T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞANLIURFA İLİ ATMOSFERİK TOZ TAŞINIMI OLAYI VE SAĞLIĞA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehtap YÜCEL

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2017

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞANLIURFA İLİ ATMOSFERİK TOZ TAŞINIMI OLAYI VE SAĞLIĞA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehtap YÜCEL

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2017

Yrd. Doç. Dr.Tuba RASTGELDİ DOĞAN danışmanlığında, Mehtap YÜCEL'in hazırladığı **"Şanlıurfa İli Atmosferik Toz Taşınımı Olayı ve Sağlığa Etkilerinin Araştırılması"** konulu bu çalışma 24/11/2017tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

imza

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Tuba RASTGELDİ DOĞAN …….

Üye: Prof.Dr.M.İrfan YEŞİLNACAR ……..

Üye: Prof.Dr.Ahmet DEMİR ……..

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım

Prof. Dr. Halil Murat ALĞIN
Enstitü Müdürü

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 vi
SİMGELER DİZİNİ vii
1.GİRİŞ 1
1.1.Çalışmanın Amacı 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1. Tozun Tanımı ve Sınıflandırılması 3
2.2. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne Taşınan Tozların Kaynak Bölgeleri 6
2.2.1. Sahra çölleri 8
2.2.2. Arap Yarımadası çölleri 12
2.2.3. Suriye ve İran çölleri 13
2.3. Çöl Tozları ve Taşınım Hareketleri 14
2.4. Çöllerden Atmosfere Karışan Tozların Özellikleri 18
2.4.1. Çöl tozlarının elementel özellikleri 19
2.5. Çöl Kaynaklı Tozların İnsan Sağlığına Etkileri 20
2.5.1. Astım hastalığı üzerindeki etkileri 26
2.5.2. Bronşit hastalığı üzerindeki etkileri 28
2.5.3. Diğer hastalıklar üzerindeki etkileri 29
3. MATERYAL ve YÖNTEM 32
3.1. Çalışma Alanı 32
3.2. Partisol 2025 İD Cihazı ve Genel Özellikleri 35
3.2.1.Toz çekim ünitesi 36
3.2.2.Filtre çekim ünitesi 37
3.2.3. Filtre ünitesi 38
3.2.4. Partisol 2025 İD cihazını 24 saat kayıt altına alan bölgesel kamera sistemi 41
3.3.Uydu ve Programlar Aracılığı ile Kaynak Tespiti 44
3.3.1. HYSPLIT programı ve toz kaynağı tespiti 44
3.3.2. MODIS uydusu ve toz kaynağı tespiti 45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 47
4.1. MODIS Uydusu, HYSPLIT Programı ve Bölgesel Kameralar İle Kaynak Tespitinin Mukayese Edilmesi 47
4.2. PM_{10} ve $PM_{2.5}$ Konsantrasyonlarının Belirlenmesi 85
4.3. Çöl Tozlarının Sağlık Açısından Değerlendirilmesi 91
4.4. Çöl Tozlarının Çevre Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi 95
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 97
5.1. Sonuçlar 97
5.2. Öneriler 100
KAYNAKÇA 104
ÖZGEÇMİŞ 108

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ŞANLIURFA İLİ ATMOSFERİK TOZ TAŞINIMI OLAYI VE SAĞLIĞA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehtap YÜCEL

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman:Yrd.Doç.Dr. Tuba RASTGELDİ DOĞAN
Yıl:2017, Sayfa:108

Havada partikül madde kirliliği son yıllarda zararlarının açık bir şekilde görülmesi birçok bilimcinin dikkatini çekmiştir. Bu kirlilik sonucunda özellikle atmosferik mineral tozların etkileri en başta insanoğlunu etkilerken, içinde yaşadığımız çevreye de olumsuz etkiler bırakmaktadır. Çöl tozları atmosferik taşınımlarla doğal durumu göz önüne sermektedir. Bu çöl tozları basınçlar ve rüzgârlar sayesinde her yıl, yılın farklı birçok gününde tüm dünyayı toza maruz bırakmaktadır. Rüzgârların çöller daha çok ekvatora yakın çöller olup bunların bir kısmı ise Türkiye'ye özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkilemektedir. Bu çalışma da amaç, Uzak menzillerdeki çöllerden ülkemize özellikle Şanlıurfa'ya taşınan mineral tozların MODIS uydusu ve HYSPLIT programı ile kaynağını saptamaktır. Bu belirleme sonrasında bunlar arasında mukayese edip ve bunu Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölüm çatısına kurulan bölgesel kamera sistemiyle tozun kaynağının hangi çölden geldiği ortaya konulmuştur. Yine bölgesel kameralarla aynı yerde kurulumu gerçekleştirilen Partisol 2025 İD cihazı ile çöllerden gelen toz kaynağına göre başta Sahra Çölü tozları, akabinde Suriye Çölü tozları ve en sonunda da Arap Yarım adası Çölü tozları bu cihaz sayesinde toplanılıp, daha sonrasında konsantrasyonları hesaplanmıştır. Bu çalışma sonucunda Şanlıurfa'yı etkileyen Çöllerin Sahra, Suriye ve Arap Yarımadası'ndan geldiği belirlenmiştir. Bu tozlar uydu ve program sayesinde kaynak tespiti sonucunda geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve sonbahar mevsimleri aylarında gelmektedir. Toz konsantrasyonu hesabı yapıldıktan sonra M.Akif İNAN Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin Göğüs Hastalıkları Poliklinikleri'nden alınan günlük hastalarının özellikle geçiş mevsimlerinde arttığı alınan hasta sayıları ile araştırılıp aralarındaki bağlantı ortaya çıkmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Çöl tozları, HYSPLIT programı, MODIS uydusu, Sağlığa etkileri.

ABSTRACT

MSc Thesis

TRANSPORTATION OF DUST AND INVESTIGATION OF HEALT EFFECTS IN ŞANLIURFA CASE

Mehtap YÜCEL

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor:Asist. Prof. Dr. Tuba RASTGELDİ DOĞAN
Year:2017, Page:108

Clear observations of the air pollution in recent years has caught the attention of many scientists. As the result of this pollution, while the atmospherical dusts effects influences mainly the humanity, it has negative effects on the environment we live within. Desert dust display the situation by atmospherical move out. This deset dust exposealmsot all the world to dust in different days of different years thanks to the pressure and winds. Deserts are mostly close to the equator and some of these send their dust to the Esatern and Southeastern parts of Turkey. The aim of this study is to detect the source of this mineral dust by using the MODIS Satellite and HYSPLIT Proramme.After the detection, by comparing among them, the dust source has been detected definitely by local camera system that as set by Harran University Environmental Engineering Department. Again by the local cameras, and with the help of Pastisol 2015 ID device which was set at the same area, Sahara Desert dust, Syrian Desert dust and finally Arabian Peninsula Desert dust has been collected by this device and their concentrations has been calculated. In the result of this study, it has been detected that the dust which affects Sanliurfa comes from Sahara, Syrian and Arabian Deserts. As a result of the detection made by satellite and programme, the source of dust mainly comes in the spring and autumn seasons which are the transition periods. After the dust concentration calculations have been made, the data taken from M.Akif INAN Educational and Reserach Hospital Pulmonology Polyclinics about the patients have proved that in these seasons of transition, the number of their patients rise.

KEY WORDS: Desert dusts, HYSPLIT program, MODIS satellite, Health effects.

TEŞEKKÜR

Tezimde yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Tuba RASTGELDİ DOĞAN'a çok teşekkür ederim. Çevre mühendisliği bölümünü kazandığım günden itibaren başta anlayışı ve yardımseverliği gibi birçok yönü ile bana ve bölüm öğrencilerine örnek olan Prof. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR hocama çok teşekkür ederim. Tez savunmam için bölümümüze ve mühendislik fakültesine gelen sayın Prof. Dr. Ahmet DEMİR hocam'a çok teşekkür ederim. Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca engin bilgilerinden faydalanıp, desteğini esirgemeyen ve beni üniversitenin Birleşmiş Milletler Projesi'ne dahil eden Sayın bölüm başkanımız Yrd. Doç. Dr. Hakkı GÜLŞEN hocama çok teşekkür ederim. Hayatımın ilk gününden beri hep yanımda olan ve hiçbir zaman hakkını ödeyemeyeceğim, özellikle tezimin hazırlanması aşamasında yardım ve desteklerini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Partikül madde boyutlarının (PM_{10} ve $PM_{2.5}$) karşılaştırılması 3
Şekil 2.2. Partikül madde, partikül numarası, kimyasal kütle bileşeni arasındaki ilişki 4
Şekil 2.3. Türkiye'ye toz taşınımını sağlayan yerel rüzgarlar 7
Şekil 2.4. Türkiye'nin çevresinde bulunan toz kaynaklarının fotoğrafı 8
Şekil 2.5. Sahra çölü uydu görüntüsü 9
Şekil 2.6. Sahra çölü ve Sahel bölgesi 9
Şekil 2.7. Sahra ve Gobi çöllerinden Avrupa ve Amerika'ya gitmekte olan bir toz bulutu 10
Şekil 2.8. Yerküre üstündeki çöllerden toz taşınımı olayı sırasında toz bulutlarının izlediği ve kateddiği yollar 11
Şekil 2.9. Arap Yarımadası haritası 12
Şekil 2.10. Irak Bölgesi ve Suriye kökenli çöl tozlarının Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde etkili olduğu bölge 13
Şekil 2.11. Solunum sisteminin kaba anatomisi 22
Şekil 2.12. Parçacık birikiminin mekanizmaları 22
Şekil 2.13. Boyutlarına göre partikül maddelerin solunum sisteminde ulaşabileceği noktaları gösteren şekil 25
Şekil 2.14. Solunum yollarından astım krizinden önceki ve sonraki halleri 27
Şekil 2.15. Bronşların iltihaplanmadan önceki ve sonraki halleri 28
Şekil 2.16. Bronşit hastalığına bağlı olarak mukus sıvısıyla dolu alveoller ve normal hallerinin kıyaslanması 29
Şekil 2.17. Maddelerin alveol hücrelerine ulaşması ve solunum yolunda bulunan maddelerin fotomikrografik görüntüleri 30
Şekil 3.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi fiziki haritası ve Partisol 2025 ID cihazı konum haritası . 32
Şekil 3.2. Partisol 2025 İD cihazının ve bölgesel kameraların bulunduğu alanı gösteren harita 35
Şekil 3.3. Partisol 2025 İD cihazının kapalı ve açık görüntüsü 36
Şekil 3.4. Partisol 2025 İD cihazı ve toz çekim borusu 37
Şekil 3.5. Partisol 2025 İD cihazına yerleştirilen magazin üniteleri ve filtre çekim ünitesi 38
Şekil 3.6. Filtre bölümü düzeneği için kullanılan filtre kapları ve magazin üniteleri 39
Şekil 3.7. Desikatöre temiz filtrelerinin yerleştirilmesi ve yerleştirilme şekilleri 39
Şekil 3.8. Desikatörden çıkarılan filtrelerin hassas terazide tartımı 40
Şekil 3.9. Filtre değişimi yapılan ünite 41
Şekil 3.10. 1.kameranın çatıdaki konumu 42
Şekil 3.11. 2.kameranın çatıdaki konumu 42
Şekil 3.12. 3.kameranın çatıdaki konumu ve kameranın Partisol 2025 İD cihazına göre konumu 43
Şekil 3.13. Kamera görüntülerinin alındığı bilgisayar ve görüntünün alındığı yerde oluşturulan düzenek 43
Şekil 3.14. HYSPLIT programı ve rüzgar yönü kaynağı tespiti 45
Şekil 3.15. MODIS uydusu ile çekilen 02.04.2013 gününe ait uydu görüntüsü. 46
Şekil 3.16. 24.03.2013 tarihine ait MODIS-Terra geçişi 46
Şekil 4.1. 12.03.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 50
Şekil 4.2. 27.11.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 50
Şekil 4.3. 12-13-14-15 Mart 2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 52
Şekil 4.4. 10.05.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 53
Şekil 4.5. 01.09.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 53
Şekil 4.6. 15-16-17-18-19 Kasım 2013 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 54
Şekil 4.7. 18.10.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 55
Şekil 4.8. 10.11.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 56
Şekil 4.9. 10-11 Kasım 2013 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 57
Şekil 4.10. 04.03 2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 59
Şekil 4.11. 05.03 2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 60
Şekil 4.12. 1-2-3-4-5 Mayıs 2014 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri. 61
Şekil 4.13. 17.10.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 63

Şekil 4.14. 27.10.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 63
Şekil 4.15. 17.11.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 64
Şekil 4.16. 22.11.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 64
Şekil 4.17. 14-15-16 Ekim 2014 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 65
Şekil 4.18. 01.03.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 66
Şekil 4.19. 02.04.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 67
Şekil 4.20. 6-7-8-9-10-11-12-13 Eylül 2015 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 68
Şekil 4.21. 23.10.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 69
Şekil 4.22. 29.10.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 70
Şekil 4.23. 27-28-29-30 Nisan 2015 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 71
Şekil 4.24. 03.10.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 72
Şekil 4.25. 29.10.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 72
Şekil 4.26. 28-29-30 Ekim 2015 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 73
Şekil 4.27. 15.03.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 74
Şekil 4.28. 06.05.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 74
Şekil 4.29. 14-15-16 Mayıs 2016 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 75
Şekil 4.30. 06.10.2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 76
Şekil 4.31. 07.10.2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 76
Şekil 4.32. 27-28 Nisan 2016 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 77
Şekil 4.33. 4-5-6-7-8 Ekim 2016 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 78
Şekil 4.34. 11.11.2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 79
Şekil 4.35. 30.11 2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 79
Şekil 4.36. 22-23-24 Şubat 2016 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 80
Şekil 4.37. 11.01.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 81
Şekil 4.38. 14.04.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 81
Şekil 4.39. 30-31 Mart 2017 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri 82
Şekil 4.40. 06.01.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 83
Şekil 4.41. 09.03.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 83
Şekil 4.42. 23.04.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 84
Şekil 4.43. 13.04.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri 84
Şekil 4.44. Yıllık $PM_{2.5}$ ve AB Standartı değerleri 90
Şekil 4.45. Yıllık PM_{10} ve AB Standartı değerleri 90
Şekil 4.46. Yıllık $PM_{2.5}$, PM_{10} ve AB Standartı değerleri 91
Şekil 4.47. Şanlurfa Mehmet Akif İNAN Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin konumunu gösteren harita 91
Şekil 4.48. 2013 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları 92
Şekil 4.49. 2014 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları 93
Şekil 4.50. 2015 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları 93
Şekil 4.51. 2016 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları 94
Şekil 4.52. 2017 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları 94
Şekil 4.53. Şanlıurfa'ya taşınan kızıl yağışlar sonucu şehrin görüntüsü 95
Şekil 4.54. Aynı noktadan çekilmiş olan farklı günlere ait tozsuz-tozlu gün görüntüsü 96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Dünya'da bulunan çöl tozlarının bölgelere göre dağılımları 8
Çizelge 2.2. Sahra çölü'nün topoğrafik özellikleri 10
Çizelge 2.3. Uzun mesafeli toz taşınım örnekleri 17
Çizelge 2.4. Çeşitli bölgelerde çöl tozlarının mevsimlik aktiviteleri 18
Çizelge 2.5. Çöl tozlarında bulunan yaygın elementler. 19
Çizelge 2.6. Çöl tozlarında bulunan temel bileşikler 20
Çizelge 4.1. PM_{10} ve $PM_{2.5}$ hava kalite standartlarının karşılaştırılması 86
Çizelge 4.2. HKDDY; EK-1 düzenli olarak 24 saatlik ve yıllık PM_{10} oran değer azalımı 87
Çizelge 4.3. Diğer standartlardan ve kılavuzlardan belirli parçacık maddesi ortalama sınır değerleri 88
Çizelge 4.4. WHO(Dünya Sağlık Örgütü) partikül madde limit değerleri 88

SİMGELER DİZİNİ

A.Y.A	Arap Yarımadası
PM	Partikül Madde
MODIS	Moderate Resoution Imaging
HYSPLIT	Hybrid Single Particle Lagrangion Integrated Trajectory
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
EPA	Çevre Koruma Ajansı
μm	Mikrometre

1.GİRİŞ

Hava kalitesi modellemesi, başta Avrupa'yı olmak üzere dünyanın her yerinde bölgesel, kentsel ve ulusal bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya'nın bazı bölgelerinde aşırı sağanak yağışlar ve diğer oluşumlar doğal afetlere neden olmaktadır. Bu iklim değişikliği nedeniyle başta insan olmak üzere diğer canlılarla birlikte çevremizde zarar görmektedir. Bazı bölgelerin iklimi, basınç, rüzgârlar ve yağış nedeniyle farklılık göstermektedir.

Yüzölçümü bakımından dünyanın yaklaşık beşte biri çöllerle kaplıdır. Bu çöllerin oluşumları ile birlikte çöllerden rüzgârlar sayesinde yoğun bir toz taşınımı da olmaktadır. Bu havadaki uçuşan partiküllerin başta sağlık problemleri oluşturduğu ve özellikle Türkiye için geçiş mevsimlerinde(ilkbahar ve sonbahar aylarında) görüş uzaklığını daha fazla azalttığı gerçeğini göz önüne getirmektedir. Özellikle tozların taşındığı ve bu hava kalitesi düşük günleri takip eden günlerde artan insan ölümleri arasındaki oran, araştırmacıların ilgisini çekmektedir.

Bu noktada kentlerde, son derece düşük hava kalitesine sebep olan çöl kaynaklı partikül maddelerin acilen araştırılması gerekmektedir. Özellikle kent alanlarındaki, düşük hava kalitesinin sorumluluğu, öncelikle kendi kirletici kaynaklara yüklense de, bu sorumluluk daha çok uzak mesafeli taşınımda oluşan tozlar sayesinde oluşmaktadır. O halde; toz taşınımı lokal kirletici kaynaklar kadar önem arz etmektedir.

1.1.Çalışmanın Amacı

Son yıllarda rüzgârlar vasıtasıyla toz taşınımının Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne aralıklı ve tekrarlama sayısı yüksek olarak gelişi bu konunun üzerinde çalışılmasına yol açmıştır. Bu tozların kaynağından geliş periyotlarına, sağlık üzerine etkilerinden birçok alana olumsuz etkisi araştırıp bu tezde önemli bilgiler çerçevesinde sunulmuştur.

Bu çalışmayla HYSPLIT programı, MODIS uydusu ve bölgesel kameralarla tozların kaynaktan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne, Şanlıurfa'ya gelişi izlenmiştir. Burada tozların daha çok Sahra çölü, Suriye çölü ve Arap Yarımadası'ndan geldiği tespit edilip saptanmıştır. Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği binası çatısına kurulan Partisol 2025 İD cihazı sayesinde $PM_{2.5}$ ile PM_{10} boyutundaki tozların miktarı ve konsantrasyonu belirlenmiştir.

Bu araştırmanın amacı Şanlıurfa ilini ve çevresini etkileyen uzak menzil çöl tozlarının geliş zamanlarını ve yönlerini uydu ve program verileriyle izlemek, gelen tozların(PM_{10}-$PM_{2.5}$) tanecik boyutlarına göre EPA Yönetmeliği'nde çalışan Partisol 2025 İD cihazı ile yakalayarak konsantrasyonunu ayrı ayrı hesaplamak ve Şanlıurfa'nın en çok hasta bakan Mehmet Akif İNAN Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin Göğüs Hastalıkları Poliklinikleri'nden aldığımız günlük hasta sayıları ile sağlık üzerine olan etkilerini araştırmaktır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

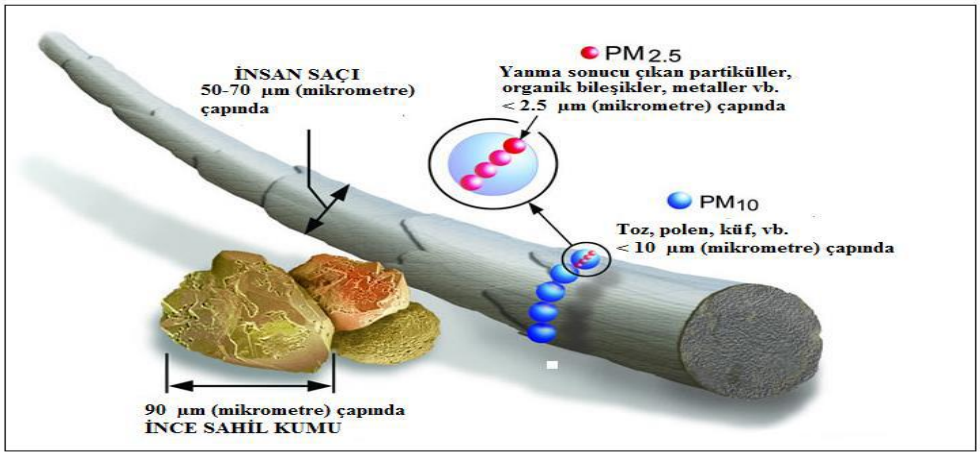
2.1. Tozun Tanımı ve Sınıflandırılması

Çapı 1 mm'den daha küçük, rüzgarlar vasıtasıyla ve iklime bağlı olarak taşınıp, havada asılı kalabilen veya zamanla çökebilen parçacıklar toz olarak tanımlanmaktadır (Güyagüler ve Durucan, 1985). Tozlar tane boyutlarına göre 3 şekilde incelenir;

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

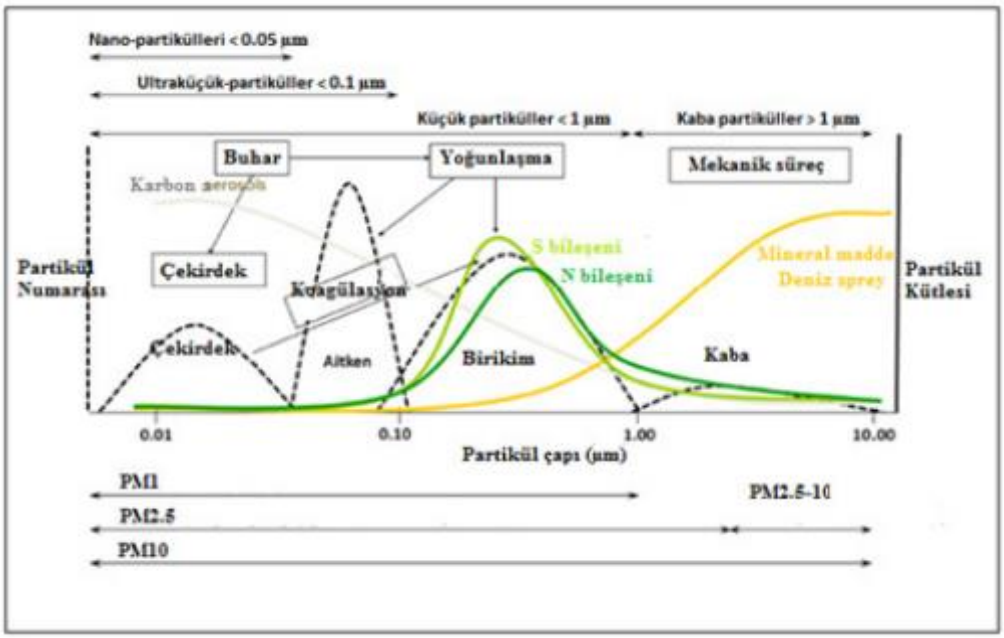
b) **İnce toz:** Çapı 0,1 ile 10 µm arasında olan parçacıklardır. Bu partiküller daha küçük oldukları için daha kolay taşınıma uğrayabilmektedir. Stabil bir havada sabit bir hızda yavaş yavaş çökelebilmektedirler. Bu tozlar solunum yoluyla alveollere kadar ulaşır ve pnömokonyoz olarak nitelendirilen akciğer toz hastalıklarına sebep olurlar.

c) **Çok küçük ince toz:** 0,1 µm ve bundan çok küçük çaplı parçacıklardır. Sürekli hareket halinde olup bu parçacıklar hiç yere çökelmeden km boyutundaki mesafelere taşınmaktadırlar (URL-1).



Şekil 2.1. Partikül madde boyutlarının (PM_{10} ve $PM_{2.5}$) karşılaştırılması (Tecer, 2011).

Tozların tanecik büyüklükleri, solunabilirlikleri büyük ölçüde etkilemekte olup; insan sağlığı üzerinde farklı boyut ve derecelerde etkili olmaktadır. Boyutları 10 mikrometreden daha küçük olan ince ve çok ince kategorisindeki tozlar kolayca solunum yollarından vücuda girerek akciğerlere kadar ulaşabilirken iri toz partikülleri ince ve çok ince tozlara göre bu açıdan daha az risk taşımaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2.Partikül madde (PM), büyüklük, partikül numarası, kimyasal kütle bileşeni arasındaki ilişki. Aerosollerin fiziksel süreçleri kutu içerisinde belirtilmiştir (Warneck, 1988).

- Çekirdek modu: 0.001 - 0.01 µm çaplı
- Aitken modu: 0.01 - 0.1 µm çaplı
- Geniş partiküller, veya birikim modu: 0.1 - 1 µm çaplı
- Çok büyük partiküller, veya kaba partikül modu: > 1 µm çaplı

Aerodinamik çapı 10 µm'den büyük toz parçacıkları yüksek rüzgarın ve türbülansın etkisi ile yeniden askıya alınmadıkları sürece, yayıldıktan birkaç saat sonra yüzeye çökelmektedirler.

Şekil 2.2'de gösterildiği gibi partiküller; sayısı, yüzey ve hacim dağılımları kullanılarak dört grupta incenebilir. 1.0 μm'den daha büyük çaplı olan toz parçacıkları kaba mod olarak tanımlanır. Bu parçacıklar çoğunlukla mekanik(fiziksel) işlemler ile üretilip doğal ve antropojenik kaynaklardan doğrudan atmosfere katılabilmektedir. Rüzgâr; toz, toprak ve biyolojik parçacıklarını havaya kaldırmakta ve çökelene kadar atmosferde askıya almaktadır.

Antropojenik kaba toz parçacıkları, yüzey üstünde oluşan aşınma yoluyla atmosfere karışabilmektedir. Kaba partikül aralığına giren partiküller(> 1 μm çaplı), büyük çaplı olmaları sebebiyle kuvvetli rüzgarların gözlendiği günler dışında, sedimantasyon ile kısa sürede yüzeye çökelmektedirler. Çapı 0.1-1.0 μm arasında olan partikül maddeler birikim modu olarak tanımlanmaktadır. Birikim büyüklüğü aralığı içindeki parçacıklar inorganik maddeler içermektedirler. Çapı 0.01-0.1 μm arasında değişen aitken modu partikül maddeleri gaz-parçacık dönüşümünün yanı sıra yanma işlemleri sırasında sıcak buharın yoğunlaşması ile oluşup bu parçacıklar, birikim aralığının büyümesine sebep olan düşük buhar basıncı gaz türünün yoğunlaşma çekirdeği olarak işlev görmektedirler. Bu partiküllerin yaşam süresi çok kısadır.

Aitken ve birikim modu partikül maddeleri ince parçacıklar olarak da tanımlanabilirler.Son partikül tipi olarak, çapı 0.01 μm'dan küçük partikül maddeler ultra küçük partiküller olarak adlandırılırlar. Gaz-parçacıklarının dönüşüm zamanları ile oluştukları düşünülmektedir. Büyüklüğü ve kütlesinin çok küçük parçacıklar olması sebebiyle, mevcut ölçüm teknikleriyle gözlemlenmesi mümkün olmayıp ve çok kısa ömürleri vardır.PM_{10}, sülfat iyonu (SO_4), $PM_{2.5}$ ve hidrojen iyonu (H^+) ile ilişkilerin doğrudan değerlendirilmesine izin veren çalışmaları vurgulayan, asılı parçacıkların havadaki sağlık etkilerinin değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Mevcut hava kalitesi yönergelerini ve standartlarını gözden geçirme ihtiyacı yaygın olarak hissedilmektedir ve son yapılan çalışmaların çoğu, sağlık üzerindeki belirgin etkilerin yakın geçmişte "eşikler" olarak görülen seviyelerin altındaki seviyelerde oluştuğunu ileri sürmüştür (Friedlander ve Lippmann, 1994).

Havadaki partikül madde, organik ve inorganik maddelerin karmaşık bir karışımını temsil eder. Daha küçük parçacıklar, ikincil olarak oluşturulmuş aerosolleri (gaz-parçacık dönüşümü), yanma parçacıklarını ve yeniden yoğunlaştırılmış organik ve metal buharı içerir.

Daha büyük parçacıklar genellikle yol ve sanayilerden gelen kaçak toz ve toprak kabuğu materyalleri içerir. İnce fraksiyon sis kaba bir asit damlacıkları da mevcut olmasına rağmen, asit (hidrojen iyonu) ve partikül hâlindeki madde mutajenik aktivitelerinin çoğunu ihtiva eder (Clark ve ark., 1992). Ortamdaki partiküler maddenin ideal bir şekilde dağılımı Şekil 2.2'de gösterilmektedir.

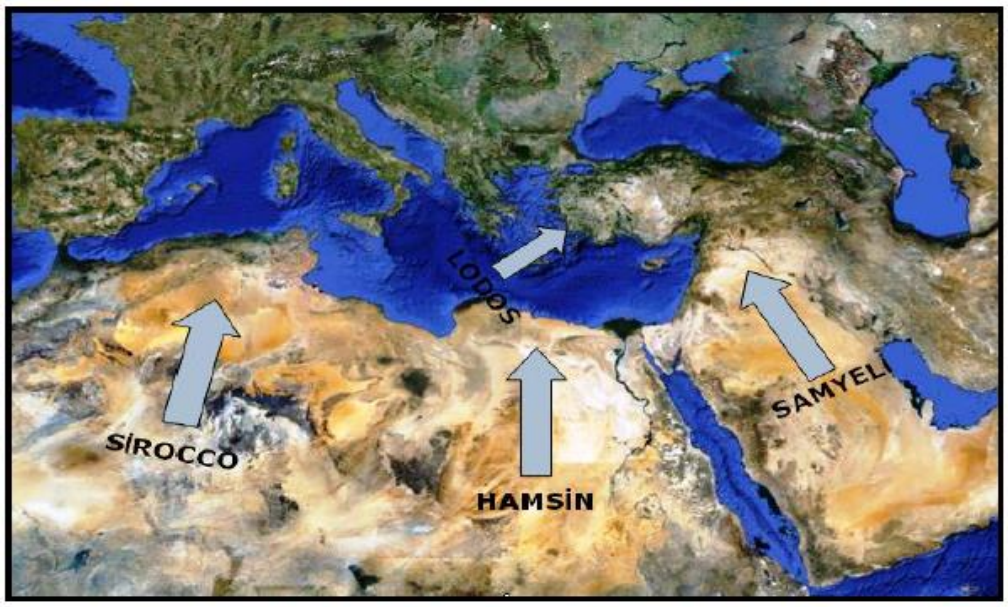
Partikül hava kirliliği, havada asılı katı, sıvı veya katı-sıvı partiküllerin bir karışımıdır (Dockery ve ark., 1997). Parçacıkların havadan taşınması ve uzaklaştırılmasını yönetir (Friedlander ve Lippmann, 1994). Solunum sistemi içindeki yerlerini de yönetirler (Clark ve ark., 1992). Parçacıkların kimyasal bileşimi ve kaynakları ile ilişkilidir. Bu özellikler, aynı aerodinamik özelliklere sahip bir birim yoğunluk küresinin boyutu olan aerodinamik çap ile özetlenebilir. Parçacıklar örneklenir ve genellikle sadece parçacık boyutu olarak adlandırılan aerodinamik çaplarına dayanarak tanımlanır.

2.2. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne Taşınan Tozların Kaynak Bölgeleri

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, coğrafi konum nedeniyle içinde bulunduğu durumdan dolayı son yıllarda çöl kaynaklı tozlarından parçacıklarından yıl içinde yoğun aralıklarla etkilenmeye başlamıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yoğun olan çöl tozunun en etkili kaynakları Sahra Çölü, Suriye Çölü ve Arap Yarımadası Çölleri'dir. Çöl tozları benzer içeriğe ve mineralojik özelliklere sahipken, bu farklılaşmada en önemli faktörler, tozların kaynak bölgelerinin jeomorfolojik yapı ve iklim koşulları ile birbirinden ayrılmış olması, kaynak bölgelerin jeolojik dönemlerde farklı ekolojik sistemlere sahip olması ve antropojenik insan kaynakları uzun süreler boyunca çöl tozlarına mağdur kalırlar.

Yurdumuzun güneyini etkileyen çöl tozlarının dağılışı ve hareketi üzerinde etkili çok fazla olan faktörler; yükselti, topoğrafik yapı, klimatik özellikler ve beşeri faktörlerdir. İnceleme alanında çöl tozları, meteorolojik ve klimatik faktörlere bağlı olarak yılın ilkbahar ve sonbahar aylarında yoğunlaşmaktadırlar.

Çöl tozları, özellikle bölgede geçiş mevsimlerinde etkili olduğu için çoğunlukla çamurlu (kızıl yağmurlar) yağışlar şeklinde yeryüzüne çökelmektedirler. Doğu ve Güneydoğu coğrafi konumu itibariyle birçok çöle yakın bir mesafede olduğu için çöllerin etkisi altındadır (Şekil 2.3 ve Şekil 2.4).



Şekil 2.3. Türkiye'ye toz taşınımını sağlayan yerel rüzgârlar (Bağcı ve Şengün, 2012).



Şekil 2.4. Türkiye'nin çevresinde bulunan toz kaynaklarının fotoğrafı (Bağcı ve Şengün, 2012).

Genel olarak dünya üzerinde bulunan çöllerin dağılışlarına bakılacak olursa; ilk sırada Afrika Kıtası'nın olduğu bilinmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Dünya'da bulunan çöl tozlarının bölgelere göre dağılımları (Engelbrecht ve Derbyshire, 2010).

Bölgeler	Katkı Oranı	Bölgeler	Katkı Oranı
Kuzey Afrika	% 58	Avustralya	% 6
Arabistan Yarımadası	% 12	Güney Afrika	% 3
Doğu Çin	% 8	Güney Amerika	% 2
Orta Çin	% 7	Birleşik Arap Emirlikleri	% 0.1

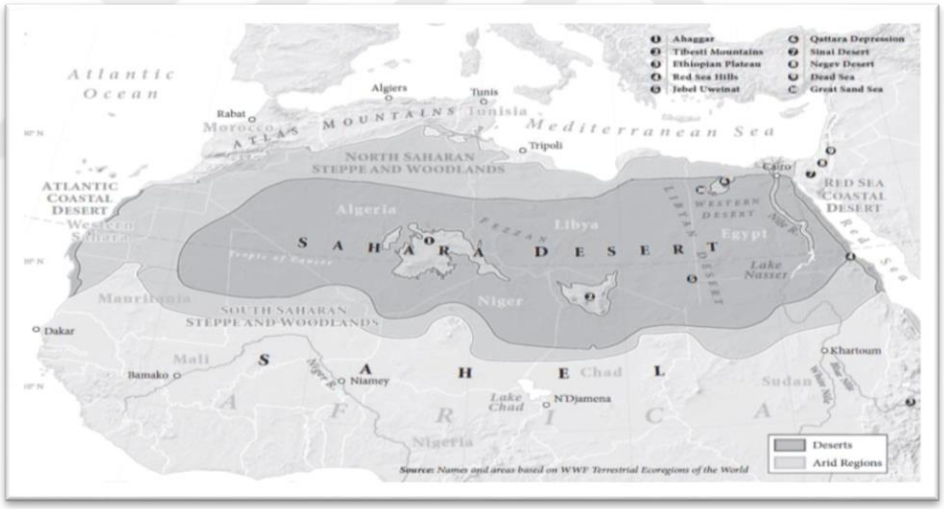
2.2.1.Sahra çölleri

Sahra çölü,9.149.000 km^2'lik bir alana sahip olan Amerika açısından çok önemlidir. Doğu-batı yönünde 5000 km iken, kuzey-güney doğrultusunda 1500 km'lik geniş bir alana sahiptir (Şekil 2.5). Kuzey tarafında Akdeniz, güney tarafında Sahel adlı bir bölüm bulunur (Şekil 2.6). Nil Nehri bölgedeki en büyük su kaynağı iken Sahra Çölü güneyden kuvvetli rüzgarlar, coğrafi konumu nedeniyle düşük nem oranı ve yüksek sıcaklıkların bulunduğu aşırı kuraklık ile çöl bölgesi olarak bilinir.

Al Aziza (Libya) 'da, meteorolojik veriler kaydedilen azami sıcaklık 58˚ C'dir(Laity, 2008).



Şekil 2.5. Sahra çölünün uydu görüntüsü ve dağılımı (URL-2).



Şekil 2.6. Sahra Çölü bölgesi ve Sahel'in çevre bölgesi (Laity, 2008).

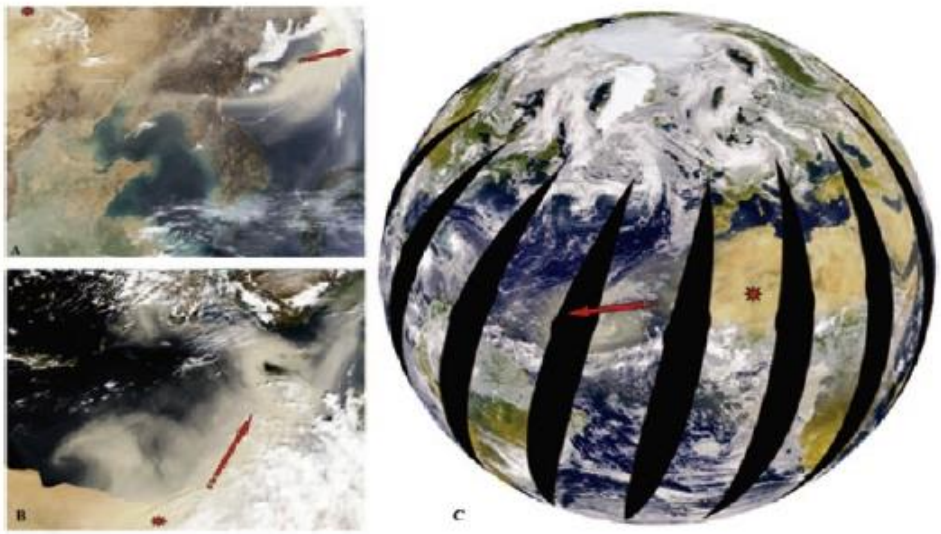
Sahra çölünün orta kesiminde, yıllık yağış miktarı 100 mm'nin çok altında, Sahra çölündeki yağışlar ise; Ocak ayında yaklaşık 5˚ kuzey, yaz saati; Temmuz ayında, tropik değişkenler tarafından 15-20°ye doğru yer değiştirmiştir. Kum tabakaları%15, çakıllar %21, denizler (ergler) %22 ve geri kalan kısmı dağlardan ve düz alanlardan oluşmaktadır. Sahra çölündeki bölge ayırımı bu şekilde ifade edilmektedir (Laity, 2008).

Sahra çölü kapsamındaki toprakların bulunduğu ülkeler; Libya, Fas, Moritanya, Mısır, Mali, Nijer, Cezayir, Çad, Sudan ve Tunus'tur. Sahra çölünün dört önemli çölü bulunmaktadır; Fas ve Mali ve Kuzey Moritanya'da, Cezayir ve Nijer, Çad'da ve Güney Libya'da, Mısır ve Kuzey Sudan bölgesindedir (Guerzoni ve ark., 1997) (Şekil 2.6).

Çizelge 2.2**.** Sahra çölünün topoğrafik özellikleri(Akınç, 2005).

