesinde düşüşe, asit birikimine ve dünyanın radyasyon dengesinin bozulmasına sebep olmuştur (Kindap ve ark., 2006, Seinfeld ve Pandis, 2006; Koçak ve ark., 2009; Anıl ve ark., 2009). Sahra çölünün her sene atmosfere çeşitli yönlerde dağılan 1-1,5 milyar ton toz saldığı bilinmektedir (Moulin ve ark., 1998).

Şanlıurfa, Suriye'ye komşu Güneydoğu Bölgesinde yer alan yaklaşık 1 milyon 800 bin nüfusa sahip Güney Doğu Anadolu'nun coğrafyası içerisinde geneli temsil edecek hava akımlarına açık bir ildir. Bölge genelinde de olduğu gibi Şanlıurfa ilinde de yazlar sıcak ve kurak, kışlar yağışlı ve ılık geçmektedir. İlin son zamanlarda özellikle İlkbahar ve Sonbahar dönemlerinde sık sık rüzgâr yönünün genelde hakim rüzgâr yönü olan kuzey-batı dışında, güney yönü ağırlık olması durumundan dolayı toz bulutlarının güney sınırimızda bulunan Suriye ve Sahra çölleri üzerinden geldiğı açıkça görülmektedir. Bu toz hareketi geldiğı zamanda şehri kaplamakta ve kuru taşınım yağışla son bulmaktadır. Ancak şehre yağış 'Çamur Yağmuru' olarak yağmaktadır. Çıplak gözle fark edilebilen çamurlu yağışlar Avrupa'da çok eskilerden beri bilinirken, ülkemizde 1950'li yıllardan sonra fark edilmeye başlanmıştır. Atmosferdeki çöl tozlarının bulutlarda yoğunlaşmaya sebep olduğu ve yağışları başlattığı bilinmektedir. İşte bu yağışlarla birlikte atmosferdeki tozların da yağ olarak yere çökmesiyle kızıl yağışlar olarak da bilinen çamurlu yağışlar meydana gelmesini bildirmişlerdir (Özsoy ve Örnektekin, 2008).

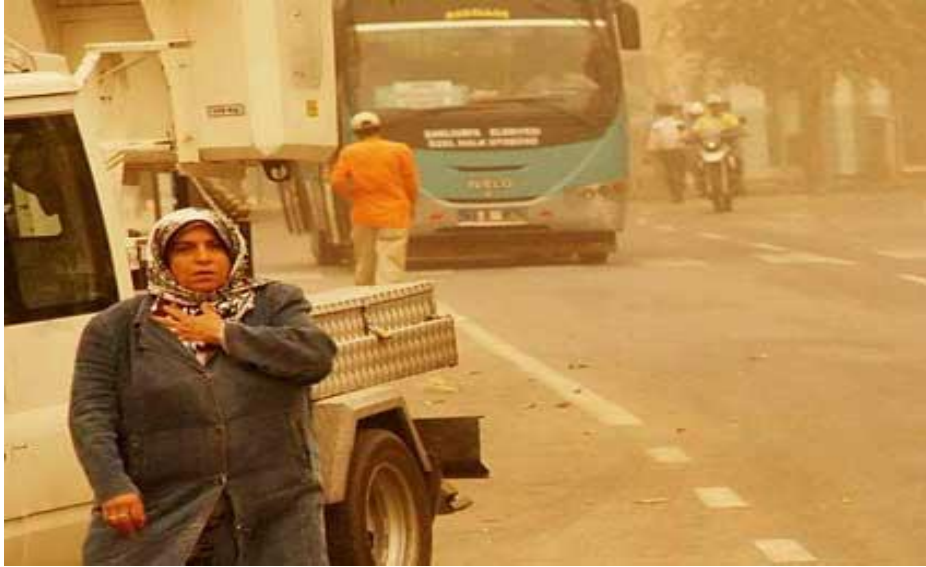
Bu yağışlar sonrasında çevre, sokaklar, araçlar ve binaların dış yüzeyleri kirlenmekte özellikle görüş mesafesi 50 metreye kadar düşmektedir. Şekil 4.46'da Mart 2012 tarihli bir toz taşınımının Şanlıurfa ilini nasıl kapladığını dikkati çekmektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA Tuba RASTGELDİ DOĞAN

Tozlar, Sahra Çölü ağırlıklı olduğu modis ve hysplit ile tespit edilmiş ve toz 3 gün şehirde kuru birikim yaptıktan sonra yağışlarla yeryüzüne inmiştir. Bu nedenle hava ulaşımı dahil kara ulaşımında dahi aksamalar meydana gelmektedir.

Şanlıurfa ilinde aynı yerden çekilen fotoğraflarda görüş mesafesinin ne kadar fazla düştüğüne birer örnek teşkil etmektedir.

Dış ortamdaki toz bulutunun etkisi doğal olarak iç ortamı da etkilemektedir. Dolayısıyla partikül maddeler kirletici olarak iç ortamdaki hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Doğal havalandırılmalı ortamlarda dışarıdaki partikül maddeler, pencere ve kapı gibi aralıklarından iç ortama girmesi engellenemez bir olay olarak dikkati çekmektedir.



Şekil 4.46. Mart ayında Şanlıurfa'da toz taşınım görüntüsü

Şekil 4.47'te 13 Mart 2012 yılında çekilmiş aynı cepheden iki fotoğraf görülmektedir. Bu tarihte toz taşınımının Suriye kaynaklı olduğu modis ve hysplit görüntülerinden tespit edilmiştir. Taşınım gerçekleştiğinde görüş mesafesinin düştüğü

ve ufuktaki binaların seçilmediği oysaki toz taşınımının olmadığı 8 Nisan 2012 tarihinde havanın ne kadar temiz ve görüş mesafesinin ne kadar net olduğunun görebilmektedir. Çalışma sırasında özellikle Suriye kaynaklı tozların daha açık renkli beyaz tozlar, Sahra Çölü kaynaklı tozların ise daha kahverengimsi olduğu tespit edilmiştir. Sahra ve Suriye yönünden gelen tozların renklerinin farklı olması, taşındığı bölgenin jeolojik yapısı ve toprağın renginden kaynaklanmaktadır. Şekil 4.48 ve 4.49'de bu durum daha belirgin görülmektedir. Modis ve hysplit görüntülerinde 4.47'da toz taşınımının Sahra'dan gerçekleştiği tespit edilmiş ve toz renginin kahverengi tonunda olduğu dikkat çekmiştir. 4 gün kuru halde Şanlıurfa'yı etkileyen toz bulutu 5. gün yağışla beraber yeryüzüne kızılı çamur olarak inmiştir. Aynı uydu görüntüsünde Şekil 4.49'de toz taşınımının Suriye Çölü kaynaklı olduğu ve tozun 5 gün şehirde kaldığı tespit edilmiştir. Tozların özellikle İlkbahar mevsiminde taşınması ve hava sıcaklığının çok yüksek olmasından dolayı şehre etkisi daha uzun zaman olarak en az 3 gün en fazla 7 gün şehri etkilediğini belirlenmiştir.



