

**SAHRA TOZU TAŞINIMI SÜRECİNDE, ATMOSFERİK CO₂
KONSANTRASYON DEĞİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**THE INVESTIGATION OF THE VARIATIONS IN ATMOSPHERIC CO₂
LEVELS DURING THE COURSE OF SAHARAN DUST TRANSPORT**

Amir HADJIALIGHANDI

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
ÇEVRE Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak Kabul edilmiştir.

Başkan :.....
Dr. Shihomi Ara AKASOY

Üye (Danışman) :.....
Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM

Üye :.....
Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. Merih AYDINALP KÖKSAL

Üye :.....
Dr. Hatice ŞENGÜL

ONAY

Bu tez/...../2011 tarihinde Enstitüsü Yönetim Kurulunca Kabul edilmiştir.

...../...../2011

Prof. Dr. Adil DENİZLİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Anneme ve Babama,

SAHRA TOZU TAŞINIMI SÜRECİNDE, ATMOSFERİK CO₂ KONSANTRASYON DEĞİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Amir HADJIALIGHANDI

ÖZ

Bilim dünyasında ilk kez olmak üzere Sahra tozlarının uzun mesafeli taşınım sürecinde atmosferik karbon dioksit konsantrasyonlarını etkilediği gösterilmiştir. Karbon dioksit oluşumuna neden olan dikarboksilasyon reaksiyonu, toz matriksinin bulut ile teması sonrası yeterli güneş enerjisinin olması koşullarına bağlı olarak ilerlemektedir. Bu koşulların oluşması sonrasında atmosferik karbon dioksitin artışı yağmur olayı ile dengelenebilmektedir. Çöl kökenli tozların küresel boyutları göz önüne alındığında günümüze kadar bilinmeyen bu doğal kaynağın karbondioksit bütçesi üzerindeki etkisinin öncelikle araştırılması gereği ortadadır. Bu doğal kaynağın boyutlarının saptanması sonrasında endüstriyel faaliyetler sonucunda ortaya çıkan karbon dioksit bütçesi daha güvenilir olarak saptanabilecektir. Toz taşınımı sürecinde gündüz vakti aniden artan bu gazın sağlık üzerindeki etkilerinin de öncelikli olarak incelenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çöl tozu, bakteri mantar, oksalat, karbon dioksit

Danışman: Prof. Dr. A. Cemal Saydam, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

THE INVESTIGATION OF THE VARIATIONS IN ATMOSPHERIC CO₂ LEVELS DURING THE COURSE OF SAHARAN DUST TRANSPORT

Amir HADJIALIGHANDI

ABSTRACT

For the first time in scientific history it has been shown that long range transport of desert origin dust affects the atmospheric carbon dioxide concentrations.

The reaction that is responsible from the formation of carbon dioxide, following the contact of desert dust with cloud water, is solar light intensity dependent. Under such conditions the built up of carbon dioxide is stabilised by wet deposition events.

Considering the global impact of desert dusts it obvious to investigate the impact of this natural source on the global carbon dioxide budget, as soon as possible. Following the assessment of the magnitude of this natural source it is then possible to investigate reliably the impact of anthropogenic carbon dioxide budget. The episodic rise of carbon dioxide during the dust transport events also necessitates investigating its impact on human health.

Keywords: : Desert dust, bacteria, fungus, okzalate, carbon dioxide

Supervisor: Professor Dr. A. Cemal Saydam, Hacettepe University, Environmental Engineering Department

TEŞEKKÜR

Tez konusu seçimim ve çalışmalarım sırasında bana yön veren, desteğini esirgemeyen ve güvenini sürekli hissettiğim çok değerli Danışman Hocam **Sn. Prof.Dr. A.Cemal Saydam'a**

Tüm Tez istatistiki olarak anlam kazanılmasında, engin bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen ve İstatistiksel analiz ve değerlendirmeleri yapmamda bana yardımcı olan **Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ** hocama,

çalışmalarımda bana yardımcı olan, emeği geçen, destek olan tüm değerli bölüm hocalarıma, dostlukları ve yardımıyla yanımda olan, çalışma arkadaşlarıma,

Her zaman sevgi ve varlıkları ile bana güç veren, güven ve anlayışlarını daima yanımda hissettiğim, bütün öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, mutlu ve huzurlu bir aile ortamını bana tattıran sevgili Aileme ve Faezeh Eşime,

Sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım...

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	i
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı.....	2
2 TANIMLAR	3
2.1 Toz taşınımı.....	3
2.1.1 Çöl Tozlarının Atmosferik Taşınımı	3
3 MATERYAL VE METOT	16
3.1 Çalışma Yöntemi ve Planı	16
3.2 Kullanılan İstatistik Yöntemleri.....	18
4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	19
4.1 Sonuçların Genel Olarak Tartışılması.....	28
4.1.1 Aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	33
4.1.1.1 Aralık 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	34
4.1.1.2 Ocak 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	35
4.1.1.3 Şubat 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	36
4.1.1.4 Mart 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	37
4.1.1.5 Nisan 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	38
4.1.1.6 Mayıs 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	39

4.1.1.7	Haziran 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	40
4.1.1.8	Temmuz 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	41
	Ağustos 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	42
4.1.1.9	Eylül 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	43
4.1.1.10	Ekim 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	44
4.1.1.11	Kasım 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	45
4.1.1.12	Aralık 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri.....	46
4.1.2	Tabakalaşma ve CO ₂ değişimi.....	48
4.1.2.1	Kasım 2009 – Mayıs 2010 verileri	50
4.1.3	Atmosferdeki Karbon Dioksit miktarlarının günlük bazda değişimi.....	65
4.1.3.1	Kasım 2009 ayı CO ₂ değişimleri.....	66
4.1.3.2	Aralık 2009 ayı CO ₂ değişimleri.....	74
4.1.3.3	Ocak 2010 ayı CO ₂ değişimleri	83
4.1.3.4	Şubat 2010 ayı CO ₂ değişimleri	91
4.1.3.5	Mart 2010 ayı CO ₂ değişimi.....	114
4.1.3.6	Nisan 2010 ayı CO ₂ değişimi	124
4.1.3.7	Mayıs 2010 ayı CO ₂ değişimi.....	132
4.1.3.8	Haziran 2009 ayı CO ₂ değişimi.....	134
4.1.3.9	Temmuz 2009 ayı CO ₂ değişimi.....	137
4.1.3.10	Ağustos 2009 ayı CO ₂ değişimi	139
4.1.3.11	Eylül 2009 ayı CO ₂ değişimi	142
4.1.3.12	Ekim 2009 ayı CO ₂ değişimi	145

5	TARTIŞMA VE ÖNERİLER	155
	KAYNAKLAR	174
	İNTERNET KAYNAKLARI	179

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Seawifs Uydu Görüntüsünden Elde Edilen Dünya Görüntüsü	3
Şekil 2.2. Gobi Çölü Üzerinde Etkili Olan Bir Alçak Basınç Hava Akımının Yarattığı Hava Akımına Uygun Çöl Tozu Hareketi.....	4
Şekil 2.3. EPICA Buzul Örnekleri İle Saptanan Geçmiş İklim Değişikliği Dönemlerine Ait Sıcaklık Değişimi (NOAA, 2011)	8
Şekil 2.4. EPICA Buzul Örnekleri İle Saptanan Geçmiş İklim Değişikliği Dönemlerine Ait Toz Değişimi (NOAA, 2011).....	8
Şekil 2.5. EPICA Buzul Örnekleri İle Saptanan Geçmiş İklim Değişikliği Dönemlerine Ait Karbon Dioksit Değişimi (NOAA, 2011)	9
Şekil 2.6. Hawaii Mauna Loa Gözlem Noktasında İzlenen CO ₂ Değişimi (NASA, 2009-Keeling Diyagramı)	10
Şekil 2.7. 1-15 Mart 1991 Tarihinde Elde Edilen Ozon, CO ₂ ve Sıcaklık Değişimleri (Bonasoni ve ark., 1996).....	12
Şekil 2.8. 7 - 8 Mart Tarihlerinde Mt Cimone Ulaşan Hava Kütlesinin İzlediği Yol (Bonasoni ve ark., 1996 ve HYSPLIT geri izleme sonucu).....	13
Şekil 2.9. 7 Mart 1991 Tarihine Ait NOAA AVHRR Ch4 IR Görüntüsü	13
Şekil 2.10. 24 - 25 Ağustos Günlerinde Mt Cimone'ye Ulaşan Hava Kütlesinin İzlediği Yol ve Aynı Güne Ait Uydu Verisi (Bonasoni ve ark., 1996).....	14
Şekil 2.11. 24-25 Ağustos 1993 Günü Çöl Kökenli Tozların Gelişi Ve İzlenen Ozon, Karbon dioksit Değişimi (Bonasoni ve ark., 1996).....	15
Şekil 3.1. CO ₂ Ölçüm Cihazı, Model No. S151'den Bir Görünüm	17
Şekil 3.2. CO ₂ Ölçümünde Kullanılan Qubit Sistemden Bir Görünüm.....	17
Şekil 4.1. Örnekleme Noktasının Ankara İl Geneline Göre Konumu.....	19
Şekil 4.2. Örnekleme Noktasının Küresel Anlamdaki Yeri	20
Şekil 4.3. Örnekleme Noktası Yakın Çevresine Göre Konumu	21

Şekil 4.4. 2008-2010 Arasında Seawifs Uydusu Tarafından “BAHAR” Aylarında Alınan NDVI Değerlerinin Ortalaması	22
Şekil 4.5. 2008-2010 Arasında Seawifs Uydusu Tarafından “YAZ” Aylarında Alınan NDVI Değerlerinin Ortalaması.....	22
Şekil 4.6. 2008-2010 Arasında Seawifs Uydusu Tarafından “SONBAHAR” Aylarında Alınan NDVI Değerlerinin Ortalaması	23
Şekil 4.7. 2008-2010 Arasında Seawifs Uydusu Tarafından “KIŞ” Aylarında Alınan NDVI Değerlerinin Ortalaması.....	23
Şekil 4.8. (a) Haziran 2009 (b) Temmuz 2009 Yanan Alanlar.....	24
Şekil 4.9. (a) Ağustos 2009 (b) Eylül 2009.....	25
Şekil 4.10. (a) Ekim 2009 (b) Kasım 2009	25
Şekil 4.11. (a) İlkbahar ve (b) Yaz İçin Verilen Klorofil Dağılımları.....	27
Şekil 4.12. (a) Sonbahar ve (b) Kış İçin Verilen Klorofil Dağılımları.....	27
Şekil 4.13. Mayıs 2009-Mayıs 2010 Döneminde Ankara/Beytepe Örnekleme Noktasındaki Günlük Ortalama CO ₂ Değişimleri.....	28
Şekil 4.14. İzleme Dönemine Ait Aylık Ortalama CO ₂ Değişimi	29
Şekil 4.15. 1973-2011 Arasında Esenboğa/Ankara’da Kaydedilen Sıcaklık Değerleri	30
Şekil 4.16. 1973-2011 Arasında Esenboğa/Ankara’da Kaydedilen En Yüksek Sıcaklık Değerleri	31
Şekil 4.17. 1973-2011 Arasında Esenboğa/Ankara’da Kaydedilen En Yüksek Sıcaklık Değerleri	31
Şekil 4.18. 1973-2011 Arasında Esenboğa/Ankara’da Kaydedilen Görüş Mesafesi Değerleri	32
Şekil 4.19. 1973-2011 arasında Esenboğa/Ankara’da kaydedilen rüzgar değerleri..	32
Şekil 4.20. (a) Aralık 2009 Bulutlanma, (b) Aralık 2009 Yağış, (c) Aralık 2009 Toz, (d) Ortalama Güneş Enerjisi.....	34