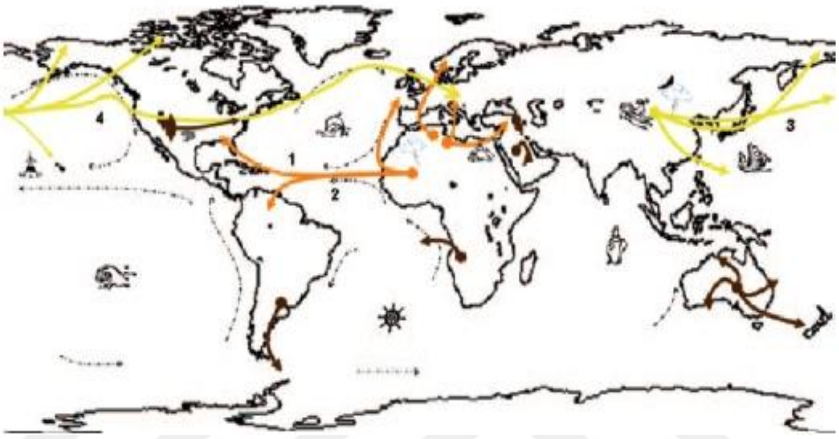
Topoğrfik Özellik	**Tanımlama**
Vadiler	Su kaynaklarının oluşturulduğu vadiler
Serir ve regler (taşlı çöller)	Doğu ve Batı Sahra'da küçük çakılların çimentolaşmasıyla oluşan düzlükler
Hammada (kayalık çöller)	Sert çakıl ve kumlarla kaplı platolar
Ergler (kum çölleri)	Kum denizleri

Sahra çölünden gelen toz, her ülkenin farklı mevsimlerde etkilidir. Sahra merkezli çöl tozları genellikle ilkbahar ayları ve sonbahar mevsimlerinden etkilenir.Dünya üstünde bulunan en büyük çöl Sahra çölü olmakla beraber Asya bölgesinde bulunan ABD ve Meksika çölleri, Taklamakan ve Gobi çölleri Kuzey Yarım Küre'de bulunan diğer önemli toz kaynaklarıdırlar. Her yıl, çöllerden atmosfere 0.5-5.0 milyar ton toz karışır ve birkaç km kilometre uzunluğundaki uzun mesafelere ulaşarak dünyanın neredeyse her noktasına ulaşır (Perkins, 2001) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Sahra ve Gobi çöllerinden Avrupa ve Amerika'ya gitmekte olan bir toz bulutu (Griffin ve ark.,2007).

Toz miktarlarının çoğunluk kısmı yani %50-70 oranında Kuzey Afrika sınırları içerisinde bulunan Sahra-Sahel bölümündeki çöllerden atmosfere doğru taşınımını gerçekleştirmektedir. Son birkaç on yıl içerisinde Asya çöllerinin aktivite olmuş kısımları son zamanlardaki iklim değişikliği ve çölleşme sonucunda artış göstermiştir (Goudie ve Middleton, 2001; Moulin ve ark., 1997; Prospero ve ark., 1999). Bu çölleşme olayı 1975–1987 yılları arasında sadece Çin sınırları içerisinde yaklaşık değer olarak 2100 km^2/yıl artış göstermiştir (Zha ve Gao., 1997) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8.Yerküre üstündeki çöllerden toz taşınımı olayı sırasında toz bulutlarının izlediği ve kateddiği yollar (Griffin ve ark., 2007).

Sahra Bölgesi çöllerinden kaynaklanan çöl tozları yapılan aktivitelerle mevsimsel ve bölgesel olarak değişiklik süreci göstermektedir. Genellikle bahar mevsimlerinde bu aktivasyon şiddetini artmakta ve özellikle şubat ayından mayısa kadar etkisini uzun bir süre devam ettirmektedir (Whitman ve ark., 1998). 1990'dan bu yana Asya Bölgesi Çölleri'nden kaynaklanan toz taşınımı olayı ilk olarak Pasifik'in üstünden geçip, oradan Amerika'nın Kuzey Kıtası'na, Atlantik'e ve daha sonrasında Fransa'nın Alp'lerinde izlenmiş olan ısıl işlem analizler sonucunda bu yoğun taşınımının Gobi sınırları içerisinden kaynaklandığı doğrulanmıştır (Grousset ve ark., 2003). Asya Bölgesi Çölleri'nin kaynağından tozların taşınımı esnasında Pasifik Okyanusu'nun üstünden geçerek bir haftanın üzerinde bir zaman sürebilmektedir. Afrika'nın doğu kısmındaki sahillerinde çöllerden toz taşınımları Amerika Kıtası ve Karayip Adaları'na ulaşması ise yaklaşık olarak bir hafta(3-5 gün) sürmektedir.

2.2.2.Arap Yarımadası çölleri

Arap Yarımadası çöllerinde mera değişiklikleri ve ormansızlaşma ve nehir yatağı değişiklikleri olmak üzere yaklaşık 8000 yıllık beşeri kaynaklı arazisi değişimini görmektedir. Günümüz sorunları ise; politik çatışma, hızlı artış gösteren nüfus artışı ve yeraltı ve yerüstü suların yetersizliğidir. Arap Yarımadası çoğunlukla bölgesi kışları nemli ve kurak yazıyla Türkiye'deki Akdeniz iklim tipine sahiptirler.

Bitki örtüsü bakımından çöl bitkileri ve stepler olarak bilinir. Arap Yarımadası'nda yer alan başlıca çöller Suriye'de olan çöller; Negev-Sina çölü, Arap Yarımadası çölleri ve Irak çölleri olarak bilinmektedirler (Laity, 2008) (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Arap Yarımadası haritası (URL-3).

Mineral tozu en başta dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerindeki topraklardan atmosferik aerosol olarak taşınan Arap Yarımadası çöllerinin toz aerosolleri; okyanus ve karadaki iklim, jeokimyasal döngüleri, hava kalitesini, atmosferik kimyayı, bulut oluşumunu, görünürlüğü ve insan faaliyetlerini derinden etkilemektedir (Buseck ve ark., 1999).

Afrika ve Arap Yarımadası çölleri ile çevrili Kızıldeniz tozdan şiddetli bir şekilde etkilenmekte ve kara ile deniz üzerindeki yüzey enerjisine etkisini derin bir biçimde etkilemektedir (Osipov ve ark., 2015). Çöl tozları özellikle, oligotrofik Kuzey Kızıldeniz bölgesi için önemli besin kaynağıdır.

2.2.3.Suriye ve İran çölleri

Arap Yarımadası'nın kuzeyinde bulunması ile burada bulunan çöl Suriye'nin güney kısmında, Ürdün bölgesinin kuzeydoğusunda ve Irak'ın batı kısımları, taş ve çakıl malzemesiyle bir plato görünümündedirler. Bölgenin topoğrafik özellikleri çok yüksek olmayıp Arazi bakımından III. Jeolojik Zaman Dilimi'nin son zamanına ait bazalt düzlük ve Kuaterner'in ilk jeolojik dönemine sahip örtüler çok yoğunluklu olduğundan karşın çakıl kayaç türleri daha da çok baskındırlar (Laity, 2008) (Şekil 2.9). Suriye Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi sınırında olması ve arada topoğrafya özelliklerinin bir engeli teşkil etmemesinden dolayı Sahra Bölgesi çölleri ve Arap Yarımadası çöllerine daha çok yükseklikte Suriye'ye ait olan çöl tozlarından yaygın bir şekilde etkilenmektedirler (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Irak ve Suriye kaynaklı tozların Güneydoğu'da daha etkili olduğu bölge (URL-4).

2.3. Çöl Tozları ve Taşınım Hareketleri

İnsanoğlu yaşamı boyunca daima yiyecek, su ve oksijene ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenledir ki; kötü hava koşulları hususu günümüz koşullarında en önemli çevre ve sağlık sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Yaşam içerisinde günlük hatta saatlik bazında değişmiş hava şartları üzerinde yaşadığımız yerkürenin hava kalitesini, günlük yaşantımızı ve sağlıklı nefes gibi aktivitelerimizi almamızı etkilemektedir. Belirli bir noktadan başlayıp yerden kalktığı bölge, doğal veya yapay (antropojenik) olarak çeşitli kaynaklarla atmosfer üzerinde salınım gösteren partikül maddeler, üstün hâkim rüzgârların aracılığıyla atmosfer ortamında çok uzun mesafeler sürüklenerek yerel, bölgesel veya küresel ölçekte hava kalitesini uzun bir süreden beri bozmaktadır.

Rüzgârlar vasıtasıyla 50 mikrondan daha ufak boyuttaki katı normundaki partiküllerin yeryüzü üzerinden havalanmasına ve atmosfer içinde kilometrelerce uzaklıktaki mesafelere taşınma olayına neden olabilmektedirler. Bunun öte kısmında insan gözüyle görülemeyecek boyutta ve atmosfer üstündeki miktarları milyarlarca ton tozun taşınımı gerçekleşen partiküller yılın 365 gününün çoğu günlerinde bu yolla kaynak bölgelerinden taşınımını gerçekleştirmektedir (Grousset ve ark., 2003; Delfino ve ark., 2005). Atmosferde bulunan parçacıkların hava kütleleri vasıtasıyla uzun mesafeli taşınım olayları son yıllarda önem kazanmıştır.

İz elementlerin çoğunlukla büyük bir bölümü kaynak bölgelerinden partikül madde üzerinde atmosfere katılım gösterip ve uzak toz bölgelerine taşınımları esnasında partikül parçacıklar üzerinde kalırlar. Bu mevcut durum meteorolojik şartlar ve topoğrafya özellikleri açısından hava kirleticilerinin dağılım veya ikincil kirleticilerin atmosferdeki oluşum süreçlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yoğun akıntılar ve kuru çökelme ile toz ve kumların yeryüzüne ulaşması güçlü fırtınalar sonucu şiddetli toz fırtınalarına neden olmaktadır (Solomos ve ark., 2012).

Yapılan araştırmalarda Türkiye ve Avrupa'daki tozlu meteorolojik yağışların Sahra kaynaklı olduğu uzun bir süreden beri kanıtlanmıştır (Donaldson ve ark., 2001). Sahra çölleri, yurdumuza konum itibariyle yakın ve yerküre üzerinde en geniş sahip olan çöldür.

Sahra Çölleri'nden meteorolojik şartlar sebebiyle belirli aralıklarla atmosferde yerden kalkan tozlar uzun bir taşınım sürecine girmektedirler. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; Sahra çöllerinin rüzgâr erozyonu ile birlikte ortalama olarak yıllık toprak kaybının 1,5 ila 2 milyar ton toz miktarına ulaştığı görülmüştür. Çöl tozlarının kaybı aktif (etken) rüzgârlarla batıda Atlantik Okyanusu ve ötesine, kuzeyde Avrupa Kıtası'na, doğuda Asya ve Arap Yarımadası'na, güney kısmında ise ekvatorun dönme yönünde olmakta ve tüm yıl süresince taşınımını devam ettirmektedir.

Partikül madde (PM), atmosfer ortamında asılı tutulan katı normundaki partiküllerin ve sıvı damlacıkların bir karışımı olarak bilinmektedir. Partiküllerin boyutları çok geniş bir aralığa sahip olup, toz, duman, is gibi bazı parçacıklar gözle görülebilecek boyuttadırlar. Bunun için, ancak mikroskopta görülebilen büyük boyutlu partikül maddeler de bulunmaktadır. Katı veya sıvı tanecik boyutlarının gaz içerisinde askıda durmasıyla oluşan çöl tozları veya partiküler madde diye adlandırılan bu kirletici çeşidi, ister yapay ister doğal kaynaklı olsun; çeşitli iklim olayları ve hijyenik etkileri sonucu önemini kazanmaktadır. Genel olarak şehir yaşamı atmosferindeki parçacık konsantrasyonlarının çoğunlukla bir kısmından bu tür kaynaklar sorumludurlar. Çöller ve etkin volkanların bulunduğu bölgelerde doğal kaynakların partikül madde konsantrasyonlarına etkisi çok daha büyüktür.

Partikül maddelerin; koyuluğu, kimyasal bileşimleri, tanecik boyutları ve sağlık üzerine etkileri potansiyeline göre büyük çaplarda değişim göstermektedir. Partikül madde boyutları genel olarak aerodinamik çap olarak ifade edilip ve birkaç nanometreden (nm) onlarca mikrometre (μm) çap aralığında değişim göstermektedirler.

Boyutu 2.5 μm çapındaki daha büyük çaplı parçacıklar "kaba partiküller (coarse)" 2,5 μm den daha küçük parçacıklar "ince partiküller (fine)" ve 100 nm çapında ve daha küçük olan parçacıklar ise "çok ince partiküller (ultrafine)" diye adlandırılmaktadır. Büyük partikül parçacıklar, insan vücudundaki doğal savunma mekanizmaları tarafından belli bir süreden sonra uzaklaştırılırlar. Daha küçük partiküller (<10μm) akciğerlerin derinliklerine yani bronşlara geçiş yaparak tahriş yapıcı ve akciğerleri tıkayıcı etkilere neden olabilmektedirler (Chang, 2006).

PM konsantrasyonları aynı şehrin içinde veya şehirden diğer şehirlere büyük oranda değişimini hissettirmektedirler. Havanın tozlu olması sonucu, yani doğal veya yapay partiküllerle kaplanmış olması; görüş mesafesini düşürmekte, güneş ışınlarının enerjisinin taşındığı dalga boyları üstünde etkisini göstererek gelen enerji akımını değiştirmekte, insan ve canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedirler. Bunların dışında partikül maddelerin, yüzeyleri üstünde adsorpladıkları diğer kirletici kaynakların ve bu kirleticilerin zararlı büyük etkilerinin daha yoğun bir şekilde hissedilmesine yol açmaktadırlar.

Bilindiği gibi mineralli topraktan kaynaklanan tozlar uzak yerlere taşınıp dünyada çoğu ülkede hava kirliliğine neden olur (Çizelge 2.3). İki büyük toz fırtınası her yıl tonlarca tozu kaynaklarından alıp ulaştıkları alanlara taşır. Afrika Çöl Tozları'nın, çoğu Sahra Çölü'nden kış ve bahar aylarında, Sahel çölünden yaz ve sonbahar sezonlarından kaynaklanır, Rutin olarak Akdeniz ve Avrupa ülkelerine taşır, hatta bazen Amerika'ya taşınır. Asya toz fırtınaları çoğunlukla bahar aylarında Moğolistan ve Batı Çin'de bulunan Gobi ve Taklamakan çöllerinden kaynaklanır ve Doğu Çin'e, Japonya'ya, Tayvan'a ve Güney Amerika'nın batı sahillerine taşınabilir. Eski çalışmalar fırtına içindeki tozun okyanuslara taşınıp derin deniz çökeltilerinin oluşmasına katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Ayrıca birkaç çalışma Sahra'dan kalkan toz fırtınalarının yaydığı bakteri veya mantarların Karayip Mercan Adaları'nı tahrip etkisi oluşturduğunu göstermiştir (Bener ve ark., 2016).

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 bir ada ülkesi)	Delany vd. (1967)
8000	Sahra	Miami	Prospero (1981)
10 000	Sahra	Çin	Tanaka vd. (2005)
>16 000	Çin	ABD ve Kanada	Husar v. (2001)
>20 000	Çin	Fransız Alpleri	Grousset vd. (2003)
4000	Batı Sahra	Kıbrız	Gordon and Murray (1964)
2000	Libya ve Mısır	Negev, İsrail	Yaalon and Ganor (1975)
2000	Batı Kazakistan	Baltık Denizi	Hongisto and Sofiev (2004)

Birçok epidemiyolojik çalışma günlük mortalite ile havadaki partiküller arasındaki ilişkiyi kanıtlamaktadır. Bu çalışmaların çoğu, az önce bahsettiğimiz hava kirliliği ataklarını içermekte, ince parçacıkların ($PM_{2.5}$) bulunduğu kentsel alanlardadır. İnce partiküller kurum, sülfat, nitrat partikülleri ve asidik gazlar, başta ulaşım sanayi ve enerji üretimi için kullanılan fosil yakıtlardan oluşmaktadır. İnce partiküller akciğerin en uç kısımlarına kadar inhibe edildikleri için en büyük sağlık sorunudur (Prospero ve ark., 1999).

Buna karşılık, kaba partüküller ($PM_{10-2.5}$) jeolojik ürünlerden köken alır (toprak ve diğer yerkabuğu materyalleri gibi). Yüksek kaba partikül düzeyleri genellikle daha düşük ince partikül düzeyleriyle ilişkilidir. Yanma ile oluşan partikül içerir ve yüksek hızlı rüzgarlarla ilişkilidir (Prospero ve ark., 1999).

Çöl tozları dünyada geniş alanlara yayılır. Sahra çölünden kaynaklanan tozlar Atlantik Okyanusu'nu geçip Kuzey Amerika'nın batı kıyılarına, Karayiplere, Güney ve Orta Amerika'ya, ABD'nin güney batısına ulaşabilir. Taklamakan'dan kaynaklanan toz 13 günde dünya etrafında birden fazla daire çizer. Epidemiyolojik olarak, Ortadoğu ve Karayip toplulukları gibi çöl tozu fırtınasından etkilenen alanlarda Astım beklenenden daha sık görülmektedir. Bu taşınan tozlar her ülkeye göre farklı mevsimlerde değişiklik göstermektedir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Çeşitli bölgelerde çöl tozlarının mevsimlik aktiviteleri (Goudie ve Middleton, 2006).

Yer	Mevsimler (aylar)
Arjantin	kış (nisan-ağustos)
Arizona	yaz
Bayreyn	yaz (mart-temmuz)
Belarus	ilkbahar (nisan-mayıs)
Bodele	yazın
Kanada	ilkbahar
Şili	kış/ilkbahar
Mısır	kış/ilkbahar
Hindistan	yaz
Meksika	ilkbahar
Kuzey Sahra	yaz (nisan-ağustos)
Sahel	kış
Taklamakan	kış sonu/ilkbahar

2.4. Çöllerden Atmosfere Karışan Tozların Özellikleri

Toz taşınım olayına giren kil mineral taşlarının her bir gramının içinde 110'a yakın prokaryot bulunmaktadır. Prokaryot hücresi ise, zarla çevrilmiş gerçek çekirdeği ve özel organları olmayan hücre topluluğu olarak bilinmektedirler (bakteriler ve mavi-yeşil algler gibi). Uzun mesafe taşınımlarının içerisinde yer alan 10 mikron ve daha ufak olan kil mineral yapısı ile beraber gelen bakteri ve mantar topluluklarının boyutları ise "sub-mikron" boyutları olarak adlandırılırlar. Yani 10 mikrondaki bir kil mineral yapısının içinde milyarlarca mantarı ve bakteriyi barındırabilecek seviyede bir alanı oluşturabilmektedirler.

Atmosferik taşınım sürecine giren tozların içindeki mantar ve bakterilerin varlığı hususunda küresel, bölgesel ve yerel bazında yapılmakta olan çalışma mevcudunu korumaktadır. Toprakta yükseklik boyunca kurumakta olan bu canlı ortamının aktif hale gelmeleri için suya ihtiyaç duyulur. Suyla temas sonucunda pislik ve mantar topluluklarının çok az bir süre içerisinde bitme haline geldikleri ve yarım hücrede durmaları sonucunda oksalat çıkarımları bilinmekte ve kanıtlanmıştır (Saydam, 2002).

2.4.1. Çöl tozlarının elementel özellikleri

Günümüzde maddelerin içerisindeki elementlerin tespiti ve oranlarının belirlenmesinde yaygın olarak SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ve XRD (X-Işınlarının Difraksiyonu) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Bağcı ve Şengün, 2012). Çöl tozlarının da muhteviyatı elementler ve mineraller bakımından oldukça zengindir. Bu nedenle elementel analiz teknikleri çöl tozları içerisinde yer alan elementlerin analizinde de kullanılmaktadır. Ridgwell (2002)'deki bir çalışmasında çöl kökenli tozlarda en zengin olarak bulunan elementler; O, Si, Al ve Fe olarak belirlenmiştir (Ridgwell, 2002) (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Çöl tozlarında bulunan yaygın elementler(Rigwell, 2002).

Element	Oran (Yüzde %)
O	44
Si	31
Al	8
Fe	4
Ca	3
K	3
Na	3
Mg	1
P	1

Çöl tozlarıyla beraber başka ortamlara mineraller ve elementlere ek olarak mikroorganizmalar ve bakteriler de taşınmaktadır. Mikroorganizmalar bir bölgeden diğerine, hatta bir kıtadan diğerine, ayrıca toz fırtınaları sırasında tozlar ile 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 (Goudie ve Middleton, 2006) (Çizelge 2.6).

Çöl tozlarının tane boyutlarını belirlemeye yönelik ilk çalışma ABD'de Udden tarafından 1898'de yapılmıştır. İlk çalışmalarda tane boyutlarının 15,6 - 62,5µm arasında değiştiğini bulmuştur. Çöl tozlarının tane boyutu kaynak bölgelerinden uzaklaştıkça düşmektedir.

Udden, 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).

Çizelge 2.6. Çöl tozlarında bulunan temel bileşikler (Goudie ve Middleton, 2006).

Bileşikler	Değerler
SiO_2	% 59,99
Al_2O_3	% 14,13
Fe_2O_3	% 6,85
CaO	% 3,94
MgO	% 2,60
K_2O	% 2,35

2.5.Çöl Kaynaklı Tozların İnsan Sağlığına Etkileri

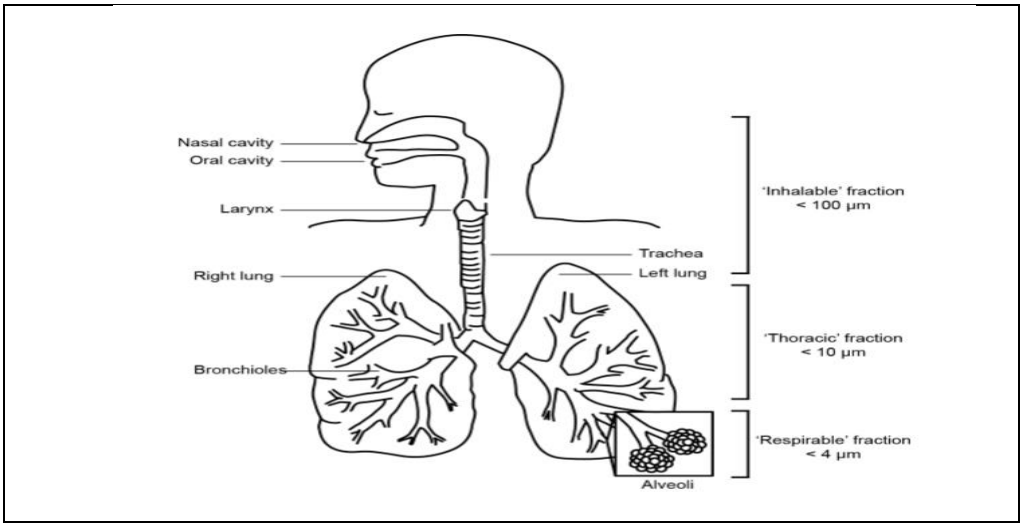
İnsanlar yaşayabilmek için havaya, suya ve besine muhtaçtır. Bu nedenle bu unsurların kirlenmesi günümüz dünyasının en önemli sorunları arasındadır. Günlük hatta saatlik olarak değişebilen hava koşulları ve toz konsantrasyonu soluduğumuz havanın kalitesini ve nefes alıp vermemizi çok fazla etkilemekte yaşadığımız coğrafyanın bize sunduğu imkânları değiştirebilmektedir.

Çöl tozlarının atmosferde yoğun olduğu günlerde dış ortam hava kalitesi yüksek oranlarda düşmekte ve bu da insanoğluna her taraftan kötülük vermektedir. Bu nedenler örgüsünden sonra insan sağlığının korunabilmesi için hem ülke çevresi hem de kişisel bazda gerekli ve yeterli tedbirlerin alınması hususunda özellikle Türkiye gibi toz taşınım olayının çok olduğu ülkeler için bir zorunluluktan ibarettir (Özdemir ve Ertaş, 2011). WHO'ya göre partiküler madde diğer kirleticilerden daha fazla insan sağlığını etkilemektedir. Bu zararlı olan kimyasalların başlıcaları ise; sülfatlar, nitratlar, amonyak, kompleks sodyum klorür, karbonlar ve mineral tozlardan oluşmaktadır.

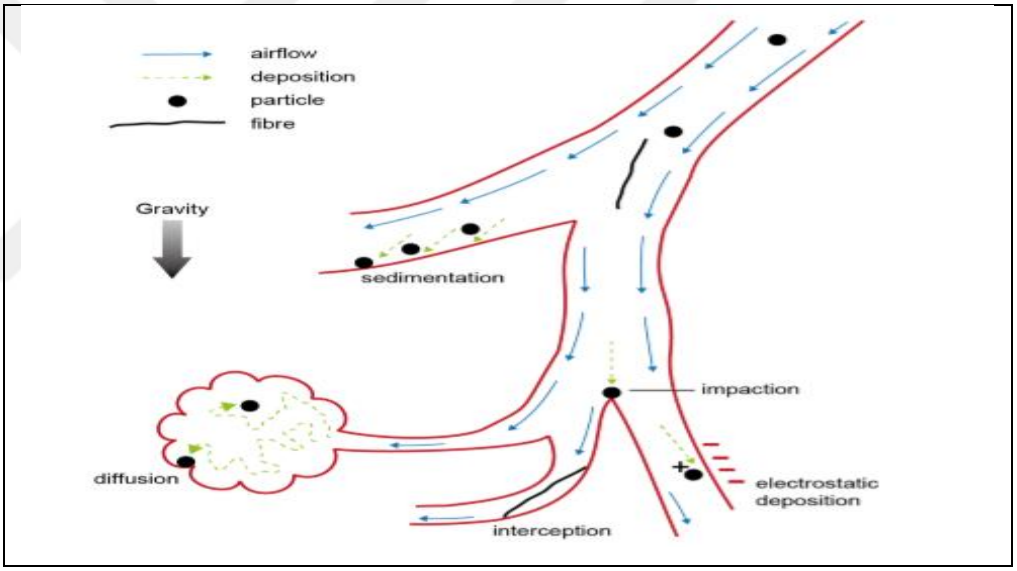
Alveol, oldukça dallanmış solunum yollarının terminal yapısındadır ve ana gaz alışverişi birimleridir. Bunlar çapı 75-300 μm olan botrioidal, içi boş hava keseleridir ve akciğerlerin iç yüzey alanının % 99'undan fazlasını oluştururlar (Dobbs ve ark., 2010). Alveol, tip I ve tip II alveolar epitel hücrelerinden oluşur. Tip I alveolar epitel hücreleri, alveolar bölgenin temel yapısını ve yüzeyini sağlar. Büyük şekilleri ve yüzey alanları nedeniyle alveol yüzey alanının% 90'ından fazlasını kapsar, ancak akciğer hücrelerinin toplam sayısının % 10'undan azını oluştururlar (Crapo ve ark., 1982).

İnce yapısı hava ile kan arasında etkili bir gaz transferi sağlar. Tip II alveoler epitel hücreleri yapı ve fonksiyon açısından önemli farklılıklar gösterir. Tip I hücrelerden daha bol bulunurlar fakat daha az yüzey alanı kaplarlar (Crapo ve ark., 1982). Tip II hücrelerin başlıca rolü, hava alveolü ara yüzünde yüzey gerilimini düşüren pulmoner yüzey aktif maddelerin salgılanmasıdır. Tip II hücreler de enflamasyonda önemli bir rol oynar ve hasarlı I tipi hücrelerin yerini almak üzere bölünebilir (Dobbs ve ark., 2010).

Pulmoner yüzey aktif maddeler, astar sıvısının birincil bileşenidir, alveolar yüzeyi kaplayan ince bir film (0.1-0.5 μm) akciğerin bu bölgesine çökeltilen parçacıklar, gelen düşürücü bileşikler nedeniyle toplanmış partiküllerin parçalanmasına ve ayrıca partikülleri konakçı proteinlerle kaplayabilmesine neden olan akciğer yüzey aktif cismine bulaştırıcı etkisini göstermektedir (Notter, 2000). Proteinlerin parçacık yüzeylerine adsorbe edilmesi, patojenler ve küçük mineral partikülleri çıkarmak için kullanılan önemli bir mekanizma olan bağışıklık savunma hücreleri (fagositoz) tarafından sızdırmayı kolaylaştırır (Pedraza ve ark., 2008) (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Solunum sisteminin kaba anatomisi. Parçacık boyutu kesirleri (Şekil yeniden çizilmiş ve bir genel alan görüntüsünden uyarlanmıştır) (URL-5).



Şekil 2.12. Parçacık birikiminin mekanizmaları. Mcclellan, (2000) tarafından solunum yolu ile parçacık etkileşimleri (Schulz ve ark., 2005).

Şekil 2.12'de görüldüğü gibi parçacıkların yaklaşık 0.5 µm'den büyük oluşu birikimi ve aerodinamik çap ile ilişkilidir (Schulz ve ark., 2005). Aerodinamik çap, farklı şekil ve yoğunluklara sahip parçacıkların boyutlarını tek bir boyutla kategorize etmek için basit bir araçtır. İlgili parçacık ile aynı atalet özelliklerine sahip 1 g/cm^3 yoğunluğa sahip olan küresel bir parçacık çapıdır.

Parçacıkların aerodinamik ve yerçekimi kuvveti altında depolanmasına neden olan mekanizmalar, parçacıkların Yer bilimlerinde tortulaşmasına yol açan mekanizmalara benzer. Buna impaksiyon, çökelme, difüzyon, durdurma ve elektrostatik çökelme (yüklü parçacıklar durumunda) dahildir. Bu işlemler, iletken hava yolu ve akciğerler vasıtasıyla heterojen partikül boyutu birikimine neden olur (Schulz ve ark., 2005).

Sağlık uzmanları çöl tozlarının insanlar için ölümcül olabileceğini uzun zamandan beri bilmektedir. ABD kentlerini havadaki toz miktarını belirlediler ve aynı güneşi öldürme sırasına yerleştirdiklerinde bir kent ne kadar tozlu olursa, ölüm oranı o kadar yüksek olmaktadır. Federal bir kuruluşun tahminlerine göre hava kirliliğine neden olan tozlar Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 60.000 insanın ölümüne yol açmaktadır (Holmes, 2011).

Çöl tozları, çocuk ve hastalarda sağlık riskleri oluşturmaktadır. İran'da tozların etkili olduğu dönemlerde insanların hastanelere başvuruları %20 ile %60 arasında artmaktadır (URL-6). "Vücudun havayla teması sonrasında veya hayat kaynağı olan nefes alıp verme esnasında solunan havayla beraber pek çok bakteri ve mantarın insanların bünyesine geçmesi ve birçok hastalığın odak noktası olması mümkündür" denmiştir (Saydam, 2010).

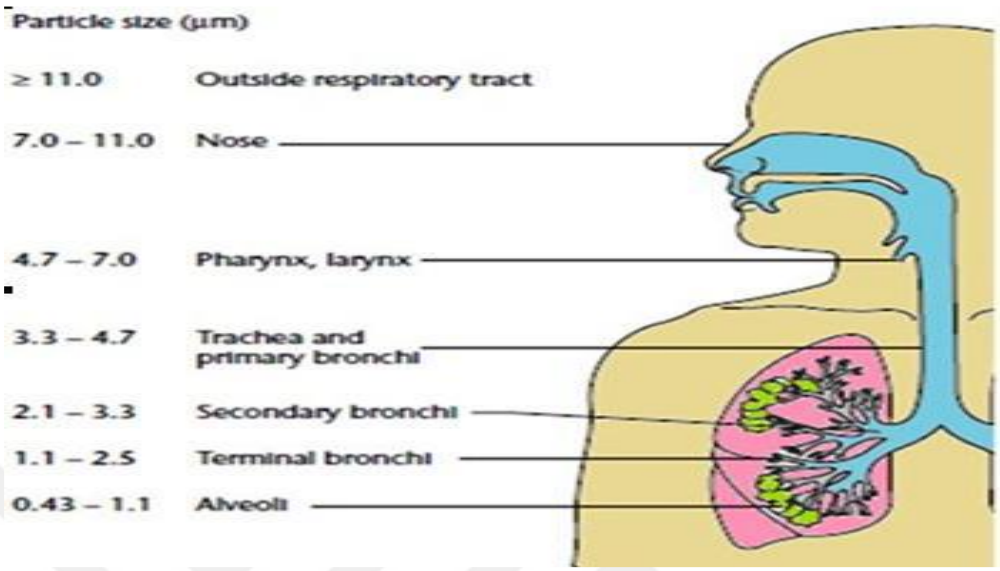
Son yıllarda insan sağlığını tehdit eden unsurlar üzerinde yoğunlaşan tıbbi araştırmalar solunum yolları hastalıkları başta olmak üzere pek çok rahatsızlığın solunan havanın kalitesinin düşük olmasından kaynaklandığını göstermektedir. Türkiye ve çevresinde hava kalitesinin düşmesinde etkili olan unsurların başında çöl tozları gelmektedir. Havada asılı kalarak çok uzak mesafelere taşınan toz partikülleri solunum yollarında tıkanmalara yol açarak nefes alıp vermeyi zorlaştırdığı gibi içerisinde barındırdığı bakteriler ve parazitler sayesinde de birtakım alerjik hastalıklara neden olmaktadır.

Coğrafi konumuna bağlı olarak çöl tozlarından çok fazla etkilenen Bağdat kentinde 9 Ağustos 2005'te meydana gelen bir toz fırtınasının ardından Yermük Şehir Hastanesi'nin raporlarına göre 1000 adet boğulma vakası meydana gelmiştir. Tozun yoğun olduğu günlerde küçük partiküllerin solunum yollarından doğrudan akciğerlere ulaşmasıyla bronşit, emphysema (akciğer hastalığı) ve silicosis (akciğer iltihabı) gibi hastalıklarda artışlar yaşanmaktadır. Batı Sahra'daki toz partikülleri ülkedeki yerliler arasında yaygın olan konjonktiv (göz) iltihabından sorumlu tutulmaktadır. Suudi Arabistan'daki çöl tozları, çeşitli solunum hastalıklarını tetikleyen bir dizi aeroalerjenler ve antijenleri içermektedir. Şubat-Mayıs arasında 200.000 kişiyi etkileyen Batı Afrika'daki yıllık menenjit vakaları bölgede esen ve çöl tozları taşıyan Harmattan rüzgârlarıyla ilişkilendirilmektedir (Goudie ve Middleton, 2006).

Çöl tozlarının sınıflandırılması başlığı altında değinildiği gibi çöl tozlarının boyutları insan sağlığı açısından farklı derecelerde risk oluşturmaktadır. Boyutları 10 mikrondan daha büyük olan toz partikülleri 4.derece risk oluşturmakta insan vücudunun doğal savunma sistemleri tarafından çok büyük hasarlara yol açmasının yanı sıra saç dökülmelerine ve cilt kurumalarına da neden olmaktadır. Boyutları 10 mikrondan daha küçük olan toz parçacıkları solunum yollarından akciğerlere kadar ulaşıp bronşlarda depolanarak kronik problemli akciğer hastalığı, zatürre ve öteki solunum sistemi enfeksiyonlarına yol açan solunum şartları üzerinde etkili olmaktadır.

En büyük tehlikeye 1. derece risk grubunu oluşturan boyutları 2,5 mikrondan daha küçük toz partikülleri neden olmaktadır. Bu tozlar akciğerlerin derinliklerine kadar işleyebilmekte bronşlara ve kalbe giden damarlara kadar nüfuz ederek kardiyovasküler hastalıklara ve ani ölümlere neden olabilmektedir (Longueville ve ark., 2010). 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 aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Boyutlarına göre partikül maddelerin solunum sisteminde ulaşabileceği noktaları gösteren şekil (Kallos, 2011).

Sağlıkla ilgilenen bilim insanları, büyük tozlardan ziyade küçüklerden korkuyorlar. Bunun nedeni insan vücudunun doğanın büyük canlıların girmesini engelleyecek şekilde yaratılmış olmasıdır. Örneğin, polenlerin neredeyse tamamı o kadar büyüktür ki burnun içinde asılı durur ve alerjilere sahip olanlar bunu çok iyi bilmektedir. Ancak küçük tozlar, insan kafasının içerdiği tuzakları ekler ve hassas ciğerlerimize derinleşirler (Holmes, 2011).

Çöl tozlarının fiziksel olarak solunum yolları üzerinde tıkayıcı etkisinin yanı sıra, içerisinde bulundurduğu hastalık yapıcı mikroorganizmalar ve parazitlere bağlı olarak alerjik hastalıklara ve menenjit gibi ateşli hastalıklara yol açtığı bilinmektedir (Eren, 2006). Çöl tozlarıyla birlikte taşınan mikroorganizmaların % 25 kısmı bitkilerde, % 10 kısmı da insan ve hayvanlarda hastalık yapabilen patojenik canlılar olduğu araştırmaların ve çalışmaların sonucunda saptanmıştır (Alp ve Sarı, 2002). Çöl tozlarıyla beraber taşınan bazı bakteriler ve neden oldukları hastalıklar bulunmaktadır.

Çöl tozları içerisinde barındırdığı önemli miktarda kurşunu da (Pb) çökeldiği ortamlara bırakmaktadır. Çöl tozlarının havalanmasıyla atmosfere karışan ve çok uzak mesafelere taşınımı gerçekleşen kurşun kaynaklı parçacıklarının su kaynaklarına çökelmesi sonucunda veya tarım ürünleri en başta olmak üzere gıdaların içeriğindeki kirlilik, insan sağlığını tehlikeye atmaktadır. Kemikte ve dokuda biriken kurşun elementi ilk önce beyin hasarına ve ölümlere neden olabilir. Düşük doz kurşun element birikimi sonucunda anne karnındaki bebeklerin ve bağışıklık sistemi geliştirmemiş çocukların büyük zararına sebep olurlar. Bir araştırmaya göre, Amerika'daki havadaki bu kirletici partiküllerin yılda ortalama yaklaşık 10.000 kalp hastalığı ölümünden sorumlu olduğu söyleniyor (Türkeş, 2010).

Çöl tozlarının birçok hastalık üzerinde tetikleyici etkileri bulunduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar bazı hastalıkların çöl tozlarından diğerlerine göre daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Bu hastalıklar; astım, bronşit ve diğer hastalıklardır.

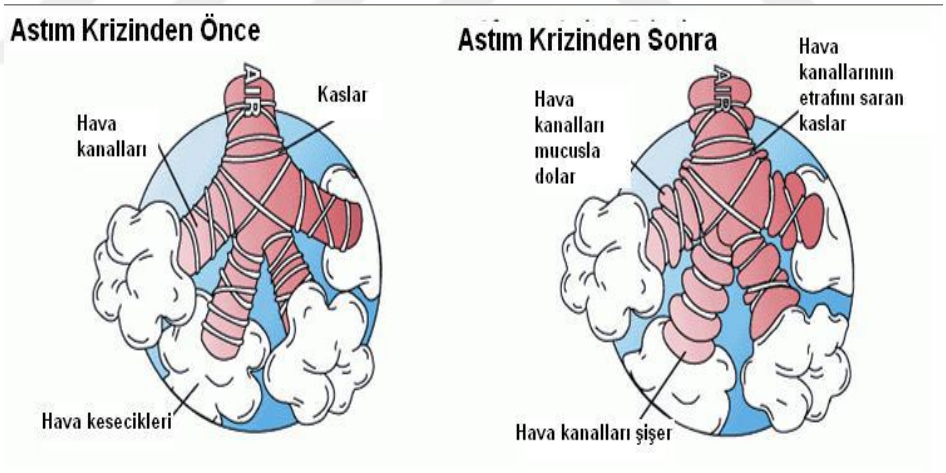
2.5.1.Astım hastalığı üzerindeki etkileri

Çöl tozlarının tetiklediği hastalıklardan biri astımdır. Genel kabul gören görüşe göre doğuştan soluk boruları hassas olan bireylerde olumsuz çevre koşullarının da etkisiyle (tozlu ortamlar) astım hastalığı oluşmaktadır. Akciğerlerin en küçük fonksiyonel üniteleri olan bronşlarda kasılma, ödem (şişme) ve hücre yıkımı mukus salgısının artmasına neden olur bu da bronşların mukoza adı verilen sıvıyla kaplanarak daralmasına ve astım nöbetinin başlamasına yani episodik dspne'ye (Nefes darlığına) neden olur (Saydam, 2010).