Şekil 4.47. Şanlıurfa'da tozlu ve tozsuz günlerin görüntüsü



Şekil 4.48. Mart ayı Sahra ölu kaynaklı toz taşınım görüntüsü



Şekil 4.49. Nisan ayı Suriye ölu kaynaklı toz taşınım görüntüsü



Şekil 4.50. Eylül ayı Suriye ve Sahra çöllerinin görüş mesafesine etkisi

Şekil 4.50’de Eylül ayına ait iki fotoğraf görülmektedir. Toz taşınımı ilk gün Suriye çözü ağırlıklı ve renk olarak da beyazımsı, ikinci gün ise alçak basıncın daha etkin olmasından dolayı Sahra çözü ağırlıklı ve renk olarak daha kahverengi tonunda tozların geldiği tespit edilmiştir. Her iki fotoğrafta da görüş mesafesinin düştüğü tespit edilmiştir.



a. 27.10.2012 Şanlıurfa İli görüntüsü

b. 28.10.2012 Şanlıurfa İli görüntüsü

Şekil 4.51. Ekim ayı Suriye ve Sahra çöllerinin görüş mesafesine etkisi

Şekil 4.51’de görüldüğü gibi ekim ayında yoğun toz taşınımı gerçekleşmiş ve buna paralel olarak aynı kareden çekilen fotoğraflarda görüş mesafesinin ne kadar düştüğü belirlenmiştir.

Çöl bölgelerinde yaşayan insanlar bütün yıl boyunca tozlu bir atmosferi soludukları için çöl bölgelerine uzak olan ülkelerde yaşayan insanların tozlu günlerde aldığı maske ve gözlük takmak gibi tedbirleri yıl boyunca almaktadırlar. Bu durum bu insanların yaşam tarzlarına ve kültürlerine yansımış yöresel kıyafetleri de çöl tozlarından ve kum fırtınalarından korunmalarını sağlayacak şekilde dizayn edilmiştir. Ülkemizde bu durum, özellikle aşırı taşınımın olduğu günlerde halk gerekli tedbirlerin alması sağlanmalıdır.

Günümüz koşullarında bölgeyi etkileyen çöl tozlarının geliş sayısının fazla olması, gelecekte artma ihtimallerini akla getirmektedir. Dünyada değişen iklimler doğal dengeyi bozması dışında, iklimsel farklılaşmanın da bir sonucu olabileceği düşünülen toz hareketlerinin çevre ve sağlık üzerine olan olumsuz etkilerinin daha da artabileceği endişesi gerekli tedbirlerin alınmasına katkı yapacaktır. Özellikle yarı kurak bir iklim etkisindeki GAP alanına gelen çöl tozlarının çevreye olan etkisini azaltmak için rüzgar yönü doğrultusunda hız kesici orman ağaçlandırılmasının yapılması tozların çökmesini artıracaktır. Ayrıca uydu görüntüleriyle birkaç gün önceden anlaşılabilen çöl tozları bölgeye gelmeden gerekli tedbirlerin alınması için vatandaşlar uyarılmalıdır.

Diğer önemli bir nokta ise tozlarla birlikte bölgeye taşınan elementlerin toprağa, bitkiye ve yeraltı sularına katkısı uzun zaman süresince izlenerek incelenmelidir. Ayrıca taşınan tozların radyoaktif özelliklerinin incelenmesi, çevre ve sağlık açısından alınması gerekli önemli bir tedbir olmalıdır.

4.6. Çöl Tozlarının Tarım Üzerine Olan Etkileri

Tarım denildiği zaman sadece bitkisel üretim değil, hayvansal üretim ve gıda ile ilgili faaliyetler de düşünülmelidir. Birbiriyle ilişkili olan bu kaynakların tarladan sofraya kadar taşınım aşamalarının herhangi bir safhasında meydana gelen bir aksama, diğer bölümlerini etkilemektedir. Özellikle insan ve hayvanlara hammadde/gıda üreten bitkiler besinlerini topraktan alır ve atmosferdeki iklimsel değişimlerden farklı oranlarda etkilenir. Normal iklimsel değişimler bitkisel gelişimi etkilemesi dışında, diğer bir iklimsel hareket olan çöl tozları asılı kaldıkları sürece ve yer yüzeyine düştükleri zamanda tarımsal faaliyetlere farklı şekillerde etkide bulunabilmektedir.

Bitkiler üzerine kuru veya yağışlarla yağ olarak çökelen çöl tozları içerisinde barındırdığı demir, çinko gibi minerallerle bitkilerin gelişimini hızlandırdığı, kültür bitkilerinin verimini artırdığı ve bitkilerin yaprak yüzeylerini kaplayarak, stomalarını tıkayarak fotosentez yanında solunum yapmalarını da engelleyebilmektedir. Bu yönüyle çöl tozları bitkiler üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler yapabilmektedir (Bağcı ve Şengün, 2012). Uzak mesafelerden gelen çöl tozları, geldikleri bölgenin toprak ve jeolojik yapısının karakterlerini taşır. Yani kalktıkları bölgedeki jeolojik yapının ayrışması sonucu oluşan toprakların içerisindeki elementlerin özelliklerine benzerlik gösterir. Meteorolojik olaylar sonucu atmosferde rüzgârla taşınan ve dünyanın çeşitli bölgelerine dağılan Sahra tozunun yağın yağmurlarla yeryüzüne inmesiyle yapısındaki kum, silt ve kolloidal karakterdeki kil ile toprağın tekstürünü, bulundurduğu makro ve mikro besin maddeleri ekledikleri görülmektedir (Swap ve ark., 1992; Koren ve ark., 2006). Yağışlardan sonra toprağa düşen çöl tozları farklı boyutlarda olmaktadır. Çöl tozlarının boyutları ve tanecik çaplarının bilinmesi toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerine olan etkisi açısından önemlidir. Bunun doğru ölçülmesi için gelen tozların her yıl düzenli bir şekilde izlenmesi ve gelen tozların uygun metotlarla hesaplanarak toprağa düşen miktarları fiziksel, mineralojik ve kimyasal içerikleri belirlenmelidir. Özellikle daha önceki araştırmacılar gelen tozların verimli olduğunu ve gübre içerdiklerini bildirmektedir. Sahra tozunu içeren yağmur kompozisyonunun da ortalama % 5.7 Ca, % 2.0 K, % 1.69

Mg, % 0.41 Na, % 0.00626 P ve % 0.0051 S gibi makrobesin maddeleri ve 142 ppm Zn, 540 ppm Mn, 39.3 ppm Cu ve 3.40 ppm Fe gibi elementlerinin bulunduğu belirlenmiştir (Avila ve ark., 1998). Tez araştırmasında ise; analiz verilerinin incelenmesi sonucunda (Çizelge 4.1 ve 4.2) Fe, Cu, Pb, Zn, Ti, Mn elementleri yanında Ca, Mg, Na, K gibi elementlerin yüksek çıkması, tozun çöller dışındaki tarımsal alanlardan da geçerek materyal taşıma ihtimalinin bulunduğu işaretlerini vermektedir. Kimyasal içeriği ölçülen tozların toprağa katkısının tahmin edilebilmesi için, yıllık toprağa düşen toz miktarının hesaplanmasında sonra doğru tahmin edilebilecektir.