Şekil 4.21. (a) Ocak 2010 Bulutlanma, (b) Ocak 2010 Yağış, (c) Ocak 2010 Toz, (d) Ocak 2010 Güneş Enerjisi	35
Şekil 4.22. (a) Şubat 2010 Bulutlanma, (b) Şubat 2010 Yağış, (c) Şubat 2010 Toz, (d) Şubat 2010 Güneş Enerjisi	36
Şekil 4.23. (a) Mart 2010 Bulutlanma, (b) Mart 2010 Yağış, (c) Mart 2010 Toz, (d) Mart 2010 Güneş Enerjisi.....	37
Şekil 4.24. (a) Nisan 2010 Bulutlanma, (b) Nisan 2010 Yağış, (c) Nisan 2010 Toz, (d) Nisan 2010 Güneş Enerjisi.....	38
Şekil 4.25. (a) Mayıs 2010 Bulutlanma, (b) Mayıs 2010 Yağış, (c) Mayıs 2010 Toz, (d) Mayıs 2010 Güneş Enerjisi.....	39
Şekil 4.26. (a) Haziran 2009 Bulutlanma, (b) Haziran 2009 Yağış, (c) Haziran 2009 Toz, (d) Haziran 2009 Güneş Enerjisi	40
Şekil 4.27. (a) Temmuz 2009 Bulutlanma, (b) Temmuz 2009 Yağış, (c) Temmuz 2009 Toz, (d) Temmuz 2009 Güneş Enerjisi	41
Şekil 4.28. (a) Ağustos 2009 Bulutlanma, (b) Ağustos 2009 Yağış, (c) Ağustos 2009 Toz, (d) Ağustos 2009 Güneş Enerjisi	42
Şekil 4.29. (a) Eylül 2009 Bulutlanma, (b) Eylül 2009 Yağış, (c) Eylül 2009 Toz, (d) Eylül 2009 Güneş Enerjisi	43
Şekil 4.30 (a) Ekim 2009 Bulutlanma, (b) Ekim 2009 Yağış, (c) Ekim 2009 Toz, (d) Ekim 2009 Güneş Enerjisi.....	44
Şekil 4.31. (a) Kasım 2009 Bulutlanma, (b) Kasım 2009 Yağış, (c) Kasım 2009 Toz, (d) Kasım 2009 Güneş Enerjisi	45
Şekil 4.32. (a) Aralık 2009 Bulutlanma, (b) Aralık 2009 Yağış, (c) Aralık 2009 Toz, (d) Aralık 2009 Güneş Enerjisi.....	46
Şekil 4.33. İzleme Dönemine Ait Aylık Ortalama CO ₂ Değişimi	47
Şekil 4.34. Kasım Ayı CO ₂ Değişimleri ve Tabakalaşma Arasındaki Bağlantı	50
Şekil 4.35. Aralık 2009 Ayı CO ₂ ve Enverziyon İlişkisi	51
Şekil 4.36. Mayıs 2010 Ayı Enverziyon ve CO ₂ İlişkisi.....	51
Şekil 4.37. Aralık 2009 Ayı Enverziyon ve CO ₂ İlişkisi	52

Şekil 4.38. Ocak 2010 Ayı Enverziyon ve CO ₂ İlişkisi.....	53
Şekil 4.39. Şubat 2010 Ayı Enverziyon ve CO ₂ İlişkisi.....	53
Şekil 4.40. Mart 2010 Ayı Enverziyon ve CO ₂ İlişkisi.....	54
Şekil 4.41. Nisan 2010 Ayı Enverziyon ve CO ₂ İlişkisi.....	55
Şekil 4.42. Mayıs 2010 ayı Enverziyon ve CO ₂ ilişkisi	55
Şekil 4.43. Enverziyon ve Karbon Dioksit arasındaki $y=mx+b$ Eşitliğindeki (m) ve (b) Değerlerinin Aylara Göre Değişimi.....	58
Şekil 4.44. Ocak Ayı Yer Seviyesi Güneş Enerjisi Dağılımı. W/m ²	61
Şekil 4.45. Şubat Ayı Yer Seviyesi Güneş Enerjisi Dağılımı. W/m ²	61
Şekil 4.46. Mart Ayı Yer Seviyesi Güneş Enerjisi Dağılımı. W/m ²	62
Şekil 4.47. Güneş Enerjisinin Ankara'daki Yıllık Dağılımı	63
Şekil 4.48. Enverziyon, Güneş Enerjisi ve CO ₂ Arasındaki Değişimin Kasım - Mayıs Dönemindeki Değişimi	64
Şekil 4.49. Kasım 2009 Ayında İzlenen CO ₂ Değişimi.....	66
Şekil 4.50. Kasım 2009 Ayı Günlük Ortalama CO ₂ Değerleri	67
Şekil 4.51. 4 Kasım 2009 Tarihli Ankara Görüntüsü	67
Şekil 4.52. 5-6 Kasım Günlerinde Ankara'ya Ulaşan Hava Kütlelerinin Geçen 120 Saat Sürecinde İzledikleri Yol	68
Şekil 4.53. 7 ve 8 Kasım Günlerinde Ankara'ya Ulaşan Hava Kütlelerinin Geçen 120 Saat Sürecinde İzledikleri Yol	69
Şekil 4.54. 8 Kasım 2009 Gününe Ait Geri İzleme Grafiği ve Uydu Görüntüsü	70
Şekil 4.55. (a) 9 Kasım Gününe Ait Geri İzleme, (b) 10 Kasım Gününe Ait Geri İzleme Grafikleri.....	71
Şekil 4.56. (a) 11 Kasım 2009 tarihli, (b) 12 Kasım 2009 tarihli geri izleme.....	71
Şekil 4.57. (a) 12 Kasım 2009, (b) 14 Kasım 2009 Tarihli Geri İzleme Grafikleri.....	72
Şekil 4.58. (a) 18 Kasım 2009, (b) 25 Kasım 2009 Tarihli Ankara Görüntüsü	73

Şekil 4.59. Aralık 2010 Ayı Günlük Ortalama CO ₂ Değişimi	74
Şekil 4.60. 1 Aralık 2009 Tarihinde Ankara Görüntüsü	75
Şekil 4.61. 1-4 Aralık 2009 Tarihlerinde Ankara Atmosferinde Tabakalaşma Durumunu Gösteren Grafik	75
Şekil 4.62. Ankara Atmosferinde Ölçülen Günlük Ortalama CO ₂ Değerleri ve Görüş Mesafesi(mil).....	76
Şekil 4.63. 1-4 Aralık Günlerinde Atmosferik Parametreler.....	77
Şekil 4.64. 4 Aralık 2009 Tarihinde Ankara Üzerindeki Havanın Geçmiş 96 Saatlik Zaman Diliminde Kat Etmiş Olduğu Güzergah ve 2 Aralık Gününe Ait Sahra'dan Toz Çıkışını Gösteren MODIS Terra Uydu Görüntüsü.....	78
Şekil 4.65. (a) 18 Aralık 2009 Tarihli Ankara Görüntüsü, (b) 19 Aralık 2009 Tarihli Geri İzleme Görüntüsü	79
Şekil 4.66. 20 Aralık 2009 Tarihli Toz Çıkışı	80
Şekil 4.67. 21 Aralık 2009 Tarihinde Tozun Ulaştığı Bölgeler.....	80
Şekil 4.68. 20 - 21 Aralık 2009 Tarihinde Ankara Atmosferinde Hakim Olan Rüzgarlar	81
Şekil 4.69. 25 Aralık 2009 Tarihli Ankara Görüntüsü ve 23-26 Aralık 2009 Kararlılık Durumu	82
Şekil 4.70. 31 Aralık 2009 Tarihli 120 Saatlik Geri İzleme Grafiği.....	83
Şekil 4.71. Ocak Ayı İçerisinde İzlenen Günlük Ortalama CO ₂ İle Sıcaklık Dağılımları Verilmiştir	83
Şekil 4.72. 3 Ocak 2010 Tarihli Ankara Görüntüsü, 3 Ocak Gününe Ait Geri İzleme Grafiği	85
Şekil 4.73. 4 Ocak 2010 Gününe Ait Geri İzleme Grafiği.....	85
Şekil 4.74. 4-7 Ocak 2010 Tarihlerinde Ankara Atmosferindeki Kararlılık Değişimi..	86
Şekil 4.75. (a) 6 Ocak Tarihli Enverziyon Grafiği, (b) 4-7 Ocak Tarihli Rüzgar Dağılımı	86
Şekil 4.76. (a) 5 Ocak 2010 Tarihli Toz Taşınımı, (b) 6 Ocak Tarihli Geri İzleme Grafiği	87

Şekil 4.77. 8 Ocak 2010 Tarihli Ankara Görüntüsü Şehrin Üzerindeki Yoğun Bir Tabaka Dikkat Çekmektedir	88
Şekil 4.78. 15-18 Ocak 2010 Günlerine Ait Rüzgar Dağılımı	88
Şekil 4.79. 24 - 27 Ocak 2010 Tarihleri Arasındaki Meteorolojik Durum.....	89
Şekil 4.80. 29-31 Ocak 2010 Tarihli Hava Koşulları.....	90
Şekil 4.81. 31 Ocak Tarihli Toz Taşınımını Gösteren MODIS/Terra Uydu Verisi.....	90
Şekil 4.82. Şubat Ayı Günlük Ortalama CO ₂ ve Sıcaklık (F) Değişimi	91
Şekil 4.83. Şubat Ayı Günlük Ortalama CO ₂ ve Görüş Mesafesi (mil) Değişimi	91
Şekil 4.84. 1-7 Şubat Aralığında Ankara Atmosferindeki Meteorolojik Koşullar	92
Şekil 4.85. Şubat Ayı Ortalama CO ₂ ve Sıcaklık Değişimi	93
Şekil 4.86. 8-14 Şubat 2010 Arasındaki Hava Koşulları	94
Şekil 4.87. 11 Şubat 2010 Tarihinde Ankara'ya Gelen Hava Akımlarının Geçen 120 Saat Süresince Yer Seviyesinden 500 (Kırmızı)-1500 (Mavi) ve 3000 (Yeşil) Metre Yükseklikte İzlediği Yol	94
Şekil 4.88. 11 Şubat 2010 Tarihine Ait NOAA MODIS Uydu Verisi	95
Şekil 4.89. Antalya HKİİ Verileri.....	96
Şekil 4.90. NOAA ARL Sitesi Verilerine Göre Antalya, Konya, Ankara ve Kastamonu'da 11 Şubat 2010 Günü Kaydedilen Rüzgarların Yön, Hız ve Ağırlıklı Esme Yüzdesi Dağılımı.....	97
Şekil 4.91. (a) 11 Şubat 2010 Antalya PM ₁₀ Ve Yön, (b) Konya-Meram PM ₁₀ Verileri.....	98
Şekil 4.92. (a) 11 Şubat 2010 Ankara-Sincan PM ₁₀ Ve Yön, (b) Kastamonu PM ₁₀ ve Yön Verileri	99
Şekil 4.93. 16-19 Şubat 2010 Tarihinde Ankara Atmosferindeki Tabakalaşma Yükseklikleri.....	100
Şekil 4.94. 17 Şubat 2010 Toz Taşınımı.....	101
Şekil 4.95. 17 Şubat 2010 Ankara Görüntüsü.....	101
Şekil 4.96. 18 Şubat Toz Taşınımı.....	102