Çöl tozu taşınımının yoğun olduğu günlerde atmosferdeki mikroorganizma sayısının ve faaliyetlerinin tozsuz günlere göre kat kat fazla olduğu bilinmektedir. Çöl tozlarındaki demir oksitin ve parazitlerin akciğer yüzeyinde hidroksil radikalleri oluşumuna yol açarak akciğer dokusunu tahrip edebileceği ileri sürülmektedir. Virjin adalarındaki St. John'da yapılan çalışmalarda, bu bölgeye gelen Sahra çöl tozları miktarıyla astım ataklarının sıklığı arasında doğru orantı olduğu görülmüştür.

Aynı kapsamda yapılan başka bir çalışmada 1973 ile 1996 yılları arasında Barbados'ta (Orta Amerika) görülen astım vakalarında 17 kat artış olduğu ve Kraliçe Elizabeth Hastanesi'nin acil servisine, Amerika'daki çöllerden kaynağını alan çöl tozlarının fazlaca etkili olduğu 1999 yılında akut astım şikâyetiyle başvuranların, toplam hasta sayısının %22,3'ünü teşkil ettiği saptanmıştır (Doğanay ve ark., 2006). Çöl tozları yoğunluğuna göre, dönem dönem solunum yollarında tıkanıklıklara sebep olur nefes almayı zorlaştırır ayrıca bulut içerisindeki reaksiyonlarıyla da havadaki karbondioksit oranını artırır.

Bu durumda solunum yollarında hiçbir problem olmayan sağlıklı kişiler daha fazla nefes alarak bu sorunu gidermeye çalışır. Astım hastalarının ise, ciğerleri mukus tabakasıyla kaplı olduğundan daha fazla havaya yer veremez ve şiddetli astım krizleri başlar. İnsanlar havayı içine çektikçe tozların içerisindeki bakteri ve mantarlar akciğerlerde daha derinlere doğru ilerler ve birbiri ardına gerçekleşen astım krizlerini daha şiddetli bir hale getirir (Saydam, 2010) (Şekil 2.14).



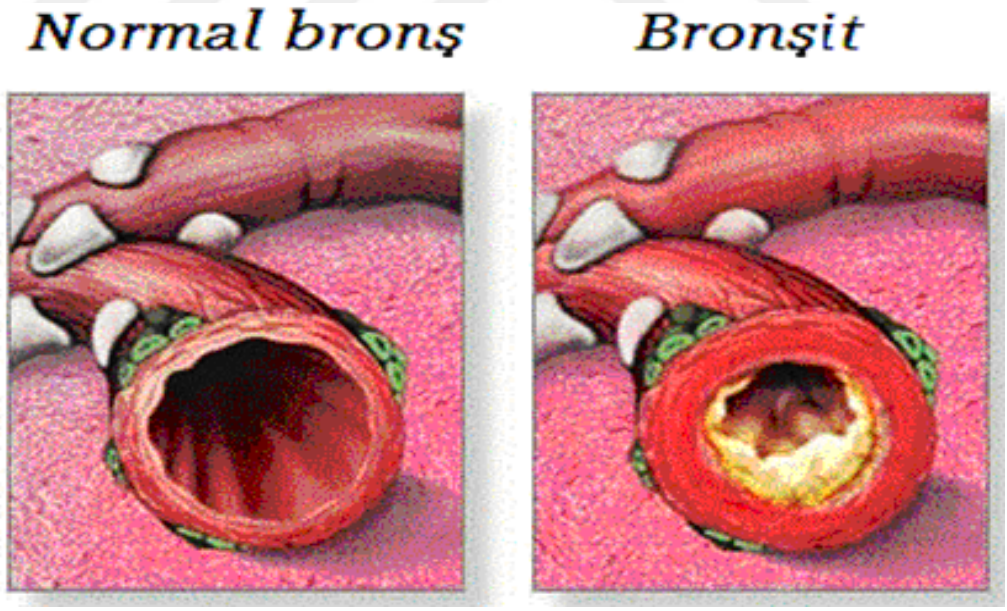
Şekil 2.14.Solunum yollarının astım krizinden önceki ve sonraki halleri (URL-7).

Solunan havanın kalitesi ve havadaki PM değerleriyle yakından ilgili olan astım hastalığının şiddeti ve bu hastalıklardan polikliniklere başvuranların sayısı özellikle toz taşınımının yoğun gerçekleştiği aylarda artmaktadır.

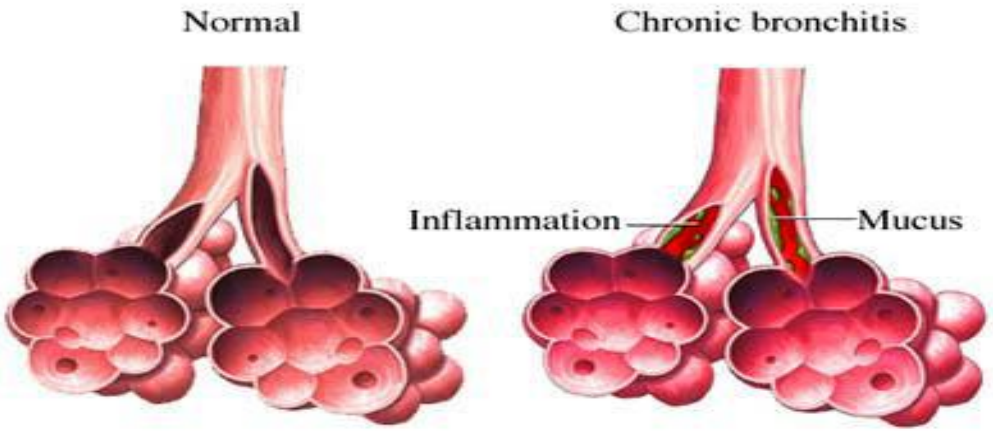
2.5.2. Bronşit hastalığı üzerindeki etkileri

Soluduğumuz oksijeni akciğerlere ulaştıran, soluk borusundan dallanarak akciğerlere yayılan hava borularının iç yüzeyindeki mukoza tabakasının iltihaplanmasıyla bronşit hastalığı ortaya çıkar. Akciğerlerde yer alan bronş adı verilen küçük hava kesecikleri bu hastalığa bağlı olarak iltihapla dolar bu da soluk yollarında daralmalara neden olarak nefes alıp vermeyi zorlaştırır, şiddetli öksürük nöbetlerine neden olur.

Bronşit hastalığı akut ve kronik akut bronşit genellikle influenzadan kaynaklanır, kızamık, boğmaca gibi hastalıklarla beraber görülürken, kronik bronşit hastalığın çok daha ileri safhası olup acil tedavi gerektirir. Bronşit hastaları havanın soğuk ve sisli yada partikül madde bakımından zengin olduğu, tozlu dönemlerde çok rahatsız olurlar (Şekil 2.15 ve Şekil 2.16). Hastalığın başında kuru ve ağrılı bir öksürük daha sonraları ise hafif ateş ve halsizlik görülür (URL-8).



Şekil 2.15.Bronşların iltihaplanmadan önceki ve sonraki halleri (URL-9).



Şekil 2.16.Bronşit hastalığına bağlı olarak mukus sıvısıyla dolu alveoller ve normal hallerinin kıyaslanması(URL-10).

Bronşit hastalığı halk arasında oldukça sık rastlanan üst solunum yollarındaki parazit ve virüslerden kaynaklanan bir rahatsızlıktır. Vücuda solunan hava yoluyla giren virüsler üst solunum yollarına yerleşir herhangi bir nedenle organizmanın direnci zayıflar, bağışıklık sistemi çökerse bu virüsler harekete geçer ve iltihap salgısını başlatarak solunum yollarının tıkanmasına yani bronşite neden olur.

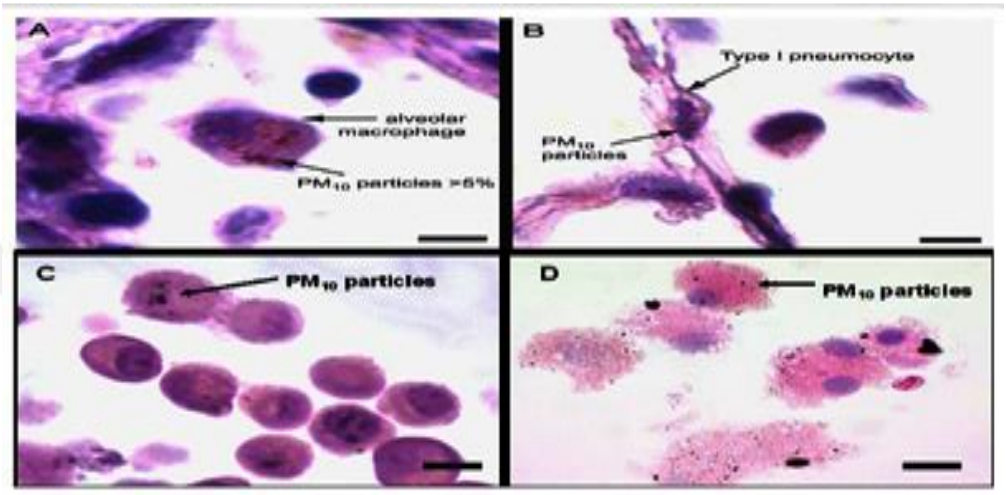
Ayrıca tozlu ve nemli günlerde vücut solunum yollarını koruyabilmek için halk arasında balgam adı verilen yapışkan sıvıyı daha çok salgılar bu da solunum yollarında tıkanıklıklara ve yutkunma zorluklarına yol açar (URL-13). Çöl tozlarının içerisinde pek çok bakteri ve virüsü taşıdığı aşikârdır. Mikroskobik boyutlardaki bu parazitler toz taşınımının yoğun olduğu dönemlerde solunum yollarına yerleşir ve kış aylarında soğuk algınlığı gibi nedenlerle vücudun direnci zayıflayınca harekete geçerek bronşit hastalığını tetikler.

2.5.3. Diğer hastalıklar üzerindeki etkileri

İnsanlara sağlık etkileri; solunum yolundan kaynaklanan tozlu günlerde, bu çöl kaynaklı tozlarını akciğerlere çeker ve sonunda solunum yollarında siklonik halkaya hava girerek vücudu bu tozlardan korumanın çeşitli yollarına sahip makro ve mikro boyutlu kıllar elde eder.

Burun ve solunum yolundaki solunum tüpünün makro ve mikro ölçekli tüyler tozla birlikte akciğerlerine ulaşmadan burunda su içinde tutulur.

Çapı 10 mikrondan küçük parçacıklar akciğerlerin derinliklerine kadar uzanır ve 2.5 mikrondan küçük çaplı cisimler akciğer hücrelerine girer ve ciddi sağlık problemlerine neden olur.



Şekil 2.17. A ve B'de görünen parçacıklar, alveoler hücrelere, solunum borusunda C ve D'de görünen partiküler maddenin fotomikrograflarına erişir.

Atmosferik rüzgârlarla karışan çöl ekosisteminden nakledilen çöl tozuna en çok maruz kalan alanlar; Ortadoğu Karayipler Bölgesi'dir. Bu iki bölgede, küresel ve yerel olarak en çok görülen astım şikâyetleri yazılı olarak mevcuttur (Bener ve ark., 2016). Araştırmalar sonucunda Barbados Bölgesi'nde astım göstergesi birim bazında 1973 – 1996yılları arasında 17 birimlik bir artış göstermiştir ve bu dönemde Afrika çöl ekosisteminden bu bölgelere taşınımı olan toz miktarlarında da artış gözlenmiştir (Prospero ve ark., 1999). Toz bulutlarının kil minerallerine olan yanı sıra geçmişte çöl ortamında yaşamış olan hayvan ve bitkilerin kalıntıları sebebiyle yüksek konsantrasyonlarda mikroorganizma taşınımları (mantarlar, bakteriler, virüsler ve polenler) gerçekleşmektedir (Griffin ve ark., 2002). Partiküllerde bulunan patojen maddeler ve mikroorganizma topluluğu insanoğlunu direkt olarak riske atabilmekte ve hastalıklar, alerjiler oluşturabilecek kapasiteye sahip olmaktadırlar.

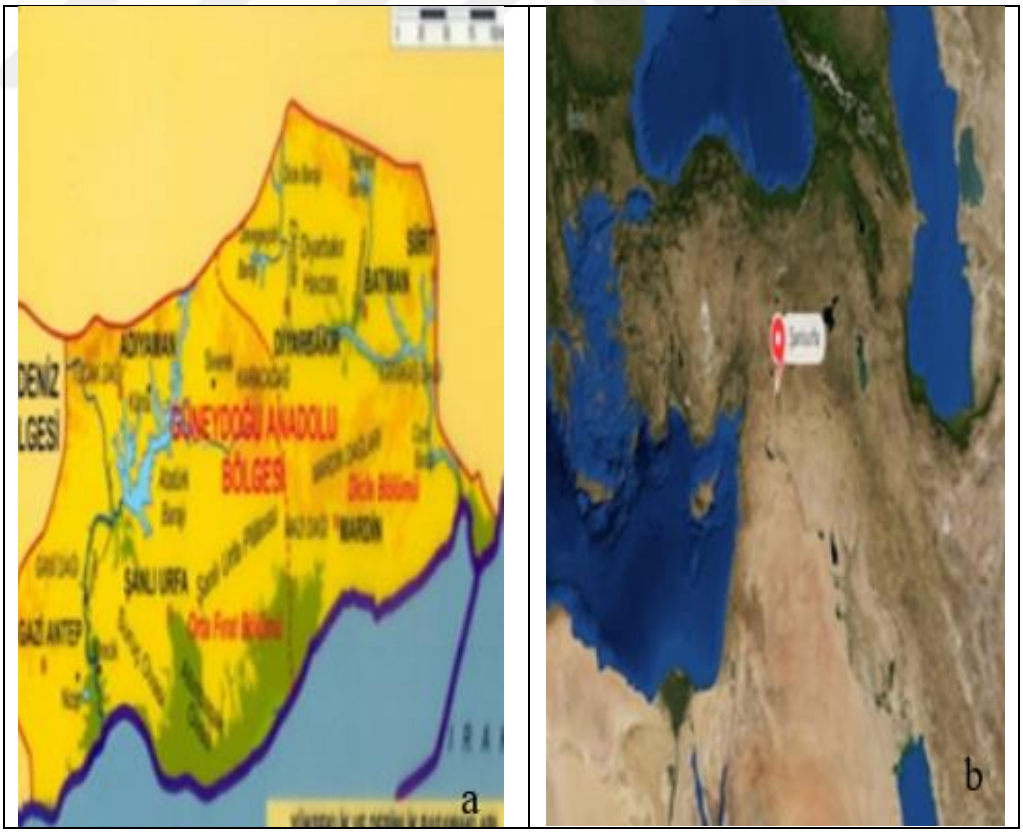
Atmosferdeki toz konsantrasyonunun normal seviyesinin üzerine çıktığı günlerde yukarıda bahsedilen astım, bronşit ve migren rahatsızlıkları dışında solunum yolları rahatsızlıkları ve göğüs hastalıklarından hastanelere başvuranların sayısında da artışlar olmaktadır. Atmosferdeki çöl tozu yoğunluğunun ve partikül madde miktarının artış gösterdiği dönemlerde kuruluk ve tahriş gibi cilt problemleri de yaşanmaktadır. Derinin hava almasını sağlayan küçük gözeneklerin, boyutları 5 mikrondan daha küçük olan toz tanecikleri tarafından tıkanmasıyla cildin nefes alması engellenmekte bu da cildin kurumasına ve matlaşmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra saçlar da bu durumdan olumsuz etkilenmekte, bir süre toza maruz kalan saçlar da cansızlaşma, saç köklerinde zayıflama, matlaşma gibi sorunlar yaşanırken toza uzun süre maruz kalınması halinde saç dökülmeleri meydana gelmektedir (URL-11). Tozlu günlerde havanın kapalı olması, güneşin görülememesi, sağlıklı nefes alınamaması gibi etkenler insanlar üzerinde psikolojik olarak da önemli etkiler bırakmakta böyle günlerde insanların dışarı çıkma isteği ve çalışma performansı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Ancak çöl tozları sadece dış ortamla sınırlı kalmamakta kapı ve pencere aralıklarından evlerin içine kadar sızabilmekte iç ortamda da hava kalitesini belirgin bir şekilde düşürmektedir. Atmosferi kaplayan tozlar nedeniyle havanın kapalı olduğu günlerde insanların kendini daha kötü hissettiği bıkkınlık, bunalma gibi duygusal tepkiler gösterdiği bilinmektedir.

Atmosfer içerikli doğal tozlar ve hava kirlenmesi sebebiyle insanlığın var olduğu ilk günden bu yana günümüz koşullarına kadar türlü yönleriyle insan sağlığını ve çevresini etkilemiştir. Bu konuyla ilgili büyük tıp bilgini İbn-i Sina şunları söylemektedir: “Eğer havadaki toz olmasaydı insan ömrünün 1000 sene olmaması için hiçbir neden kalmazdı” (URL-12).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Orta Fırat Bölümü'nde yer alan Şanlıurfa,doğusunda; Mardin, kuzeyinde; Adıyaman ve Diyarbakır, batısında; Gaziantep, güneyinde ise; Suriye ile sınırlıdır. Şanlıurfa yüzölçümü bakımından 19.615 km^2 alana sahip olup coğrafi konumu $37^0 50^l$-$40^0 12^l$ doğu boylamları ile $36^0 40^l$-$38^0 02^l$ kuzey enlemleri arasında yer alır. Şehrin denizden yüksekliği 518 metredir. Son TÜİK sayımlarına göre 2 milyondan fazla nüfusa sahiptir. Dağlar Şanlıurfa'nın %22'sini, ovalar, %16,3'ünü, platolar ise %61,7'sini oluştururken, tarıma elverişli alanlar %98,3'ünü, orman alanlar %0,6'sını, ekili-dikili alanlar %67,1'ini çayır ve meralar % 37,6'sını ve tarıma elverişsiz alanlar %1,7'sini kapsamaktadır.



Şekil 3.1. (a) Güneydoğu Anadolu Bölgesi fiziki haritası ve (b) Partisol 2025 ID cihazı konum haritası.

Şanlıurfa ili bütün alanlarıyla düzlüklerden meydana gelmiş toprak kuzey tarafından güney tarafına doğru eğilimlidir buna ek olarak ta yükselti güney yönüne doğru yükseltiyi azaltmaktadır. Şanlıurfa'nın en yüksek dağı Diyarbakır-Urfa civarındaki Karacadağ'dır. Karacadağ, Mirimir Tepesi ile birlikte 1938 metreye ulaşmaktadır. Şanlıurfa'nın kuzeyindeki bu eski volkan çevreye lav yayar ve söner. Eyalet tarafında bulunankapıların tümü 1000 metrenin altındadır. (Arat Dağı 840m, Cudi Dağı 827m, Tektek Dağı 749m, Susuz Dağı 801m).

Kuzeyden güneye doğru alçalarak uzayan topraklar Suriye sınırında 400m'nin altına kadar inmektedir. Şanlıurfa topraklarının tamamına yakını bir ova olmakla beraber, bazı kesimlere özel adlar verilmiştir. Bunlar; Viranşehir, Harran, Halfeti, Siverek ve Suruç Ovalarından oluşmaktadır. Şanlıurfa'nın en büyük nehri olan Fırat bu şehrin içinden değil, batı ve kuzeybatı sınırından geçmektedir. Fırat Nehri Şanlıurfa`yı Gaziantep ve Adıyaman şehirlerinden ayırmaktadır. Şanlıurfa şehrinin sınırındaki uzunluğu 270 km olup, bu nehrin üstünde Türkiye`nin en uzun kara köprüsü olan Birecik Köprüsü (700 metre) bulunmaktadır. Gaziantep-Şanlıurfa karayolunun geçtiği bu köprüden sonra Fırat güneye kadar inmeye devam etmektedir.

Daha sonra Şanlıurfa şehrini terk ederek Suriye topraklarından geçmektedir. Fırat Nehri üstünde Atatürk Barajı, Karakaya Barajı ve yapımı hala sürmekte olan Birecik Barajı bulunmaktadır. Fırat Nehri'nin suyu ilkbaharda artarken, yaz sonunda azalmaktadır. Şanlıurfa topraklarında Fırat Nehri ile birleşik akarsular önem teşkil etmemektedir. Buna ek olarak Karacadağ'dan Siverek`in güney yamaçlarına Fırat'a karışan Karaçay sayılmaktadır. Bazı akarsu ile Şanlıurfa Ovaları'nın ve Viranşehir Ovaları'nın güneyinden geçip Colap, Belih, Habur, Ceylanpınar suları ile birleşerek Suriye sınırı ve topraklarından Fırat Nehri'ne karışmaktadır. Şanlıurfa şehrinde büyük göller bulunmakta iken tamamlanmak üzere olan Atatürk, Karakaya ve Birecik Barajları bölgede büyük göller oluşturacaktır. Şanlıurfa ilinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin kara iklimi egemen iken, Kışlar oldukça soğuk ve sürekli,

yazları çok sıcak ve kurak geçmektedir. Az olan yağışlar Karakaya Baraj Gölü'nü, Atatürk Baraj Gölü'nü zamanla seviyesinin yükselmesine yardımcı olmuştur.

Şanlıurfa meteoroloji istasyonu verilerine göre en soğuk ayda ortalama ısısı 5^0C iken, en sıcak ayda ortalama ısı 31^0C'dir. Şimdiye kadar görünen en düşük ve en yüksek ısılar -12^0C ve $+47^0$C olmuştur. Sıcaklığın 30^0C olduğu günlerin ortalama sayısı 236 gün ve Sıfırın altına düştüğü ortalama günlerin sayısı 125'tir. Yıllık ortalama yağış miktarı 867.5 mm'dir.

Şanlıurfa'da uzun bir zamandan beri özellikle geçiş mevsimleri olan ilkbaharda(mart-nisan-mayıs) ve sonbaharda(eylül-ekim-kasım) genellikle güneyden esen rüzgarların etkisiyle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Şanlıurfa'ya Özellikle Sahra Çölleri'nden, Suriye Çölleri'nden ve Arap Yarımadası Çölleri'nden yüksek oranda doğal atmosferik toz taşınımı olayı gerçekleştiği vurgusu yapılmıştır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne yıl içinde yoğun olarak Sahra çöllerinden, bize sınırı olan Suriye çöllerinden ve son olarak Arap Yarımadası çöllerinden ve İran çöllerinden yoğun bir biçimde toz taşınımı olmaktadır. Bu toz taşınımları bilimcilerin fark etmesi sonucunda teknolojik bağlamda bir takım uydu ve program kullanımını da beraberinde getirmiştir.

Çalışmada ilk olarak atmosferik toz taşınımına önce tanıklık eden HYSPLIT Programı'ndan ve MODIS uydusundan bahsedilmiştir. Tozun kaynağını, yani tozun tam olarak yerden kalktığı yeri, yani hangi bölgeden kalkıp oradan hangi istikamette gittiğini ve o tozun kaç metre yükseklikten geldiğini saptamak için HYSPLIT Programı kullanılmıştır.

Yine bu rüzgarlarla taşınan çöl tozlarının HYSPLIT programının yanında daha da iyi mukayese edebilmek adına MODIS uydusundan faydalanılmıştır. MODIS Uydusu ise, her gün dünyanın bütün kıtalarından geçerek Türkiye üzerinden de geçiş yapmaktadır. Bu uydu yerden kalkan tozun yoğun bir biçimde rüzgar yönünün etkisiyle sistemde de flu (bulanık) bir görüntü belirterek tozu net bir biçimde görmemize yardımcı olmuştur.

Bu çalışmada Şanlıurfa ilini etkileyen çöl tozlarının uydu ve program yardımıyla izlenilmesinin yanında bu tozların genel olarak özelliklerinin kavranması hususunda Harran Üniversitesi'nin Çevre Mühendisliği Bölümü'nün çatısına kurulan kamera sistemi ve Partisol 2025 İD cihazı ile tozların miktarları, konsantrasyonları hesaplanmış ve son olarak Şanlıurfa'nın en büyük hastanelerinden biri olan Mehmet Akif İNAN Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin Göğüs Hastalıkları Poliklinikleri'nden aldığımız günlük hasta sayıları ile bu çalışma çöl tozlarının sağlık üzerindeki etkileri hususunda net ve kesin bir sonuç kazanmıştır. Çalışmanın materyal ve yöntem kısmında ilk olarak Partisol 2025 İD cihazı hakkında genel bir bilgi verilecektir.



Şekil 3.2. Partisol 2025 İD cihazının ve bölgesel kameraların bulunduğu alanı gösteren harita.

3.2. Partisol 2025 İD Cihazı ve Genel Özellikleri

Partisol 2025 İD cihazı Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği bölüm çatısına kurulmuş olup her gün gelen tozların ilk başta konsantrasyonunu hesaplamak ve daha sonra da kimyasal içeriği hakkında bilgi sahibi olmamıza olanak sağlamaktadır (Şekil 3.3).

Tozun kimyasal içeriği hususunda bilgi akışı Harran Üniversitesi Merkez Laboratuvarı (HÜMEL) tarafından yapılmıştır. Kullanılan Partisol 2025 İD cihazı 4 temel bölümden oluşmaktadır. Bunlar;

- Toz çekim borusu
- Filtre çekim ünitesi
- Filtre ünitesi
- Partisol 2025 İD cihazını 24 saat kayıt altına alan bölgesel kamera sistemi



Şekil 3.3. Partisol 2025 İD cihazının kapalı(a) ve açık(b) görünümü.

3.2.1.Toz çekim ünitesi

Çalışma için kullanılan cihazda bulunan temiz filtrelerin tozu yüzeyine alabilmesi için tozun havadan çekişini sağlayacak bu düzeneğe ihtiyacı vardır.

Takılan temiz filtreler bu düzenek sayesinde tozun çekimini sağlayarak tozun geldiği sıklıklara göre kendini ayarlayıp konsantrasyonlarını da tozun çektiği miktara göre belirleyecektir. Tozun çok olduğu günlerde konsantrasyon yükselirken az olduğu günlerde düşük konsantrasyon hesabı ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Partisol 2025 İD cihazı(a) ve toz çekim borusu(b)

3.2.2.Filtre çekim ünitesi

Partisol 2025 İD cihazı için filtreleri kabına ve kapları da magazin ünitelerine yerleştirdikten sonra bu magazin üniteleri cihaza sırasıyla yerleştirilir (Şekil 3.5). $PM_{2.5}$ olan filtre sol tarafta arka kısmına konulurken PM_{10} ünitesi ise sol tarafta ön kısmına yerleştirilir. Burada bu filtreler cihazda EPA standartlarına göre ayarlama yapılıp her gün sabah saat 9:30'da filtreleri çekmesi için cihaz ayarlanıp diğer gün sabah yine saat 9:30'a kadar çekiş işlemi gerçekleştirilir(Rutin olarak günlük olarak 24 saatlik bir çekim yapılmaktadır). Sabit olarak cihaz her gün aynı saatte çekiş işlemini cihaz otomatik olarak yapmaktadır. PM_{10} başlığından geçen partikül maddeler boyutlarına göre iki kısmına ayrılarak teflon partikül filtresi üzerinde toplanmaktadır. Kaba partiküller 1,67 litrelik partikül madde debisiyle kaba filtrede, ince partiküller ise 15 litrelik partikül madde debisiyle ince filtrede toplanır. Sabit bir debiyle çalışan cihaz mekanizması 24 saatlik kayıt yeteneğine sahiptir.

Partisol Plus Ambient Air, Numune Alma Sistemine adapte edilir ve programlanabilen zaman aralıklarına ve diğer koşullara göre hem PM_{10} hem de $PM_{2.5}$'i 47 milimetre filtrelerle örnekleyebilir. 16 filtre kasetine sahip cihaz, 2 hafta süreyle takip edilmeden günlük partiküler madde örneklemesine izin verir. Otomatik filtre değiştirme ayarı, kullanıcıyı belirli hacimsel akış tutma özelliğine sahip diğer toz örnekleyicilerinden ayırır ve ortam sıcaklığını, bağıl nemi ve basıncı ölçer ve ortalamayı alır ve kaydeder. Buna ek olarak rüzgar yönü ve hızı, harici belleğe takılarak cihaza bağlanabilen bir anemometre ile de ölçülebilir. Cihaz, geniş bir sıcaklık aralığında çalışır ve zamana dayalı örnekleme olanağı sağlar.



Şekil 3.5. Partisol 2025 İD cihazına yerleştirilen (a) magazin üniteleri ve (b)filtre çekim ünitesi.

3.2.3. Filtre ünitesi

Partisol 2025 İD cihazı için filtreler iki tip olup bunlar; kaba (course) ve ince (fine) olmak üzere iki çeşittir. Kaba (course) olan filtre $PM_{2.5}$ boyutundaki filtreler için kullanmakta iken ince (fine) olan filtre ise PM_{10} boyutundaki filtrelerin konsantrasyonunu ölçmek için kullanılır. Aşağıda kullanılan filtrelerin konuldukları kaplar Şekil 3.6'de verilmiştir.



Şekil 3.6. Filtre bölümü düzeneği için kullanılan (a)filtre kapları ve (b)magazin üniteleri.

İlk olarak filtreler kaba yerleştirilmeden önce bu filtreler 48 saat boyunca desikatörde nemini tamamen çekmesi için bırakılır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Desikatöre (a,b) temiz filtrelerin yerleştirilmesi ve (c,d) yerleştirilme şekilleri.

Daha sonra nemi alınmış olan filtreler etüvden çıkarılarak hassas terazi de ilk tartımı darası alınarak yapılır. Çalışmada kullanılan hassas terazi dahili bir kalibrasyona sahip olup sıcaklık değişimine duyarlıdır. Komparatör ve formülasyon özeliklerinin yanında Windows Direct PC bağlantısı da mevcuttur. LCD ekran, 3 yönden açılabilen analitik cam dolap, parola korumalı menü kilidi ile güvenli kullanım, bir tuş ile hızlı bir şekilde ayarlanabilen 5 basamaklı medya filtresi zamanlanmış otomatik kapanma GLP uyumlu dokümantasyon ve anti-manyetik alaşım kasa özellikleri mevcuttur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Desikatörden çıkarılan filtrelerin hassas terazi de tartımı.

Yapılan bu filtrelerin ilk tartımı yapıldıktan sonra bu tartımlar ilk ağırlıkları liste yapılarak not edilir ve daha sonrasında bu filtreler kendi numaralandırılmış kaplarına konulur. Bu filtrelerin kaplarına konulması yine başka bir kabin yardımıyla gerçekleştirilir. Bu kabin içerisinde filtre değişimi daha steril bir ortamda yapılmış olur(Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Filtre değişimi yapılan ünite. (a) filtreyi kaba yerleştirme, (b) filtre kabını magazin ünitesine yerleştirme.

Fine ve course filtreler kaplara yerleştirilirken filtrenin parlak yüzeyinin üst tarafa gelmesi istenir. Daha sonra bu kaplar her güne birer filtre(günde bir adet $PM_{2.5}$ için bir adette PM_{10} için) olmak üzere iki filtre kullanılır. Bu filtrelerden $PM_{2.5}$ olan $PM_{2.5}$< olan filtreleri toplarken diğeri olan PM_{10} ise $PM_{2.5\text{-}10}$ arasındaki filtreleri ölçmek için kullanılır. Filtreler kaba yerleştirildiğinde parlak yüzey üste gelecek ve filtreler hava almayacak şekilde kaplara konulur ve daha sonra bu kaplar biri $PM_{2.5}$, diğeri de PM_{10} olmak üzere iki ayrı magazin ünitesine(konuldukları kap)yerleştirilir.

3.2.4. Partisol 2025 İD cihazını 24 saat kayıt altına alan bölgesel kamera sistemi

Partisol 2025 İD cihazının izlenmesi baz alınarak ve günlük olarak havadaki tozun durumu hakkında uydu ve programlarda Şanlıurfa'ya gelen tozun mukayese edilmesi için havadaki tozun gözle görünür bir biçimde izlenmesi amacıyla bu bölgesel kamera sistemine başvurulmuştur. Bu kamera sistemi 3 kameradan oluşup tozları 7 gün 24 saat kayıt altına almaktadır. Olası bir elektrik kesintisine rağmen kameraların görüntüsünün alındığı odada görüntülerin kesintisiz alınabilmesi için jeneratör bulunmaktadır.

1.kamera güneyden gelen tozların görüntüsünü almaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. 1.kameranın çatıdaki konumu (güney cephesi).

2.kamera kuzeyden gelen tozların görüntüsünü almaktadır (Şekil 3.11).



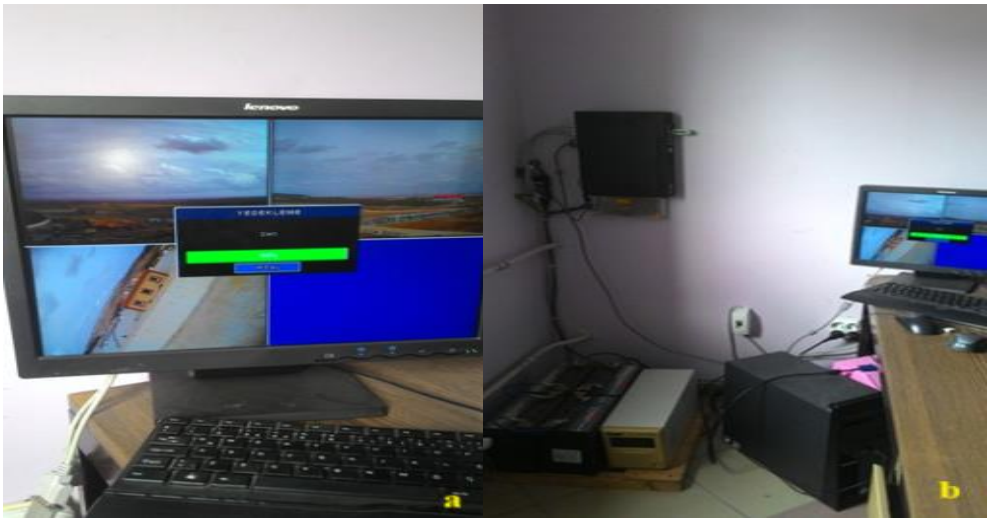
Şekil 3.11. 2. kameranın çatıdaki konumu (kuzey cephesi).

3.kamera ise; Partisol 2025 İD cihazını izlemektedir. Aşağıdaki şekillerde 3.kamera ve Partisol 2025 İD cihazına bakan konumu verilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. (a)3. kameranın konumu ve (b)kameranın Partisol 2025 İD cihazına göre konumu

Cihazın çalışır durumda olup olmadığı bilgisayara kurulan kamera sistemi ile takip edilebilmektedir ve kameraların görüntülerini birebir alabilmek için yine çatı katının bir alt bölümünde bulunan görüntüleme odasındaki bilgisayar ile her gün düzenli olarak kamera görüntüsü alınabilmektedir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. (a) kamera görüntülerinin alındığı bilgisayar ve (b) görüntünün alındığı yerde oluşturulan düzenek.

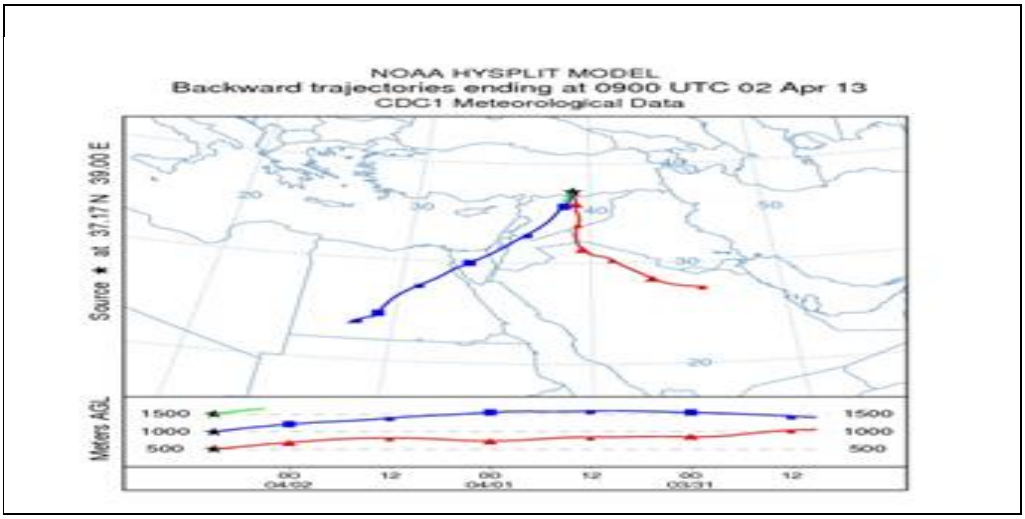
Partisol 2025 İD cihazının ölçümü bu şekilde tamamlanmış olur. Bundan sonra numunelerin kimyasal içerikleri ile ilgili bölüm devreye girmektedir. Cihazdan çıkarılarak tekrardan bu filtreler tekrardan nemi alınması için etüve yerleştirilir. 48 saatin ardından bu numuneler ikinci kez tartılmak üzere hassas terazi de tartılır ve liste yapılarak bu filtrelerin ağırlıkları tekrardan not edilir. Filtrenin ilk ölçümü ve son ölçümüne göre artık konsantrasyon hesabı yapılmaktadır. Bunu yaparken tozun çok geldiği gün konsantrasyonun çok fazla, tozun az geldiği gün konsantrasyonun az olduğu yaptığımız hesaplamalar sonucunda kanıtlanmıştır.

3.3.Uydu ve Programlar Aracılığı ile Kaynak Tespiti

3.3.1.HYSPLIT programı ve toz kaynağı tespiti

Rüzgârlar vasıtasıyla yurdumuza gelen tozların uydu ve programlar yardımıyla kaynak tespiti uzun bir zamandan beri yapılmaktadır. Bunlar olan HYSPLIT programı bilgisayarlardan çalışılan alanın koordinatları girilerek bu program çalıştırılır ve rüzgar yönleri başta olmak üzere birçok meteorolojik anlamda yardımcı olmaktadır. Bu esen rüzgarların vasıtasıyla taşınan çöl tozlarının kaynağının neresi olduğu bu HYSPLIT programı sayesinde bulunmaktadır. HYSPLIT tozun ilk kalktığı andan itibaren taki vardığı noktaya kadar tüm izlenme yollarını gün gün oluşturulan bu program sayesinde yapılmaktadır.

O halde HYSPLIT programı bölgesel kameralar dışında toz kaynaklarının bulunmasında önemli bir konuma sahiptir. Bu program yerden 5000 metreye kadar ölçüm yapıp rüzgâr yönlerini günlük kâğıda dökebilmektedir. HYSPLIT programı her 500 metre de bir ölçüm yapabilen ve 5000 metreye kadar on ayrı kademede ölçümleri meydan getiren bir uydu programıdır (Şekil 3.14).