Son yıllarda bilim insanlarının yaptığı çalışmalar, ülkemize yakın çevresinde bulunan başta Sahra olmak üzere İran, Suriye ve Arabistan çöllerinden rüzgârlar vasıtasıyla her yıl 20 milyon ton toz taşınımının gerçekleştiğini ortaya çıkarmıştır. Rüzgârlar vasıtasıyla çöllerden kalkarak atmosfere karışan boyutları mikronlarla ifade edilen ince toz partikülleri atmosferik taşınım ile çok uzak bölgelere kadar taşınmaktadır. Aynı zamanda çökeldiği ortamlarda insanlar ve vejetasyon üzerinde çeşitli etkiler bırakmaktadır (Bağcı ve Şengün, 2012). Başlangıçta ülkemizde kurak bölgelerdeki rüzgâr erozyonu sonucunda ortaya çıktığı düşünülen bu kızıl kumların ülkemizin çevresindeki Büyük Sahra, Arabistan, İran ve Suriye çöllerinden taşındığı yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur (Kıraşan, 2010).

Yapılan gözlem ve ölçümlere göre Türkiye'yi etkileme sıklığı artan çöl tozlarının önümüzdeki yıllarda çevre, sağlık ve tarımı nasıl etkileyeceğinin önceden tahmini için tozların kurumsal olarak daha dikkatli bir şekilde izlenmesinde yarar bulunmaktadır. Tozların gelecekte sadece tarım değil, çevre ve sağlık üzerine olan etkilerin minimize edilmesi için önceden davranışlarının öğrenilmesi, ilgili politikaların oluşturulmasında önemli olacaktır.

Mevsimlik olarak gelen bu tozlar atmosferde asılı kaldığı sürede canlı bitkilerin fotosentezini etkilemesi açısından önemli gibi görünmekle birlikte, hemen arkasından gelen yağışlar bitki yüzeyinin temizlenmesinde etkili olmaktadır. Yukarıda Çizelge 4.1 ve 4.2'de de görüldüğü gibi tozlar geldikleri bölgelerden bazı mineralleri getirmektedir. Bir çok araştırmacı bu minerallerin toprağa eklendiğinde gübre etkisi yapacağını iddia etmekte ve çöl tozlarıyla yapılan bitkisel denemelerde tozlu su ile sulanan bitkilerin gelişimlerinin daha iyi olduğunu ifade etmektedirler (Bağcı ve Şengün, 2012). Böyle olmakla birlikte Çizelge 4.1 ve 4.2' de analiz verilerinde görülen yüksek miktardaki Ca, Mg, Na ve K gibi makro elementlerin toprağa düştüğü zamanki yararlılığı düşünülmelidir. Bunlardan özellikle Ca' un bölge topraklarında fazla olması, toprağa düşen tozlardaki miktarın bitkiye katkısının olumlu olmayacağı tahmin edilebilir. Özellikle araştırmacılar çöllerden gelen tozların yüksek Fe elementi içerdiği ve bitkilerin verimini artırdığını bildirmektedir. Küresel ölçekte, atmosferik demir ve azot girdisi kimyasal ve biyolojik dinamikleri açık okyanus ekosistemler üzerinde önemli bir rol oynadığı hipotezi öne sürülmüştür. Özellikle, demir (Fe) deniz fitoplanktonları için gerekli bir besindir (Duce, 1986). Demir (Fe) elementi ise fotosentez işleminden sorumlu olan, klorofil pigmentinin sentezi için gereklidir. Demirin hayat için önemi Smith (1984) tarafından belirtilmiştir. Normal halde 3⁺ oksidasyon değerliğinde bulunan demirin sadece 2⁺ değerliğinde kullanılabilirdiği ve bunu bitkilerin hangi şartlarda nasıl sağladığı bu temel eserde belirtilmiştir (Lindsay ve Schwab, 1982). Bölge topraklarına tozlarla birlikte düşen Fe, yüksek kireç ile reaksiyona girmesi ve okside olması sonucu yararlılığında azalma meydana gelmektedir. Yani gelen tozlar içerisinde yüksek miktarda Fe elementi bulunsa bile, toprak ortamına düştüğünde kimyasal bileşikler oluşturması sonucu yararlılığında azalma meydana gelebilmektedir (Bağcı ve Şengün, 2012). Sahra'dan getirilen çöl toprak örneklerinin bulut içerisindeki davranışlarının laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmesi ve alıcı ortam olarak çeşitli buğday türlerine etkileri incelenmiştir. Işıklandırılmış Sahra çöl toprağının, Hewitt besin çözeltisi kadar iyi sonuç verdiği ölçülebilir bazı büyüme parametreleri esas alınarak belirlenmiştir (Yücekutlu, 2012). Böyle olmakla birlikte, çöl tozlarının bitkiler üzerindeki bu verimlilik etkisinin tozun düştüğü toprak koşullarında denenmesinde yarar bulunmaktadır. Toprak ortamına düşen çöl tozlarının içinde bulunan elementlerinin önemli bir bölümü yarı kurak bir

iklim Őartında oluşan bir toprakla karışması kısa sũrede kimyasal bileşikler oluŐturacaĐı kaŐınılmazdır. Toprak ortamına dũŐen bu elementlerin olumsuz bir etkisi dũŐũnũlmemekle birlikte, tozun askıda kaldığı sũrece bitkilerin geliŐimlerine kısa sũreli olumsuz etkisi olabilmektedir. Atmosfere giren gũneŐ iŐınları yeryũzũne ve bitkilere ulaŐıncaya kadar nitelik ve nicelik bakımından azalır. Havanın bulutluluk oranı ya da partikũl madde miktarı gũneŐ iŐıĐını absorbe ederek yeryũzũne ulaşan iŐık ve enerji miktarını daha da azaltır. Bu durum bitkilerde fotosentez yapmayı zorlaştırarak besin ũretimini azaltır. Bitkilerin uzun sũre gũneŐ enerjisinden mahrum kalması strese ve bitkinin ũlũmũne neden olabileceği bildirilmiştir (KocaŐalıŐkan, 2005).