Şekil 4.97. 19 Şubat Tarihine Ait Ankara Görüntüsü	103
Şekil 4.98. 17-18 ve 19 Şubat Günlerine Ait Saatlik CO ₂ Değişimi	103
Şekil 4.99. 18 Şubat 2010 Günü Kaydedilen Saatlik CO ₂ ve Güneş Enerjisi değişimi	104
Şekil 4.100. 20 Şubat Tarihli Toz Taşınımı	105
Şekil 4.101. 21 Şubat 2010 Tarihli Toz Taşınımı Olayı.....	106
Şekil 4.102. 22 Şubat 2010 Tarihli Uydu Görüntüsü.....	106
Şekil 4.103. 17-22 Şubat Tarihleri Arasında Kaydedilen CO ₂ Değişimleri	107
Şekil 4.104. (a-c) 17-18 Şubat Toz Taşınımı Sürecinde Ve 19 Şubat Günlerinde Kaydedilen Yağışlar	108
Şekil 4.105. (a-c) 20-21 Şubat Toz Taşınım Günlerinde Ve 22 Şubat Günlerinde Kaydedilen Yağışlar	109
Şekil 4.106. 2-9 Şubat 2010 Tarihli Akdeniz'de Klorofil Dağılımı	111
Şekil 4.107. Akdeniz Ortasından Anadolu'ya Kadar İzlenen Alg Yoğunlaşması ve Özellikle Girit Batısında İzlenen Yoğun Alg Patlamasının Uydu Görüntüsü, Siyah Kaplı Alanlar Bulutlu Olması Nedeni İle Maskelenmiştir.....	112
Şekil 4.108. 25-28 Şubat Tarihlerinde Ankara Atmosferinde Etkili Olan Rüzgarlar ve Kararlılık Durumu	113
Şekil 4.109. Mart 2010 Günlük Ortalama CO ₂ ve Hava Sıcaklığı Değişimi.....	114
Şekil 4.110. Mart 2010 Günlük Ortalama CO ₂ ve Görünüm (mil) Değişimi	114
Şekil 4.111. 1-4 Mart 2010 Tarihli Rüzgar Yön ve Şiddet Dağılımı	115
Şekil 4.112. 7 Mart Tarihli Geri İzleme Sonucu.....	115
Şekil 4.113. 7 Mart 2010 Günü Kaydedilen CO ₂ Değerleri	116
Şekil 4.114. 8 Mart Tarihli Toz Taşınımı	117
Şekil 4.115. 9 Mart Tarihli Toz Taşınımı	117
Şekil 4.116. 9 Mart 2010 Saat 14:20'de Çekilen Ankara Görüntüsü.....	118
Şekil 4.117. 8-9 Mart 2010 Tarihlerinde İzlenen CO ₂ Değişimleri.....	118

Şekil 4.118. 8-9 Mart 2010 Tarihinde İzlenen Toplam Yağışların Yer ve Miktarı	119
Şekil 4.119. 13-14 Mart 2010 Günlerinde Ankara'ya Ulaşan Hava Kütlelerinin İzledikleri Yollar.....	120
Şekil 4.120. (a) 17 Mart (Dikmen) Ve (b) 19 Mart (Beytepe) Ankara Görüntüleri.....	120
Şekil 4.121. 25 Mart 2010 Tarihinde Ankara Atmosferinde Etkili Olan Havanın 120 Saat Sürecinde İzlediği Yollar	121
Şekil 4.122. 27 Mart 2010 Tarihinde Ankara Atmosferinde Etkili Olan Havanın 120 Saat Sürecinde İzlediği Yollar	122
Şekil 4.123. 27 Mart 2010 Tarihli Net Ankara Görüntüsü ve Libya Adriyatik İstikametinde Hareket Eden Toz Kütlesi	123
Şekil 4.124. Nisan 2010 Ayı Günlük Ortalama CO ₂ ve Sıcaklık (F) Değişimleri	124
Şekil 4.125. 1 ve 2 Nisan 2010 Tarihli Hava Akımları Geri İzleme Grafikleri	125
Şekil 4.126. 1 Nisan 2010 Tarihli MODIS Uydu Kompozit Görüntüsü.....	125
Şekil 4.127. 4 Nisan 2010 Tarihli Hava Akımlarının Ankara'ya Ulaşmadan Önceki 120 Saat Sürecinde Takip Ettiği Yol.....	126
Şekil 4.128. 1-4 Nisan 2010 Tarihlerinde Ankara Atmosferinde Kaydedilen CO ₂ Değişimi	126
Şekil 4.129. 7 Nisan 2010 Tarihli Toz Taşınımı Olayının MODIS Terra Uydu Görüntüsü	128
Şekil 4.130. 6 ve 7 Nisan 2010 Günlerinde Güneydoğudan 500 Metre Seviyesinde Anadolu'ya Giren Hava Akımlarının 48 Saat Süresince İzlediği Yol.....	128
Şekil 4.131. 8 Nisan 2010 Tarihli İleri Hava Hareketi İzleme Grafiği.....	129
Şekil 4.132. 11 Nisan Tarihinde Ankara Atmosferinde Bulunan Hava Akımlarının Geçmiş 120 Saat İçerisinde İzlediği Yol.....	130
Şekil 4.133. 26 Nisan 2010'da Beytepe'den Çekilen Ankara Görüntüsü	131
Şekil 4.134. 29 Nisan 2010 Tarihinde Ankara Atmosferine Ulaşan Hava Kütlesinin Geçen 120 Saat Süresince İzlediği Yollar	131
Şekil 4.135. Mayıs 2010 Ayı Günlük Ortalama CO ₂ Değişimi.....	132

Şekil 4.136. 1 ve 2 Mayıs Günlerinde Ankara Atmosferine Gelen Hava Akımlarının Geçen 120 Saat Sürecinde İzlediği Yol.....	132
Şekil 4.137. 1 Mayıs 2010 Tarihli Toz Taşınımı Olayının MODIS Terra Uydu Görüntüsü	133
Şekil 4.138. Haziran 2009 Ayına Ait Günlük Ortalama CO ₂ Değerleri	134
Şekil 4.139. Haziran 2009 Sürecinde Elde Edilen Tüm CO ₂ Değerleri	134
Şekil 4.140. 12 Haziran 2009 Tarihli Uydu Görüntüsünden İzlenen Çöl Kökenli Tozların Anadolu Üzerindeki Dağılımı.....	135
Şekil 4.141. 27 Haziran 2009 Tarihli Uydu Verisinden Doğu Anadolu'daki Yoğun Toz Dağılımı.....	137
Şekil 4.142. Temmuz 2009 Ayı Günlük Ortalama CO ₂ Değişimi.....	137
Şekil 4.143. Mayıs-Temmuz 2009 Ayları Günlük Ortalama CO ₂ Değişimleri.....	138
Şekil 4.144. 7 Temmuz 2009 Günü Anadolu Genelinde Yer Seviyesinde İzlenen Hava Akımlarının Geçen 84 Saat Sürecinde İzledikleri Yollar.....	139
Şekil 4.145. Ağustos 2009 Ayı Saatlik CO ₂ Değişimi.....	140
Şekil 4.146. 4 - 7 Ağustos Tarihli Rüzgarların Ankara Atmosferinde Dağılımı	140
Şekil 4.147. 3-7 Ağustos 2009 Tarihlerinde İzlenen CO ₂ Değişimi	141
Şekil 4.148. Eylül 2009 Ayında İzlenen CO ₂ Değişimi	142
Şekil 4.149. 15 Eylül 2009 Tarihinde Kaydedilen Sahra Tozu	143
Şekil 4.150. 18-25 Eylül 2009 Tarihlerinde Ankara Atmosferindeki Meteorolojik Değişimler	144
Şekil 4.151. 20 - 21 Eylül 2009 Günlerinde Kaydedilen CO ₂ Değişimleri.....	145
Şekil 4.152. Ekim 2009 Ayı Günlük Ortalama CO ₂ Değişimleri	145
Şekil 4.153. 13 Ekim MODIS Uydu Görüntüsünde İzlenen Toz.....	146
Şekil 4.154. 13 Ekim 2009 Tarihli Geri İzleme Grafiği.....	146
Şekil 4.155. 14 Ekim 2009 Tarihli Uydu Görüntüsünde İzlenen (a) Toz Taşınımı ve (b) Yağış Durumu	147

Şekil 4.156. 14 - 15 Ekim Tarihlerinde İzlenen CO ₂ Değişimi	148
Şekil 4.157. 15-18 Ekim 2009 Tarihinde Ankara Atmosferindeki Meteorolojik Koşullar	148
Şekil 4.158. (a) 16 Ekim 2009 (b) 17 Ekim 2009 Tarihli Toz Taşınımının Uydu Görüntüsü	149
Şekil 4.159. 16 ve 17 Ekim Toz Taşınımı Sürecinde Yağış Alan Bölgeler	149
Şekil 4.160. 16-17 Ekim Günlerinde Kaydedilen CO ₂ Değişimi	150
Şekil 4.161. (a) 18 Ekim 2009, (b) 19 Ekim 2009 Toz Taşınımları.....	151
Şekil 4.162. (a) 18 Ekim 2009, (b) 19 Ekim 2009 Yağış Miktarı ve Yağış Alan Bölgeler	151
Şekil 4.163. 18-19 Ekim Sürecinde CO ₂ Değişimi	152
Şekil 4.164. (a-d) da 16-20 Ekim Tarihleri Arasında İzlenen Rüzgarların Dağılımı Verilmektedir	153
Şekil 4.165. 16-20 Ekim 2009 Tarihleri CO ₂ Değişimi.....	154
Şekil 5.1. pH ve Karbonat İlişkisini Gösteren Çizelge	159
Şekil 5.2 İsviçre-Jungfrauoch İzleme İstasyonu	160
Şekil 5.3. İsviçre-Jungfrauoch Şubat 2009 Verileri	161
Şekil 5.4. Şekiller Üzerinde Kırmızı Olarak İşaretlenen Yerler Olası CO ₂ Kirleticiler Kaynakları Görüntüleri	162
Şekil 5.5. 1-3 Şubat 2009 Toz Dağılımı. Tozlu Bölgeler Yeşil, Sarı ve Kırmızı Renkli Alanlar, Beyazlar İse Bulutla Kaplı Bölgelerdir.....	162
Şekil 5.6. 2-3 Şubat 2009 MODIS Uydu Görüntüleri.....	163
Şekil 5.7. 4 Şubat 2009 Tarihli Uydu Verisi.....	164
Şekil 5.8. 5-6 Şubat 2009 MODIS Uydu Görüntüleri.....	165
Şekil 5.9. (a) 5 Şubat 2009, (b) 6 Şubat 2009 Tarihli Geri İzleme Grafikleri	165
Şekil 5.10. (a) 7 Şubat 2010, (b) 8 Şubat 2010 Tarihli Geri İzleme Grafikleri	166
Şekil 5.11. (a) 14 Şubat 2009 Tarihli Geri İzleme, (B) 14 Şubat Tarihli Uydu Görüntüsü	167

Şekil 5.12. Jungfraujoch İzleme Noktasında Şubat 2009 CO ve CO ₂ Arasındaki İlişki	167
Şekil 5.13. Jungfraujoch İzleme Noktasında Şubat 2009 C ve O ₂ Arasındaki İlişki .	168
Şekil 5.14. Finetti Diyagramı	171
Şekil 5.15. İlkbahar ve Sonbahar Dönemleri İçin Finetti Diyagramı Örneği	172

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Kentsel hava kirliliği riski için enverziyon şiddeti tahmini.....	49
Çizelge 4.2. Kasım 2009-Mayıs 2010 dönemine ait veriler karbon dioksit ile enverziyon arasındaki bağlantıyı şu eşitlikler ile ifade etmektedir.....	56
Çizelge 4.3. Haziran 2009-Mayıs 2010 dönemine ait veriler karbon dioksit ile enverziyon ve toz ilişkisi.....	59
Çizelge 4.4. Kasım 2009-Ocak 2010 dönemine ait veriler karbon dioksit ile enverziyon arasındaki bağlantıyı şu eşitlikler ile ifade etmektedir.....	65