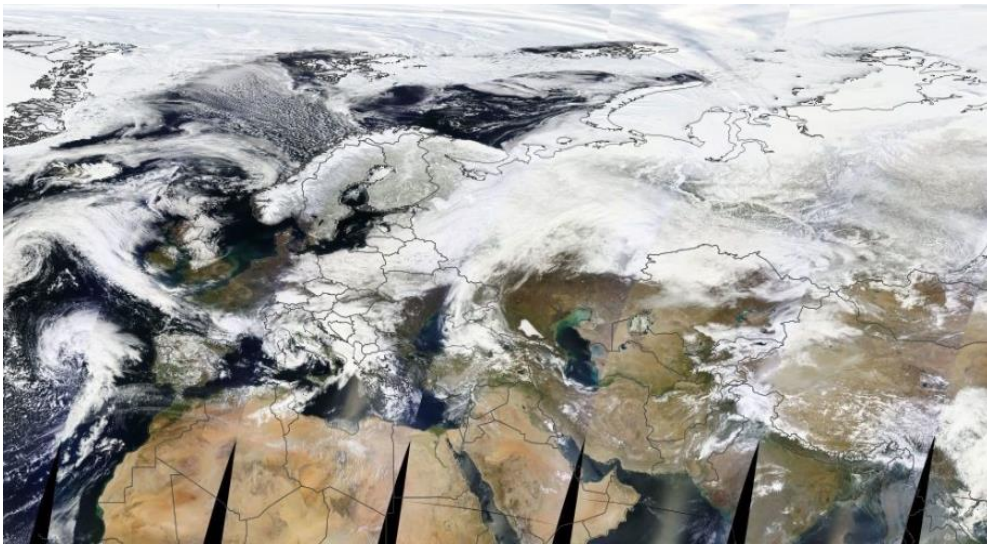


Şekil 3.14. HYSPLIT programı ve rüzgar yönü kaynağı tesbiti (2 Nisan 2013 gününe ait).

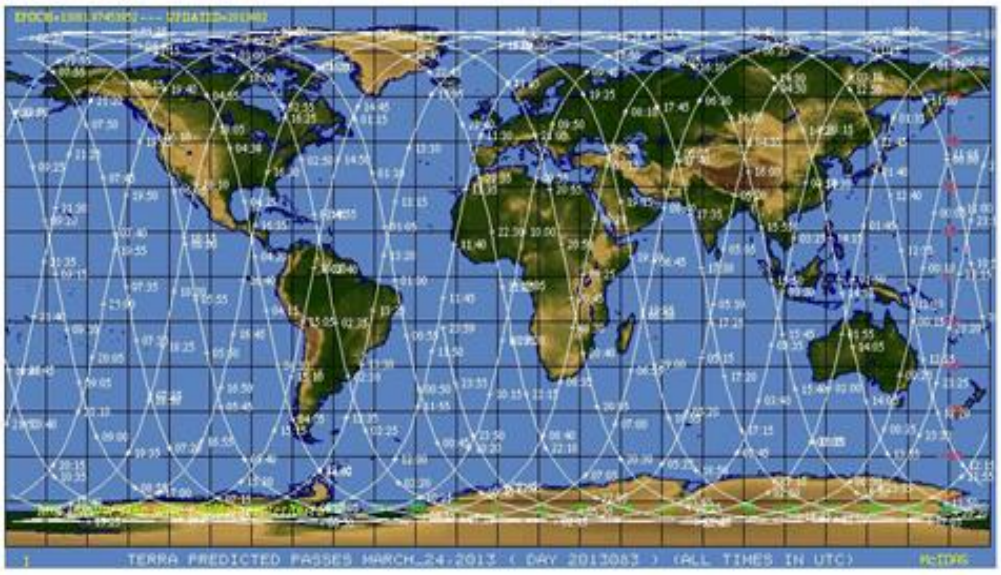
Şekil 3.14'de gördüğümüz 2 Nisan 2013 günü HYSPLIT görüntüsünde 500 metrede tozun Arap Yarımadası'ndan, 1000 metrede Sahra Çölü'nden ve 1500 metrede ise tozun Suriye'den kalktığı bu görüntüden anlaşılmaktadır. İsteğe bağlı olarak bu görüntü 3 kademeden oluşmakta iken program üzerinden bunun 5'li, 7'li ve 10'lu kademeli olanları da yapılabilir. Her kademeye 500 metre koordinatları girilerek istenilen kademeye kadar HYSPLIT görüntüsü ve kademelerdeki yönleri kolaylıkla görüntü üzerinde bulunup saptanabilir. Bu şekilde tozun kaynağının saptanmasında oldukça yardımcı bir programdır.

3.3.2. MODIS uydusu ve toz kaynak tespiti

MODIS uydusu yine HYSPLIT programı gibi çöl tozlarının kaynak tespitinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Bilgisayarda bulunan bir link yardımıyla (URL-13). MODIS uydusunun da görüntüsü alınabilmektedir. Bu görüntü alındıktan sonra görüntü üzerinde tozun geldiği yöne doğru gözle görülür bir flu görüntüsü varsa buraya toz taşınmıştır veya yakın ve uzak çevresinde bir orman yangını olduğu teşhisini ortaya koyulabilmektedir. Bu uydu her gün dünyanın bütün kıtalarından geçerek(dünya üzerindeki bütün koordinatlardan geçerek) ülkemize geçtiği anı link yardımıyla içinden seçip bularak günlük olarak MODIS görüntüsü alınabilmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. MODIS uydusu ile çekilen 2 Nisan 2013 gününe ait uydu görüntüsü.



Şekil3.16. 24 Mart 2013 tarihine ait MODIS-Terra geçişi (URL-14).

MODIS Uydusu Terra ve Aqua olmak üzere iki bölümden oluşup genel olarak görüntülerin alındığı Terra bölümünden eğer uydu uzaktan veya tam olarak istenen bölgeyi alamamışsa bu defa Aqua bölümünden fayda sağlanır. Bu çalışmada hem HYSPLIT programı, hemde MODIS uydusu görüntülerinin günlük olarak alınıp 5 yıllık verileri burada mevcuttur.

4.ARAŞTIMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. MODIS Uydusu, HYSPLIT Programı ve Bölgesel Kameralar ile Kaynak Tespitinin Mukayese Edilmesi

Türkiye'de hava kirletici ve özellikle aerosol derişimleri ve orijin kaynakları çeşitli metotlar kullanılarak incelenmiştir. Sınırlar ötesinde uzun menzilli toz taşınımının modelleme çalışmaları henüz yeni yaygınlaşmış, burada Avrupa'yı, Türkiye'yi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni içinde barındıran oldukça geniş bir bölgede, hava sirkülasyonu, iki veya üç boyutlu meteorolojik değişkenleri, hava kirleticilerinin emisyon, birikme ve derişimlerin saatlik grid değerlerini tahmin etmek ve taşınım yörüngeleri için mezo ölçek meteorolojik modeli HYSPLIT yörünge modelinden oluşan bir modelleme sistemi kullanılmıştır. Türkiye'de ilk kez kullanılan bu modelleme sistemleriyle hava kirletici kaynakların Avrupa'dan Türkiye'ye taşınımı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne olan uzun menzil taşınımı tahmini, simülasyonu ve yörüngeleri yüksek bir performansla ortaya konulmuştur.

MM5 modeli, PSU/NCAR (Pennsylvania State University/National Center of Atmospheric Research) tarafından geliştirilmiş bir mezoölçek meteorolojik modeldir. Bu model, günlük rutin meteorolojik öngörüsü yanı sıra hava kirliliği model çalışmalarında gerekli olan meteorolojik verilerin tahmininde dünya çapında geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Burada yörünge modeli HYSPLIT'ten oluşan bir modelleme sistemi geliştirilmiş, Avrupa, Türkiye ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni içine alan oldukça büyük bir bölgede, atmosferik sirkülasyonu ve meteorolojik koşulları takiben bölgedeki hava kirleticilerinin derişimi, birikimi ve taşınımı tahmin edilmiştir. Bu modelleme sistemi bu kadar geniş bir bölgede hava kirliliğinin Türkiye ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne olan taşınımı simüle etmek amacıyla Türkiye'de ilk defa kullanılmaktadır. HYSPLIT modeli vasıtasıyla üretilen yörünge simülasyonları, hava parsellerinin üç ana sektörden kaynaklandığı bulunmuştur.

Bunlar:

- A sektörü: Türkiye ve Doğu Avrupa.
- B sektörü: Türkiye ve Orta Avrupa.
- C sektörü: Güney Avrupa ve Akdeniz'i içermektedir.

MODIS uydusu ise; 1999 yılında NASA tarafından fırlatılmış, yer küreye göre sabit yörüngesi olan bir sistemdir. MODIS üzerine Terra uydusu yerleştirilmiştir. 2012 yılında ise Aqua uydusu yerleştirilmiştir. Bu sistem 36 farklı bant bölgesinde 0,4-14,4 mikron dalga boyunda çalışmaktadır ve farklı seçicilikte(2 bantta; 250m, 5 bantta; 500m seçicilikte) özelliklere sahiptir. Dünya üzerinden geçişleri ile tüm dünyayı görüntülerler. Onboard Terra'da MODIS dünyayı sabah görürken Aqua MODIS yörüngesi dünyayı öğleden sonra görmektedir. Yeryüzü üzerinde büyük ölçekli küresel dinamik hareketlerin ölçümlerini (bulut kapalılığı, radyasyon bütçesi, aşağı atmosferde okyanus ve kara yüzeylerinde oluşan süreçleri) verecek şekilde tasarlanmıştır. Uydu panelinde yer alan üç kalibratör (solar difüz ve kararsızlık monitörü, spektral radyometrik kalibrasyon sistemi, siyah cisim) uçuş sırasında kalibrasyon olanağı sağlar.

MODIS aerosol algoritması, iki bağımsız algoritmadan (biri kara üzeri, diğeri okyanus üzeri) oluşmaktadır. Ancak kara üzerinde algoritması sadece zemin yansımasında (koyu bitki örtüsü üzerinde) kullanılmak üzere geliştirilmiştir. MODIS aerosol ürünleri sadece bulutsuz bölgeler için oluşturulmuştur (Levy, 2010). Bu çalışmada tozların kaynak tespitinde; 2013, 2014, 2015, 2016 ve 2017 yılı olmak üzere beş yıllık veriler baz alınmıştır.

Yurdumuza taşınan tozların kaynaklarında ise en çok taşınım Sahra Çölü, Suriye Çölü ve Arap Yarımadası'ndan yurdumuza özellikle de Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne gelmektedir. Bu çalışmada her yıl için Sahra kaynaklı, Suriye kaynaklı ve Arap Yarımadası kaynaklı 5 yıllık veriler baz alınmış olup çok yoğun tozlu günler mukayese edilmiş ve kaynak tespiti yapılmıştır.

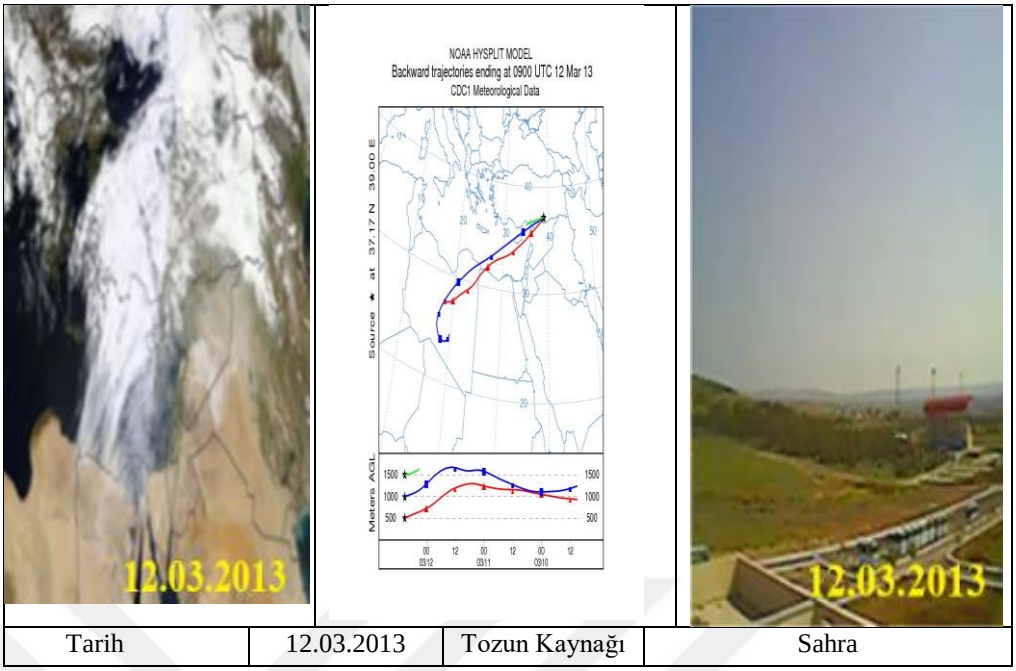
Çöl tozlarının bulundukları bölgeden ayrılıp çok uzak mesafelere kadar taşındığı uzun zamandan beri çalışılan ve bilinen konulardan biri olmuştur. Çöl tozları atmosferde yatay ve dikey yönde iki türlü taşınıma uğramaktadır.

Çöl tozları önce çeşitli meteorolojik faktörlerin etkisiyle dikey olarak atmosfere taşınmaktadır. Daha sonra ise, rüzgarlar ve gezici depresyonlarla yatay olarak uzun mesafelere kadar taşınmaktadır. Çöl tozlarının dikey dağılışı ile ilgili araştırmalar. Akdeniz'deki çöl tozlarının troposferde çok fazla yüksekliklere ulaşabildiğini göstermektedir. Yaklaşık olarak Akdeniz çevresinde çöl tozları 8 km'ye kadar ulaşırken, Atlas Okyanusu çevresinde ise, 5 km'ye kadar ulaşmaktadır.

10^0 ve 30^0 Kuzey enlemleri çevresindeki tozlar, Sahra Çölü'nden Atlas Okyanusu'na Sahra Hava Tabakası (SAL) diye bilinen karma bir hava tabakasıyla taşınmaktadır. SAL genellikle 5 km'ye ulaşmaktadır. Atlas Okyanusu çevresinde toz tabakasının üst sınırı 4,5-5,5 km'dedir (Akınç, 2005).

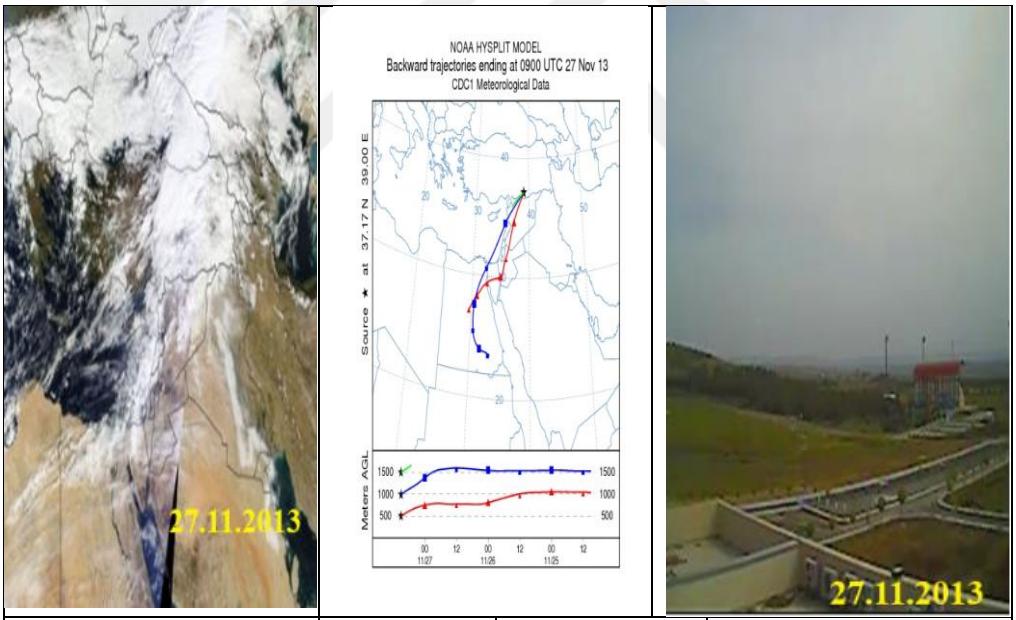
Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de HYSPLIT programının görüntüsü, MODIS uydusu görüntüsü ve kamera görüntülerinin karşılaştırılması sonucu tozun kaynağının açık ve net bir biçimde Sahra Çölleri'nden geldiği görülmektedir. İki şekilde de 500m, 1000m ve 1500m'de tümüyle Sahra kökenli toz olduğu saptanmaktadır. Çoğu atmosferik tozlar, kaynağından çok uzaklaşmadan biraz taşındıktan sonra yere geri inerler. Ama çöl tozları çok uzak mesafelere kadar taşınma kapasitesine sahiptirler.

Çöl tozları, bulundukları bölgelerden 5000-6000 km uzaklara kadar taşınabilmekte olup, sadece Sahra Çölü'nden diğer bölgelere taşınmamaktadır (Eren 2006). Şekil 4.1. ve Şekil 4.2. için bakılacak olursa eğer 12.03.2013 ve 27.11.2013 günlerine ait olan tozlu günlerin Şanlıurfa'ya gelişi tozun yoğun olarak geldiği geçiş mevsimlerinde oluşmuştur.



Tarih	12.03.2013	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.1. 12.03.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

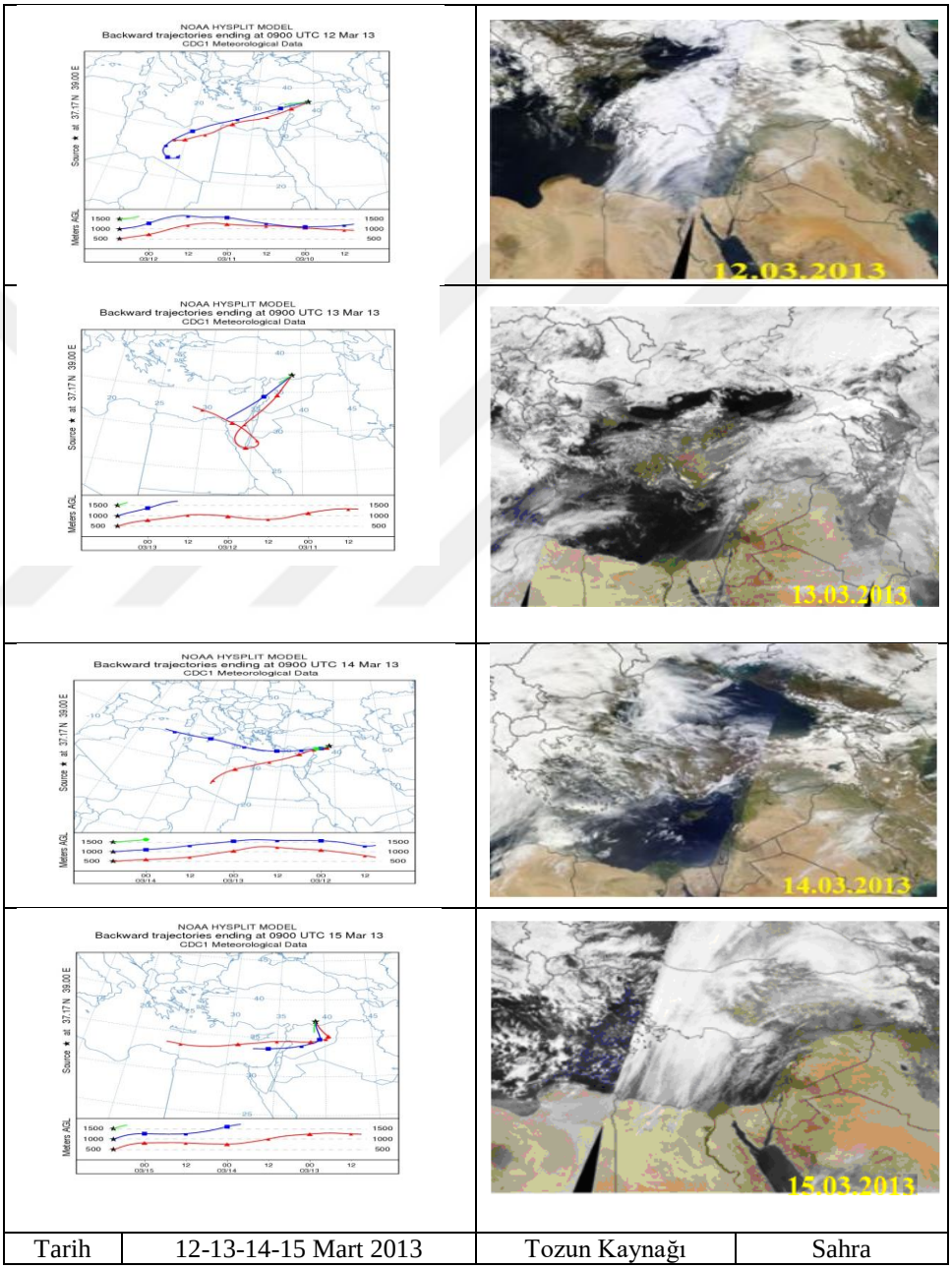


Tarih	27.11.2013	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.2. 27.11.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun, bulunduğu coğrafi konumu son zamanlarda çöl kaynaklı tozlarından fazla miktarda etkilenmeye başlamış ve özellikle Sahra Çölleri ve Arap Yarımadası gibi yurdumuzun sınırında bulunan Suriye çöllerinden toz taşınımını meydana getirmiştir.

Çöl tozları, birbiri ile aynı olmayan kimyasal ve mineralojik özelliklere sahip olup bu farklılık oluşumundaki en önemli faktörler, tozların kaynak bölgelerindeki jeolojik yapı ve iklim şartlarının birbirinden farklı olması, kaynak bölgelerinin jeolojik dönemlerde farklı ekolojik ortamlara sahip olması ve uzun mesafeli taşınım boyunca çöl tozlarına antropojenik kirliliklerin karışmasıdır.

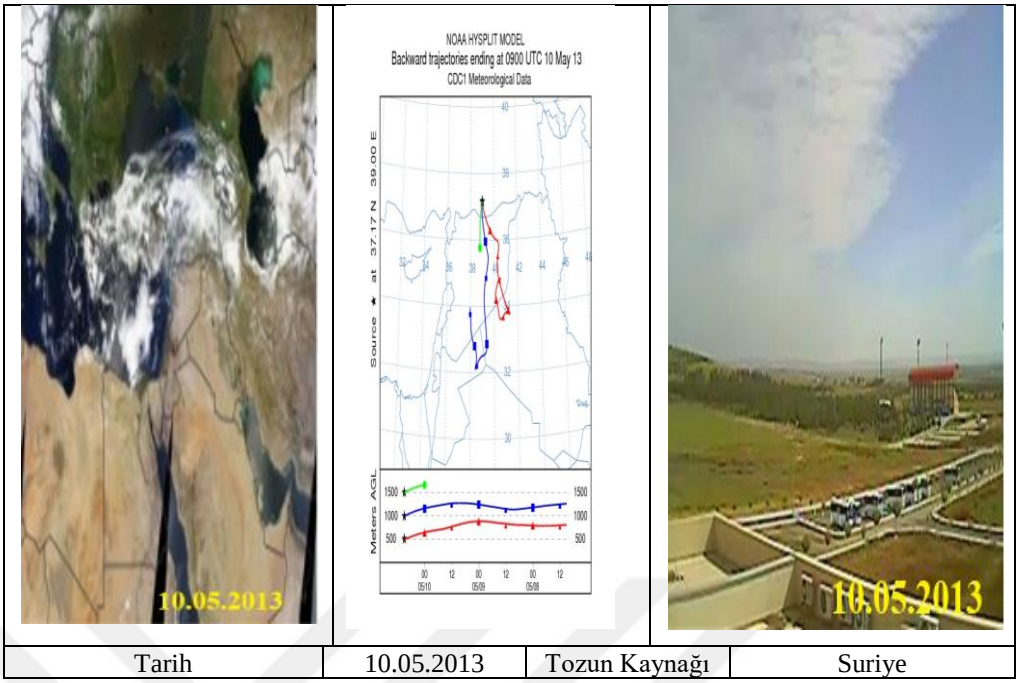


Tarih	12-13-14-15 Mart 2013	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.3. 12-13-14-15 Mart 2013 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

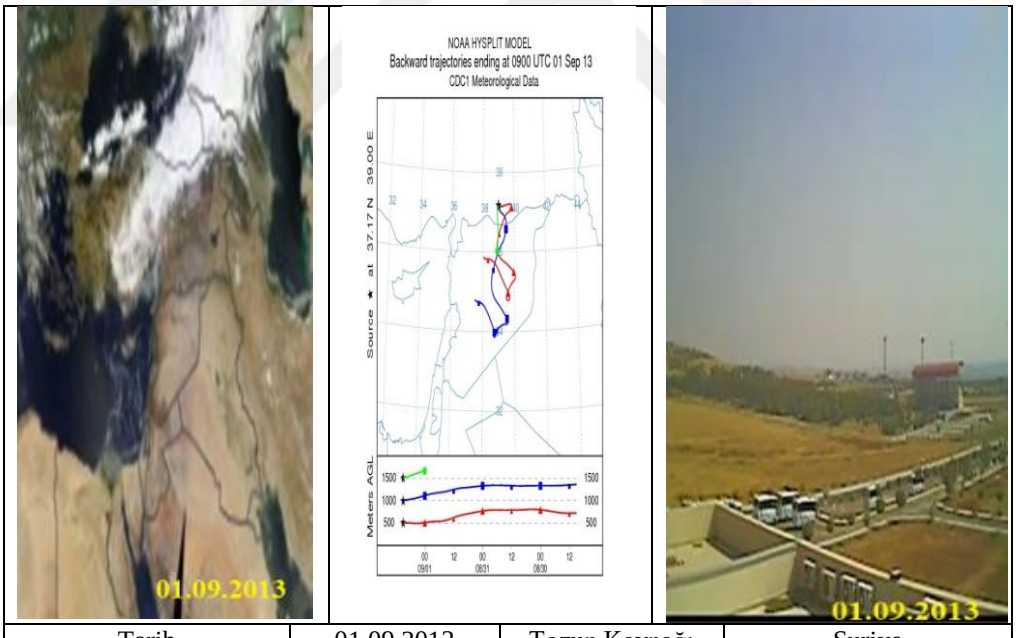
Şekil 4.3'te görüldüğü gibi 12-13-14-15 Mart 2013 günlerinde marttan 4 gün üst üste Sahra kaynaklı tozun gelmesi başta Şanlıurfa şehrini yoğun bir toz bulutu içine almıştır. Rüzgarlar sayesinde art arda gelen toz kütlesinin yoğun bir şekilde gelmesi şehirde bulunan astım, bronşit gibi hastalıklara sahip olan insanlarda hastaneye aşırı yoğun bir talebin olduğu Şanlıurfa Mehmet Akif İNAN Araştırma ve Devlet Hastanesi'nden aldığımız günlük hasta sayıları resmi kayıtlarda mevcuttur.

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de görüldüğü üzere tozların kaynaklarının tümüyle Suriye içerisinden çıktığını uydu, program ve kamera sistemi sayesinde görmekteyiz. Hatta 500m ve 1000m'de tozların Suriye'nin güneyine inip daha sonra yurdumuza daha doğrusu Şanlıurfa'ya taşındığı görülmektedir. MODIS uydusundaki flu(bulanık) görüntü geçiş mevsiminde bulunan 10.05.2013 ve 01.09.2013 gününün yoğun taşınımını göz önüne sermektedir.



Tarih	10.05.2013	Tozun Kaynağı	Suriye

Şekil 4.4. 10.05.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

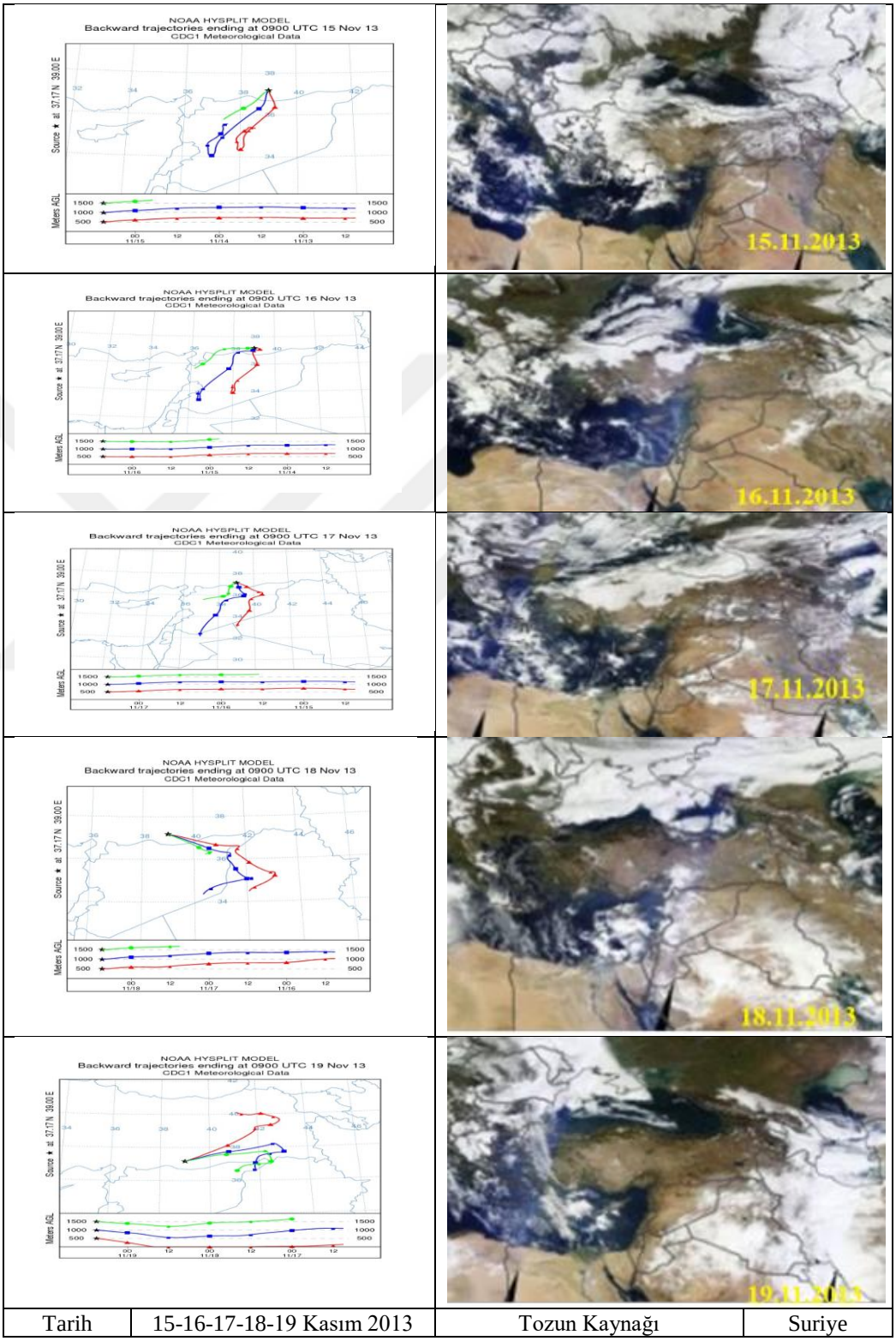


Tarih	01.09.2013	Tozun Kaynağı	Suriye

Şekil 4.5. 01.09.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Şekil 4.6'de geçiş mevsimi aylarından olan kasım ayında 5 gün aralıksız olarak Suriye kaynaklı bir toz taşınımı mevcuttur.

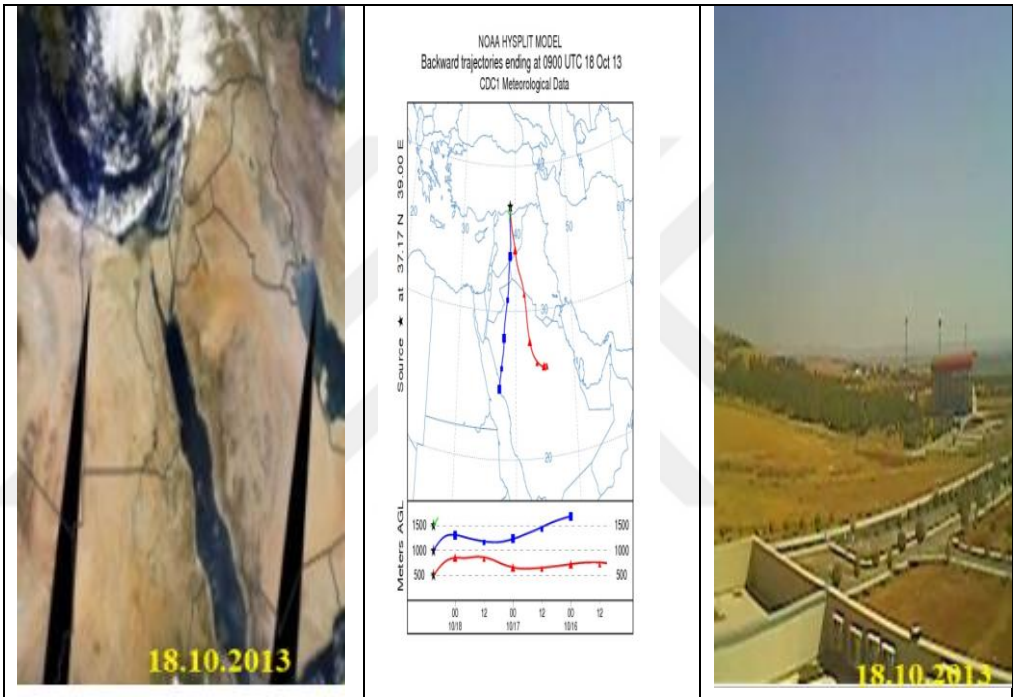
Bu toz taşınımı ile birlikte tarım bölgesi olan Şanlıurfa şehrinde çiftçiler tozun hasatı etkilediğini söyleyerek hasata zarar verdiğini dile getirmişlerdir.



Tarih	15-16-17-18-19 Kasım 2013	Tozun Kaynağı	Suriye

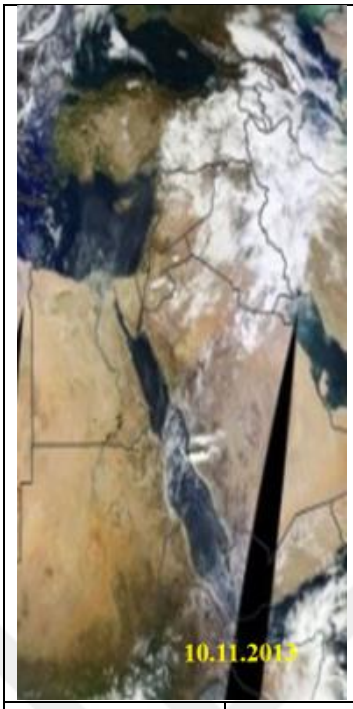
Şekil 4.6. 15-16-17-18-19 Kasım 2013 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

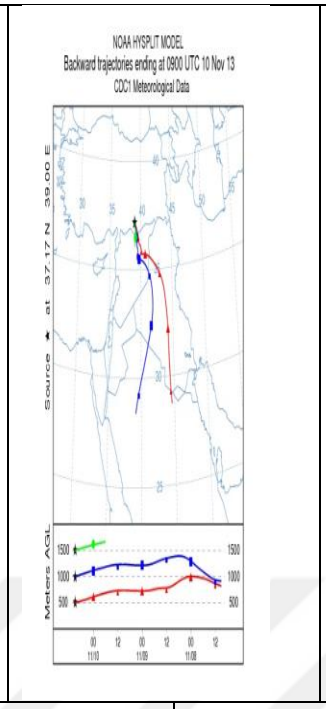
Sahra çölleri ve Suriye çöllerinin yanında birde bunun yanında Arap Yarımadası'ndan yurdumuza toz taşınımı olmaktadır (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). Her iki şekilde de tozların 500m 'de Suriye'den kalktığı görülmektedir. Yani Şanlıurfa'ya taşınan tozun içeriği sadece Arap Yarımadası'ndan gelmemekte olup Suriye çöllerinden gelen tozun kimyasını da içine alarak bu şekilde tozunu taşımaktadır. Ama iki şekilde Arap Yarımadası'ndan kademe olarak daha çok olduğu için bu günler Arap Yarımadası kaynaklıdır denir.



Tarih	18.10.2013	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.7. 18.10.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



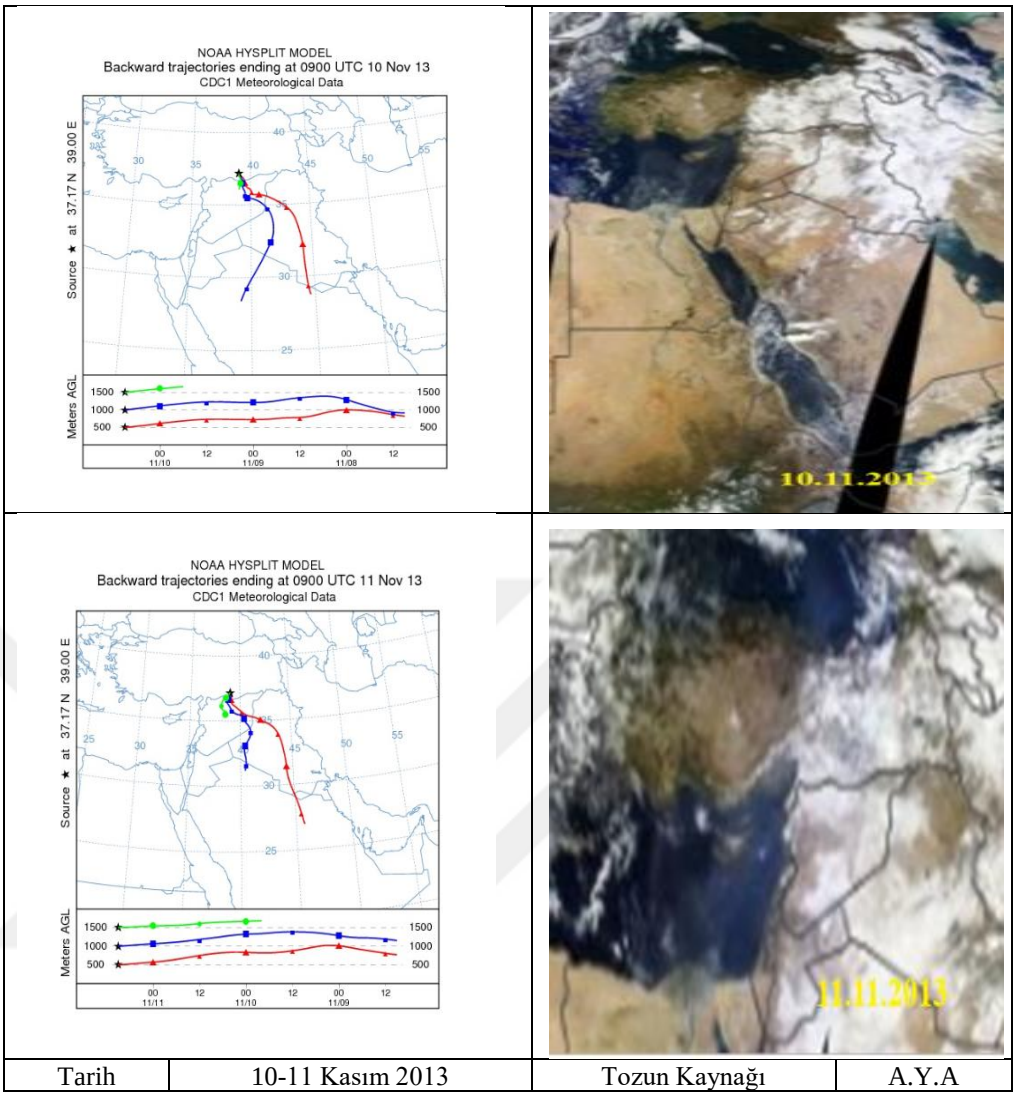




Tarih	10.11.2013	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.8. 10.11.2013 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Yukarıdaki Şekil.4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8'te 2013 yılında gelen tozlu günlerin bütün kaynaklardan gelmiş olan tüm örnekleri bulunmakta olup 2013 yılının geçiş mevsimlerinde oldukça yoğun toz taşınımını kesin bir biçimde kanıtlamıştır.