GAP alanını etkileme sıklığının arttığı gũrũlen  l tozlarının  keldikleri arazilere yapacağı kısa ve uzun sũreli etkileri izlenmeli ve farklı yœnleri ile değerlendirilmelidir. Tozların kısa sũreli toprağa hissedici etkisi dũŐũnũlmezken, sulama ve yeraltı sularına olan etkileri de çalışılmalıdır. Ayrıca bitkiler dışında hayvanların beslendiği mera alanlarına ve diğer tũketilen meyve ve sebze ũzerine olan olumsuz etkileri de izlenerek çalışılmalıdır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Son yıllarda artan küresel ısınmanın etkisi, insanların doğayı tahrip etmesi ve aşırı sanayileşmeye bağlı olarak atmosfere salınan gazların miktarının artmasıyla kıtalar arası iklimsel değişimler toz taşınmasında artışlara neden olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'nin bir çok bölgesinde olduğu gibi GAP alanının da çöl tozlarından etkilenme sıklığının artması dikkatleri çekmiş ve konu araştırma olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada, 2012 yılı boyunca her gün PM10 ve PM2.5 toz değerleri toplanmıştır. Şehirde ve sanayi alanlarından uzak olarak kurulan cihaz düzeneğiyle toplanılan partikül maddeler bize uzak menzile toz taşınım verilerini vermiştir. Sonuç olarak, partikül maddelerin özellikle geçiş mevsimi olan ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde arttığı ve yılın diğer mevsimlerinde de partikül madde miktarının standart değerleri aştığı tespit edilmiştir. Mevsimsel olarak tozun miktarları ortalama olarak yaz döneminde ortalama PM10 420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; ilkbahar döneminde PM 10 550.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5 213 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; sonbahar döneminde PM 10 620 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve kış döneminde PM 10 315 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak AB standartları olarak kabul edilen (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dahil birçok standardın minimum değerinin üstünde tespit edilmiştir. Mevsimsel olarak bakıldığında özellikle geçiş mevsimi olarak bilinen ilkbahar ayları mart-nisan ve mayıs ayları ve sonbahar aylarından eylül ve ekim aylarında tozların daha fazla geldiği tespit edilmiştir. Şehri etkisi altına alan tozun meteorolojik verilerle ilişkilendirip havada asılı halde bulunan tozun hava kütesine çekirdek oluşturup yağmurla yeryüzüne indiği tespit edilmiştir. Sahra Çölü ve Arap yarım adası kaynaklı tozun genelde kızıl renkli olduğu, çamur şeklinde yeryüzüne indiği, Suriye kaynaklı tozun ise açık ve gimsi renkli olduğu belirlenmiştir.

Toz taşınımının kaynağı ve içeriğinin ne olduğu konusu aslında alınabilecek tedbirlerin belirlenmesinde ve yapılabilecek çalışmalar için çok önemlidir. Bu nedenle

bir yıl boyunca cihazla toplanarak elde edilen PM10 ve PM 2.5 filtrelerle tespit edilen tozların bir kısmının kimyasal içeriğine tespit edildi. Elde edilen sonuçlarda, özellikle taşınımın gerçekleştiği dönemlerde K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg, Al ve Si elementi değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Tozların uzak menzil taşınım kaynakları tespiti için Hysplit programı ve modis görüntüleri kullanılmıştır. Toz taşınımının, 2 gün öncesinde başlayan etkisi toz taşınımında modis görüntüsünde bulanıklıklar görülmektedir. 1500 m, 1000 m ve 500 m olmak üzere kullanılan 3 bantlık hysplit programında, tozların özellikle Sahra Çöl'ünden kaynaklanmakla birlikte Suriye Çöl'ü, Irak Çöl'ü ve bazı dönemlerde Arap yarım adası çöllerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu tozların bölgeye etkisinin ne olduğunu anlamak için cihaz yanına kurulan kuzey ve güney bakışlı kamera sistemiyle toz mesafesinin 50 m gibi çok düşük miktarlara düştüğü tahmin edilmektedir. Özellikle toz taşınımının gerçekleştiği günlerde Şehrin hava alanına uçakların inmesindeki sorunların yaşanması da ayrı bir toplumsal problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Partikül maddelerin boyutları bazen gözle görünemeyecek kadar küçük olabilmektedir. Gözle görünemeyen bu tozlar solunabilir tozlar sınıfına girmekte ve insanlarda akciğer ve solunum yolu rahatsızlıklarına, bronşit, migren gibi hastalıkları olmak üzere birçok hastalığa zemin hazırlayabileceği de aslında bilinen bir gerçektir. Bu çalışmada, Şanlıurfa'nın en çok hasta bakan hastaneleri olan; Mehmet Akif İnan Araştırma Hastahanesi, Harran Üniversitesi Araştırma Hastahanesi ve Orta Doğu Sağlık Merkezi Hastanesi Göğüs Polikliniklerinden her gün astım, öksürük, alerji vb. şikayetlerle başvuran hasta sayıları elde edilmiştir. Bu, 3 büyük hastahaneye başvuran hasta sayıları aritmetik ortalaması alınarak PM10 ve PM2.5 değerleriyle ilişkilendirilmiştir. Toz taşınımının gerçekleşmesinin olduğu zamanlarda hasta sayılarında artış olduğu tespit edilmiştir.

Çöl tozları, hava hareketleriyle taşınımı kuru olarak gerçekleşmektedir. Şehri yıl içinde bazen 3 bazen 6 gün etkisi altına alan bu taşınımın yeryüzüne inmesi yağışla mümkün olmaktadır. Toz içeriği yüksek olarak yeryüzüne inen yağış suyu rengi

çamuru andırmaktadır. Bu nedenle özellikle halk arasında ‘çamur’ veya ‘kızıl yağmur’ olarak nitelendirilmektedir. Bu yağış sokakları, binaların dış yüzeylerini kirletmekte ve aslında bir çevre kirliliğine neden olmaktadır. Buna paralel olarak son zamanlarda bu yağışların araçları kirletmesi basında da yer almaktadır.

Çöl tozlarının tarıma etkisi de araştırmanın diğer bir yönünü oluşturmaktadır. Bilindiği gibi hava, su, toprak çevrenin birbiriyle bağlantılı 3 önemli unsurunu teşkil etmektedir. Bu, 3 unsurdan herhangi birinin kirlenmesi kısa veya uzun zamanda mutlaka diğer unsurlara olumsuz etkisini göstermektedir. Hava kalitesinin olumsuz etkilenmesi toprağı da etkilemektedir. Ancak bu etkiyi olumlu ve olumsuz olarak ikiye ayırabiliriz. Olumsuz etkisi, kuru taşınımın yaprakların stomalarını kapatmasına paralel gerçekleşen stres ve gelişim etkisine neden olmaktadır.

Çöl tozlarıyla gelen farklı mikro ve makro elementlerin bitkilere etkisinin net olarak belirlenebilmesi için uzun süreli tarla denemelerinin yapılmasında yarar bulunmaktadır. Tozlarla yıllık olarak toprağı düşen elementlerin iklimsel ve toprağın bazı özelliklerine bağılı olarak yararlı bileşikler yapabileceğı düşünülmektedir. Yani çöl tozlarıyla Türkiye'nin farklı bölgelerine gelerek toprağı karışan partiküllerin bitkilere gübre etkisi çok iddialı bir ifadedir. Çöl tozunun toprağı çökmesinden sonra, toz içinde bulunan ve bazı araştırmalarda gübre olarak iddia edilen elementlerin önemli bir kısmının toprakla bileşik yapması, yıkanması ve yeraltı sularına karışması kısa sürede gübre etkisi yapmayacağını göstermektedir.