1 GİRİŞ

Çöl kökenli tozların bulut içerisindeki su ile temas etmesi sonrasında ortama indirgenmiş demir çıkartması Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından gösterilmişti. Dikarboksilasyon reaksiyonu sonucunda oluşan bu indirgenmiş demirin yanı sıra ortama bir mol karbon dioksit bir mol de karbonil radikali çıkmakta idi. Reaksiyon mekanizması doğru ise indirgenmiş demirin deneysel olarak gösterilmesi kadar oluşan karbon dioksitin de gösterilmesi veya doğal süreçlerde ölçülmesi de gerekmekte idi. Sahra toz taşınımı etkisinde kalan bazı uzun dönemli izleme istasyon verileri de Sahra toz taşınımı sürecinde atmosferde karbon dioksit artışları izlemekte ancak karbon dioksitin antropojenik kaynaklı olması fikrinin yerleşmiş olması nedeni ile bu artış yanlış ölçüm olarak kabul edilmekte idi. Ancak bu bazı araştırmacıların dikkatini çekmiş ve her şey düzgün çalışırken izlenen bu artışlar yine de bilimsel bir şekilde açıklanamamıştı. Karbon dioksitin antropojenik kaynaklı olması fikri o kadar yerleşmiş bir olgudur ki Sahra çöl tozlarının karbon dioksit kaynağı olduğunu öne sürmek fikri bile bilim çevrelerinde uzun süre şüphe ile karşılanmıştır. Bu çalışma ile bilim dünyasına ilk kez çöl kökenli tozların bulut içerisinde geçirdiği bir dizi reaksiyon sonucunda atmosferde karbon dioksit artışına neden olduğu ve bu süreçlerde atmosferik karbon dioksit seviyesinin iki katına çıkabildiği gösterilmiştir. Sadece bununla da kalmayıp toz taşınım sürecinde yağışın olması halinde oluşan karbon dioksitin yağışın pH'sı ile doğru orantılı olarak bikarbonat/karbonat dengesini de etkilediği görülmüştür. Bütün bunlar bilim dünyasında ilk kez olmak üzere kanıtlanmıştır. Bu sonuçlardan sonra küresel anlamda karbon dioksit bütçesinin yeniden ele alınması ve bu doğal kaynağın küresel anlamdaki izlerinin saptanması şarttır. Bu doğal kaynağın etkisi saptanmadan Kyoto gibi anlaşmaların ülkeler üzerindeki yaptırımları bir sonuç vermeyecektir. Ayrıca toz taşınımı sürecinde aniden yükselen karbon dioksitin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin de öncelikle saptanması gerekmektedir.

1.1 Tezin Amacı

Bu tezin amacı Sahra tozu taşınımı süreçlerinde yeterli güneş enerjisi olması durumunda, bulut içerisinde, toz bulut etkileşimi sonucunda oluşması beklenen bir dizi reaksiyon sonucunda açığa çıkması beklenen karbon dioksitin araştırılmasıdır.

Atmosferdeki karbon dioksit değişimlerinin tabiattaki doğal olaylar sonucunda oluşan salanımlar dışındaki kaynağı olarak sadece endüstriyel kirlenme gösterilmektedir. Sahra çöl tozlarının bulut içerisindeki etkileşimi sonucunda karbon dioksit kaynağı olabileceği şimdiye kadar hiç düşünülmemiş ve öne sürülmemiş bir konudur.

Tez kapsamında Sahra tozunun taşınımı modeller ve uydu verileri ile takip edilmiş ve hava örneklemeleri ile havadaki karbon dioksit sürekli olarak Mayıs 2009-Mayıs 2010 arasında sürekli olarak izlenmiştir.

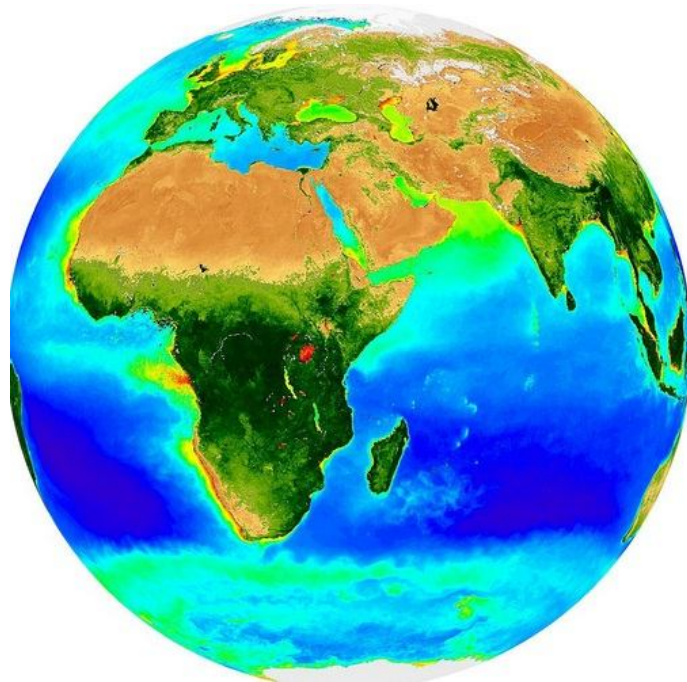
Tez sonucunda Sahra tozunun belirli koşullarda atmosferdeki karbon dioksitin değişimine de neden olduğu gösterilebilirse bu bilim tarihinde bir ilk olacaktır ve karbon dioksit hakkında bildiklerimizin yeniden değerlendirilmesini sağlayacaktır.

2 TANIMLAR

2.1 Toz taşınımı

2.1.1 Çöl Tozlarının Atmosferik Taşınımı

Bu tezin amacı çöl tozlarının taşınımı sürecinde bulut ile etkileşimi sürecinde oluşan reaksiyon ürünlerinden CO₂'in araştırılması olduğu için öncelikle çöller ve bu çöllerden taşınan tozlar hakkında kısa bir bilgi verilecektir.



Şekil 2.1. Seawifs Uydu Görüntüsünden Elde Edilen Dünya Görüntüsü

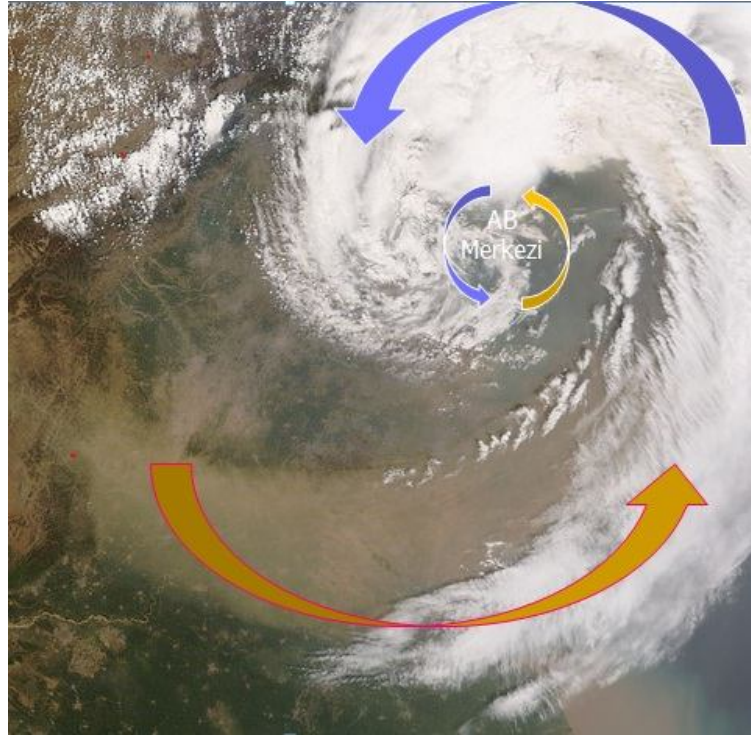
Yerküreyi oluşturan denizler ve karaların küresel anlamdaki dağılımlarına uzaydan değişik algılayıcılar ile bakıldığında alışlageldik yerküre manzaralarından çok daha değişik olgular ile karşılaşmak mümkün olmaktadır. Şekil 2.1'den de görüleceği denizlere klorofil açısından incelediğimizde önümüze maviden yeşile sarıya ve kırmızıya kadar renk dizininde verilen denizlerdeki birincil üretim dağılımı alışlagelmişten daha farklı bir okyanus görünümü yaratmaktadır. Aynı şekilde karalar üzerinde gelişen bitki örtüsünü de dikkate aldığımızda daha koyu yeşil daha açık yeşil ve bildiğimiz toprak renkleri ile kaplı alanlar izlenmektedir.

Bu tezin amacı da bu Şekil 2.1'de toprak rengi ile belirtilen ve doğası itibarı ile kurak ve rüzgar erozyonuna açık alanlar olan ve çöl olarak tarif edilen alanlardan kalkan kil

minerallerinin bulut içerisindeki reaksiyonları ile ilgili olduğu için çöl tozu taşınımı daha ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Meteorolojik olaylar sonucunda çöllere üzerinde etkili olan hava akımlarına bağı olarak çöllere bulunan materyaller daha kolay taşınımaya girerler. öllere üzerinde esen sert ve sıcak hava hareketleri sonucunda yerden kalkan parçacıklardan ancak 10 mikron ve daha ufak olan parçacıklar daha uzun mesafeli taşınımaya girerler. Büyük parçacıklar yerçekiminin etkisi ile çok daha erken yere düşerken çok daha ufak parçacıkların çok daha uzaklara taşınması olasılığı vardır.

Çok daha ufak parçacıkların da yapısı nedeni ile kil mineralleri olduğu bilinmektedir. Dolayısı ile çöllere kalkıp uzun mesafe taşınımaya giren materyallerin kil fraksiyonu olduğu da bilinmektedir.



Şekil 2.2. Gobi ölü Üzerinde Etkili Olan Bir Alçak Basınç Hava Akımının Yarattığı Hava Akımına Uygun öl Tozu Hareketi

Çöl üzerinde etkili olan bir Alçak Basınç (AB) merkezi kuzey yarı kürede yarattığı saatin ters yönünde hareket eden rüzgarlar ile çöl üzerinden getirdiğı sıcak, kuru ve tozlu havayı sıcak havanın daha hafif olması prensibi ile daha yukarıya ve daha kuzeye doğru taşırken (Şekil 2.2 kırmızı ok); AB yarattığı ve daha kuzeyden gelen

soğuk hava akımları da taşıdıkları bulutları ve soğuk havayı çöl alanı üzerine doğru yaklaşıtırlar (Şekil 2.2 mavi ok).

Günümüze kadar tipik bir AB merkezine bağılı bir fiziksel olay olarak bilinen bu olay aslında çok bilinçli yapılan bir hareket olmaktadır. Yer çekimi etkisi ile sonuç olarak yere tekrar inmek durumunda olan bir kil minerali bu AB sistemine bağılı rüzgarlar ile önce yerden kalkmakta, daha büyük parçacıklar taşınım sürecinde sistemden ayrılmakta ve çok küçük kil mineralleri ise sıcak havanın da etkisi ile yukarı doğru hareket etmektedirler. Bu süreçte oluşan bulutlar soğuk havanın etkisi ile AB bağılı saatin ters yönünde oluşan siklonik hareket ile yere doğru yaklaşmakta ve yine Şekil 2.2'den görüleceğı üzere merkezi çöl alanının çok daha üzerinde olacak şekilde bir AB merkezi yaratmaktadır.