Tarih	10-11 Kasım 2013	Tozun Kaynağı	A.Y.A

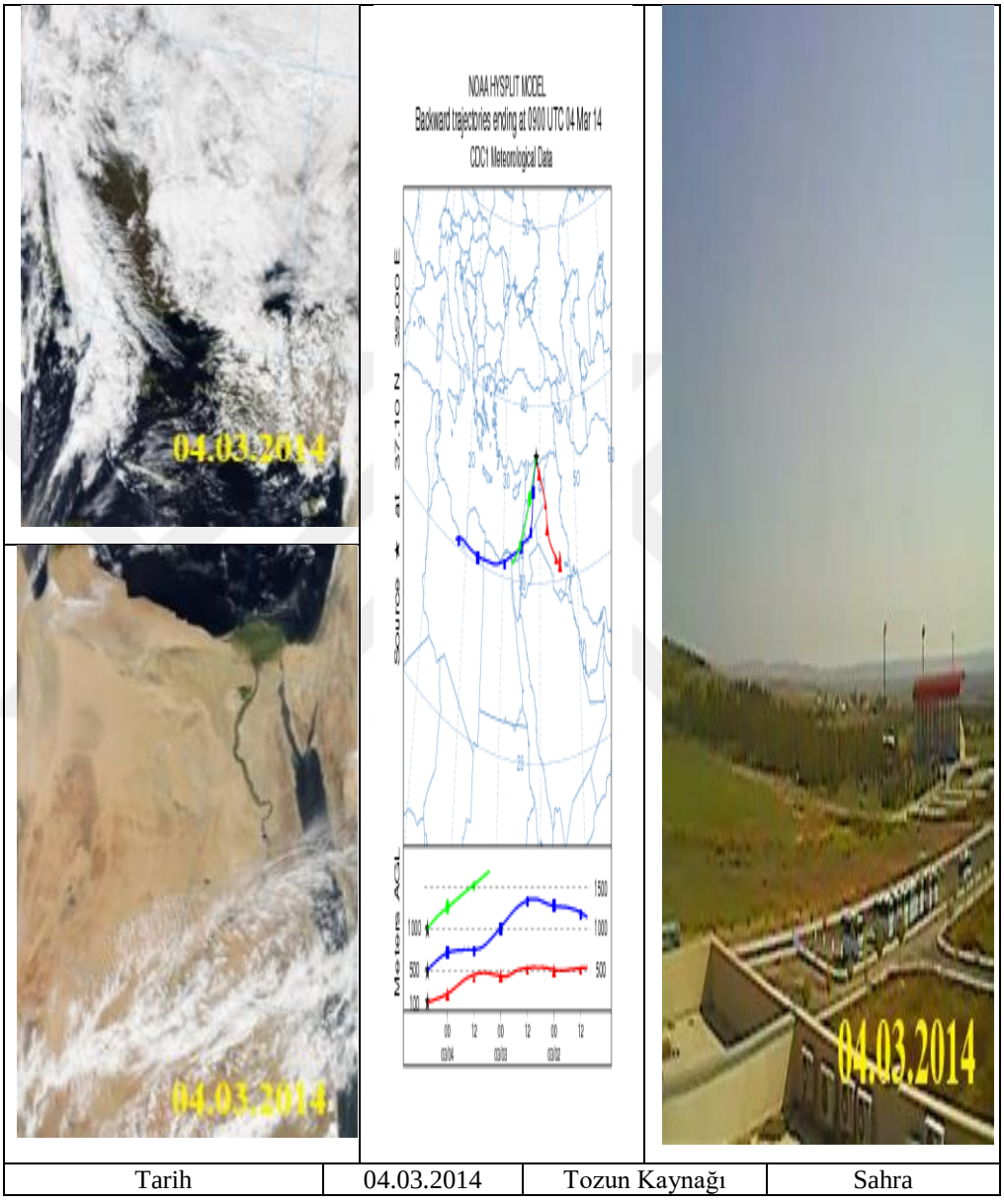
Şekil 4.9. 10-11 Kasım 2013 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

Çöl tozlarının global sistemde geniş alanlara taşındığı ve bu alanlarda ilgili çeşitli bilim insanlarının çok sayıda araştırmalar yaptığı bilinmektedir. Sahra çölü tozlarının gerek doğrudan yapılan yer ölçümleri ile gerekse uydudan yapılan gözlemlerle sinoptik ölçekteki hava hareketleri sonucunda kaynağından çok daha uzun mesafelere taşındığını gösteren pek çok çalışma mevcuttur. Sahra çöl tozlarının atmosferik yollarla Karadeniz'e (Kubilay ve Saydam, 1995), Doğu Akdeniz'e (Yaalon ve Ganor, 1979). Türkiye'ye kadar taşınabildiğini göstermiştir (Özsoy, 1999).

Çöl tozlarının uzak mesafelere taşınmasıyla beraber dünyanın çeşitli bölgeleri çöl tozlarının etkisine girmektedir. Sahra'nın tek başına senede 1.5 milyar ton toz kaybettiği, bunun büyük bir kesiminin alize rüzgarlarıyla, önce Meksika Körfezi'ne ve Amazon'lara doğru daha sonra da bir kolunun Orta Amerika üzerinden Pasifik'e yöneldiği belirtilmektedir. Diğer kolunun da ABD doğu kıyılarına izleyerek kuzeye yol aldığı uydu verilerinden anlaşılmaktadır (Saydam ve Şenyuva, 2002).

Doğu Akdeniz'de yapılan çalışmalar, Sahra ve Arabistan Yarımadası tozlarının Anadolu'daki etkisinin senede 20 milyon ton toz civarında olduğunu göstermiştir (Kubilay ve ark., 2000). Ancak bunun %60-70'inden fazla kısmının geçiş mevsimi ilkbahar ayları içerisinde yani mart-nisan-mayıs'ta geldiğini ve her birinin birkaç günlük (3-7 gün arasında) periyotlar halinde Anadolu'ya ve özellikle de Doğu ve Güneydoğu Anadolu'ya ulaştığını göstermektedir (Kubilay ve Saydam, 1995; Kubilay ve ark., 2000). Yapılan bu çalışmada, Şanlıurfa ve çevresine mart-nisan-mayıs ve haziran aylarında toz taşınımın daha yüksek olduğunu MODIS görüntüleri, HYSPLIT programı ve Partisol 2025 İD cihazıyla tespit edilmiştir.

Şekil 4.10'de tozun 100m de İran çöllerinden 500m ve 1000m de Sahra çöllerinden geldiği şekilde açıkça görülmektedir ve bu toz taşınımı 3-4 günlük bir periyotla Şanlıurfa'ya taşınmıştır.

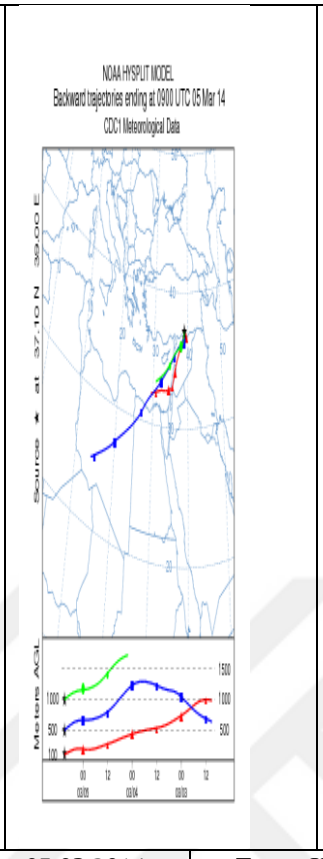


Tarih	04.03.2014	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.10. 04.03.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Şekil 4.11'de ise, 04.03.2014 gününe oranla tozun sadece Sahra kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu toz sadece Sahra kökenlidir denir.



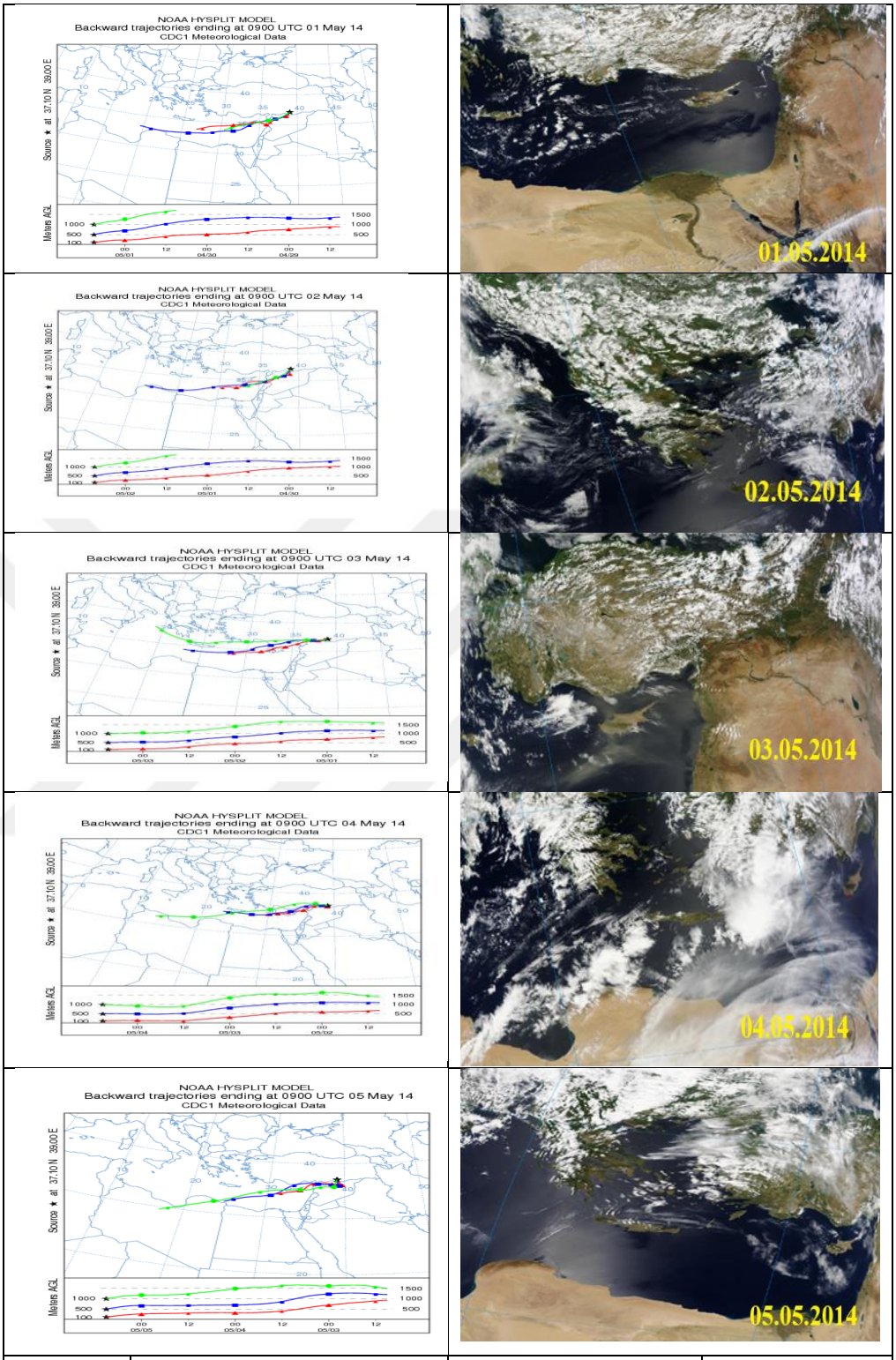




Tarih	05.03.2014	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.11. 05.03.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Şekil 4.12'deki Sahra kaynaklı tozun aralıksız olarak 1-2-3-4-5 Mayıs 2014 günlerinde gelmesi ve kaynakların 500m'de, 1000m'de ve 1500m 'de tamamen Sahra çöllerinden gelmesi Şanlıurfa'ya taşınan tozun Sahra Kaynaklı olduğunu göstermektedir.



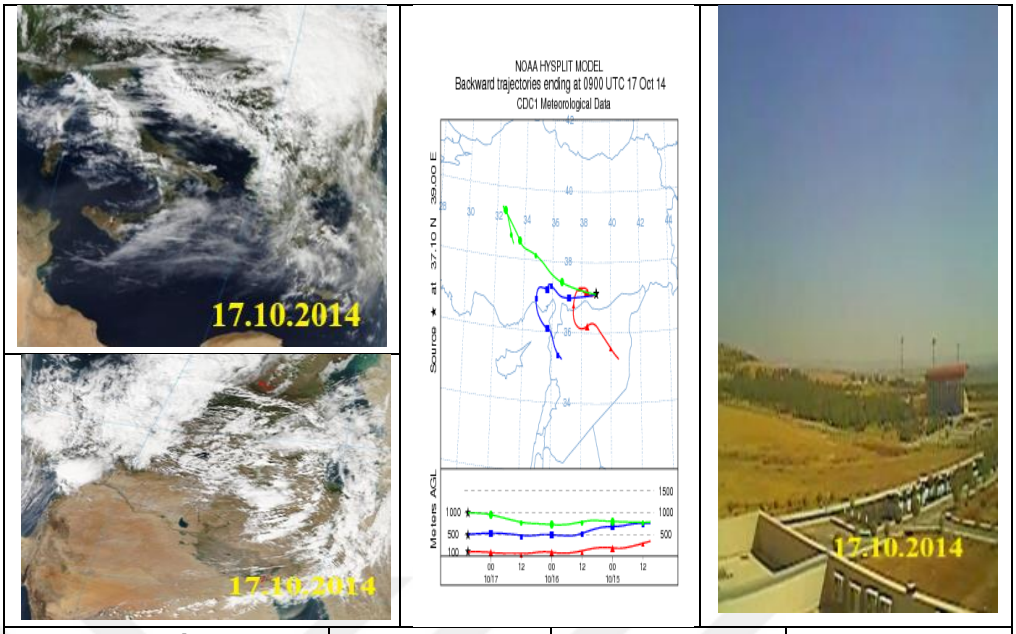
Tarih	1-2-3-4-5 Mayıs 2014	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.12. 1-2-3-4-5 Mayıs 2014 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te görülen toz hareketi ekim ayında Suriye'den kaynaklanmıştır. Hava sıcaklığının fazla düşük olmamasından bulutlar arasından toz taşınımı Suriye üzerinden daha belirgin olarak görülmektedir. Bulutlar daha çok dikey hava hareketlerine bağlı adyabatik soğumaların etkisiyle yükseklikte oluşan yoğuşmanın sonucudur.

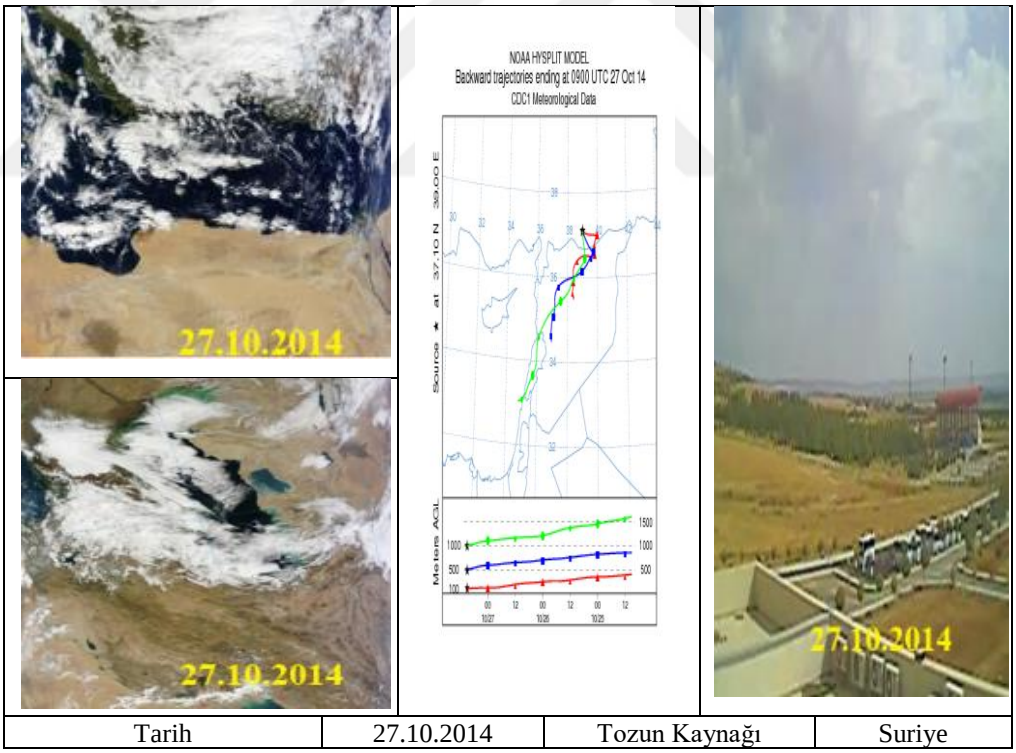
En alçak bulutlarda bile bulut tabanı ile yeryüzü arasında saydam bir hava tabakası vardır. Bulutlar ve yağış atmosferik aerosollerin atmosferden temizlenmesinde önemli olduğu vurgulanmıştır. Aerosol bulut dağılımını ve aerosol populasyonunun kimyasal doğasını bulutlar ve yağış etkiler. Burada aerosollerin büyüklüğünü ve suda çözünebilirliğine bağlı olarak seçici ortadan kaldırmayı bulutlar ve yağışlar sağladığı tespit edilmiştir (Ganor ve ark., 1998).

Bu durumu, Yaloon ve Ganor'un 1979 çalışmasında bildirdiği gibi Sahra Çölü, geçmişte ve şu anda olduğu gibi, muhtemelen gelecekte de en önemli toz sağlayıcı olmasıyla ilişkilendirebilir (Yaloon ve Ganor, 1979). Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da Ekim ayında Suriye Çölleri'nden kaynaklı bir toz taşınımının olduğu açıkça görülmektedir. Tozların yakalandığı filtre rengi sarı olarak tespit edilmiştir.



Tarih	17.10.2014	Tozun Kaynağı	Suriye

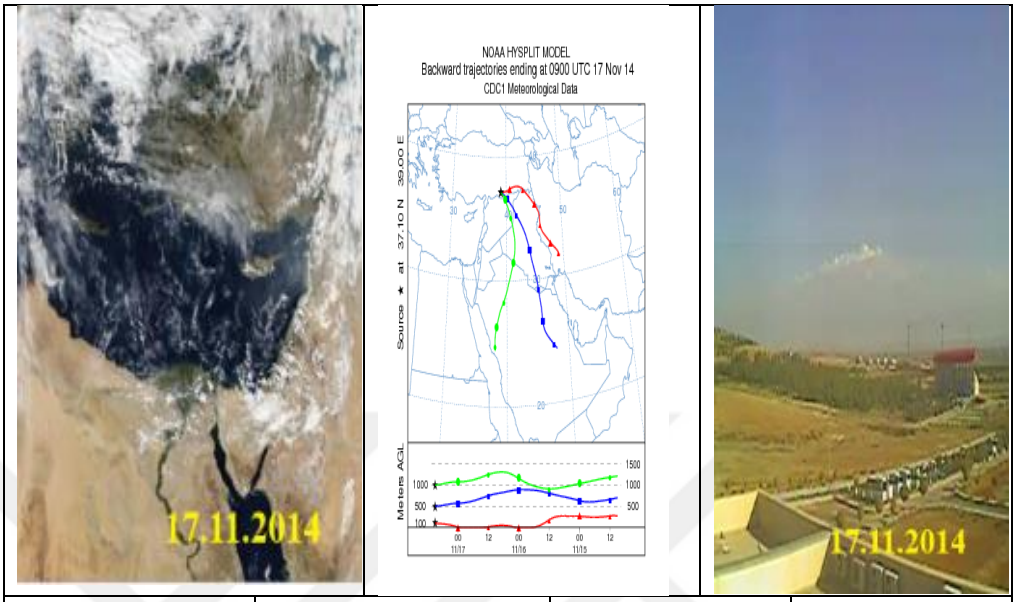
Şekil 4.13. 17.10.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



Tarih	27.10.2014	Tozun Kaynağı	Suriye

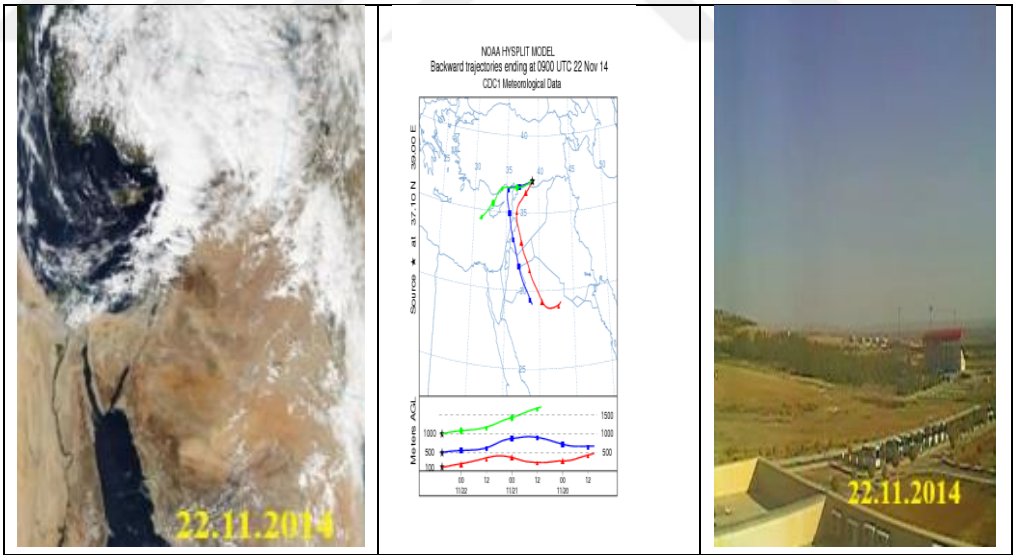
Şekil 4.14. 27.10.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'de tozun kaynağının Arap Yarımadası (A.Y.A) olduğu şekilde kesin bir biçimde görülmüştür.



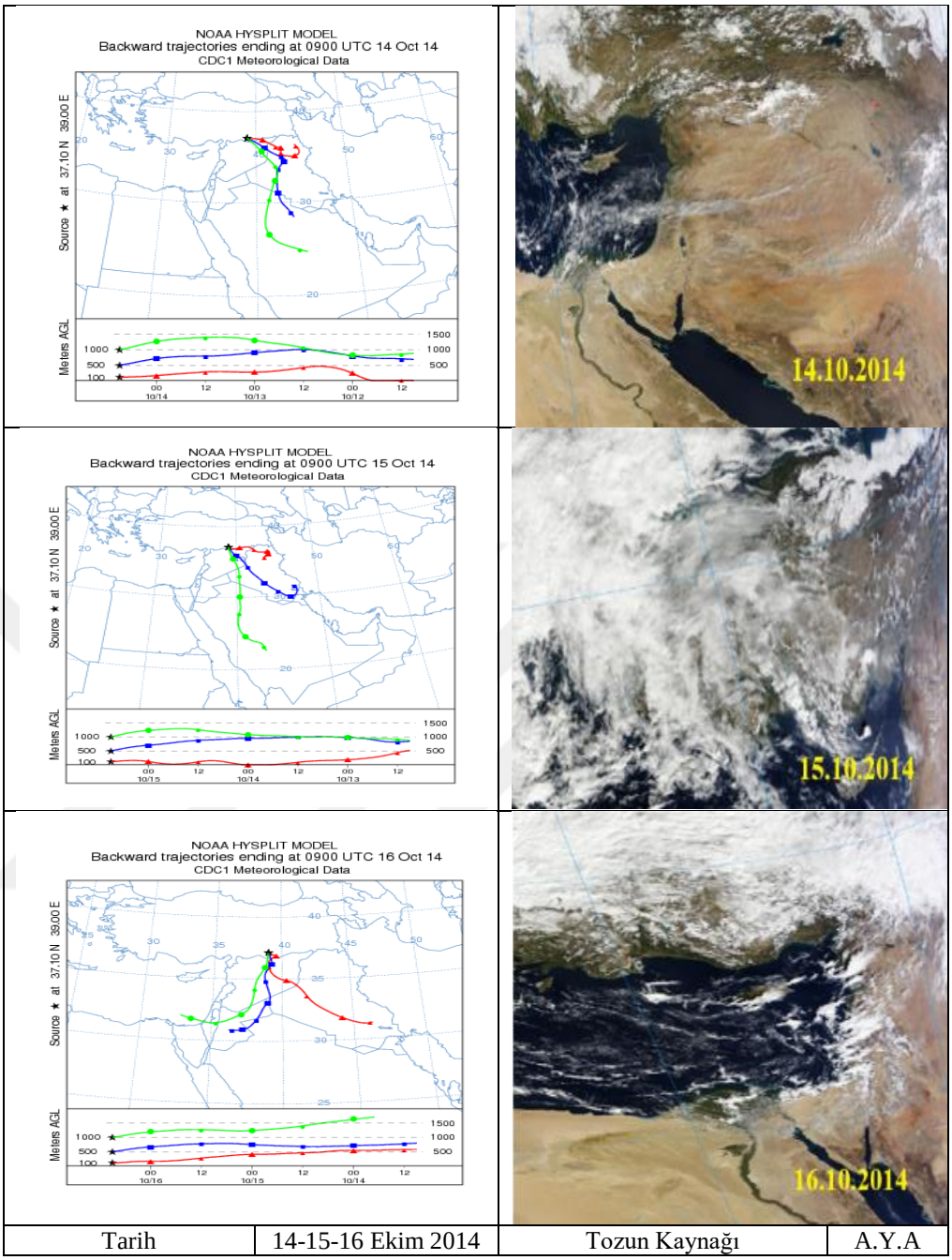
Tarih	17.11.2014	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.15. 17.11.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



Tarih	22.11.2014	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.16**.** 22.11.2014 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



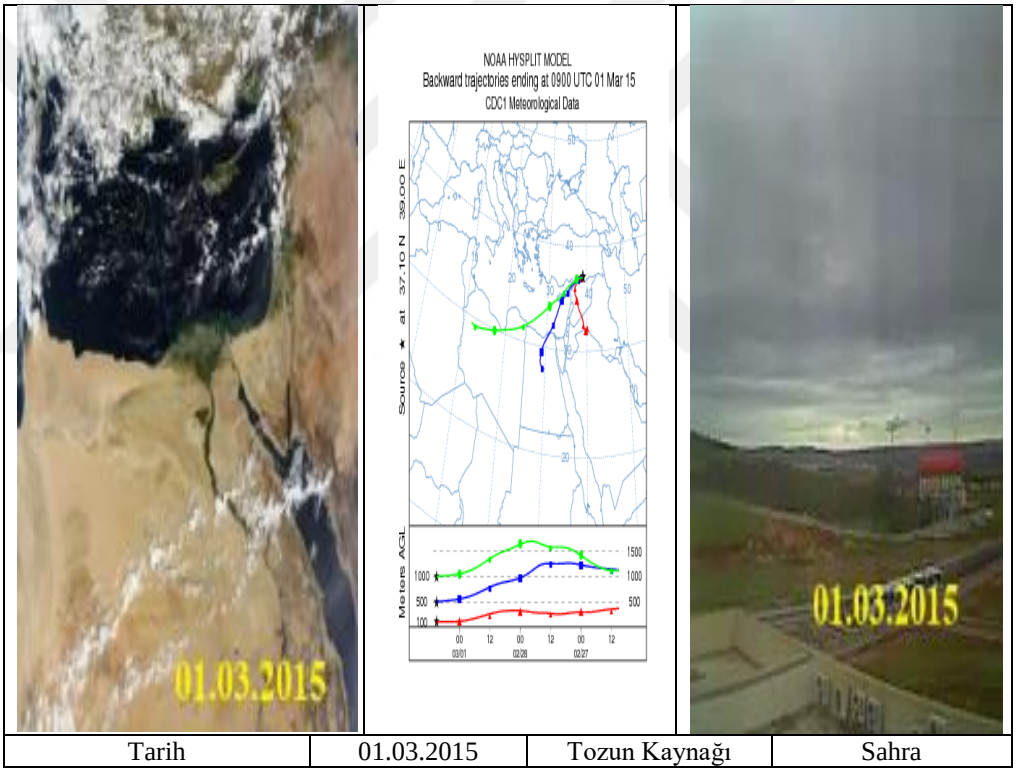
Tarih	14-15-16 Ekim 2014	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.17. 14-15-16 Ekim 2014 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

2013 yılının sonbahar aylarında art arda aralıksız olarak gelen toz sayısının 2014 yılında yer alan sonbahar aylarına oranla daha az olduğu aldığımız HYSPLIT ve MODIS verileriyle kanıtlanmıştır.

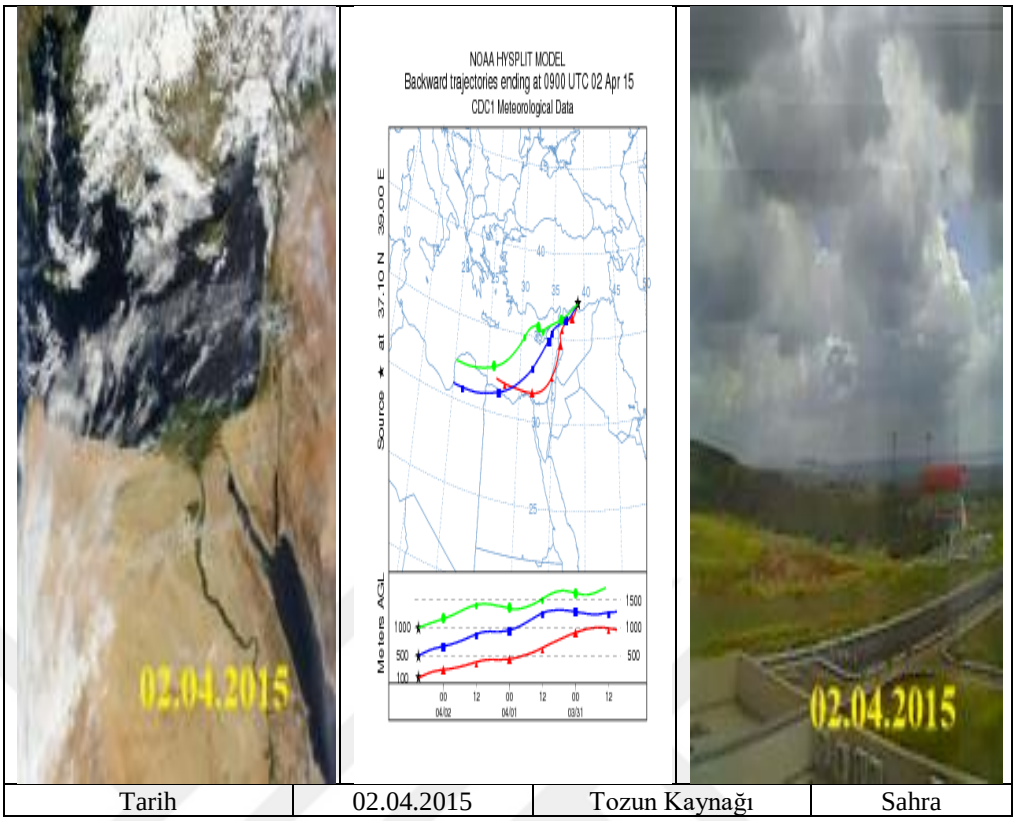
Kuzey Akdeniz'e düşen toz miktarının senede metrekarede 14 gram olduğu ve bu değerin Sahra'nın etkisinde kalan bölgelerden sadece Batı Afrika sahil kesiminden daha düşük olduğu, diğer tüm bölgelerden ise daha fazla olduğu bildirilmiştir (Washington ve ark., 2003). Bu miktarın daha fazlası bölgemizde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

Şekil 4.18 ve 4.19'te de açıkça görüldüğü gibi Sahra'dan gelen hava hareketi Suriye çölüne doğru hareket ederek partikül maddeleri uzak menzil taşınıma koyarak bölgemizi etkilemiştir.



Tarih	01.03.2015	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.18. 01.03.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

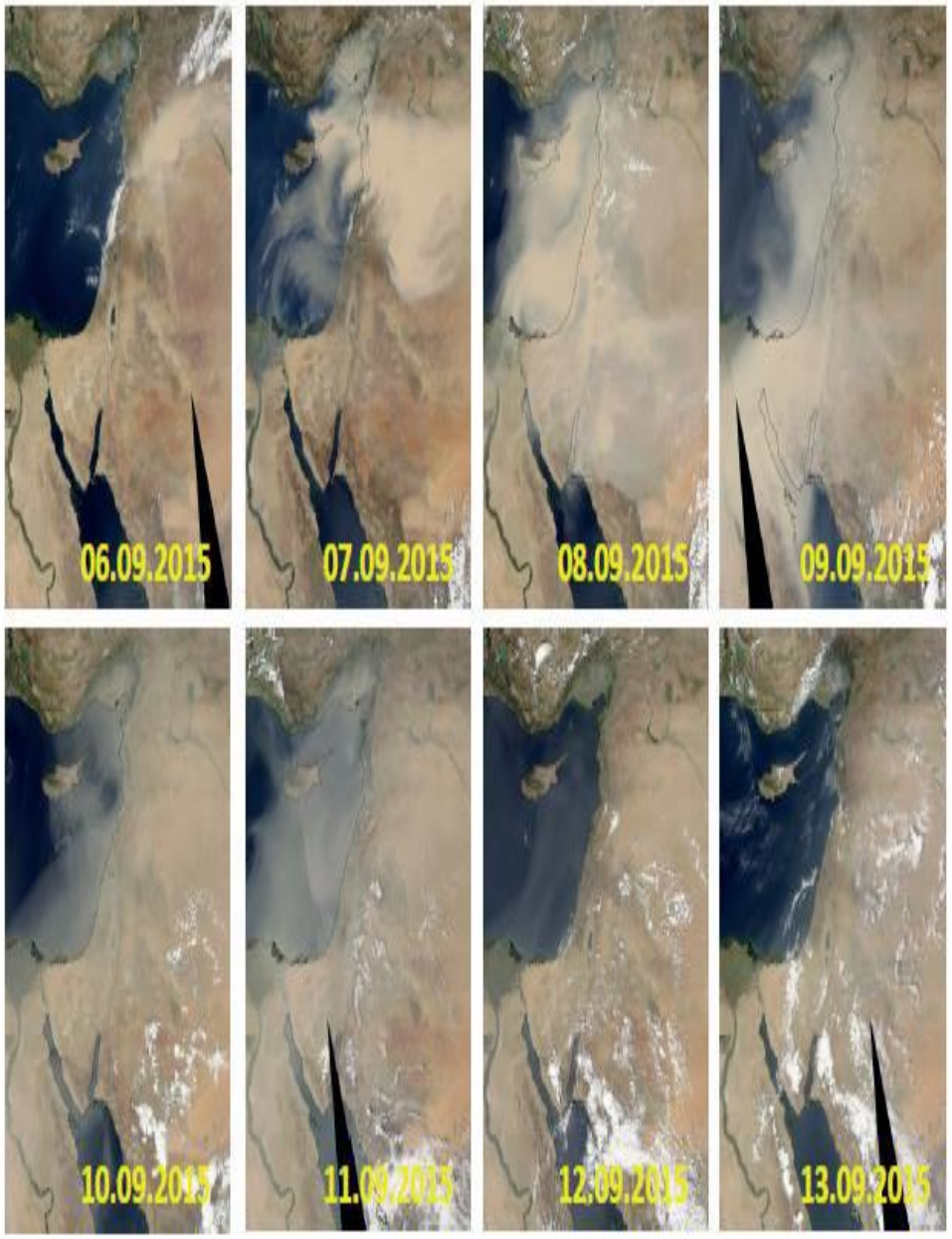


Tarih	02.04.2015	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.19. 02.04.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Solomos ve ark. (2016), çalışmasında yurdumuza gelen tozun art arda aralık olmadan bir haftanın üzerinde gelmesini Şekil 4.20'de göstermiştir. 8 gün boyunca Sahra'dan taşınan bu tozlar yurdumuzun birçok şehrinde görüş mesafesini düşürerek hayatı olumsuz yönde etkilemiştir.

Özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan şehirleri etkisi alan bu Sahra kaynaklı toz bulutları birçok yerde dışarı da bulunan eşyaların ve yapıların dış yüzeylerine de zarar vermiş olup, korozyona uğratmıştır.



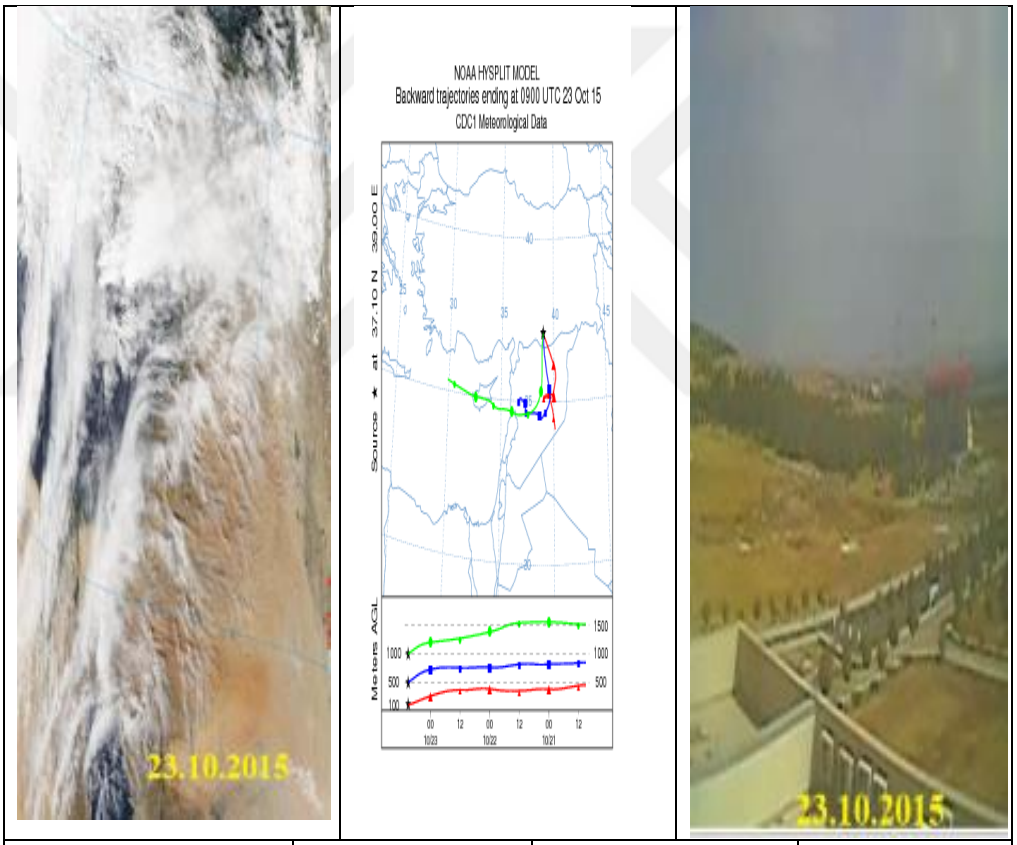
Tarih	6-7-8-9-10-11-12-13 Eylül 2015	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.20. 6-7-8-9-10-11-12-13 Eylül 2015 tarihli MODIS görüntüleri (Solomos ve ark., 2016).

Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de görüldüğü gibi eylül ve ekim aylarında tozun Suriye Çölleri'nden geldiği tespit edilmiştir. Bu kaynaklardan gelmesi hava hareketleri ve basınç farklarından kaynaklanmaktadır. Çalışmamızın bu kısmında Şanlıurfa ilinde Partisol 2025 İD cihazının yanına kurulan kuzey ve güney cephesindeki görüntüsünü temsil eden 24 saat çalışan kameralarla gözlenmiştir.

Tozun bölgede beyaz bir sis bulutu gibi kapladığı ve görüş mesafesini oldukça düşürdüğü görülmektedir. Atalay'ın 2010 yılında yapılan çalışmada, Türkiye hava kütleleri bakımından ele alındığında, herhangi başka hava kütlelerinin kaynak bölgelerinde yer almadığı için mevsimlere göre diğer başka bölgelerden gelen farklı hava kütlelerinin etkisi altına girdiği vurgulanmıştır.

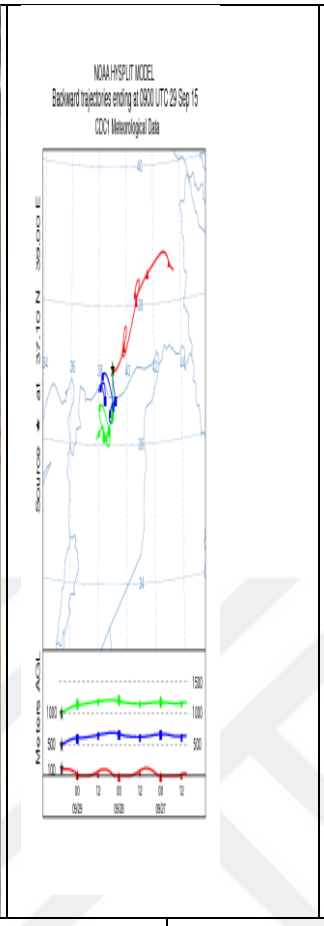
Bu nedenle yazın güneyden gelen Tropikal, kışın ise kuzeyden gelen polar hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır (Atalay, 2010). Yazın tropikal hava kütlesi siklonu zayıflatarak toz taşınımı düşürmektedir.

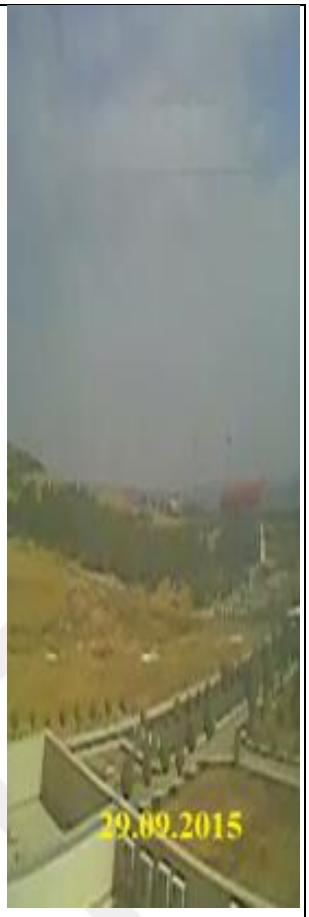


Tarih	23.10.2015	Tozun Kaynağı	Suriye

Şekil 4.21. 23.10.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

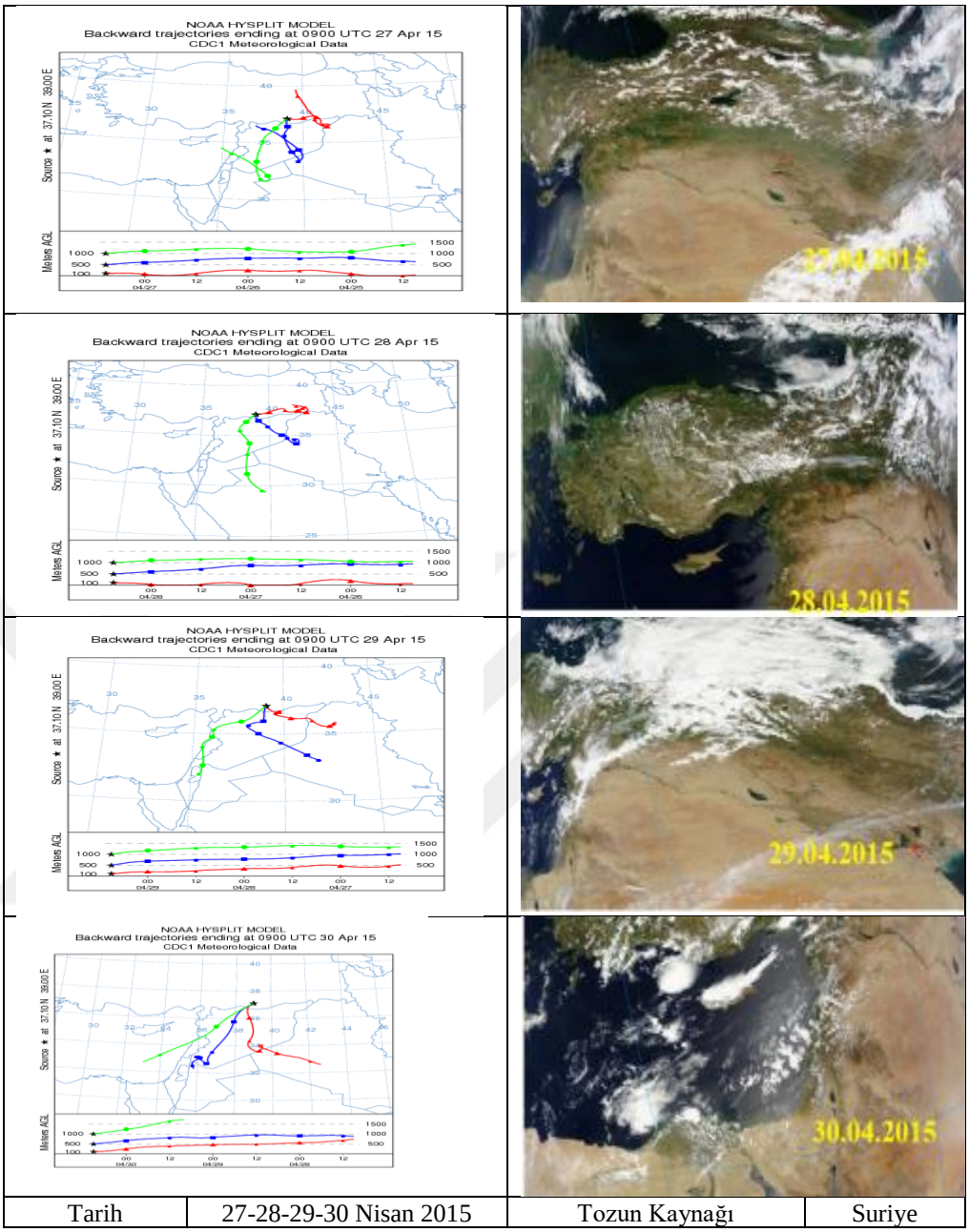






Tarih	29.09.2015	Tozun Kaynağı	Suriye

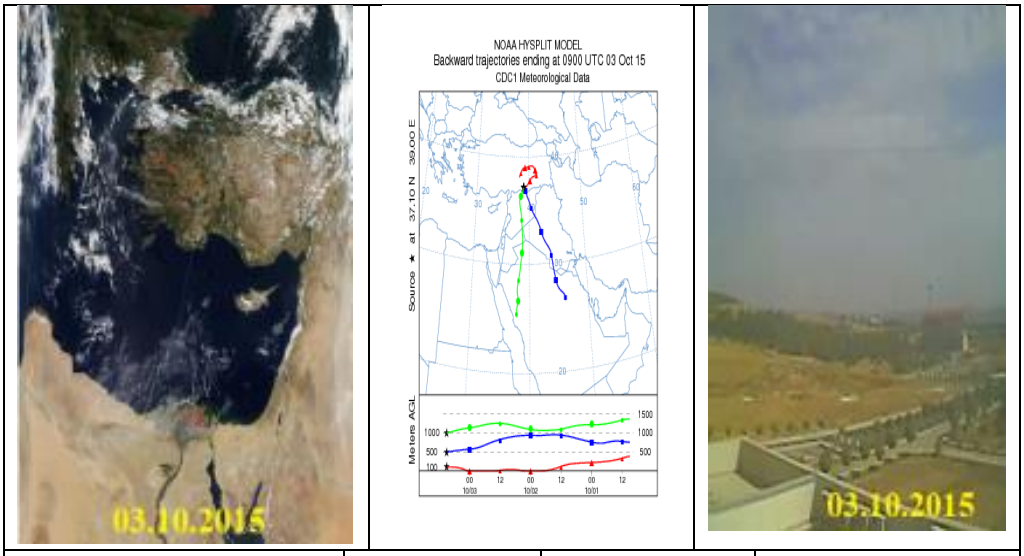
Şekil 4.22. 29.09.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



Tarih	27-28-29-30 Nisan 2015	Tozun Kaynağı	Suriye

Şekil 4.23. 27-28-29-30 Nisan 2015 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

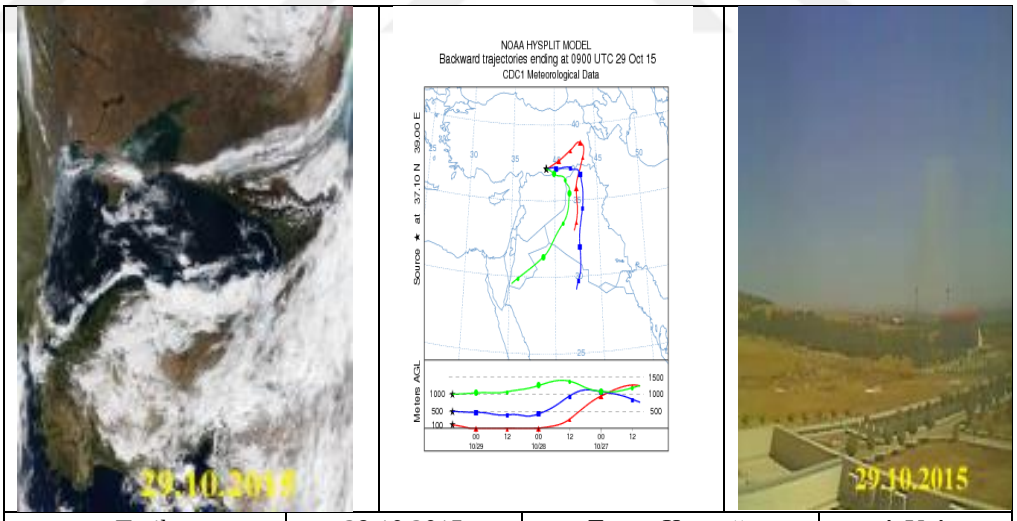
Şekil 4.23'de tozun 03.10.2015 tarihinde 100m'de yurdumuzdan çıktığı ama 500m ve 1000m'de Arap Yarımadası'ndan çıktığı görülmektedir.



Tarih	03.10.2015	Tozun Kaynağı	A.Y.A

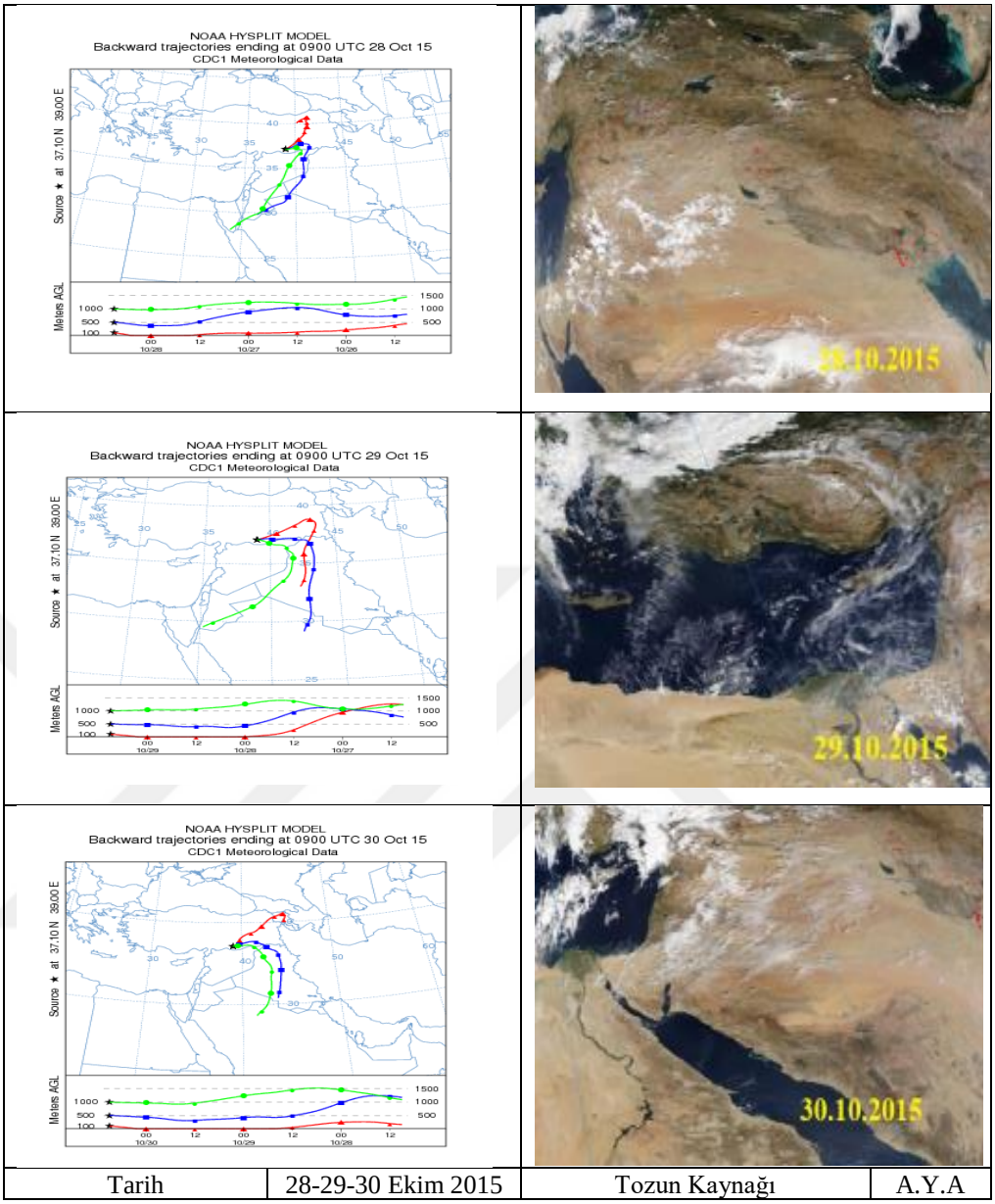
Şekil 4.24. 03.10.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Şekil 4.25'de ise, yine ekim ayında gelmiş olup (29.10.2015) Arap Yarımadası kaynaklı toz taşınımı gerçekleşmiştir. Bu defa 100m'de İran çöllerinden tozu alıp 500m ve 1000m'deki kalkan tozu birleştirerek Şanlıurfa'ya taşımıştır.



Tarih	29.10.2015	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.25. 29.10.2015 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

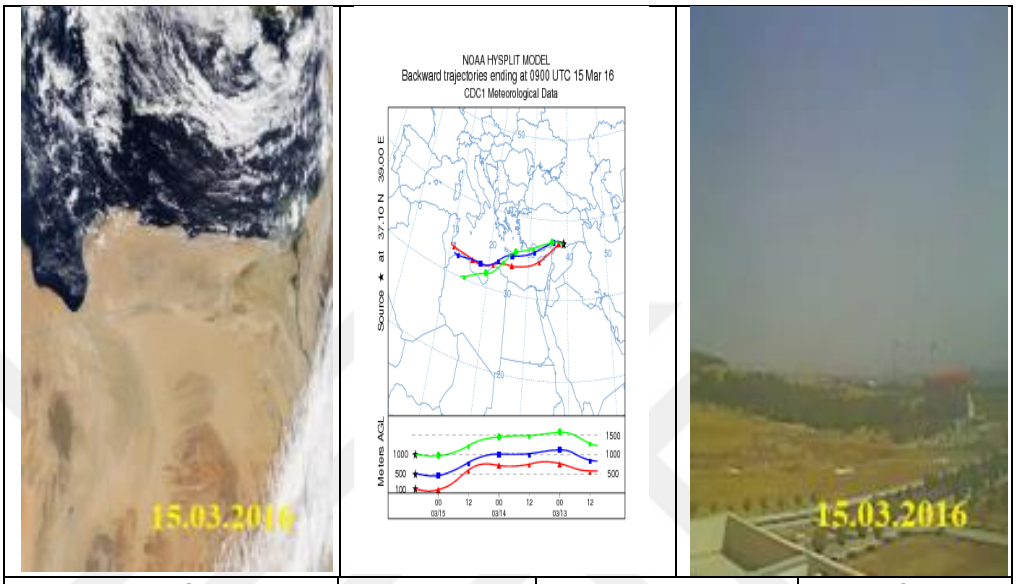


Tarih	28-29-30 Ekim 2015	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.26. 28-29-30 Ekim 2015 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

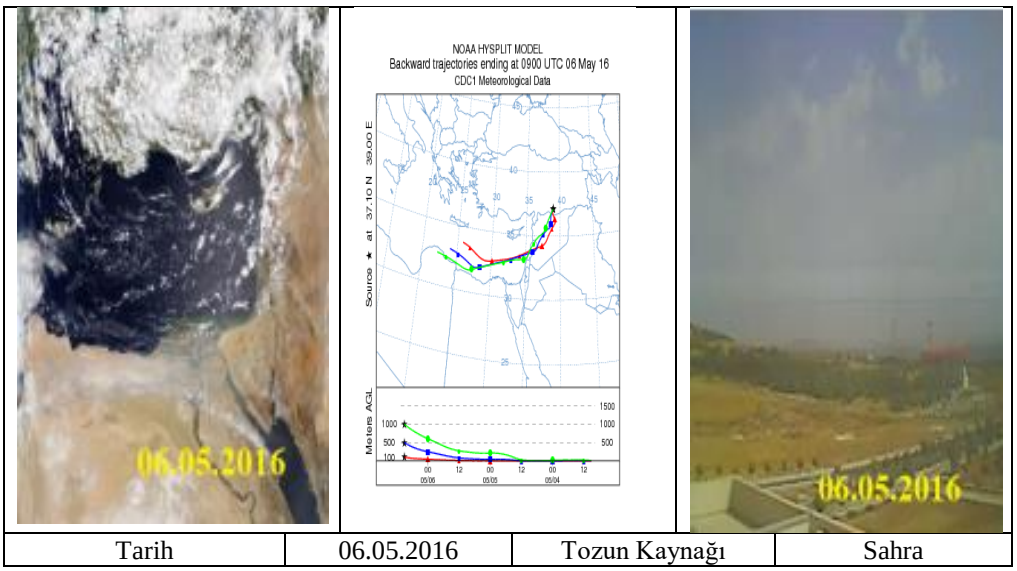
Şekil 4.26'da ilk gün gelen yani 28 Ekim ve son gününde 30 Ekim'de gelen tozun 500m'de yurdumuzdan çıkış yaptığı HYSPLIT ve MODIS görüntülerinde açıkça görülmektedir. Burada analiz yapılırken bu güne ait çölün 1000m ve 1500m'de A.Y.A'ndan geldiğini daha çok kaynak olarak A.Y.A'nı kullandığını kabul edilir, fakat 500m'de yurdumuzdan çıkan tozlar tozun kimyasını büyük bir oranda değiştirebilir.

15.03.2016 ve 06.05.2016 tarihlerinde tozun kaynağının tüm kademelerde Sahra kaynaklı olduğu görülmektedir (Şekil 4.27 ve Şekil 4.28). Yoğun toz taşınımı mart ve mayıs aylarında gerçekleşmiş olup geçiş mevsimlerinde tozun fazla geldiğini göz önüne sermektedir.



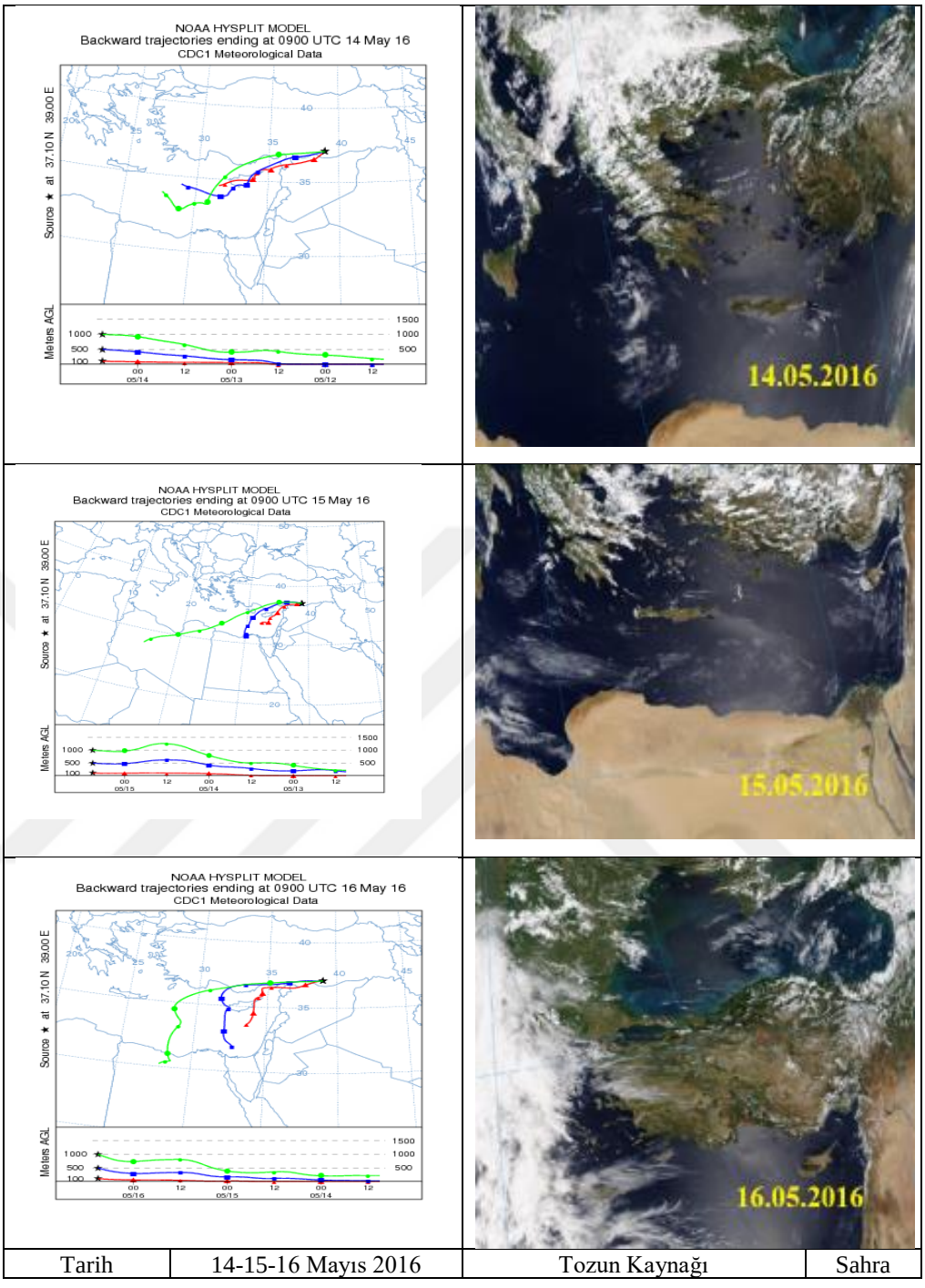
Tarih	15.03.2016	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.27. 15.03.2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



Tarih	06.05.2016	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.28. 06.05.2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

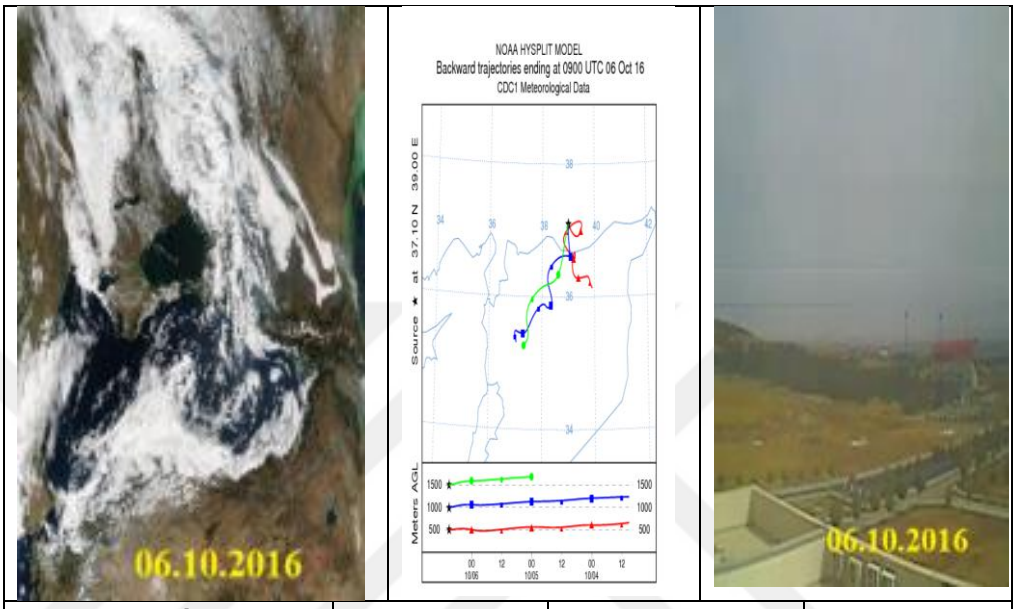


Tarih	14-15-16 Mayıs 2016	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.29. 14-15-16 Mayıs 2016 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

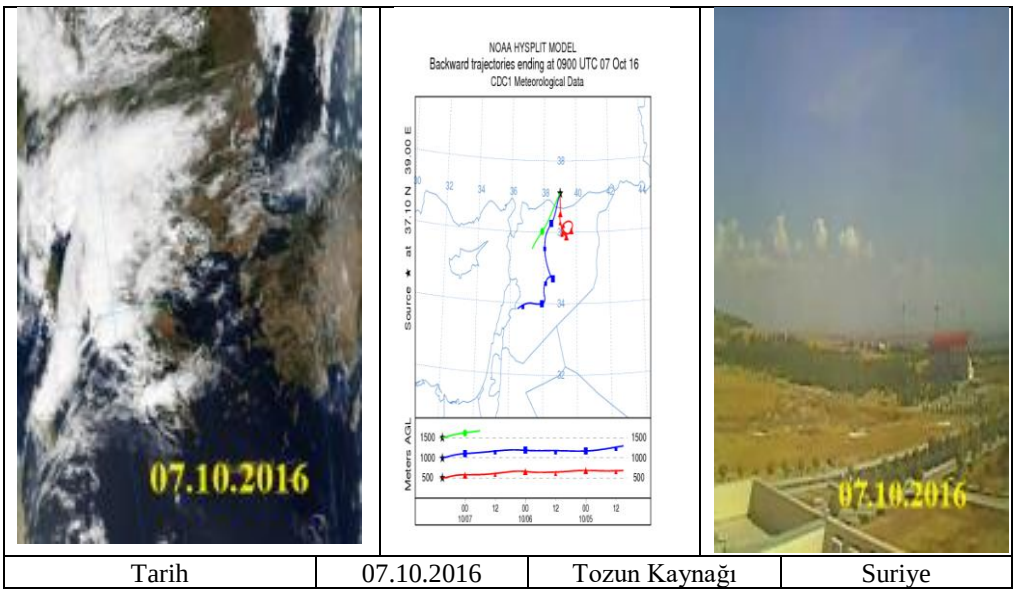
Şekil 4.29'da görülen Sahra kaynaklı tozun yurdumuzu ve Şanlıurfa'yı üç gün art arda etkisi altında bıraktığı görüntülerle ve özellikle MODIS görüntüsündeki flulukla taşınımı mevcuttur.

Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de 06.10.2016 ve 07.10.2016 tarihlerinde taşınan tozun kaynağı kesinlikle Suriye kaynaklıdır denir. Burada HYSPLIT görüntüsünden de anlayacağımız gibi 500m, 1000m ve 1500m'de tamamen Suriye'den toz taşınım olayı gerçekleşmiş ve etkisini 3 gün sürdürmüştür.



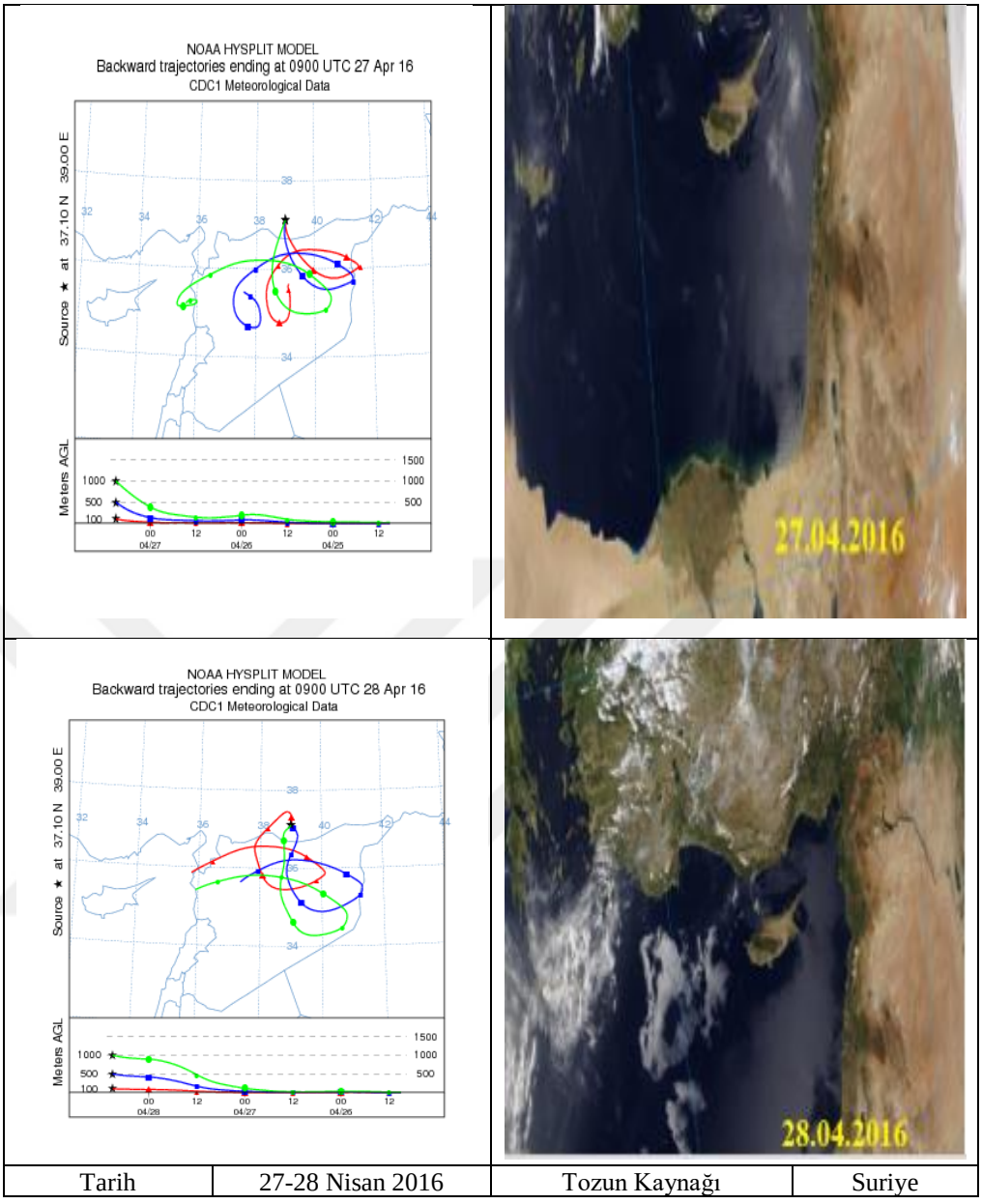
Tarih	06.10.2016	Tozun Kaynağı	Suriye

Şekil 4.30. 06.10.2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



Tarih	07.10.2016	Tozun Kaynağı	Suriye

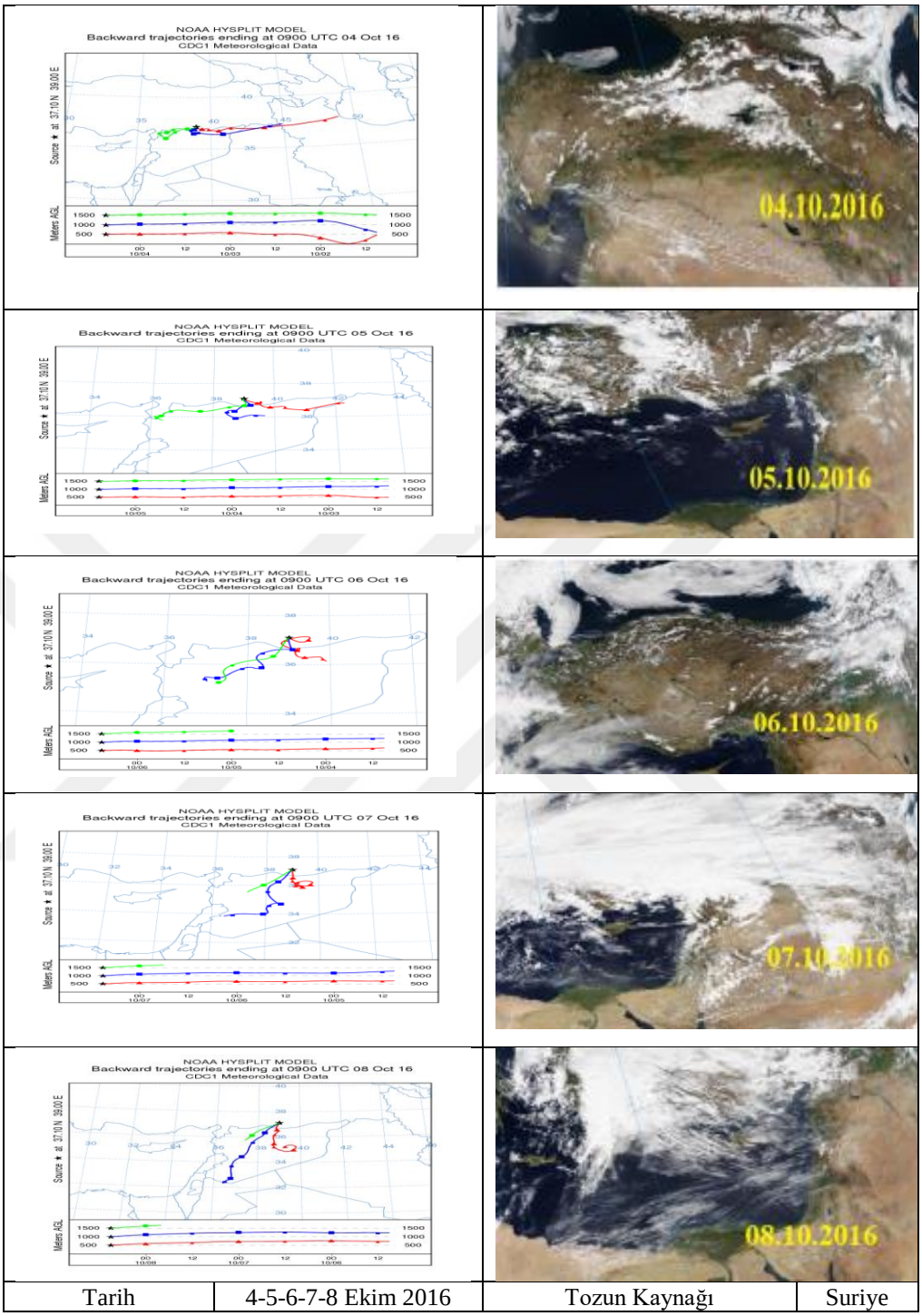
Şekil 4.31. 07.10.2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



Tarih	27-28 Nisan 2016	Tozun Kaynağı	Suriye

Şekil 4.32. 27-28 Nisan 2016 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

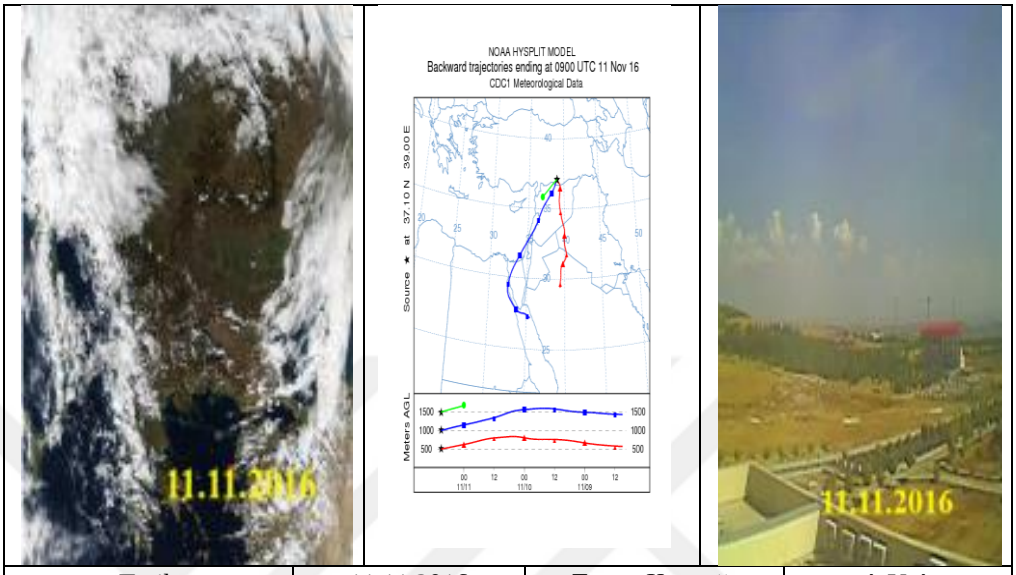
Şekil 4.32'de ilkbahar aylarından olan yoğun olarak tozun Güneydoğu'ya attığı nisan ayında Suriye kaynaklı tozun rüzgar sayesinde kendi içinde dolandığı görülmektedir. 500m, 1000m ve 1500m'de rüzgar yönünün ilk olarak güneybatıyı izlediği, daha sonra güneye doğru hareket ettiği ve son olarak ta kuzey batıya giderek Suriye sınırları içinde dolanıp Suriye'nin tüm bölgelerinden tozunu kaldırıp yurdumuza akışını göstermektedir.