5.2. Öneriler

Bu çalışma açıkça göstermiştir ki; Hava kalitesi, Şanlıurfa için WHO ve Hava Kalitesi Kontrolü Yönetmeliğinde belirlenen ve ileri yıllar için hedeflenen PM10 ve PM2.5 limit değerlerinin aşma nedeni antropojenik değil, tamamen doğal bir taşınımdan kaynaklanmaktadır. Her ne kadar burada insan müdahalesi yok desek de

aslında küresel ısınma artışına neden olan insanoğlu kıtalar arası birçok olumsuz etkiye sebebiyet vermiştir. Bu nedenle uzak menzil taşınan tozların konsantrasyon ve gelme sıklığı doğal bir süreç olup bunun için yapılabilecek önlemleri planlamak gerekmektedir.

Tozların taşınımı, teknolojinin ilerlemesine bağlı olarak modis ve hyplit gibi gelişmiş programlarla en az 1 gün öncesinden tahmin edilebilmektedir. Bu nedenle akciğer ve solunum yolu (astım, bronşit vb.) rahatsızlığı olan hastaların uyarılması ve o gün dışarıya çıkmaması önemle gerekmektedir. Dışarı çıkan hastaların ve çocukların özellikle maske gibi toz tutucu maskeler kullanılması gerektiği bildirilmelidir. Bu konuda şehir merkezinde havanın sıcaklığını gösteren dijital ekranların yanına, toz konsantrasyonunu gösteren ekranın yapılması gerekmektedir.

Tozlar, taşınım sırasında birçok etki ve hava hareketlerine maruz kalmaktadır. Bu nedenle özellikle sınırda bulunan Şanlıurfa ili için şehir merkezi ve şehirden uzak alanlarda cihazlar kurularak toz taşınımı sürekli izlenmeli ve içeriği tespit edilmelidir.

Toz taşınımının ciddi bir çevre kirliliğine sebep olması nedeniyle, tozların yağış sonrasında mekanlarda gerekli temizliği yapılması önerilmektedir. Tarıma etkisinin daha etkin anlaşılması için uzun süreli tarla denemelerinin kurulmasında yarar bulunmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, tozların geliş yönleri ve gelme sıklığının uydu görüntüleriyle izlenmesi yanında, filtrelerle toplanarak kimyasal içeriklerinin tespiti, bölgesel kameralarla gözlenerek çevreye ve sağlığa etkisi yanında tarım ve gıdaya olan etkisinin yorumlanmasına da önemli katkı olmuştur.

Bu araştırma sonucunda çıkan sonuçlar ve öneriler doğrultusunda tozların çevre, sağlık ve tarım üzerine olan etkilerinin incelenmesinin devam ettirilmesi ve ulusal bir politika haline getirilmesinde yarar bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- ALP, Ş., SARI, M., 2002. Sahra Tozlarının Kar Depolanmasındaki Etkilerinin İncelenmesi, Tübitak Proje No.199Y117, Van.
- ANIL, Y., KARACA, F., ALAGHA, O., 2009. İstanbul'a Uzun Mesafeli Atmosferik Taşınım Etkilerinin Araştırılması : "Solunabilen Partikül Madde Epizotları". Ekoloji 19 (73): 86-97.
- ATALAY, İ., 2007. Küresel Ölçüde İklim Değişmesinin Nedenleri ve Türkiye Üzerindeki Olası Etkileri, TMMOB Dergisi, Yıl 44, Sayı 7-8-9.
- ATALAY, İ., MORTAN, K., 2011. Türkiye Bölgesel Coğrafyası, İnkılap Yayınevi, İstanbul.
- ATALAY, İ., 2010. Uygulamalı Klimatoloji, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir,
- AYERS, G.P. and GRAS, J.L., 1991. Seasonal relationship between cloud condensation nuclei and aerosol methanesulfonate in marine air. Nature, 353, 834-835.
- AVILA, A., ALORCON, M., and QUERALT, I., 1998. The chemical composition of dust transported in red rains- its contribution to the biochemical cycle of a holm oak forest in catalonia (Spain), Atmospheri Environment 32. No.2 179-191.
- BAĞCI H.R., 2012. Çöl Tozlarının Elazığ, Diyarbakır, Adıyaman ve Şanlıurfa İllerinde İnsan ve Bitki Üzerindeki Etkileri. Elazığ Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 11 s.
- BAĞCI, H. R., ve M. T. ŞENGÜN. 2012. Çöl tozlarının beşeri çevre ve bitkiler üzerindeki etkileri, marmara coğrafya dergisi Temmuz – 2012, sayı 24, S. 409 - 433. İstanbul.
- BALIS, D., AMİRİDİS, V., KAZADSIZ, S., PAPAYANNIS, A., TSAKNAKIS, G., TZORTZAKIS, S., KALIVITIS, N., VREKOUSSIS, M., KANAKIDOU, M., MIHALOPOULOS, N., CHOURDAKIS, G., NICKOVIC, S., PEREZ, C., BALDASANO, J., DRAKAKIS, M., 2006. Optical Characteristics of Desert Dust Over the East Mediterranean During Summer: A Case Study, Annales Geophysicae, 807-821.
- BERGAMETTI, G., DUTOT, A. L., BUAT-MENARD, P., LOSNO, R., and REMOUDAKI, E., 1989. Seasonal variability of the elemental composition of atmospheric aerosol particles over the northwestern Mediterranean. Tellus, 41, 353-361.
- BRISTOW, C. S., DRAKE, N., ARMİTAGE, S., 2009. Deflation in the Dustiest Place on Earth: The Bodélé Depression, Chad, Geomorphology 105;50–58.
- CASTILLO, S., MORENO, T., QUEROL, X., ALASTUEY, A., CUEVAS, E., HERMANN, L., MOUNKAİLA, M., GİBBONS, W., 2008. Trace Element Variation In Size-Fractionated African Desert Dusts, Journal of Arid Environments 72; 1034–1045.
- DAYAN, U., ZİV, B., SHOOB, T., ENZEL, Y., 2007. Suspended Dust Over Southeastern Mediterranean and its Relation to Atmospheric Circulations, International Journal Of Climatology, 1-10.
- DOĞAN, T.R., SAYDAM, A.C., YESİLNACAR, M.I., GENCER, M. 2010. In-cloud alteration of desert-dust matrix and its possible impact on health: a test in southeastern Anatolia, Turkey, European Journal of Mineralogy 22, 659-664.
- DOĞANAY, H., AKÇALI, D., GÖKTAĞ, T., ÇAĞLAR, K., ERBAĞ, D., SAYDAM, C., BOLAY, H., 2006. African Dust-laden Atmospheric Conditions Activate The trigemino-vascular System, Cephalalgia, 1059-1068.
- DÖNMEZ, Y., 1990. Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 3.Baskı, İstanbul, s.425.