Sinoptik ölçekli (çapı bin km ve daha fazla) olan bu sistemler oluştukları bölgelerde kuvvetli hava akımlarına neden olmakta ve çöllerden çok büyük boyutlarda kil mineralini atmosferik taşınımına sokabilmektedir. Küresel anlamda toz taşınımı çok iyi bilinen ve sadece kuru toz taşınımı olarak değil toz atmosfer okyanus bağlantıları olarak ta çok detaylı çalışılmış bir konudur. (Jickells ve ark., 2005)

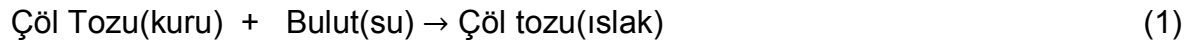
Toz taşınımına giren kil minerallerinin her bir gramının içerisinde 10^7 adet prokaryot bulunmaktadır. Prokaryot hücre, zarla çevrilmiş özel organelleri ve gerçek çekirdeğı olmayan hücreler olarak bilinirler (bakteriler ve mavi-yeşil algler gibi). (Kwaasi ve ark., 1998; Maier, 2004; Navarro-Gonzales, 2003) Uzun mesafeli taşınımına girebilen 10 mikron ve daha küçük olan kil mineralleri ile birlikte gelen bakteri ve mantarların boyutları ise “sub - mikron” boyutlardadır. Yani 10 mikron boyutunda bir kil minerali içerisinde milyonlarca bakteri ve mantarı barındırabilecek kapasitede bir alan oluşturabilmektedir. Atmosferik taşınımına giren tozların içerisindeki bakteri ve mantarların varlığı hakkında küresel ve yerel bazda yapılmış olan pek çok çalışma mevcuttur (Griffin, 2004; Griffin ve ark., 2001; Griffin ve ark., 2002; Griffin ve ark., 2003; Griffin ve ark., 2006; Griffin ve ark., 2007).

Toprakta uzun süreler kuru halde bulunabilen bu canlıların aktif hale geçebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Su ile temas etmeleri sonucunda da bakteri ve mantarların çok kısa bir zaman sürecinde faal hale geldikleri ve ortama hücre faaliyetleri sonucunda oksalat çıkardıkları da bilinmektedir (Verrecchia ve ark., 2006).

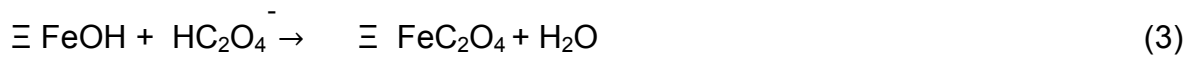
Çöl tozu siklonik sistem içerisinde taşınım sürecinde sıcak hava kütlelerinin de etkisi ile daha yükseklerle ulaşma fırsatı bulmakta ve bu süreçte de bulut ile karşılaşma şansına sahiptir. Bulut ise atmosferde çeşitli sıcaklık derecelerinde bulunan sudan ibarettir. Kuru halde uzun taşınım sürecini geçiren çöl tozu bulut ile temas edince (1) numaralı reaksiyon sonucunda kuru toz ıslak toz hale gelmektedir. Bu temasın sonunda da bu çalışmanın amacını oluşturan ve esasları bilim dünyasına Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından tanıtılan çöl kökenli toprakların bulut içerisinde geçirdikleri bir dizi reaksiyon sunucunda ortama kullanılabilir demir, karbon dioksit ve karbonil radikali çıkarttığı temeline dayanmaktadır.

Yukarıda anlatılan esaslar çerçevesinde bulut içerisindeki su ile temas eden bakteri ve mantarlar kısa bir zaman sürecinde aktif hale gelmekte ve ortama oksalat çıkarmaktadırlar. Bu olgu da ilk kez Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından bilim dünyasına tanıtılmıştır. O zamana kadar atmosferdeki varlığı bilinen ancak kaynak olarak endüstriyel faaliyetler gösterilen oksalatın bakteri ve mantar aktivitesi aracılığı ile üretildiği Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından Sahra çölünden getirilen topraklar kullanılarak yapılan deneyler sonucunda gösterilmiştir.

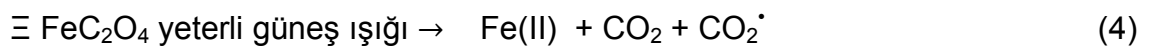
Yukarıda bahsedilen reaksiyon zinciri şu şekilde formüle edilmektedir;



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



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



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



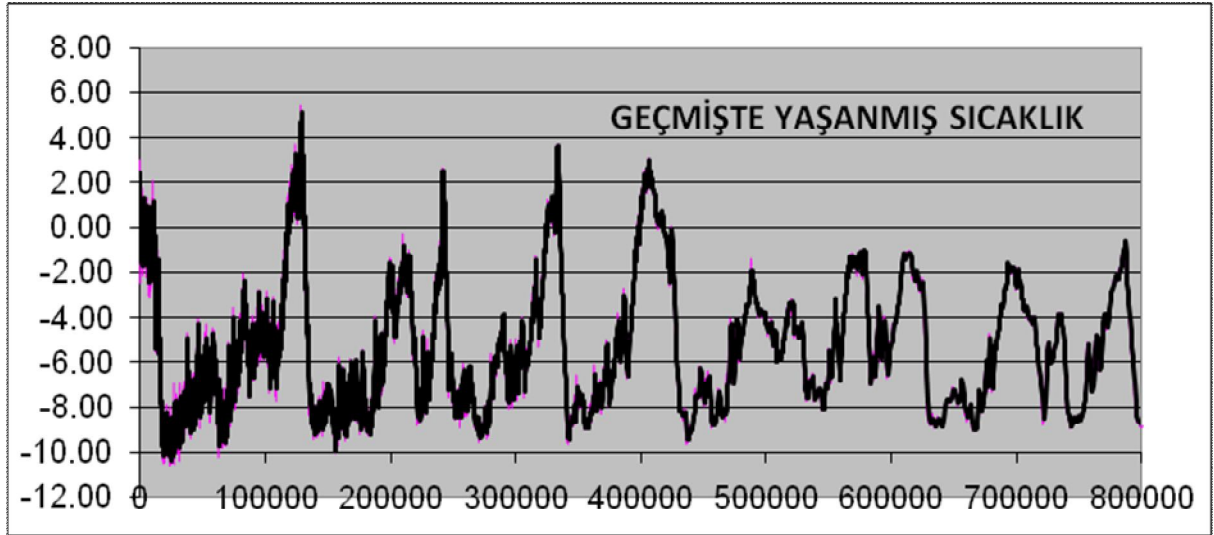
Bu çalışmanın konusu olmamakla beraber bu reaksiyon zinciri sadece geçmiş iklim değişikliği süreçlerinde göller ve nehirler ile kaplanabilen çöllerde biriken dip çamurları olduğu bilinmektedir. İşte bu nedenle her toz kaynağı bulut içerisinde yukarıda belirtilen reaksiyon zincirini tetiklememektedir.

Saydam ve Şenyuva (2002) bu reaksiyon zincirinde ana unsur olan oksalatın ve reaksiyon sonucunda oluşan indirgenmiş demirin oluşmasını göstermişti. Ancak reaksiyon sonucu oluşan CO_2 'in ne kadar etkili olabildiği veya ölçülüp ölçülmeyeceği hakkında bilimsel literatürde günümüze kadar yapılmış herhangi bir çalışma yoktur. Bu konuda bir bilgi olmaması da doğaldır çünkü yukarıda belirtilen reaksiyon zincirinin bulut içerisinde oluşacağı hakkında Saydam ve Şenyuva (2002) yayınından bu yana yapılan herhangi bir başka yayın da yoktur.

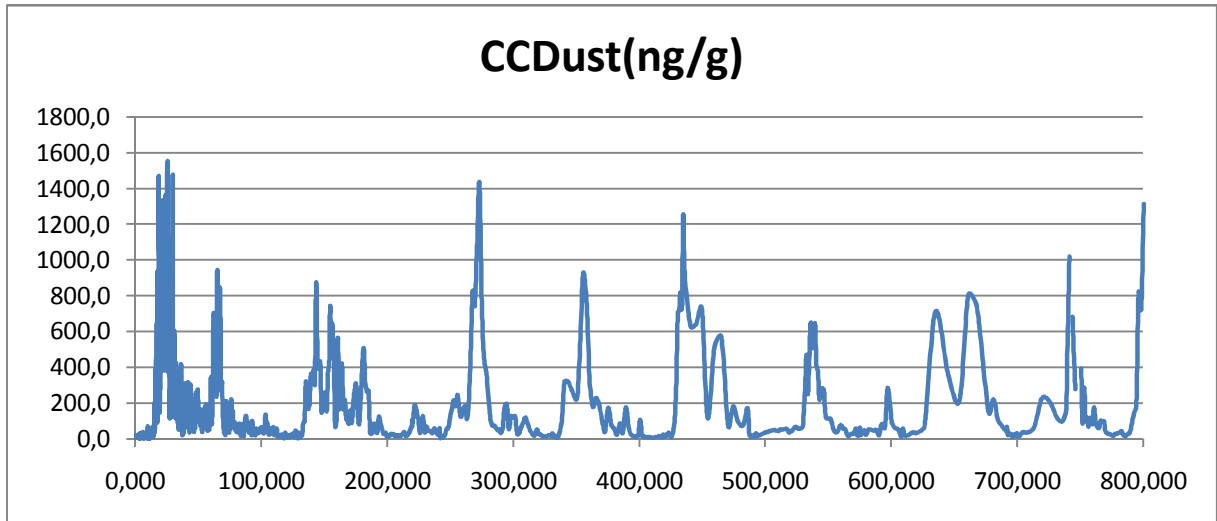
Günümüzde tartışmasız bir şekilde küresel iklim değişikliğine neden olduğu bilinen en önemli sera gazı olma özelliğini taşıyan karbon dioksitin kaynakları hakkında uzun uzun bilgi vermek ve bunları tartışmak mümkündür. Ancak tezin amacı karbon dioksitin bilinen kaynakları hakkında bilgi vermek değildir.

Ancak geçmiş zamana ait en önemli bilgilere ulaşılan buzul örneklerinden elde edilen verilerdeki sıcaklık karbon dioksit ve toz değişimleri EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) buzul örneklerinin Internet üzerinden ulaşılan verileri yeniden değerlendirilerek ele alınacaktır.

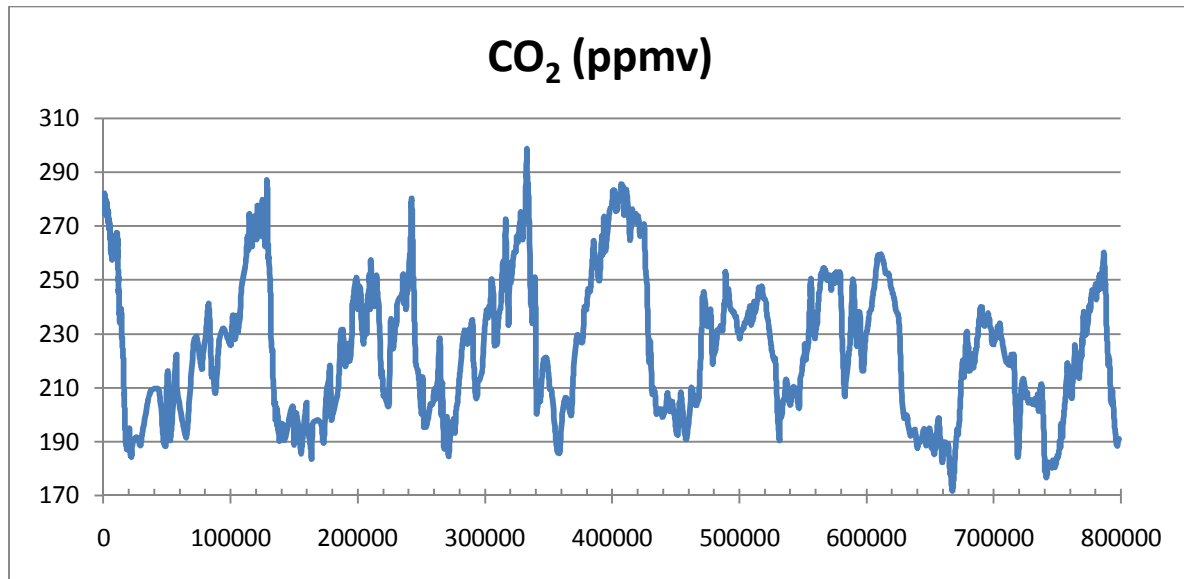
EPICA buzul örnekleri ile geçmişteki 800.000 senelik bir dönem incelenmiştir. EPICA buzul örnekleri verilerine şu siteden ulaşmak mümkündür.