Şekil 4.33. 4-5-6-7-8 Ekim 2016 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

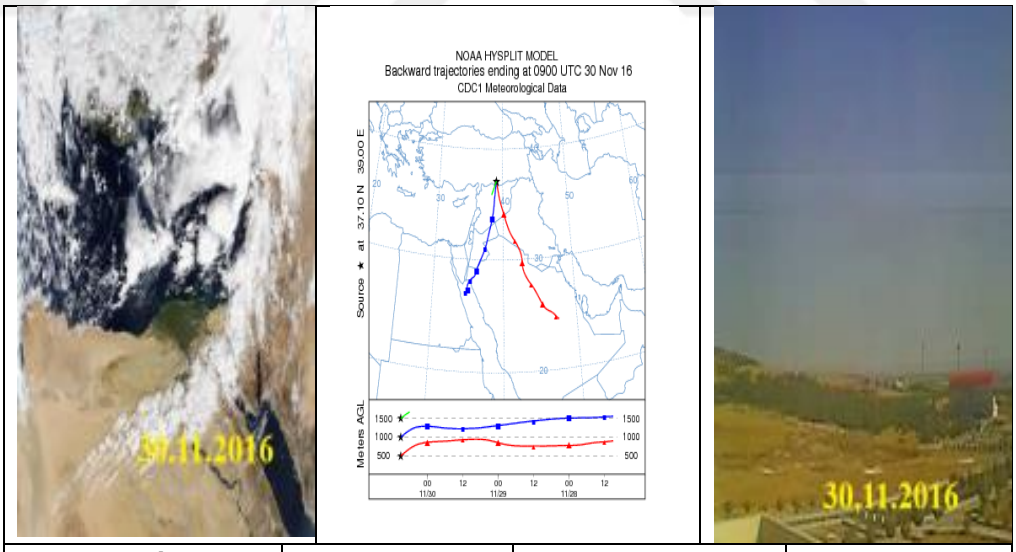
Şekil 4.33'te yoğun bulutların bulunduğu MODIS görüntülerinden dolayı toz akışı görüntüleri sadece HYSPLIT'ten elde edilmiştir.

Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'te kasım ayında gelen tozun AB standart değerlerinin üzerine çıktığı Partisol 2025 İD cihazı sayesinde kanıtlanmıştır. 50 µm/m^3 olan standart değerin 5-6 daha fazlası bu ayın içerisinde gerçekleşmiştir.



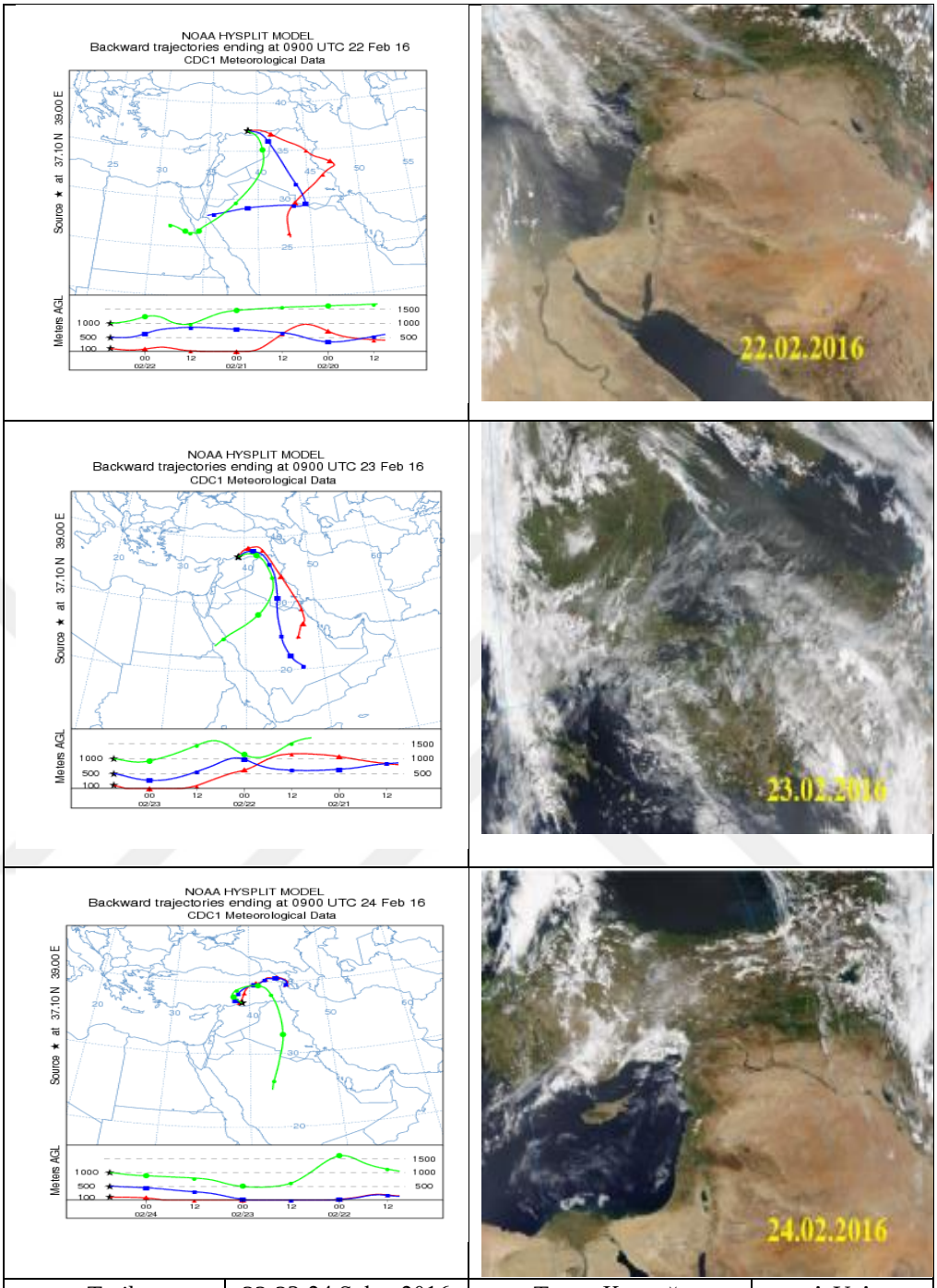
Tarih	11.11.2016	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.34. 11.11.2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



Tarih	30.11.2016	Tozun Kaynağı	A.Y.A

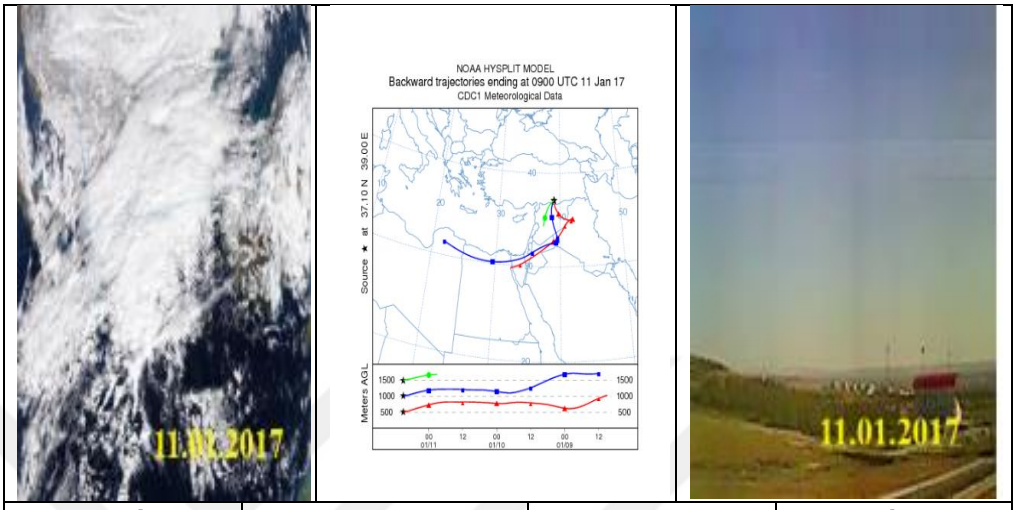
Şekil 4.35. 30.11.2016 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



Tarih	22-23-24 Şubat 2016	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.36. 22-23-24 Şubat 2016 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

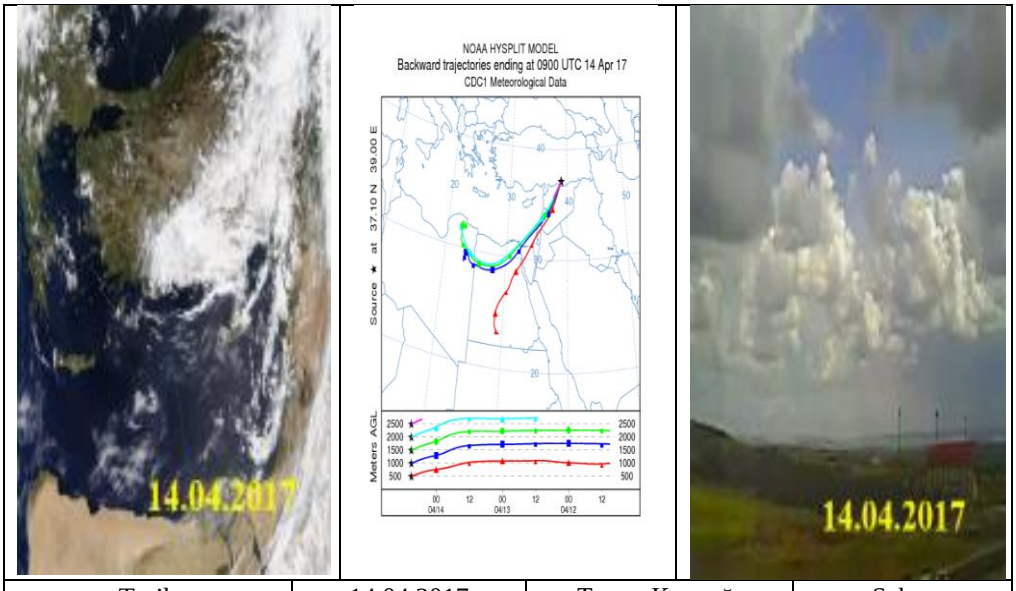
Şekil.4.37'de 11.01.2017 tarihinde oluşan toz olayı geçiş mevsiminde taşınan toz kadar olmasa da yine de tozu Şanlıurfa'ya taşımış ve ayın birkaç gününde standartın üzerine çıkmasına yol açmıştır.



Tarih	11.01.2017	Tozun Kaynağı	Sahra

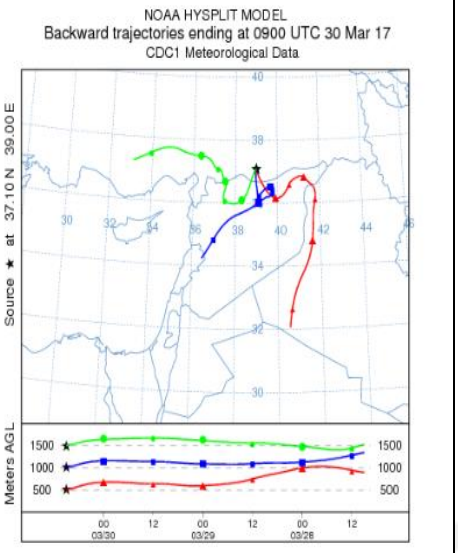
Şekil 4.37. 11.01.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

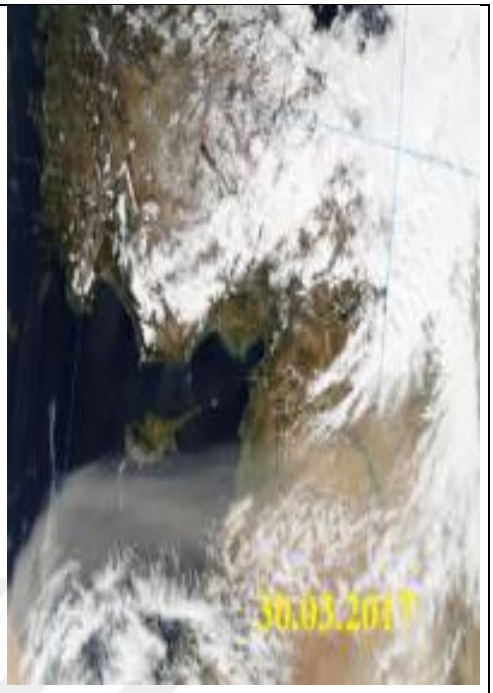
Şekil 4.38'te 14 Nisan 2017 tarihinde gelmiş olup konsantrasyon değerleri $PM_{2.5}$ için 357,4074 µm/m^3 PM_{10} için 556,6667µm/m^3değerlerini göstermektedir.

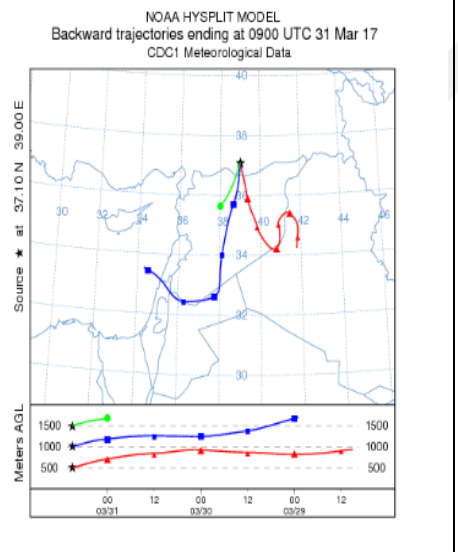


Tarih	14.04.2017	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil 4.38. 14.04.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri





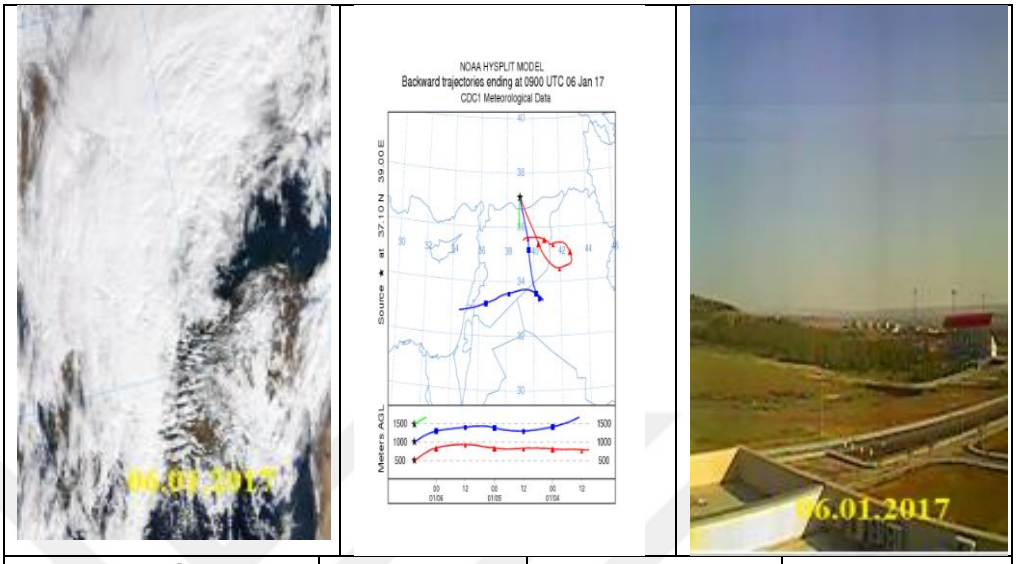




Tarih	30-31 Mart 2017	Tozun Kaynağı	Sahra

Şekil.4.39. 30-31 Mart 2017 tarihli MODIS ve HYSPLIT görüntüleri

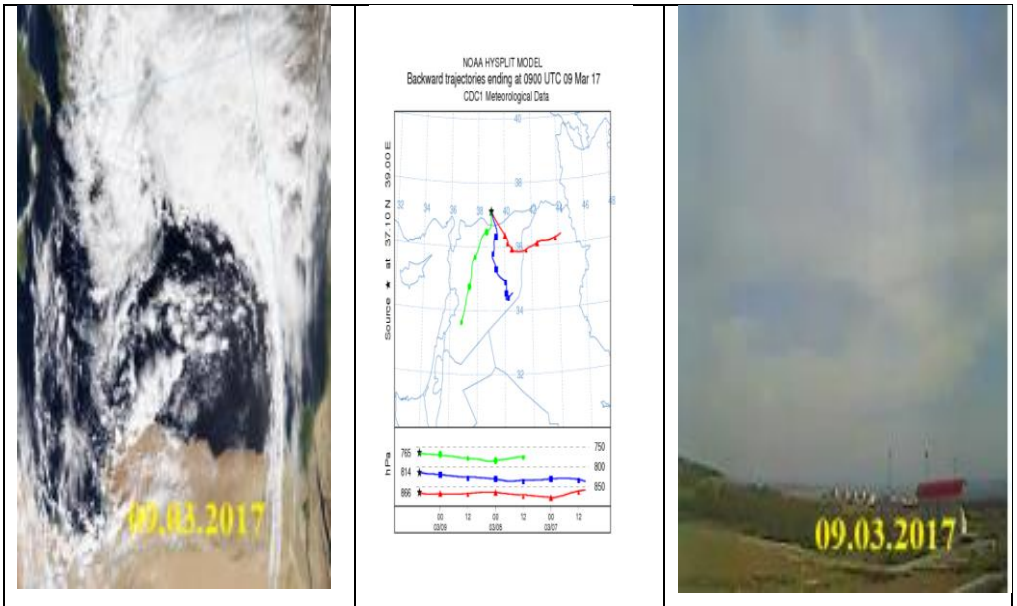
Şekil 4.40'ta ocak ayının olması sıcakların düşmesi itibariyle bulutlanma artarak tozun görülme olasılığını azaltmıştır.



Tarih	06.01.2017	Tozun Kaynağı	Suriye

Şekil 4.40.06.01.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

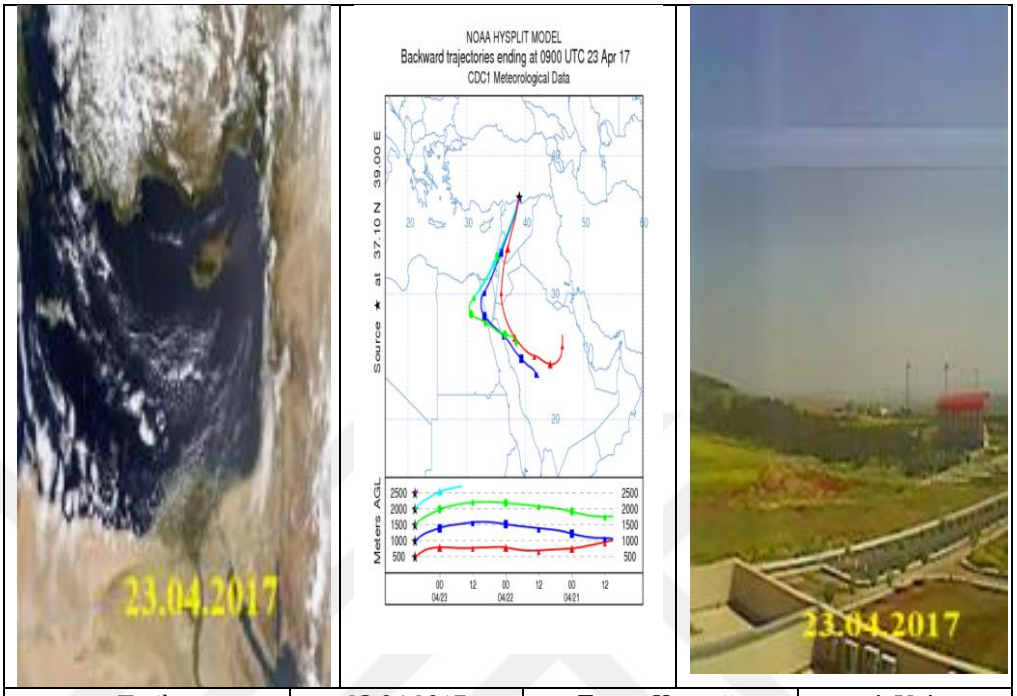
Şekil 4.41'de tozun kaynağının Suriye ve İran kaynaklı ama daha çok Suriye'den geldiği görülmektedir.



Tarih	09.03.2017	Tozun Kaynağı	Suriye

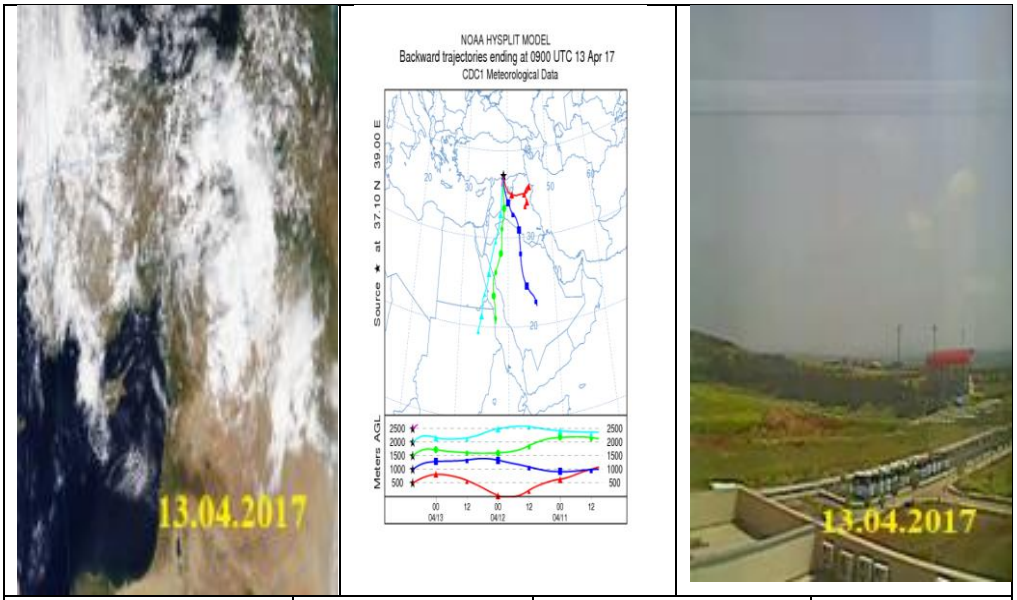
Şekil 4.41. 09.03.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'da Arap Yarımadası'ndan yoğun bir biçimde toz taşınımı olayı meydan gelmiştir.



Tarih	23.04.2017	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.42. 23.04.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri



Tarih	13.04.2017	Tozun Kaynağı	A.Y.A

Şekil 4.43. 13.04.2017 tarihli MODIS, HYSPLIT ve kamera görüntüleri

Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölüm çatısına kurulan Partisol 2025 İD cihazı sayesinde 2016 ve 2017 yılları için partikül madde ölçümü günlük olarak yapılmış olup tozun ne kadar geldiği miktar ve konsantrasyon hesabı yapılmıştır.

4.2. PM_{10} ve $PM_{2.5}$ Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Bu çalışmada, uzak menzil toz taşınımının yurdumuza getirmiş olduğu partikül maddelerin boyutlarının yanında bir de bunların miktar ve konsantrasyonları hesaplanıp belirlenmiştir. Bu tozlar genellikle ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde Sahra çölü, Suriye çölü ve Arap Yarımadası çöllerinin üzerinden gelerek özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen tozlar olup Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'nün Çevre Mühendisliği Bölümü çatısına kurulan Partisol 2025 İD Cihazı PM_{10} ve $PM_{2.5}$ boyutundaki tozların miktar ve konsantrasyonlarını belirlemek için kurulmuştur. Toz geliş tarihleri uydu ve program görüntüleri ile izlenmiş ve tozun etkili olduğu günlerde cihaza takılan filtreler yardımıyla tozlar toplanmıştır.

Hava kalitesi bir veya daha çok türün biyotik isteklerinin yada insan ihtiyacının uygun hava koşullarının bir ölçüsü olarak tanımlanır. Hava kalitesinin düşmesi, gelişen ve gelişmekte olan ülkeleri etkileyen çevre ve sağlık problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Zararlı hava kirleticilerinin artan miktarı atmosfere yayılmakta olup lokal, bölgesel ve küresel ölçekli etkileri ile doğal çevreye baskı uygulamaktadır.

Çeşitli çalışmalarda sülfür dioksit, nitrojen dioksit, büyük boyutlu parçacıklar (PM_{10}), karbon monoksit, benzen, yer seviye ozonu gibi hava kirleticilerinin eşikleri ile ilgili bazı ölçekler ileri sürülmüştür. Dünya Sağlık Örgütü(WMO) prensip değerlerini, Avrupa Birliği(AB) hava kalite sınır değerlerini oluşturmuşlardır. Bunun yanında Amerika'da Çevre Koruma Ajansı(EPA) Ulusal Hava Kalitesi Standartları'nı(UHKS) ve Kaliforniya Hava Araştırma Birimi ise ortam hava kalitesi standartlarını oluşturmuşlardır.

WMO'nun ilkeleri, insan sağlığı ile ilgili referans değer olarak alınmaktadır. Bu değer $PM_{2.5}$ ve PM_{10} standartlarını belirtmektedir. $PM_{2.5}$, PM_{10} ve $PM_{2.5}$-PM_{10}'un yanında ultra-ince partiküller (0.1 µm'den küçük parçacıklar) eşik sınır değeri oluşturmak için yeterli sebep olmamasına rağmen son zamanlarda önemli sayıda bilimsel çalışmada kullanılmaktadır. Amerika'da $PM_{2.5}$ ve PM_{10} standartlarını her beş yılda bir güncellenmekte olup, buna rağmen PM_{10} ile ilgili AB mevzuatından çok daha katıdır (Çizelge 4.1.)

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hava kalitesi standart değerleri ve hava kalitesi değerlendirmesi, bölgeler ve alt bölgelerin oluşturulması ve tüm bölgelerde iyi hava kalitesi iyileştirilmesi için alınması gerekli önlemleri kapsayan "Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" 2008'de yayınlanmıştır. Bu yönetmelik; SO_2, PM_{10}, Pb, NO_2, H_6, CO, NO_X, C_6, O_3 ile Arsenik, Kadmiyum, Nikel ve Benzo (a)piren için ölçümlerin yapılması, limit değerler ve değerlendirme metotlarını içermekte olup PM_{10} için kış döneminde 2014 yılına kadar 300 ve 200 µg/m^3 eşikleri baz alınmıştır. 2014 yılı içerisinde ise AB hava kalite standardının 50 µg/m^3 değerine ulaşılması hedeflenmiştir.

Çizelge 4.1. PM_{10} ve $PM_{2.5}$ hava kalite standartlarının karşılaştırılması (µg/m^3) (Basart ve ark.,2012).

	Ortalama zaman	WMO	AB	EPA	TR*
PM_{10}	1 yıl	20	40	-	40
	24 saat	50	50	150	50
$PM_{2.5}$	1 yıl	10	25**	15	-
	24 saat	25	-	35	-

*Ulusal PM_{10} eşikleri düzenlemesi 2014 yılından sonra uygulamaya alınacaktır.
**AB ülkeleri için $PM_{2.5}$ değerleri 2015 yılından sonra geçerli olacaktır.

Türkiye'de hava kirliliği kontrolü 1950'lerde ilk kez Ankara'daki hava kirliliği nedeniyle gündemdedir. 1970'li yılların başında Ankara şehirleri de dahil olmak üzere metropoliten şehirlerin çoğunda ağır hava kirliliği vardır. 1980'lerden sonra hava kirliliğinin bazı bölümlerinin olabileceği halde, bazı yasal düzenlemeler ve mevzuatlar üzerinde çalışmalara başlandı ve diğer taraftan kalitesiz kömürlerin kentlere girmesinin önlenmesi binaların doğal gaz uygulamaları ile kontrol altına alınması, nüfus artışı, plansız yerleşim-sanayileşme ve trafik yönetimi hava kirliliğinin ana sorunlarından biri haine gelmiştir. Türkiye'deki havanın kalitesini tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi iyileştirmek için çeşitli yasal düzenlemeler yapılmaktadır.

Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Ek-1'de belirtilen sınır değerleri kademeli olarak azaltılmış ve 2019 yılına kadar belirlenen insan sağlığına karşı korunma için 24 saat ve yıllık PM_{10} sınır değerleri Çizelge4.2'de verilmiştir. Dünyada PM_1 için henüz tanımlanmış bir sınır değeri var. $PM_{2.5}$ için, Türkiye'de limit değeri tanımlanmamıştır.

Çizelge 4.2. HKDDY; EK-1 düzenli olarak 24 saatlik ve yıllık PM_{10} oran değer azalımı.

PARAMETRE	**Limit Değer (µm/m³)**							
		2009	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
PM_{10}	24 saatlik	300	100	100	90	80	70	60	50
	Yıllık	150	60	60	56	52	48	44	40

Avrupa Birliği, Azot dioksit, Sülfür dioksit ve Azot oksitleri gibi zehirli gazların yer seviyesinde, hava kalitesine ilişkin direktifler (Direktif (99/30/EC), karbon monoksit ve benzen (2000/69/EC) yayınladı (2002/3/EC) ve arsenik, kadmiyum, cıva, nikel, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (2004/107/EC) yanı sıra, 2008/50/EC, dış hava kalitesi ve Avrupa için daha temiz hava için doğrudan hava kalitesi yayınladı. 9/30/EC direktifine göre PM sınırlamaları Çizelge 4.3'de verilmektedir.

(AB) günlük ortalama PM_{10} sınır değeri 50 µg/m^3 iken PM_{10} yıllık limit değeri 40 µg/m^3'tür. $PM_{2.5}$ için sınır değeri 25 µg/m^3'tür. ABD'de limit değerleri Çevre Koruma Kurumu'ndan (EPA) biraz daha yüksektir ve sırasıyla PM_{10} ve $PM_{2.5}$ için 50 µg/m^3 ve 35 µg/m^3(primer ve sekonder) kadardır, 24 saat boyunca 150 µg/m^3 ve 65 µg/m^3 olduğu tespit edildi (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Diğer standartlardan ve kılavuzlardan belirli parçacık maddesi ortalama sınır değerleri.

Ülkeler	Kore	Japonya	Hong Kong	Abd(Ashare)	Avustralya	Finlandiya	İngiltere	Avrupa Birliği
PM_{10}(µm/m^3)	150	150	180 (8 saat ortalama)	EPA:150 (24 saat)	90	50	50	Yıllık:40, 24 saatlik:50
$PM_{2.5}$(µm/m^3)	-	-	0.02/0.01 8 µm/m^3 (8 saat)	-	-	-	-	-

WHO (Dünya Sağlık Örgütü) Çevre Hava Kalitesi kılavuzuna ait partikül madde limit değerleri Çizelge 4.4 ’te verilmiştir.

Çizelge4.4. WHO(Dünya Sağlık Örgütü) partikül madde limit değerleri

DSÖ	1.Hedef	2.Hedef	3.Hedef	4.Hedef
PM_{10}(µm/m^3)	Yıllık:70 24 saatlik:150	Yıllık:50 24 saatlik:100	Yıllık:30 24 saatlik:75	Yıllık:20 24 saatlik:50
$PM_{2.5}$(µm/m^3)	Yıllık:35 24 saatlik:75	Yıllık:25 24 saatlik:50	Yıllık:15 24 saatlik:37.5	Yıllık:10 24 saatlik:25

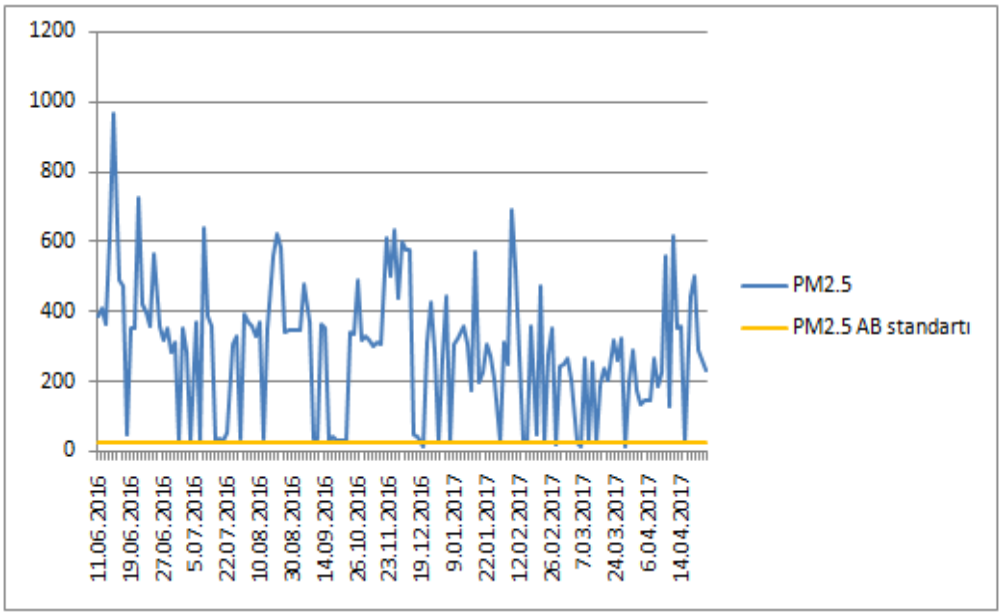
Avrupa Birliği Standartları’na (AB Standartı) göre $PM_{2.5}$ ve PM_{10} boyutundaki tozlar yurdumuza geldiğinde daha çok geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve sonbahar aylarında standartların üzerine çıkan gün sayısı yaz ve kış mevsimlerine göre oldukça fazladır. Kış mevsimlerinde Kuzey Polar Hava Kütlesi (cPk) üzerinden geçen hava akımları güneye tarafına doğru ilerleyerek Türkiye’nin iç kısım bölgelerine havuzlanmakta ve burada yüksek basınç şartlarının yaşanmasına sebep olmaktadır.İç kısımda oluşan yüksek basınç alanından alçak basınç özellikleri gösteren kıyılara doğru hava akımları gerçekleşmektedir ve bulunan hava akımlarının Akdeniz üzerinde oluşması tropikal hava kütleleriyle karşılaşması sonucunda Akdeniz cephe sistemini oluşturmaktadır.

Türkiye'nin kış mevsimlerinde yüksek basınç koşullarına sahip olması ve Akdeniz üzerinde siklonik faaliyetlerin (gezici depresyonlar) zayıflamasına bağlı olarak güney kısımlarından (Büyük Sahra, Arabistan ve İran) çöl tozu taşınımları azalmaktadır.

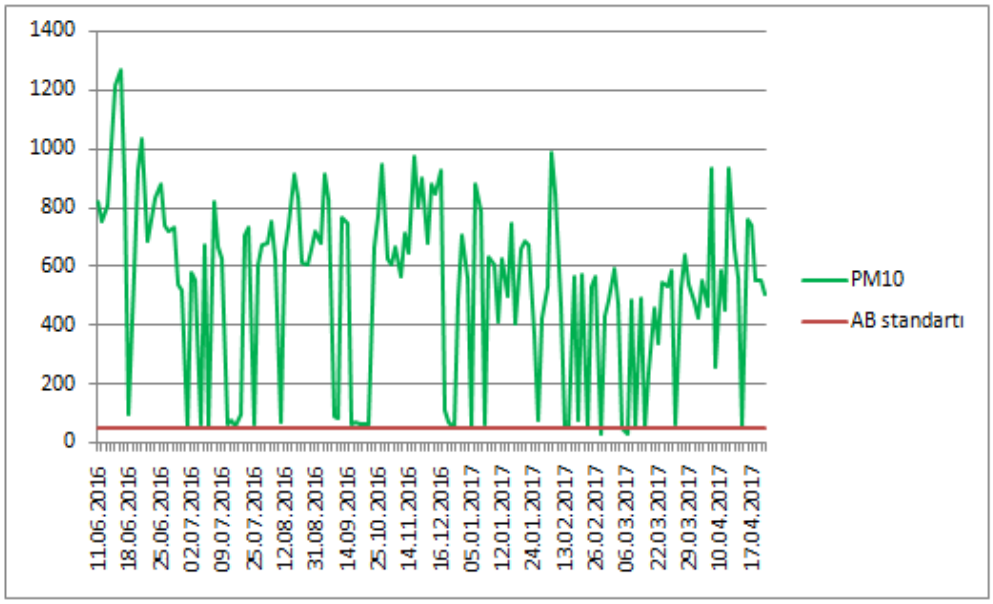
Kış aylarında da tozun miktarının AB standartlarını aştığı ancak diğer aylara bakıldığında bu aşımın çok az miktarda kaldığı belirlenmiştir. Kış ayında toz taşınımı bulutların etkisiyle ve hava nispi neminin daha yüksek olmasıyla yeryüzüne yağmur olarak inmekte ve taşınımı gerçekleştiren sinoptik basıncın etkisi az olmaktadır.

Bağcı ve Şengün (2012), yaptığı çalışmada açıkça bildirmiştir ki; Yaz mevsiminde 30^0 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, kuzeye doğru ilerlemesine bağlı olarak Azor (mT) ve İzlanda'dan (mP) kaynaklanan hava akımları Kuzey Afrika ve Arabistan Yarımadası'na doğru hareket etmektedir. Ayrıca yaz mevsiminde Akdeniz Havzası'nda siklonik faaliyetler zayıfladığı için çöl tozu taşınımı da zorlaşmaktadır (Bağcı ve Şengün, 2012). Çalışmamızda, Yaz ayında tozların yine yönetmelik ve AB standartı olan 50 mg/m^3 değerini birçok gün aştığı tespit edilmiştir. Haziran ve Temmuz aylarındaki yüksek toz miktarının hava sıcaklığının artmasına bağlı sinoptik bir basınç hareketinden olduğu tahmin edilmiştir.

Genel olarak bir yıllık bir ölçüm sonucunda $PM_{2.5}$ ve PM_{10} boyutundaki tozların yıl içerisinde değişime uğradıkları şekiller aşağıda verilmiştir (Şekil 4.44 ve Şekil 4.45). Grafiklere bakıldığında daha çok konsantrasyon yaz ve kış aylarında AB standartlarının altına düşmüştür. İlkbahar ve sonbahar yaz ve kış aylarına oranla normal 50 $\mu m/m^3$ değerinin $PM_{2.5}$ için yaklaşık 10 katına kadar çıkarken PM_{10} için 10-12 katına kadar çıkmaktadır.

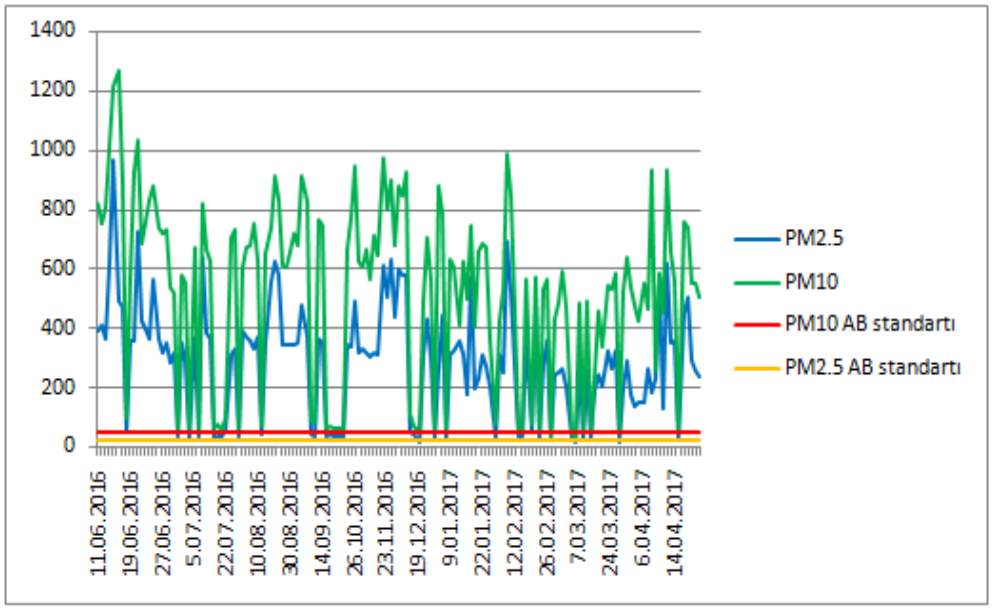


Şekil 4.44.Yıllık $PM_{2.5}$ ve AB standartı değerleri



Şekil 4.45.Yıllık PM_{10} ve AB standartı değerleri

Yıl içinde gelen tozun hem $PM_{2.5}$ boyutu için hem de PM_{10} boyutu için aşağıdaki şekilde karşılaştırmalı olarak bütün değerler yer alarak mukayese yapılması için kolaylık sağlamıştır.