- DUCE, R. A., 1986. The impact of atmospheric nitrogen, phosphorus, and iron species on marine biological productivity, In P. Buat- Menard [ed.], The role of air-sea exchange in geochemical cycling. Reidel.,p. 497-529
- EREN, S., 2006. Sahra Tozunun Biyolojik Arıtım Prosesine Olan Etkilerinin Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, s.80.
- ENGELSTAEDTER, S., TEGEN, I., WASHINGTON, R., 2006. North African Dust Emissions and Transport, *Earth-Science Reviews*, 1-28
- ENGELBRECHT, J. P., DERBYSHIRE, E., 2010. Airborne Mineral Dust, *Elements*, Vol. 6, Pp. 241-246,
- GANOR, E., 1991. The composition of clay minerals transported to Israel as indicators of Saharan dust emission. *Atmospheric Environment*, 25A, 12, 2657-2664.
- GANOR, E., LEVİN, Z. and PARDESS, D., 1993. Determining the acidity and chemical composition of fog, haze and cloud droplets in Israel. *Atmospheric Environment*, 27a, 1821-1832.
- GANOR, E., LEVİN, Z. and VAN GRİEKEN, R., 1998. Composition of individual aerosol particles above the Israelian Mediterranean coast during the summer time. *Atmospheric Environment*, 32, 1631-1642.
- GANOR, E., FONER, H.A., BİNGEMER, H.G., UDİTSİ, R. and SETTER, I., 2000. Biogenic sulphate generation in the Mediterranean Sea and its contribution to the sulphate anomaly in the aerosol over Israel and the Eastern Mediterranean. *Atmospheric Environment*, 34, 3453-3462.
- GANOR, E., and FONER, H. A., 2001. Mineral dust concentrations, deposition fluxes and deposition velocities in dust episodes over Israel. *Journal of Geophysical Research*, 106, (D16), 18431-18437
- CHARLSON, R. J., LOVELOCK, J. E., ANDREAE, M. O. AND WARREN, S. G., 1987. Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate: A geophysiological feedback, *Nature*, 326, 655-661.
- GUERZONİ, S., CHESTER, R., DULAC, F., HERUT, B., LOYE-PILOT, M. D., MEASURES, C., MİGON, C., MOLİNAROLİ, E., MOULİN, C., ROSSİNİ, P., SAYDAM, C., SOUDİNE, A., and ZİVERİ, P., 1999a. The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44, 147-190.
- GUERZONİ, S., MOLİNAROLİ, E., ROSSİNİ, P., RAMPAZZO, G., QUARANTOTTO, G., DE FALCO, G., and CRİSTİNİ, S., 1999b. Role of desert aerosol in metal fluxes in the Mediterranean Area. *Chemosphere*, 39, 2, 229-246.
- GÜLLÜ, G., ÖLMEZ, Ş., ÖZTAŞ, N.B., TUNCEL, G., 2003. Doğu Akdeniz'deki Atmosferik Eser Element Konsantrasyonları: Zamana Bağlı Değişimleri Etkileyen faktörler, *Çevre bilim&teknoloji*, cilt:1, sayı:3, s.23-38.
- GÜYAGÜLER, M., DURUCAN, 1985. ILO/TÜRK-İŞ Seminer El Kitabı, Genel Maden İşleri Semineri, Ankara.
- GOUDİE, A.S., MİDDLETON, N.J., 2006. Desert Dust in the Global System, Springer, Printed in the Germany, 287.
- GOUDİE, A.S., N.J. MİDDLETON, N.J., 2001. Saharan dust storms: nature and consequences. *Earth-Science Reviews*, 56, 179–204.
- GRİFFİN, D.W., KUBİLAY, N., KOÇAK, M., GRAY, M.A., BORDEN, T.C., SHİNN, E.A., 2007. Airborne Desert Dust and Aeromicrobiology Over The Turkish Mediterranean Coastline, *Atmospheric Environment*, 41; 4050–4062.

- GRİFFİN, D. W., V. H. GARRİSON, J. R. HERMAN, E. A. SHİNN, 2001. African desert dust in the Caribbean atmosphere: Microbiology and public health. *Aerobiologia*, 17, 203–213.
- HALLET, J., KNİGHT, C.A., ORALTAY, R.G., WİLLİMS, P. 1996. On Supersaturation dependent behavior of ice crystals during vapor growth. 12th International Conference on Clouds and Precipitation Zürich, Switzerland, 19-23 August, Zurich.
- HAND, J.L., KREİDENWEİS, S.M., ELİ SHERMAN, D., COLLETT, J.L., HERİNG, S.V., DAY, D.E., and MALM, W.C., 2002. Aerosol size distributions and visibility estimates during the Big Bend regional aerosol and visibility observational (BRAVO) study, *Atmospheric Environment*, 36; 5043-5055.
- HARRİSON, S. P., KOHFELD, K. E., ROELANDT, C., CLAQUİN, T., 2001. The Role Of Dust In Climate Changes Today, At The Last Glacial Maximum And In The Future Earth-Science Reviews, 54; 43-80.
- HETLAND, R.B, CASSEE, F.R, REFSNES, M., SCHWARZE, P.E., LAG, M., BOERE, A.J.F. and DYBİNG, E., 2004. Release of inflammatory cytokines, cell toxicity and apoptosis in epithelial lung cells after exposure to ambient air particles of different size fractions. *Toxicology in Vitro*, 18, 203–212.
- HOLMES, H., Tozun Gizli Hayatı, Tubitak Popüler Bilim Kitapları, Ankara, 2011.
- HOLSEN, T.M., NOLL, K.E., LİU, S., and LEE, W., 1991. Dry Deposition of Polychlorinated Biphenyls in Urban Areas, *Environmental Science and Technology*, 25, 1075-1081.
- KARACA F., ALAGHA O , ERTÜRK F., 2005. Statistical characterization of atmospheric PM10 and PM2.5 concentrations at a non-impacted suburban site of Istanbul, Turkey, *Chemosphere*, 59; 1183-1190
- KALLOS, G., 2011. Sand/Dust Storms and Associated Dustfall, 7-9 September, Athens, Greece.
- KİRANŞAN, K., 2010. Türkiye’yi Etkileyen Çöl Tozları, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Semineri, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- KİRANŞAN, K., 2012. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde çöl kaynaklı tozlar ve Genel Çevresel Etkileri, Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans, Elazığ.
- KİNDAP, T., UNAL, A., CHEN, SH., H. U. Y., ODMAN, M. T., KARACA, M., 2006. Long-range aerosol transport from Europe to Istanbul, Turkey. *Atmospheric Environment* 40, 3536-3547.
- KUBİLAY, N., KOÇAK, M., ÖZSOY, E., SAYDAM, A.C., 2001. Mineral Tozun Doğu Akdeniz Atmosferindeki Değişimi: Afrika Çöllerinden Uzun Mesafeli Atmosferik Taşımının Gösterilmesi, IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 7-11 Kasım, İçel, s.480-509.
- KUBİLAY, N., SAYDAM, C., 1995. Trace elements in atmospheric particulates over the Eastern Mediterranean: concentration, sources and temporal variability. *Atmospheric Environment*, 29, 2289-2300.
- KUBİLAY N., NİCKOVIĆ S., MOULİN C., DULAC F., 2000. An illustration of the transport and deposition of mineral dust onto the eastern Mediterranean. *Atmospheric Environment*, 34, 1293-1303.
- KOCAÇALIŞKAN, İ., 2005. Bitki Fizyolojisi, Bizim Büro Basımevi, Kütahya.
- KOÇAK, M., 2006. Comprehensive chemical characterization of aerosols in the eastern mediterranean: sources and long range transport, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Erdemli.