Şekil 2.3. EPICA Buzul Örnekleri İle Saptanan Geçmiş İklim Değişikliği Dönemlerine Ait Sıcaklık Değişimi (NOAA, 2011)



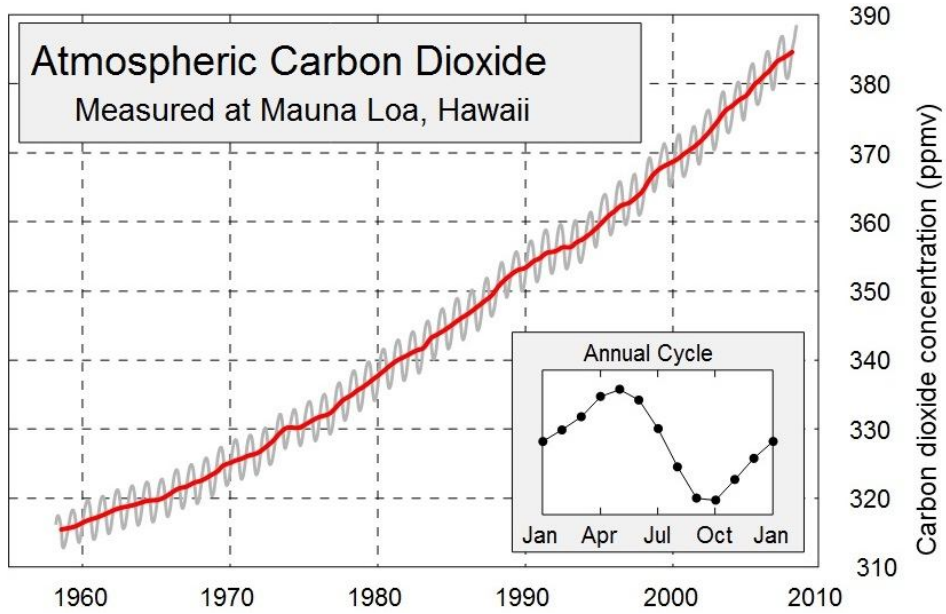
Şekil 2.4. EPICA Buzul Örnekleri İle Saptanan Geçmiş İklim Değişikliği Dönemlerine Ait Toz Değişimi (NOAA, 2011)



Buzul örneklerinden alınan numunelerde yapılan analizlere göre buzul sıcaklığı ile CO₂ arasında küresel ısınma dönemlerinde 0.81 gibi bir korelasyon bulunurken, soğuma dönemlerinde CO₂'nin sıcaklık değişiminden en az 1000 sene sonra değişim gösterdiği görülmektedir (Lorius, 1993; Etheridge, 1996). Buzul örnekleri ile ilgili yayınlarda hala CO₂ değişimleri hakkında tam bir anlaşma sağlanmış değildir (Martinez-Garcia ve ark., 2009).

Bu tez kapsamında önemli olan konu ise bilim dünyasında halen CO₂ kaynakları hakkında tartışmaların devam ettiğidir. Uzun süreli CO₂ ölçümleri küresel ısınmanın en somut kanıtları olmaktadır ve bu ölçümler her türlü etkiden uzak özel donanımlı merkezler tarafından yürütülmektedir.

Bu gözlemlerin en güvenilir olanı Büyük Okyanusun ortasında her türlü kirlenici kaynaklardan olabildiğince uzak bir yer olan Hawaii adasında Mauna Loa gözlem noktasında yapılan izlemedir ve buradan elde edilen sonuçlar Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Hawaii Mauna Loa Gözlem Noktasında İzlenen CO₂ Değişimi (NASA, 2009-Keeling Diyagramı)

Şekil 2.6'da verilen Keeling Diyagramı küresel CO₂ artışını en güzel sergileyen bir yükselme eğilimini göstermektedir ve bu ölçümlere dayanan bir gerçektir. Ancak Şekil 2.6'da sağ alt tarafta gösterilen mevsimsel değişimin de bir gerçek olduğu ve yaz dönemindeki artışın bitkilerin klorofil aktiviteleri sonucu oluştuğu sonbaharda bu

etkinin azaldığı kış döneminde ise bu sefer ısınma kaynaklı yakıt tüketimi başta olmak üzere endüstriyel faaliyetler sonucunda CO₂ seviyesinin yükseldiği kabul edilen diğer gerçeklerdir.

Avrupa kıtasında İtalya'da Mt Cimone'de kurulan izleme istasyonunda da uzun süreden beri devam eden ve atmosferdeki gazların (Ozon, Karbon Dioksit, NO₂, Radyoaktivite) "baseline" seviyelerini ölçen bir gözlem evi bulunmaktadır. (Bonasoni ve ark., 1997) Bundan başka İrlanda, Mace Head ve Hollanda Lutjewad, Fransa Puy de Dome, İsviçre Junfraujoch'da bulunan izleme istasyonları da çeşitli atmosferik gazların yanı sıra CO₂ değişimlerini de izlemektedirler.

Mace Head ve Lutjewad'da (2000-2005) arasında yapılan eş zamanlı ölçümlerin sonuçları (Sirignano ve ark., 2010), tarafından verilmiştir. Çalışma her iki izleme istasyonunda yapılan uzun süreli ölçümlerin değerlendirilmesini yapmakta ve okyanuslardaki alg ve karasal bitki değişimlerinin CO₂ üzerindeki etkilerinden bahsetmektedir. Eşdeğer zamanlı yapılan CO₂ ölçümlerinde izlenen farklılaşma her iki istasyonun aynı enlemde olmasına rağmen pek açıklanamamıştır. Atlantik Okyanusuna bakan Mace Head'e gelen hava akımlarındaki mevsimler arası farklılaşma Atlantik ötesi kaynaklara bağlanırken Lutjewad'da izlenen değişimler doğal olarak karasal kaynaklar ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Bir başka yaklaşım da biz böyle bulduk ama diğer araştırmacıların sonuçlarında da böyle sapmalar var şeklinde olmaktadır. Örnek olarak Sirignano ve ark. (2010) bu şekilde bir yaklaşımı (Strumm ve ark., 2005; Valentino ve ark., 2008) tarafından verilen ve Fransa'da Puy de Dome ve İskoçya'da bulunan Griffin Forest istasyon verileri arasındaki sapmaların kendi gözlemlerinden daha da fazla olduğundan bahsetmektedir. 2000-2005 yılları arasında Mace Head ve Lutjewad'da izlenen CO₂ artışına neden olarak da Uzak Doğu ülkelerinde gelişen ekonomi ve buna bağlı fosil yakıtı tüketimi olarak belirtilmektedir (Sirignano ve ark., 2010).

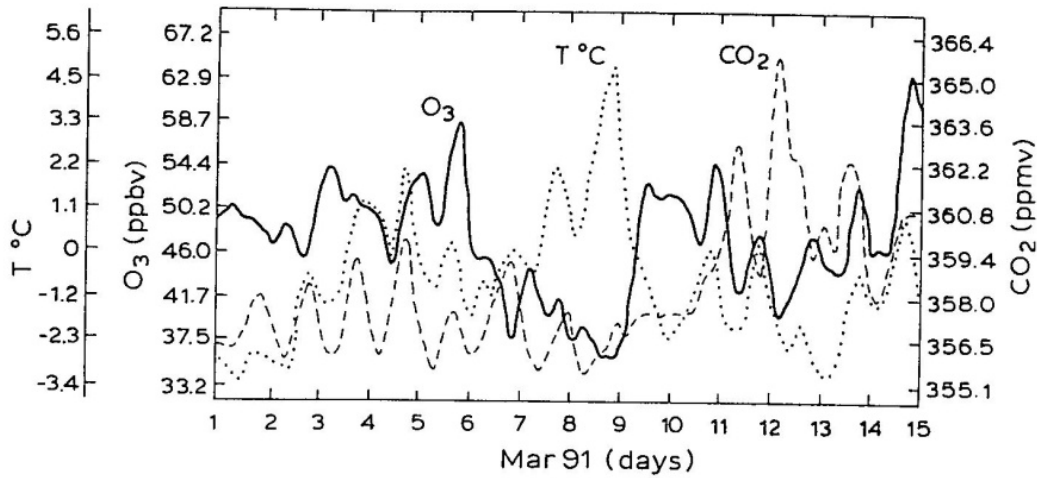
Avrupa'daki bir başka izleme istasyonu İsviçre'nin denizden 3580 metre yüksekliğinde Jungfraujoch dağında kurulu izleme merkezidir. Merkezde en son olarak 2008 yılında kurulan ve CO₂ ve izotoplarını bir saniye çözünürlükle sürekli ölçebilen son teknoloji ürünü olan Kuantum Lazer bazlı Absorpsiyon Spektrofotometresi (QCLAS) kurulmuş ve izlemelere başlanmıştır.

Bu istasyonun izlemelerinde Şubat 2009 ayında ani ve kayda değer bir CO₂ yükselmeleri kaydedilmiş ancak yine kaynak olarak hava akımlarının geçtiği yerlerdeki kirleticiler esas alınmıştır.

Bu yayında Şubat ayının incelenmesi bu ayda yeşil bitki aktivitesinin en az faal olduğu dönem olması olarak bahsedilmektedir. Ayrıca bu yayında Avrupa'da 2009 yılında "background" troposferik CO₂ seviyesi 390 ppmv olarak belirtilmektedir (Tuzson ve ark., 2011).

Avrupa kıtasında çöl kaynağına en yakın izleme istasyonu Mt Cimone'de kurulmuş olan istasyondur. Daha önceden de bahsedildiği gibi bu istasyonda da uzun süreli CO₂ ve diğer gazların izlenmesi sürekli olarak yapılmaktadır (Bonasoni ve ark., 1996; Colombo ve ark., 2000). Bu istasyonda yapılan ölçümlerde aşağıda verilen ve farklı farklı tarihlerde elde edilen ölçüm sonuçları sağlıklı bir şekilde yorumlanamamıştır.

1 - 15 Mart 1991 tarihinde elde edilen ölçüm sonuçları Şekil 2.7'de gösterilmiştir.

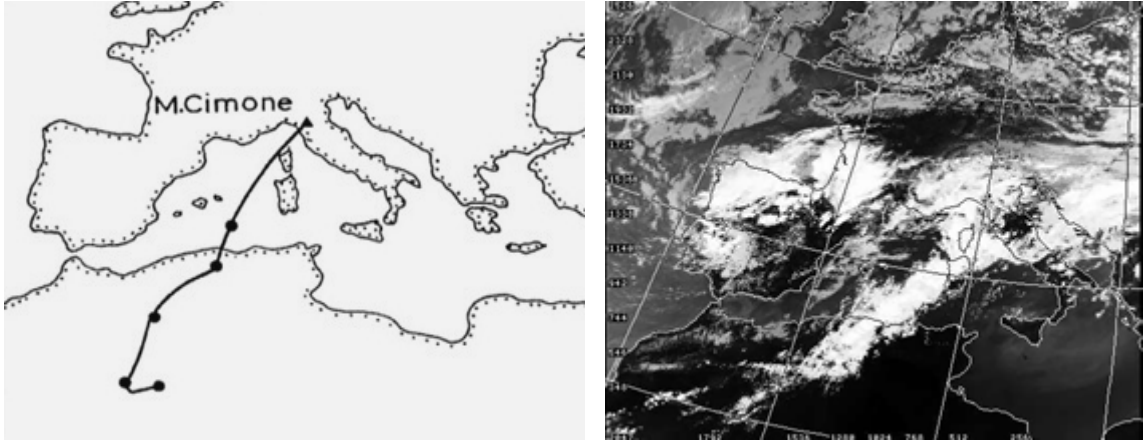


Şekil 2.7. 1-15 Mart 1991 Tarihinde Elde Edilen Ozon, CO₂ ve Sıcaklık Değişimleri (Bonasoni ve ark., 1996)

7 ve 8 Mart 1991 günlerinde Mt Cimone'ye gelen hava akımlarının izlediği yol ise Bonasoni ve ark. (1996) Şekil 2.8'de gösterilmiştir.