Şekil 4.46.Yıllık $PM_{2.5}$, PM_{10} ve AB standartı değerleri

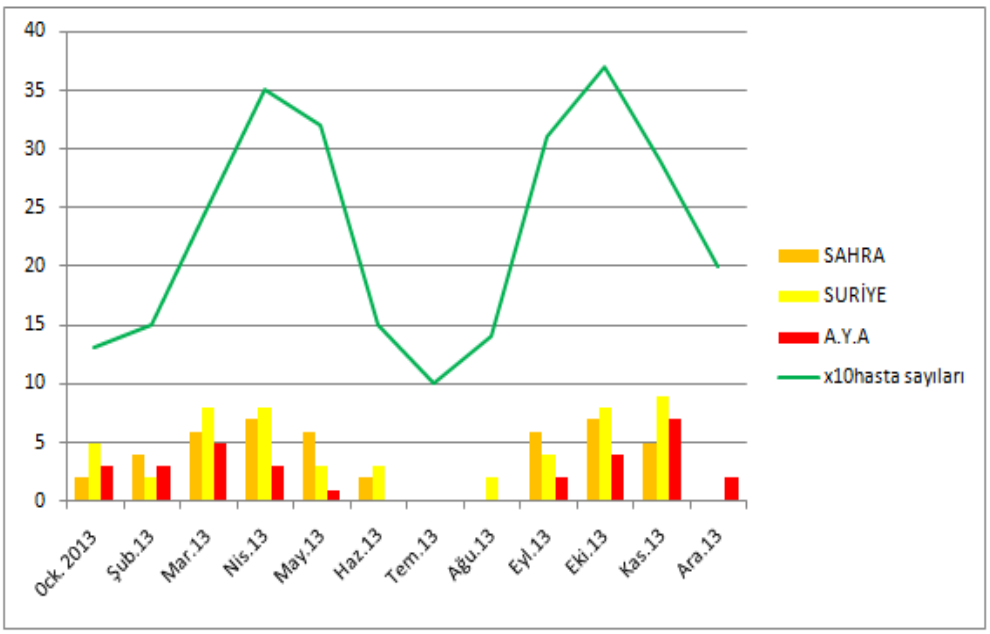
4.3. Çöl Tozlarının Sağlık Açısından Değerlendirilmesi



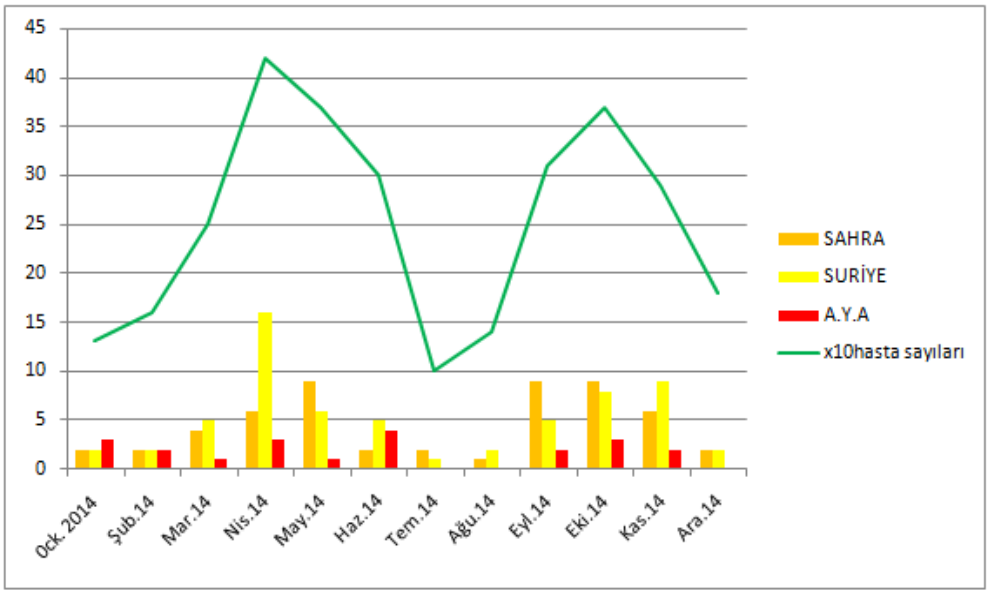
Şekil 4.47.Şanlıurfa M.Akif İNAN Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin konumunu gösteren harita.

Şanlıurfa Mehmet Akif İNAN Eğitim ve Araştırma Hastanesi günlük olarak 3500 hasta bakan 49500 m^2'lik bir alan üzerine inşa edilen hasta bütün poliklinikleri bünyesinde barındırmaktadır. Bu poliklinikler; dahiliye, kardiyoloji, kalp-damar, beyin cerrahi, kulak-burun-boğaz, göğüs hastalıkları, üroloji, nöroloji, göz hastalıkları, deri ve zührevi hastalıklar, cildiye, ortopedi, genel cerrahi, onkoloji, anestesi, fizik tedavi, psikiyatr gibi poliklinikleri bünyesinde bulundurmaktadır. Bu çalışmamızda göğüs hastalıklarının bütün polikliniklerinden aldığımız günlük hasta sayıları ile Şanlıurfa'ya gelen tozun sağlık üzerine etkilerini araştırdık. Genellikle tozun yoğun olarak geldiği İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde gelen tozlu günlerde gelen hasta sayılarının yaz ve kış mevsimlerine göre daha çok hasta geldiği hastaneden aldığımız günlük hasta sayıları ile kanıtlanmıştır (Şekil 4.48, 4.49, 4.50, 4.51, 4.52).

Çalışmamızda 5 yıllık hastane verileri mevcut olduğundan hasta sayılarının çok fazla geldiği ilkbahar ve sonbahar mevsimi aylarında ilkbahar da çiçeklerin polen gibi salgıladıkları maddeler daha fazla olduğundan ilkbahar gelen hasta sayısı sonbahar gelen hasta sayılarından daha fazladır. Bu alerjenik fonksiyonlardaki polenler çöl tozları ile birleşerek sağlık açısından daha çok hasara yol açmaktadır.

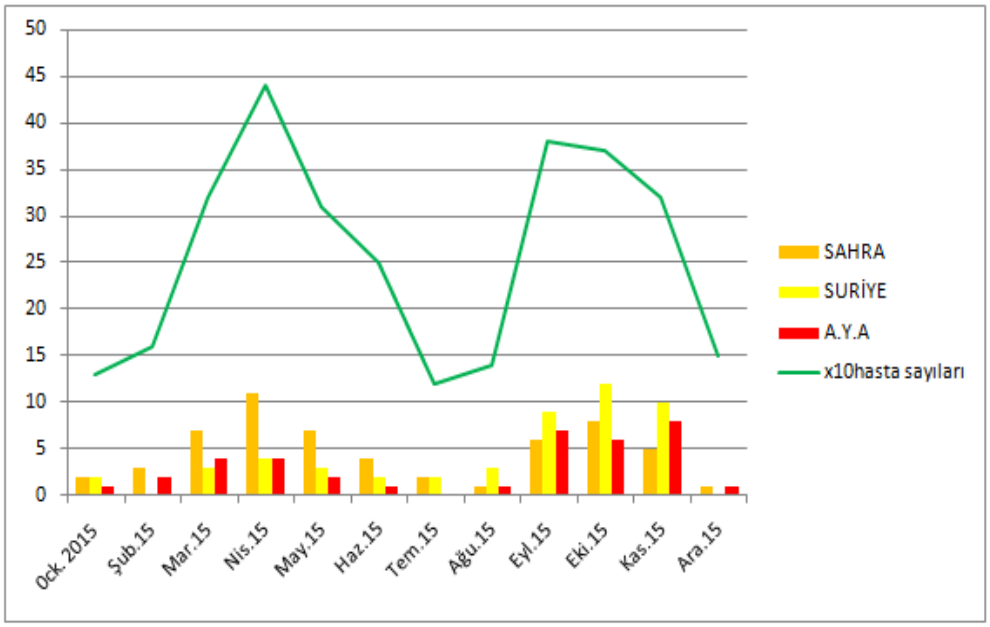


Şekil 4.48.2013 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları

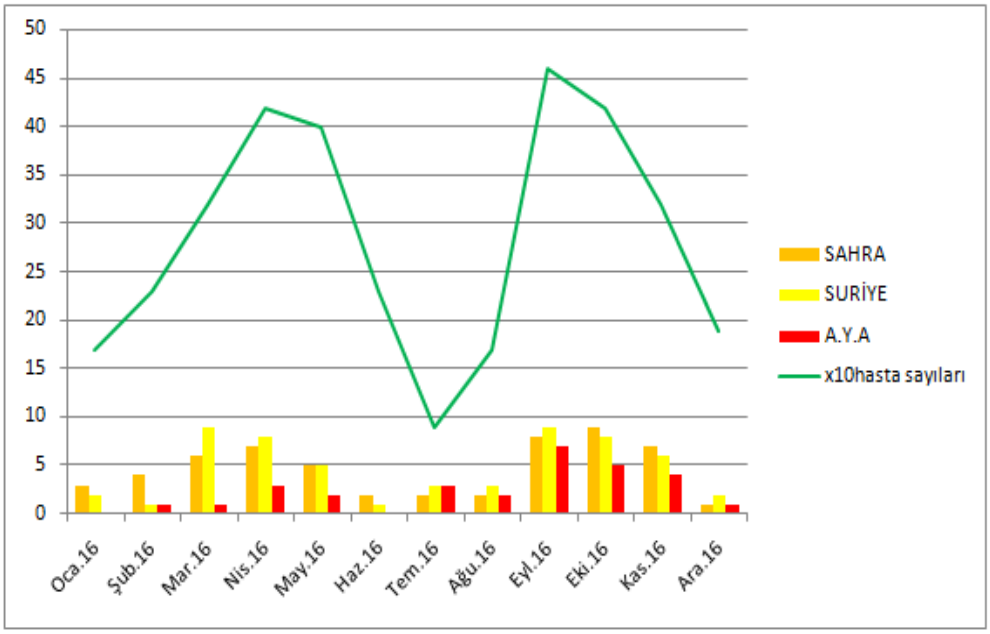


Şekil 4.49.2014 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları

M.Akif İNAN Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin olanaklarının iyileşmesi ile birlikte hasta sayıları daha fazla artmış olup göğüs hastalıkları polikliniklerinde araştırmalarımız sonucunda hasta sayılarında artış gözlenmiştir.

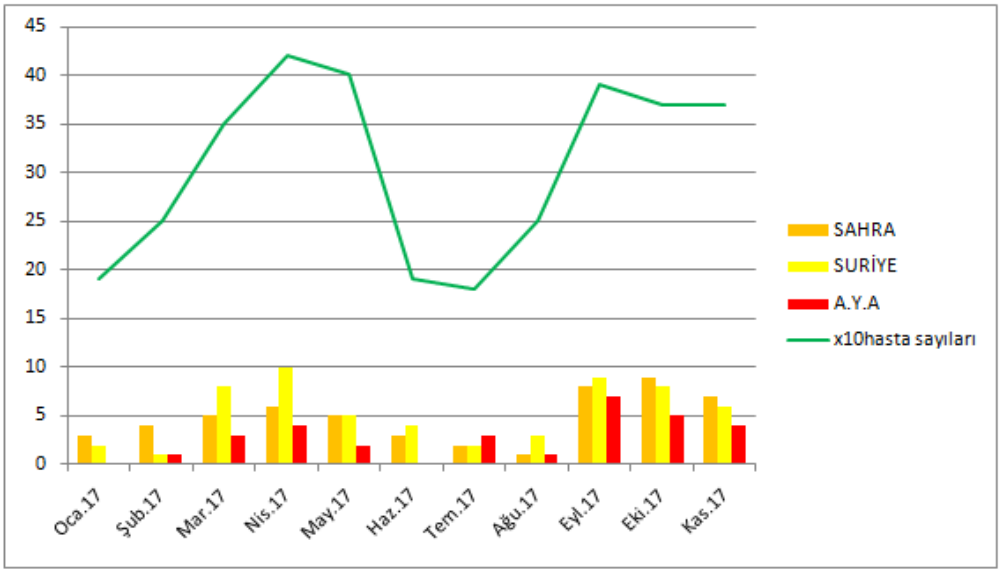


Şekil 4.50.2015 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları



Şekil 4.51.2016 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları

Sahra, Suriye ve A.Y.A'ndan gelen tozların daha doğrusu çöllerden rüzgarlarla taşınan tozların sağlık açısından zararlı olduğu bilimciler tarafından araştırılıp kanıtlanmıştır. Yurdumuza taşınan bu tozların kimyasal içerikleri farklı olduğu için insan ve diğer canlılar üzerinde zararları da bu kimyasal içeriğe göre farklılık göstermektedir.



Şekil 4.52.2017 yılına ait tozlu günler ve günlük hasta sayıları

4.4. Çöl Tozlarının Çevre Kirliliği Açısından değerlendirilmesi

Güneydoğu'ya toz taşınımın geldiği fark edildiğinde bunun üzerine birçok çalışma ve araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar ilk önce insanoğlunun sağlığı üzerine araştırılmış ve daha sonradan çevreye ve diğer canlılara da zararı olduğu anlaşılmıştır. Bu tozların çevreye verdiği hasarlar gözle görülebilecek düzeyde olup önüne geçilmesi zor bir durumdur.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu'ya gelen bu kızıl yağışlar sonrasında çevre, sokaklar, araçlar ve binaların dış yüzeyleri kirlenmektedir. Bu taşınım sırasında özellikle görüş mesafesi oldukça düşük seviyelere ulaşmaktadır. (Şekil 4.53 ve Şekil 4.54).



Şekil 4.53.Şanlıurfa'ya taşınan kızıl yağışlar sonucu şehrin görüntüsü



Şekil 4.54. Aynı noktadan çekilmiş olan farklı günlere ait tozsuz-tozlu gün görüntüsü

5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

Çöller yaklaşık olarak yüzölçümü bakımından Dünya'nın beşte birine eş değerdir. Çöller, yerkürede özellikle kuzey yarıkürede toplanmıştır. Bu çöller genellikle güneyden esen rüzgarlar sayesinde yurdumuza taşınım gerçekleştirmektedir. Çöl tozlarının global sistemde atmosferik taşınımı, yatay ve dikey yönde iki türlü olmaktadır. Çöl tozları önce çeşitli meteorolojik faktörlerin etkisiyle dikey olarak atmosfere taşınmaktadır. Daha sonra ise rüzgarlar ve gezici depresyonlarla yatay olarak çok uzun mesafelere kadar taşınmaktadır. Çöl tozları, dikey olarak en fazla 8 km'ye kadar yükselmekte iken, yatay olarak taşınımı ise 6000 km'ye kadar olmaktadır.

Yeryüzünde bulunan çöllerin jeolojik yapılarının birbirinden farklı olması ve çöl tozlarının atmosferik taşınım sırasında başka alanlardaki çöl tozlarıyla karışmasından dolayı çöl tozlarının kimyasal ve mineralojik yapıları çeşitlilik göstermektedir. Antropojenik kökenli partiküller temelde karbon içerikli partiküller, sülfürler ve nitratlardan oluşurken; Sahra tozları, kil mineralleri, kuvars, kalsiyum, demir oksitler ve magnezyum karbonatlardan oluşur.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu, coğrafi konumu sebebiyle pek çok çölün etkisi altındadır. Doğu ve Güneydoğu'yu etkisi altına alan çöller Sahra çölleri, Arap Yarımadası çölleri ve Suriye çölleridir. Bu çöllerin konum itibariyle Anadolu Yarımadası'na yakın olması ve bu çöllerden taşınan çöl tozlarının etkisini önleyecek geniş ve yüksek topoğrafik özelliklerin olmaması gibi sebeplerden dolayı Doğu ve Güneydoğu Anadolu bu çöllerden kaynaklanan tozlardan yılın belli dönemlerinde önemli ölçüde etkilenmektedir. İran çöllerinden kaynaklanan çöl tozlarının Türkiye'ye olan etkileri Büyük Sahra ve Arabistan Yarımadası çöllerine göre zayıftır. İran çöllerinden kaynaklanan tozlar ise Türkiye'ye çeşitli dönemlerde oluşan gezici yerel depresyonlarla taşınmaktadır.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöllerden Sahra çölü, Arabistan Yarımadası çölleri ve Suriye çöllerinin her birini bulundukları yerlerde yaşanan iklim koşullarının tamamen aynı olmaması ve farklı jeolojik yapıya sahip arazilerden oluşmasından dolayı buralardan kaynaklanan ve Doğu-Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni etkileyen çöl tozlarının kimyasal ve mineralojik özellikleri farklı olmaktadır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozlarının hareketi ve dağılışında doğrudan ve dolaylı olarak birçok faktör etkili olmaktadır. Bunlar, doğal ve beşeri faktörler olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Doğal faktörler, topoğrafik özellikler (topoğrafya, yükselti, bakı) ve klimatolojik özellikler (sıcaklık, basınç, rüzgâr, nem ve yağış)'dir. Beşeri faktörler ise yoğun ve düzensiz kentleşme, fosil yakıtlar ve motorlu araçlardır.

Türkiye'nin birçok bölgesinde olduğu gibi Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin çöl tozlarından etkilenme sıklığının artması dikkatleri çekmiş ve konu üzerinde araştırma yapılmasına neden olmuştur. Bu çalışmada 2013-2017 yılları için 5 yıllık bir veriler oluşturulmuş ve beş yıla ait HYSPLIT, MODIS ve kamera görüntüleri gün gün indirilerek incelenmiştir. Bunun yanında bir de Partisol 2025 İD cihazının verileri de tam yıl boyunca alınarak dört mevsim içinde araştırma olanağı için kolaylık sağlamıştır. Sonuç olarak, partikül maddelerin özellikle geçiş mevsimi olan ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde arttığı ve genellikle partikül madde miktarının bu geçiş mevsimlerinde daha çok standart değerlerinin aştığı tespit edilmiştir.

Bir yıllık PM ölçüm cihazı sonuçlarına göre; tozun miktarları ortalama olarak yaz döneminde ortalama PM_{10} 370 µg/m³, $PM_{2.5}$ 190 µg/m³; sonbahar döneminde PM_{10} 580 µg/m³, $PM_{2.5}$ 270 µg/m³; kış döneminde PM_{10} 330 µg/m³, $PM_{2.5}$ 150 µg/m³ ve ilkbahar döneminde PM_{10} 610.00 µg/m³ $PM_{2.5}$ 320 µg/m³ olarak AB standartları olarak kabul edilen 50µg/m³ dahil birçok standardın minimum değerinin üstünde tespit edilmiştir. Sahra çölü ve Arap Yarımadası kaynaklı tozun genelde kızıl renkli olduğu, çamur şeklinde yeryüzüne indiği, Suriye kaynaklı tozun ise açık ve grimsi renkli olduğu belirlenmiştir.

Tozların uzak menzil taşınım kaynakları tespiti için HYSPLIT programı ve MODIS görüntülerinin yanında Partisol 2025 İD cihazı gibi çatıya kurduğumuz kameralar da kullanılmıştır. 500 m, 1000 m ve 1500 m olmak üzere kullanılan 3 bantlık HYSPLIT programında, tozların özellikle Sahra çölünden kaynaklanmakla birlikte Suriye çölü ve bazı dönemlerde Arap Yarımadası 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.

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, astım, 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 Hastanesi'nin Göğüs Hastalıkları Poliklinikleri'nden her gün astım, bronşit, KOAH, alerji vb. şikayetler ile başvuran hasta sayılarının 5 yıllık verileri elde edilmiştir. Bu hastaneye başvuran hasta sayıları aritmetik ortalaması alınarak PM_{10} ve $PM_{2.5}$ değerleriyle ilişkilendirilmiştir. Toz taşınımının gerçekleşmesinin olduğu zamanlarda hasta sayılarında artış olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Öneriler

Bu çalışma açıkça göstermiştir ki; hava kalitesi Şanlıurfa için WHO ve Hava Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenen ve ileri yıllar için hedeflenen PM_{10} ve $PM_{2.5}$ 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.

Araştırma alanımızın yukarıda belirtilen klimatolojik, jeomorfolojik ve mikro analitik özellikleri, gelişimleri, doğal ve beşeri süreçlerin etkileriyle birlikte değerlendirilmeye çalışılmıştır. Ancak bu mevcut durumda çöl tozlarının doğal ve beşeri ortam üzerinde meydana getirdiği bazı sorunlar dikkati çekmektedir. Aşağıda belirlenen bu sorunlara çeşitli çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bunları böyle sıralayabiliriz:

- Çöl tozları sadece çöllerden yayılmamaktadır. Aynı zamanda yarı kurak bölgelerdeki arazilerden ve eski kurumuş göl tabanlarından da yayılmaktadır. Bunun için global ölçekte atmosfere toz salan çöllerin ve diğer alanların tespit edilmesi, taşınım bölgelerinin günümüz teknolojisiyle belirlenmesi ve bunun sonucunda elde edilen bilgilerin belli merkezlerde toplanması gerekmektedir.
- Günümüzde çöl tozları ve diğer endüstriyel tozların artmasıyla beraber bunları inceleyen bilim dalı olan Aerobiyoloji'nin (Hava Biyolojisi) önemi gittikçe artmakta ve Aerobiyoloji ile ilgili çalışmaların hızlandırılmasının gereği ortaya çıkmaktadır.
- Kuraklığın olduğu yerlerde uygun zamanlarda uygun yöntemler kullanılarak bulutların özellikle Sahra kökenli çöl tozlarıyla tohumlanması sonucunda kar ve yağmur yağdırılabileceğiyle ilgili çalışmalar daha da geliştirilip denenmelidir Ayrıca bu konuyla ilgili devlet desteğinin de sağlanması gerekmektedir.

- Çöl tozlarının özellikle kuru olarak çökeldiği zamanlarda çöl tozlarının akciğer, kalp-damar, solunum yolları, enfeksiyon hastalıkları ve nörolojik rahatsızlıkları olumsuz yönde etkilemesinden dolayı bu hastalığa sahip olan kişilerin, yaşlıların ve çocukların mecbur kalmadıkça dışarıya çıkmaması gerekmektedir.
- Çöl tozu tahmin modellerine göre tozların geleceği günler önceden belirlenerek çöl tozlarının zararlarından korunmak amacıyla ilaçlar kullanılarak mevsimsel tedaviler uygulanmalıdır.
- Gözlere takılan göz merceklerinin çöl tozları içerisinde bulunan kuvars minerali tarafından çizilme riski olduğundan tozlu günlerde dikkatli olunmalı ve kullanılmamalıdır.
- Türkiye'de güncel buzul alanlarının hızlı şekilde gerilemesinde çöl tozlarının rolünün ne olduğu net olarak bilinmediğinden bu konuda gerekli araştırmaların ilgili bilim dalları tarafından yapılma zorunluluğu ortaya çıkmıştır.
- Çöl tozu taşınımının olduğu günlerde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından haber kaynaklarında halk bilgilendirilmeli ve uyarılmalıdır. Ayrıca televizyonlarda çöl tozları ile ilgili programların yapılması ve sık sık yayınlanması yapılarak halkın dikkati bu konuya çekilmelidir.
- Çamur(kızıl) yağmurları, içerisindeki besleyici maddelerden dolayı potansiyel bir kaynak olarak görülmeli ve biyolojik sistemler ile birincil üretime olan katkısı araştırılıp sonuçları hemen uygulanmalıdır.
- Çöl tozlarından yoğun şekilde etkilenen illerde yapılan tarım faaliyetlerinde toprağa verilecek gübre kompozisyonunun çöl tozlarının içerisinde bulunan elementlere göre ayarlanması gerekmektedir. Bunun için İl Tarım müdürlüklerinde çöl tozlarının tarımsal ürünlere olan etkileriyle ilgili çalışmalara hız verilmeli ve ulaşılan bilimsel sonuçlar hemen uygulamaya konulmalıdır.

- Çöl tozlarının etkili olduğu günlerde iç ortam hava kalitesinin düşmemesi için kapı ve pencereler açılmamalıdır.
- Çöl tozları, uçakların havalandırma, hidrolik, elektronik sistemlerinin bozulmasına; uçaklardaki hava radarlarının gece şartlarında algılayamamasına, motordaki filtrelerin tıkanmasına neden olduğundan aşırı tozlu günlerde (PM_{10} değerinin 300μg'ın üzerine çıktığı zamanlarda) hava yolunun hiçbir şekilde ulaşıma açılmaması gerekmektedir.
- Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çöl tozları güneşlenme sürelerini de etkilemektedir. D.M.İ. Genel Müdürlüğü tarafından Güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmadığı günler "Bulutlu" veya "Kapalı Günler" olarak değerlendirilmektedir. Çöl tozlarının etkili olduğu günlerin de kapalı günler olarak değerlendirilmesi doğru değildir. Bizce yanlış olduğu düşünülen bu durumun; verilerin doğruluğu ve konunun açıklığa kavuşturulması açısından yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.
- İnceleme alanında çöl tozlarının yoğun olarak görüldüğü Şanlıurfa, ilinde çöl tozlarının tarihi binalar ve anıtlar üzerine kuru ve yaş olarak çökelmesi sonucunda yapılarda ve anıtlarda meydana gelen bozulmalara karşı tedbirler alınmalıdır. Tozlu günlerde tozların iç ve dış ortamda zararlarına karşı koruyucu araç-gereç ve teknikler geliştirilmelidir.
- İnceleme alanında bulunan içme suyu arıtma tesislerine çöl tozlarının birikmesi sonucunda ağır metaller, mantarlar, virüsler, bakteriler içme suyuna karışacağından tozlu günlerde tozların suya girişini önleyecek tedbirler alınmalıdır.
- İnceleme alanında sanayinin yoğun olduğu illerde açık ve kapalı ortamlarda bulunan makine ve aletlerin, tozların içinde bulunan demir oksitlerle teması sonucunda paslanmalar ve bozulmalara karşı gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Çöl tozlarının deniz ve okyanuslarda alg patlamalarına neden olduğu bilinmesine rağmen, göl ve nehir sularında alg patlamalarına olan etkisi bilinmemektedir. İlgili bilim dalları tarafından çöl tozlarının tatlı su kaynakları üzerine olan etkileri detaylıca incelenmesi gerekmektedir.

- Kum ve toz fırtınalarının yoğun olduğu ülkelerde araçların kum ve toz fırtınalarının zararlarından korumak için koruyucu boya sürülmektedir. İnceleme alanında da tozların yoğun olduğu illerde buna benzer teknikler kullanılarak araçların zarar görmesi önlenebilir.

KAYNAKLAR

AKINÇ, G., 2005. Analysis of Saharan Desert dust transport to the Anatolia Peninsula: A Megacity Perspective. Submitted to the Institute of Environmental Sciences in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of Science in environmental technologies,Boğaziçi University,İstanbul, s.107.

ALP, Ş. ve SARI, M.,2002.Sahra tozlarının kar depolanmasındaki etkilerinin İncelenmesi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tübitak Projesi, Ankara.

ATALAY, İ., 2010. Uygulamalı Klimatoloji. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 1-3s.

BASART, S., PAY, M.T., JORBA, O., PEREZ, C., JİMENEZ-GUERRERO, P.,SCHULZ, M., BALDASANO, J. M. 2012. Aerosols in the CALIOPE air quality modelling system: evaluation and analysis of PM levels, optical depths and chemical composition over Europe. Atmos. Chem. Phys., 12: 3363–3392.

BAĞCI, H.R. ve ŞENGÜN, M.T., 2012. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölge'sinde Çöl Kaynaklı Tozlar Ve Genel Çevresel Etkileri. Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 2-15s.

BENER, M., ÖZYÜREK, M., GÜÇLÜ, K. and APAK, M.R.,2016. Optimization of microwave assisted extraction of curcumin from curcuma longa L. (Turmeric) and evaluation of antioxidant activity in multi-test systems. Records Of Natural Products, 10: 542-554.

BUSECK, P.R., JACOB, D.J., POSFAİ, M., Li, J. and ANDERSON, J.R., 1999. Minerals in the air an environmental perspective. International Geology Review, Symposium, 1-3 March, vol 42, Stanford, California, pp.577-593.

CHANG, H., 2006. Understanding the relationship between ınstitutions and economic development. London, pp.1-14.

CLARK, A.G.,RADOJEVIC, M. and HARRISON, R.M., 1992. Atmospheric acidity, sources, consequences and abatement. Atmospheric Environmental, Amsterdam, pp.39-72.

CRAPO, J.D., BARRY, B.E., GEHR, P., BACHOFEN, M. and WEIBEL. E.R., 1982.Cell number and cell characteristics of the normal human lung. Am. Rev. Respir. Dis., 126(2): 332–337.

DELFINO, R.J, SIOUTAS, C. and MALIK, S., 2005. Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. Environ Health Perspect, 113:934–946.

DOBBS, L.G., JOHNSON, M.D., VANDERBILT, J., ALLEN, L. and GONZALEZ, R., 2010. The great big alveolar TI cell evolving concepts and paradigms. Cellular Physiology and Biochemistry, 25(1): 55-62.

DOCKERY, D.W., STEENLAND, K., SAVITZ, D.A. and POPE, C.A., 1997. I Topics in environmental epidemiology.Oxford University Press, Oxford, 15(2):107–197.

DOĞANAY, H., AKÇALİ, D., GÖKTAŞ, T., ÇAĞLAR, K., ERBAŞ, SAYDAM, C. ve BOLAY, H.,2006. African dust-laden amospheric conditions activate the trigemino vascular system.Journal of Social Science, pp.1059-1068.

DONALDSON, K., STONE, V., SEATON, A. and MACNEE, W., 2001. Ambient particle inhalation and the cardiovascular system potential mechanisms. Environ Health Perspect, 109:523–527.

EREN, S.,2006. Sahra Tozunun Biyolojik Arıtım Prosesine Olan Etkilerinin Araştırılması.Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 80s.

ENGELBRECHT, J. P. andDERBYSHİRE,E., 2010. Airborne Mineral dust,Elements, 6(4):241-246.

FİTZGERALD, J.W., 1991. Marine aerosols: A review. Authors: AA(Atmospheric Physics Branch, Naval Research Laboratory. Washington, Atmospheric Environment, 25(3):533-545.

FRIEDLANDER, S.K. and LIPPMANN, M.,1994. Revising the particulate ambient air quality standard – scientific and economic dilemmas. Environmental science and technology, American Chemical Society, 8(2): 148–150.

GANOR, E.,LEVIN, Z. and VAN GRIEKEN, R., 1998. Composition of individual aerosol particles obove the Israelian Mediterranean coast during the summer time. Atmospheric Environment, 32:1631-1642.

GOUDIE, A.S. and MIDDLETON, N.J., 2006. Desert Dust in the Global System, Springer, Printed in the Germany, 287s.

GOUDIE, A.S. and MIDDLETON, N.J., 2001. Saharan dust storms nature and consequences. Earth-Science Reviews,Germany,56:179–204.

GRIFFIN, D.W., KUBILAY, N., KOÇAK, M., GRAY, M.A., BORDEN, T.C. and SHİNN, E.A., 2007. Airborne desert dust and aeromicrobiology over the Turkish Mediterranean coastline. Atmospheric Environment, 41:4050–4062.

GRIFFIN, D.W., GARRISON, J.R., HERMAN, E.A. and SHINN., 2002. African desert dust in the Caribbean atmosphere, Microbiology and public health. Aerobiologia, 17: 203– 213.

GROUSSET, F.E., GINOUX ,P., BORY, A. and BISCAYE, P. E., 2003. Case study of a Chinese dust plume reaching the French Alps. Geophys. 30(6):1277.

GUERZONI, S., MOLINAROLIT, E. and CHESTER, R., 1997. Saharan dust inputs to the western mediterranean sea. Depositional Patterns Geochemistry and Sedimentological İmplications Deep-Sea Reasearch, 44(2):631-654.

GÜYAGÜLER, M. ve DURUCAN, S., 1985. Enerjide Sürdürülebilir Gelişimi ile Tunç bilek Havzası Kömürleri. TMMOB Türkiye IV. Enerji Sempozyumu,Ankara, 148s.

HOLMES, H.,2011.Tozun Gizli Hayatı, Tubitak Popüler Bilim Kitapları, Ankara, 22-23s.

KALLOS, G.,2011.6th Internatıonal Workshop On Sand/ Duststorms And Assocıated Dustfall, 7-9 September, Greece, pp.1-6.

KUBILAY, N. and SAYDAM, C., 1995. Trace elements in atmospheric particulates over the eastern Mediterranean concentration, sources and temporal variability. Atmospheric Environment, 29: 2289-2300.

KUBILAY, N., NICKOVİC, S., MOULIN, C. and DULAC, F., 2000. An illustration of the transport and deposition of mineraldust onto the eastern mediterranean.Atmospheric Environment, 34:1293-1303.

LAITY, J., 2008. Examines the physical systems occurring in desert environments, including climate, hydrology, past and present lakes, weathering, hillslopes. Wiley-Blackwell , USA, 342pp.

LEVY, R.C., 2010. Global evaluation of the Collection dark-target aerosol products over land. Atmospheric Chemistry, 10(21):10399–10420.

LONGUEVILLE, F.D., HOUNTONDJI, Y.C., HENRY, S. and 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. Particle–lung ınteractions. Lung Biology in Health and Disease, New York, 143:3-56.

MOULIN, 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., 1997. Satellite climatology of African dust transport inthe Mediterranean atmosphere. Journal of Geophysical Research, 103: 137-144.

NOTTER, R.H., 2000. Lung surfactants Basic Science and Clinical Applications. Los Angeles, Reviews in Medicinal Chemistry, 7:932–944

OSIPOV, S., STENCHIKOV, G., BRINDLEY, H., and BANKS, J., 2015. Diurnal cycle of the dust instantaneous direct radiative forcing over the Arabian Peninsula. Atmospheric Chemistry, 15:537–553.

ÖZDEMİR, M.T. ve ERTAŞ, S., 2011. Desert dust transportation on particulate matter concentrations: a case study in Ankara. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, Ankara, 68(1): 24-32.

ÖZSOY, T.,1999. Kilikya Baseni Kıyısal Sistemine Taşınan Atmosferik Kirleticilerin Kaynaklarının Belirlenmesi Atmosferik Girdilerin Deniz Ekosistemi Üzerine Olan Etkileri. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Mersin, 209s.

PEDRAZA, C.E., NIKOLCHEVA, L.G., KAARTINEN, M.T., BARRALET, J.E. and MCKEE, M.D., 2008. Osteopontin functions as an opsonin and facilitates phagocytosis by macrophages of hydroxyapatite-coated microspheres Implications for bone wound healing. Atmospheric Emvironmental, Bone, 43:708-716.

PERKINS, S.,2001. Dust the thermostat how tiny airborne particles manipulate global climate. Science Newspaper, 160:200–212.

PROSPERO, J., HERMAN,R. and HSU, N.C., 1999. Detection of mineral dust over the North Atlantic Ocean and Africa with the Nimbus. J. Geophys. Res, 104: 277–292.

RIDGWELL, A. J.,2002. Dust in the Earth System the Biogeochemical linking of land. Air And Sea.phil Trans, Londra, 360:1–21.

SAYDAM, A.C.,2002. İklim Kontrolü. Bilim-Teknik Dergisi, Ekim Sayısı, Ankara, 39–48.

SAYDAM, A.C. and SENYUVA, H.Z., 2002. Deserts can they be the potential suppliers of bio available iron?,Geophysical Research Letters, 29(11):10-18.

SAYDAM, A.C.,2010. Havadan Tozdan , Heyemola Yayınları, Ankara, 416s.

SCHULZ, H., BRAND, P. and HEYDER, J., 2005. Particle deposition in the repiratory tract. Lung Biology in Health and Disease, New York, pp.229-290.

SOLOMOS, S.,KALLOS, G., MAVROMATIDIS, E. and KUSHTA, J., 2012.Density currentsasadesertdustmobilization mechanism. Atmospheric Chemstiry Phys.,12:199–211.

SOLOMOS, S., BANKS, R.F., ALSİNA, J.T., BALDASANO, J.M., ROCADENBOSCH, F. and TZANİC, C.G., 2016. Sensitivity of boundary-layer variables to PBL schemes in the WRF model based on surface meteorological observations, lidar, and radiosondes during the HygrA-CD campaign. Atmospheric Research, 3(8):185–201.

TECER, L.H., 2011. Hava Kirliliği ve Sağlığımız, Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Semineri, İstanbul, s.15-29.

TÜRKEŞ, M., 2010. Klimatoloji ve Meteoroloji**,** Kriter Yayınevi, İstanbul, 650s.

URL-1, www.maden.org.tr

URL-2, Google Earth 2011

URL-3, http://www.permaculturemarin.org

URL-4, www.feww.wordpress.com.

URL-5, http://contactscience.wikispaces.com/respiratory+system

URL-6, www.cembit.dmi.gov.tr

URL-7, www.fda.gov.

URL-8, www.medikalsozluk.com

URL-9, www.umm.edu.com

URL-10, www.vucut.org

URL-11, www.saglik.im.com

URL-12, http://www.permaculturemarin.org.

URL-13, http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov

URL-14, http://seawifs.gsfs.nasa.gov/cgibrs/saewifs browse.pl

YAALON, D.H. and GANOR, E., 1975. Rate of aeolian dust accretion in the mediteraneam and desert fringe environmens of İsrael. İnt cont sediment, 19: 169-174.

YAALON, D.H. and GANOR, E., 1979. East Mediterranean trajectories of dust-carrying storms from the Sahara and Sinai. Chichester, pp.187–193.

ZHA, Y. and GAO ,J., 1997. Characteristics of desertification and its rehabilitation in China. J. Arid Environ, 37: 419–432.

WARNECK, P., 1988. Chemistry of the Natural Atmosphere, in International Geophysics Series. Academic Press, London, 41:13-49.

WASHINGTON, R., TODD, M., MIDDLETON, N.J., ANDREW, S. and GOUDIE, A.S., 2003. Dust-stormsource areas determined by the Total Ozone1 Monitoring Spectrometer and surface observations.Annals of the Association of American Geographers, 93(2):297–313.

WHITMAN ,W. B., COLEMAN, D.C. and WIEBE ,W.J. 1998. Prokaryotes: the unseen majority. U S A, 95(12):6578–6583.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehtap YÜCEL

Uyruğu : T.C

Doğum Yeri ve Tarihi : ŞANLIURFA -23.02.1990

Telefon : (0) 530 082 86 77

E-mail : mehtapyucel3@gmail.com

EĞİTİM

Derece	**Adı, İlçe, İl,**	**Bitirme Yılı**
Lise	: Özel Birikim Lisesi- Şanlıurfa/Karaköprü	2007
Üniversite	:Harran Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Şanlıurfa/Halilye	2015
Yüksek Lisans	:Harran Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	2017

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2016	Birleşmiş Milletler	Çevre Mühendisi
2017	PAK-ÇEV Firması	Çevre Mühendisi

UZMANLIKALANI

Atık su analizleri

İmisyon ölçümleri

YAYINLAR

2016 - 1. Uluslararası Şehir, Çevre ve Sağlık Kongresi - KKTC

2017 - 1. Uluslararası Çevre ve Sağlık Kongresi - ADANA

2017 - 1. Uluslararası İleri Araştırmalar ve Bilim Kongresi - OSMANİYE