- KOÇAK, M., MİHALOPOULOS, N., KUBİLAY, N., 2009. Origin and source of PM10 in the eastern Mediterranean atmosphere. *Atmospheric Research* 92, 464-474.
- Koren, I., Kaufman, Y., Washington, R., Todd, M. C., Rudich, Y., Martins, J. V., and Rosenfeld, D. (2006). The Bod'el'e depression: a single spot in the Sahara that provides most of the mineral dust to the Amazon forest, *Environ. Res. Lett.*, 1, 014005.
- LAITY, J., 2008. *Desert and Desert Environments*, Wiley-Blackwell, USA
- LELIEVELD, J., BERRESHEİM, H., BORRMANN, S., CRUTZEN, J., DENTENER, F. J., FİSCHER, H., FEİCHTER, J., FLATAU, P. J., HELAND, J., HOLZİNGER, R., KORRMANN, R., LAWRENCE, M. G., LEVİN, Z., MARKOWİCZ, K. M., MİHALOPOULOS, N., MİNİKİN, A., RAMANATHAN, V., DE REUS, M., ROELOFS, G. J., SCHEEREN, H. A., SCIARE, J., SCHLAGER, H., SCHULTZ, M., SİEGMUND, P., STEİL, B., STEPHANOU, E. G., STİER, P., TRAUB, M., WARNEKE, C., WILLIAMS, J., and ZİEREİS, H., 2002. Global air pollution crossroads over the Mediterranean. *Science*, 298, 794-798.
- LİN, J.M., NOLL, K.E., HOLSEN, T.M., 1994. Dry Deposition Velocities as a Function of Particle Size in Urban Areas, *Environmental Science and Technology*, 20, 239-252
- LİNDSEY, W. L., SCHWAB A. P. (1982). The chemistry of iron in soils and its availability to plants *Journal of Plant Nutrition*, 1532-4087, Volume 5, Issue 4, Pages 821 – 840.
- LONGUEVILLE, F.D., HOUNTONDJİ, Y.C., HENRY, S., OZER, P., 2010. What do we know about effects of desert dust on air quality and human health in West Africa compared to other regions?, *Science of the Total Environment* 409;1-9.
- MCCLELLAN, R.O., 2000. Particle interactions with the respiratory tract. In: Gehr, Peter, Heyder, Joachim (Eds.), *Particle-Lung Interactions. Lung Biology in Health and Disease*, vol. 143. Marcel Dekker, Inc., New York, 3–56.
- MÜEZZİNOĞLU, A., 2000. Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, 9 Eylül Üniv. Yay., İzmir.
- MOULİN, C., LAMBERT, E., DAYAN, U., MASSON, V., RAMONET, M., BOUSQUET, P., LEGRAND, M., BALKANSKI, Y. J., GUELLE, W., MARTICORENA, B., BERGAMETTİ, G., and DULAC, F., 1998. Satellite climatology of African dust transport in the Mediterranean atmosphere. *Journal of Geophysical Research*, 103, 13137-13144.
- NEWMAN, L.S., 2001. Clinical pulmonary toxicology. In: Sullivan, Jr. J.B., Krieger, G. Eds., *Clinical Environmental Health and Exposures*, second ed. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, PA, pp. 206–223.
- NRİAGU, J. O., 1989. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals, *Nature* 338, 47-49.
- PLUMLEE, G. S., ZIEGLER, T.L., 2007. The medical geochemistry of dusts, soils, and other earth materials: Invited. In: Lollar, B.S. (Ed.), *Treatise on Geochemistry*, vol. 9. Elsevier, pp. 1–61.
- RAMANATHAN, V., CRUTZEN, P. J., KİEHL, J. T. and ROSENFELD, D., 2001. Aerosols, climate, and the hydrological cycle. *Science*, 294, 2119–2124.
- RİDGWELL, A. J., 2002. Dust in the Earth System: the Biogeochemical Linking of Land, Air and Sea, *Phil. Trans. R. Soc.* 360, Londra, 1–21.
- SAYDAM, A.C., 2002. İklim Kontrolü, *Bilim-Teknik Dergisi*, Ekim, s.39–48.
- SAYDAM, A.C., SENYUVA, H.Z., 2002. Deserts: can they be the potential suppliers of bioavailable iron?, *Geophysical Research Letters*, Vol. 29, No. 11, 10.1029/2001GL013562.
- SAYDAM, A.C., 2010. Havadan Tozdan, Heyemola Yayınları, Ankara, s. 416.

- SEINFELD, J. H., PANDIS S. N., 1998. Atmospheric chemistry and physics: From pollution to climate change. Wiley-Interscience, New York.
- SEINFELD, JH., PANDIS, SN., 2006. Atmospheric chemistry and physics, from air pollution to climate change. 2nd edition, John Wileyand Sons Inc., New Jersey.
- SULZBERG, B., LAUBSCHER, H., 1995. Reactivity of various types of iron (III) (hydr)oxides towards light-induced dissolution, *Marine Chemistry*, 50; 103-115.
- SUSHİL, K., MANDAL PATAKİ, C., BANARJEE, 2005. Submerged production of oxalic acid from glucose by immobilized *Aspergillus niger*, *Process Biochemistry*, 40; 1605-1610.
- SWAP, R., GARSTANG, M. GRECO, S. TALBOT, R. and KAALLBERG, P., 1992. Saharan dust in the Amazon basin. *Tellus*, 44B, 133–149.
- ŞENGÜN, M. T., KIRANŞAN, K., 2012. Çöl Tozlarının Türkiye’de Doğal ve Beşeri Ortam Üzerine Etkisi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi (ISI) ,Cilt:22, Sayı:2,Sayfa:1-15, Elazığ.
- ŞENGÜN, M. T., KIRANŞAN, K., 2012. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Çöl Kaynaklı Tozlar ve Genel Çevresel Etkileri, İlhan Ofset Matbaa, Elazığ.
- MCCORMACK, M. C., 2011. Respiratory Health Effect Of Global Transport Of African Dust, John Hapkins University, 1231.
- OKAY, C., 1996. Atmospheric Kirletici Gaz ve Parçacıkların Ölçüm ve Analizi, Marmara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ÖZDEMİR, M.T, ERTAŞ S., 2011. Desert dust transportation on particulate matter concentrations: a case study in ankara, türk hijyen ve deneysel biyoloji dergisi, Ankara, cilt 68,sayı 1 ss 24,32.
- ÖZSOY, T., ÖRNEKTEKİN, S., 2008. Kuzeydoğu Akdeniz’de Kızıl Yağmurlar. *Ekoloji* 18, 69, s.20-31.
- ÖZSOY, T., 1999. Kilikya Baseni Kıyusal Sistemine Taşınan Atmosferik Kirleticilerin Kaynaklarının Belirlenmesi Atmosferik Girdilerin Deniz Ekosistemi Üzerine Olan Etkileri, Mersin Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, s. 209.
- TAŞDEMİR, Y., ÇAĞLAR, Ö., 2002.Uludağ Üniversitesi Kampüsü’nde Ölçülen Partikül Madde Kuru Çökme Akıları, *Ekoloji Dergisi*, 11, 42, 8-11.
- TECER, L.H., 2011.Hava Kirliliği ve Sağlığımız, *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, S. 135, 15-29.
- TÜRKEŞ, M., 2010. Klimatoloji ve Meteoroloji, Kriter Yayınevi, İstanbul, s. 650
- VIANA, M., QUEROL, X., ALASTUEY, A., CUEVAS, E., RODRÍGUEZ, S., 2002. Influence of African dust on the levels of atmospheric particulates in the Canary Islands air quality network, *Atmospheric Environment*, 36; 5861-5875.
- YAALON, D.H., 1997. Comments On The Source, Transport and Deposition Scenario Of Saharan Dust To Southern Europe, *Journal of Arid Environment*, 36, 193–196.
- YETMEN, H., 2006. GAP Alanında Kuzey Atlantik Salınımına Bağlı Yağış ve Akım Değişmeleri, Ankara Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, ÖZSOY, T., 1999. Kilikya Baseni Kıyusal Sistemine Taşınan Atmosferik Kirleticilerin Kaynaklarının Belirlenmesi Atmosferik Girdilerin Deniz Ekosistemi Üzerine Olan Etkileri, Mersin Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, s. 209.
- YÜCEKUTLU, N., 2012. The 8th International Soil Science Congress on, Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management. Investigation of the Impact on Vegetative Growth of Saharan Desert Dust 15-17 May, Çesme-İzmir-Turkey.