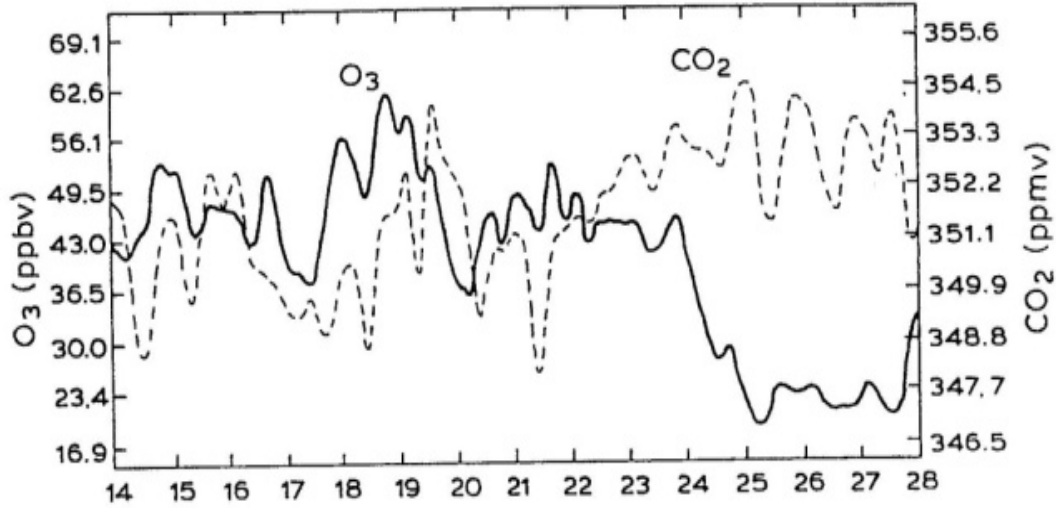
Bonasoni ve ark. (1996) bu toz taşınımı sürecinde atmosferde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen verilerdeki ozon azalmasının beklenen bir olay olduğunu, sıcaklıktaki artışın da doğal bir sonuç olduğunu, Sahradan kaynaklanan bir hava kütlesinde de CO₂ artışı beklenmeyeceğini rapor etmişlerdir.

Sürdürülen izleme sürecinde Şekil 2.10'da gösterilen yönlerden bir başka değişle 1991 yılı toz taşınımı ile uyum içerisinde bir rotadan yeniden bir hava akımı izlemiştir.



Şekil 2.10. 24 - 25 Ağustos Günlerinde Mt Cimone'ye Ulaşan Hava Kütlesinin İzlediği Yol ve Aynı Güne Ait Uydu Verisi (Bonasoni ve ark., 1996)

Bonasoni ve ark. (1996) 1993 yılının 24-25 Ağustosunda izlenen bu toz taşınımı sürecinde de beklenildiği gibi (Şekil 2.11) çöl kökenli tozların gelişi ile, ozon seviyesi düştüğünü, fakat CO₂ seviyesi belirli bir şekilde artmakta olduğunu ve bunun bilinen CO₂ kaynakları ile açıklanamadığını rapor etmişlerdir.



Şekil 2.11. 24-25 Ağustos 1993 Günü Çöl Kökenli Tozların Gelişi ve İzlenen Ozon, Karbon dioksit Değişimi (Bonasoni ve ark., 1996)

En son teknolojik ürünler kullanılarak yapılan yayınlarda dahi halen CO₂ kaynakları hakkındaki belirsizlik sürmektedir. Ama ortada olan bir gerçek tek CO₂ seviyesinin buzul örneklerinden elde edilen verilerden de görüleceği gibi yerkürenin incelenen jeolojik geçmişinden bu yana en yüksek değerlere ulaşmış olmasıdır. Uluslararası kuruluşlar da bu gerçek karşısında çeşitli tedbirler almak zorunda kalmışlar ve en son olarak ta Kyoto anlaşması olarak bilinen ve her ülkenin genelde enerji üretmek sürecinde atmosfere saldıgı CO₂ seviyesini belirli düzeylere indirmek için bir genel çerçeve anlaşması ortaya koymuşlardır. Ancak küresel anlamda en yoğun CO₂ üreten ülkelerin çekinceleri dolayısı ile bu anlaşma tam olarak etkin hale geçememiştir.

Sonuç olarak CO₂'in kaynakları, kontrolü, yönetimi halen uluslararası toplumun gündeminde olan sıcak bir konudur.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar amaçlarda da belirtildiği üzere bu tartışmalara belirsizliklere çok daha başka bir açıdan yaklaşmakta ve Saydam ve Şenvuya (2002) tarafından ortaya atılan yeni bir yaklaşımın atmosferdeki CO₂ bütçesine önemli katkılarda bulunabileceğini ortaya koymaya çalışacaktır.

3 MATERYAL VE METOT

Çalışmada, Sahra tozunun taşınımı modeller ve uydu verileri ile ve belirli günlerde Ankara şehri görüntüsü de alınarak takip edilmiş ve alınan hava örneklerindeki karbondioksit miktarı sürekli olarak CO₂ ölçüm cihazı ile izlenmiştir.

3.1 Çalışma Yöntemi ve Planı

Sahra tozlarının önceden belirlenmesi amacı ile <http://forecast.uoa.gr> sitesi kullanılmıştır. Bu sitede toz taşınım NMC ETA modelleri ile yapmakta ve modelin toz taşınımını 3 gün öncesinden yüksek bir yüzde ile tahmin ettiği bilinmektedir.

Toz taşınımı sürecinde ise çeşitli uydu verilerini kullanmak ve bu verilere istenildiği zaman Internet aracılığı ile ulaşmak mümkün olmaktadır. Günümüzde bu amaçla MODIS/ Terra ve Aqua ayrıca ESA-ENVİSAT uyduları kullanılmakta ve verilere istenilir ise 250 metre hassasiyetle ulaşılmaktadır.

Ölçüm dönemindeki atmosferik veriler için çeşitli kuruluşların arşivleri kullanılmıştır. Bu amaçla;

<http://forecast.uoa.gr> ; <http://wind.met.fu-berlin.de>;

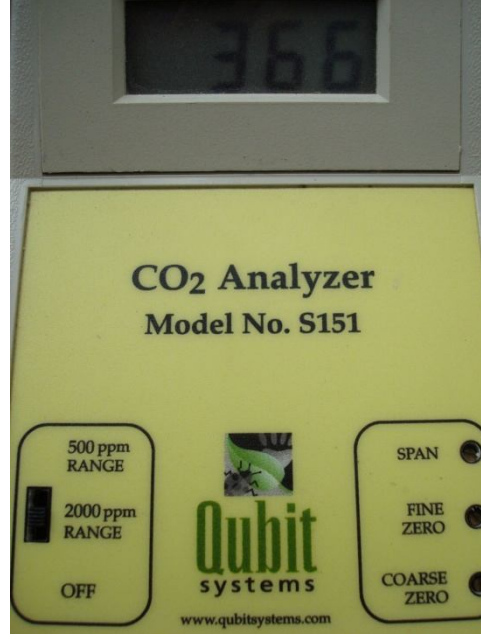
<http://www.dmi.gov.tr/tahmin/enverziyon-yerlesim-merkezleri.aspx>

<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/onlineprod/drought/xmgr.html>

sitelerinden yararlanılmıştır ve böylece toz taşınımının izlenme sürecindeki tüm atmosferik olayların izlenmesi ve gerekli verilere istenildiğinde ulaşılabilmesi sağlanmıştır.

Atmosferdeki karbondioksit izlenmesi amacı ile de bölümümüzde bulunan ve IR ölçüm tekniği ile çalışan CO₂ ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Bu çalışmada, havanın içindeki karbondioksit miktarını sürekli olarak ölçmek ve takip edebilmek için, 04 Mayıs 2009'dan; 31 Mayıs 2010'a kadar Qubit system – CO₂ Analyzer Model No. S151, CO₂ ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).



Şekil 3.1. CO₂ Ölçüm Cihazı, Model No. S151'den Bir Görünüm



Şekil 3.2. CO₂ Ölçümünde Kullanılan Qubit Sistemden Bir Görünüm

CO₂ ölçüm cihazına gelen örneğin akış düzeni şöyle olmaktadır. Dış atmosferden pompa yardımı ile emilen hava pompa üzerinden önce hava akışını regüle eden düzeneğe verilmektedir. Akışı regüle edilen hava önce nem algılayıcısına girmekte ve içerdiği nem ölçülmektedir. Bunun çıkışında hava içerisindeki nemin tamamen yok edilmesi amacı ile silikajel kolonuna girmekte ve içerdiği nem tutulmaktadır.

Nemi alınan hava en son olarak IR düzeneği ile çalışan CO₂ algılayıcısı üzerinden geçmekte ve içerdiği gaz seviyesi kaydedilmektedir. Tüm veriler bir arayüz aracılığı ile bilgisayara aktarılmakta ve depolanmaktadır.

Cihazın kalibrasyonu için 1200 ppmv sertifikalı gaz kullanılmış ve cihazın bu süreçte 1200 değerini okuması ince ayar kontrolü ile sağlanmıştır. Sıfır kalibrasyonu ise sisteme azot gazı verilerek yapılmış ve cihazın sıfır okuması yine ince ayar kontrolü ile sağlanmıştır. Kalibrasyonlar Mayıs 2009 - Kasım 2009 döneminde her iki yöntem kullanılarak yapılmış ancak Kasım dönemi sonrasında 1200 ppmv gazın tükenmesi nedeni ile sadece sıfır ayarı yapılmıştır. Ancak elde edilen sonuçların özellikle kış döneminde ölçülen en düşük değerlerin Jungfrauoch da yapılan ölçümler ile uyumlu olması aletin düzenli çalıştığını göstermiştir.

Cihaz 13 ay hiç durmadan her gün ve günde 24 saat olmak üzere kesintisiz güç kaynağından beslenerek çalışmış; her 15 dakikada bir toplam 96 ölçüm/gün olacak şekilde, havadan örnek alarak hava içindeki CO₂ ve nem miktarını kaydetmemizi sağlamıştır.

Gündüz olmak kaydıyla gerekli görülen zamanlarda Beytepe'den Ankara merkez yönüne doğru atmosferden fotoğraf makinesi ile görüntü alınmıştır. Bu fotoğrafların alındığı günlerde enverziyon şiddeti ve hava durumu izlenmiştir.

3.2 Kullanılan İstatistik Yöntemleri

Bu tezin için Enverziyon Şiddeti-CO₂ ve Toz Miktarı-CO₂ değerleri arasındaki bağlantı ortak istatistiksel olarak Anova Test yöntemi ve Life Data Regression Testi Kullanmıştır.

Hesaplamalarla, STATGRAPHICS Centurion XV. istatistik paket programı kullanılmıştır.

4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Mayıs 2009 – Mayıs 2010 dönemi içerisinde yapılmış olan atmosferik CO₂ izleme sonunda elde edilen değerlerin günlük olarak değerlendirilmesine geçmeden önce izleme istasyonumuzun bulunduğu Beytepe yerleşkesi hakkında bilgi verilecektir.