- YÜCEKUTLU, N., TERZİOĞLU, S., SAYDAM, A.C., BİLDACI, I., 2011. Sahra Çöl Toprağının Buğday Çeşitlerinin Gelişimi Üzerine Etkisi. 5. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 27-29 Nisan, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- ZHUANG, G., Yİ, Z., DUCE, R.A, and BROWN, P.R., 1992. Link between iron and sulphur cycles suggested by detection of Fe(II) in remote marine aerosols, Nature, 355; 537-539.
- WASHINGTON, R., TODD, M., MIDDLETON, N.J., ANDREW, S., and GOUDİE, A.S., 2003. Dust-storm source areas determined by the Total Ozone Monitoring Spectrometer and surface observations. Annals of the Association of American Geographers, 93, 2, 297-313.
- WARK, K., WARNER, C. F., 1981. Air Pollution, Its Origin And Control, Harper and Row Publishers, New York.
- İklim-Çevre, New Scientist, Bilim-Teknik Dergisi, Şubat 2007.
- Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü-811-,2010

İnternet kaynakları

- www.maden.org.tr 10.06.2012 tarihli erişim.
- http://www.mpch-mainz.mpg.de/-kosmo (Erişim Tarihi:mayıs 2008)
- www.ihs.gov.tr
- www.usgs.gov.14 Mayıs 2012 tarihli erişim
- www.maps.google.com
- www.anjungsainssmkss.wordpress.com
- http://rapidfire.gsfc.nasa.gov
- www.havaizleme.gov.tr 12.08.2012 tarihli.
- http://tr.docdat.com/docs/index-35938.html
- http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs browse.pl

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Tuba RASTGELDİ DOĞAN

Uyruğu : T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa 23.10.1982

Telefon : 0414 318 30 00-1262

Faks :

e-mail : tubarastgeldi@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Üniversite :	Harran Ün. Çevre Müh.	2004
Yüksek Lisans :	Harran Ün. Çevre Müh.	2007
Doktora :	Harran Ün.Bitki Bes.ve Toprak Bilim Böl.	2014

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2007	Gaziosmanpaşa Ün. Almus MYO	Öğr.Gör.
2008-Devam	Harran Ün. Çevre Müh.	Öğr.Gör.

UZMANLIK ALANI

Uzak mesafe taşınan patikül maddeler
Partikül madde kirliliği
Çöl tozları çevre ve sağlık üzerine etkisi

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

T. R. Dogan, A. C. Saydam, M.I. Yesilnacar, M. Gencer. "The Impact of Desert Origin Dust Matrix on Air Quality and Human Health: A Case Study from Southeastern Anatolia (Turkey)", International Symposium on Mineralogy, Environment and Health 2009, September 17th - 18th, Université Paris-Est Marne la vallée (France), 2009.

Dogan, T.R., Saydam, A.C., Yesilnacar, M.I., Gencer, M. "In-cloud alteration of desert-dust matrix and its possible impact on health: a test in southeastern Anatolia, Turkey", European Journal of Mineralogy **22**, 659-664 (2010)

Yeşilnacar, M.İ, **Rastgeldi D. T.**, 2011. Yeraltı sularında yüksek florürün tıbbi jeoloji perspektifinden incelenmesi: Şanlıurfa örneği, 64. TÜRKİYE JEOLJİ KURULTAYI, 25 - 29 Nisan 2011, MADEN TETKİK ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, Ankara.

Yeşilnacar, M. İ., **Rastgeldi Doğan, T.**, 2011. Yeraltı sularında yüksek florür ve insan sağlığına etkileri: Şanlıurfa örneği, 1. Çıldır Gölü Çalıştayı, Bildiri Özetleri, s.24, 21-22 Haziran 2011, Ardahan Üniversitesi

Yeşilnacar, M. İ., **Rastgeldi Doğan, T.**, 2011. Düzenli Deponi Yeri Seçimine Çevresel Jeomorfolojik Bir Yaklaşım, 3. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (UKAY 2011), 7-10 Eylül 2011, Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Lefkoşa, KKTC.

M.İ. Yeşilnacar, M. Özdemir Şahin, D. Atasoy ve **T. Rastgeldi Doğan**, 2011. Florürün İnsan Sağlığına Etkisi ve Killerle Sulardan Florür Gideriminin Araştırılması, 3. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (UKAY 2011), 7-10 Eylül 2011, Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Lefkoşa, KKTC.

Mehmet İrfan Yeşilnacar, **Tuba Rastgeldi Doğan**, Mustafa Kumral, 2011, The effect of high fluoride in groundwater on human health: Initial findings and recommendations of a case study from Sanliurfa, Turkey, ISEB - International Symposium on Environmental Biogeochemistry 2011 Istanbul, Turkey - September 27 to 30, Istanbul.

Rastgeldi D. T., Yeşilnacar, M.İ., Kadırağagil Z., Şahinkaya E., Kumral M., 2012. Asit Maden Drenajının Yeraltısuyu Kalitesine Etkisi 64. TÜRKİYE JEOLJİ KURULTAYI, 2-6 Nisan 2012, MADEN TETKİK ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, Ankara.

Rastgeldi D. T., Tekiner İ., Direk İ.H., Bakan S., Değer Ö., Rastgeldi B., 2012. Uzak Menzil Toz Taşınımının Uydu ve Aletsel İzlenmesi: Şanlıurfa Örneği, Şehirlerin Yapılandırılması Sempozyumu, 26-29. Eylül. 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