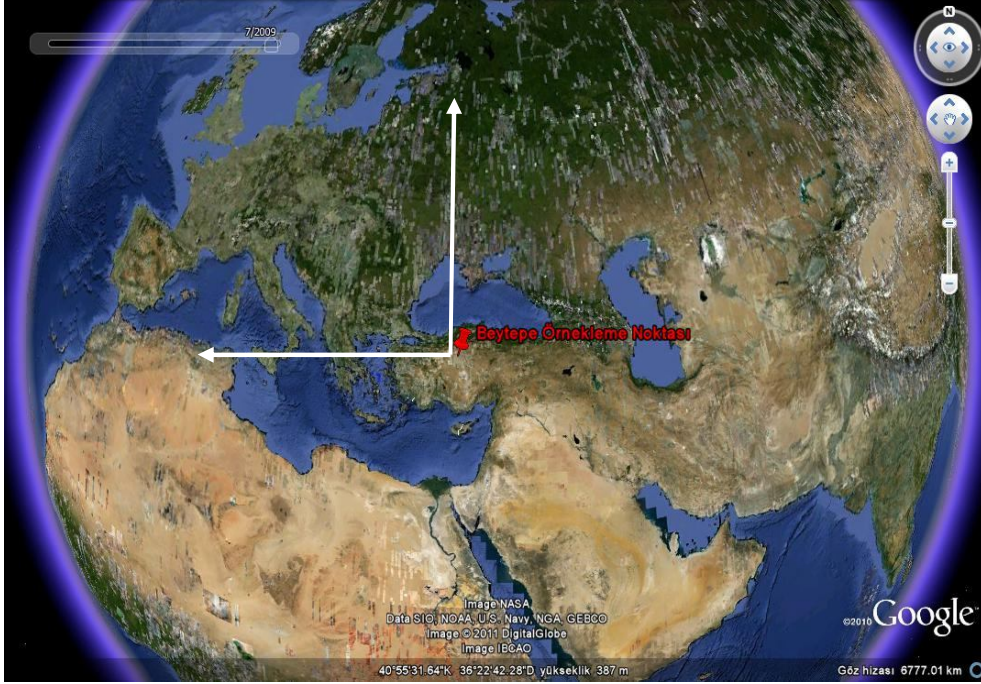
Şekil 4.1'den görüleceği gibi örnekleme noktası Beytepe Yerleşkesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yer almaktadır. Cihaz laboratuvarın içinde çalışmakta ancak cihaza hava girişi laboratuvarın kuzeye bakan penceresinden yapılmaktadır. Konumu itibarı ile en yakın yerleşim bölgesi istasyona göre kuzey kuzeydoğu yönlerde yer alan Ankara şehri olmaktadır.



Şekil 4.1. Örnekleme Noktasının Ankara İl Geneline Göre Konumu

Dolayısı ile bilinen CO₂ emisyon kaynaklarına göre örnekleme noktasına kuzey veya kuzey doğudan gelen hava akımları diğer yönlerden gelen hava akımlarına göre yerleşim bölgelerinin tam üzerinden geçmesi nedeni ile göreceli olarak diğer yönlerden gelmesi beklenen hava akımlarından daha fazla CO₂ taşınması doğal bir beklentidir.

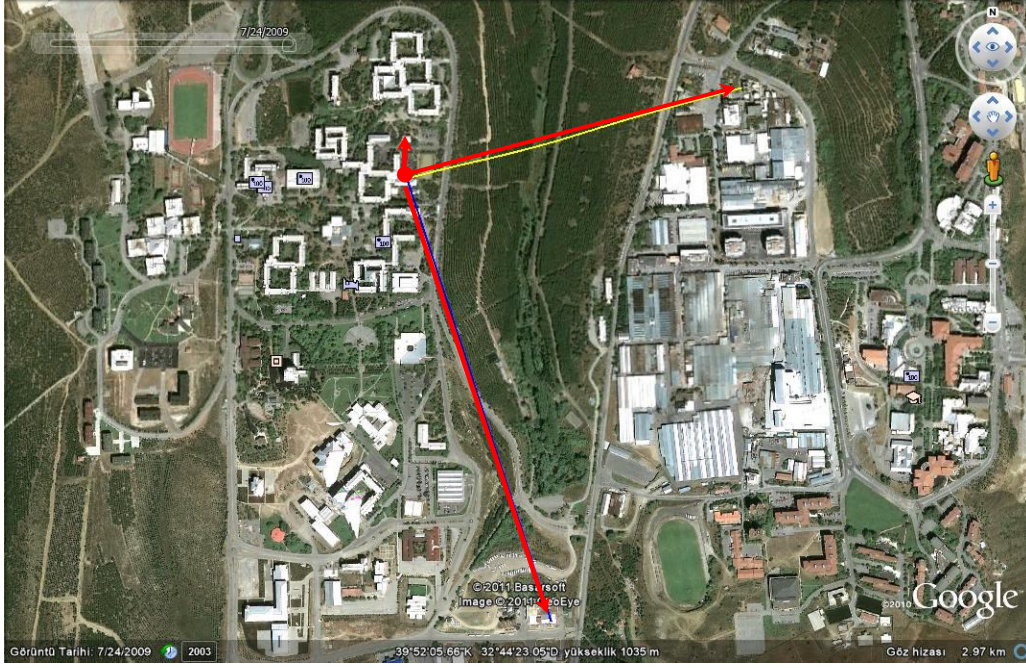
Şekil 4.2’de gösterildiği gibi örnekleme noktasına uzun mesafeli taşınım ile gelmesi muhtemel CO₂ kaynakları hakkında bir fikir yürütmeden önce örnekleme noktasının küresel anlamda nerede olduğu da belirtilmelidir.



Şekil 4.2. Örnekleme Noktasının Küresel Anlamdaki Yeri

Uzun mesafeli taşınım anlamında örnekleme noktasına kuzey ve kuzey batıdan ulaşan hava akımlarının Avrupa kıtasını kastederek gelmesi gerektiğinden ve bu kıtada bulunan ülkelerin de ekonomik gelişmişlik seviyesi göz önüne alındığında bu yönden gelecek hava akımlarının potansiyel bir CO₂ kaynağı olacağı açıktır. Güney ve güneybatıdan gelecek hava akımlarının ise çöl veya yarı kurak ve ekonomik açıdan diğer yönler göre daha az gelişmiş ülke atmosferinden geçeceği için diğer yönler göre göreli olarak daha az CO₂ taşıma kapasitesi olacağı izlenmektedir.

Örnekleme noktasına bu genel bakıştan sonra birde örnekleme noktasının çok daha yakınında yer alan potansiyel CO₂ emisyon noktalarını da incelememiz gerekmektedir.

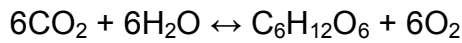


Şekil 4.3. Örnekleme Noktası Yakın Çevresine Göre Konumu

Şekil 4.3'te gösterilen Beytepe Örnekleme istasyonunun, Kuzeyinde 70 metre mesafede zaman zaman devreye alınan kafeterya fırını bacası; 670 metre kuzey doğusunda bulunan BİL ENERJİ Doğalgaz çevirim merkezi; 800 metre güney doğusunda yer alan ve özellikle kış döneminde sürekli faal olan Hacettepe Beytepe Kampusu Isı Santrali bacası ve bu iki kaynak arasında yer alan Meteksan ve Tepe grubunun işletme faaliyetleri sürecinde atmosfere yaydıkları CO₂ kaynakları bulunmaktadır.

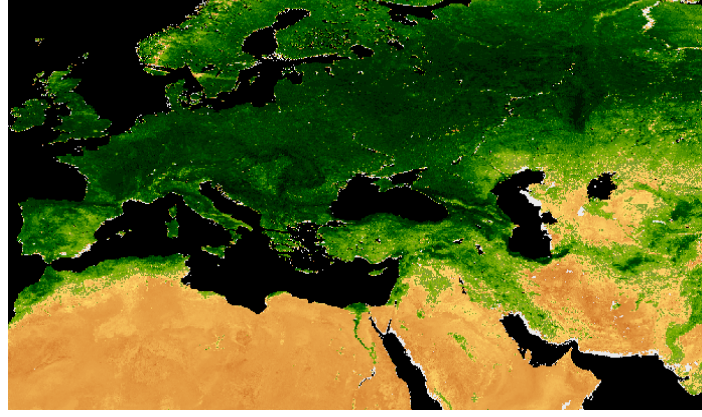
Dolayısı ile örnekleme istasyonumuzun 70 metre yakınından başlamak kaydı ile 1 km çapında CO₂ salınımı yapan 5 ayrı sıcak nokta bulunmaktadır. İstasyon merkez alınır ve 20 km yarıçaplı bir alan düşünülür ise bu sefer de 4 milyona yaklaşan nüfusa sahip bir yerleşim merkezinin mevsimlere bağlı olarak atmosfere verdiği CO₂ katkılarının da ölçümlere etti edebileceği görülmektedir.

CO₂ kaynakları düşünüldüğüne yeşil bitki örtüsünün de nasıl değiştiği önem kazanmaktadır. Bunun temel nedeni ise fotosentez olayıdır.



Fotosentez ile atmosferdeki CO₂ sabitlenmekte, respirasyon olayı ile de atmosfere CO₂ verilmektedir.

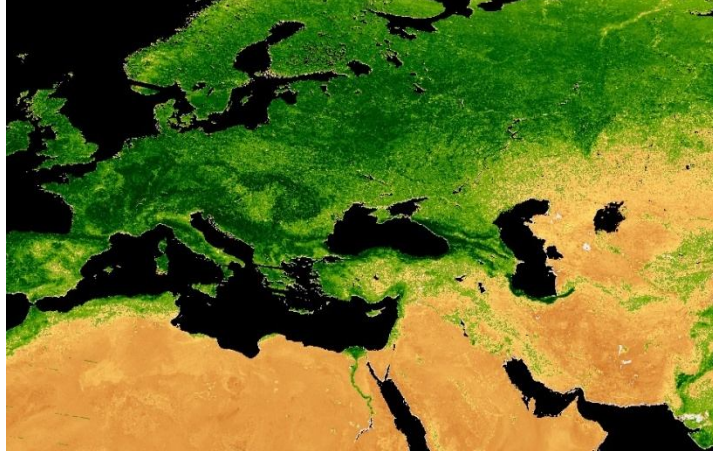
İşte bu nedenle örnekleme yapılan nokta ve çevresindeki mevsimsel klorofil değişimini de bilmek gerekmektedir. Bu amaçla yine uydu verilerinden yararlanılmış ve uzun dönemli ortalama NDVI (Normalized Differential Vegetation Index) değerlerine göre mevsimsel yeşil örtü dağılımı Şekil 4.4- Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



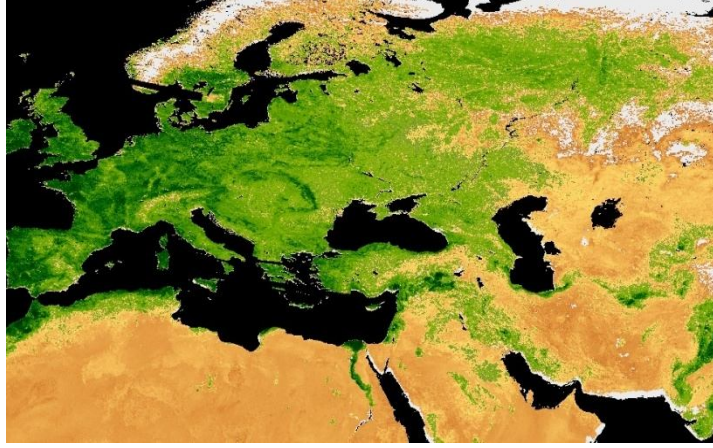
Şekil 4.4. 2008-2010 Arasında Seawifs Uydusu Tarafından “BAHAR” Aylarında Alınan NDVI Değerlerinin Ortalaması



Şekil 4.5. 2008-2010 Arasında Seawifs Uydusu Tarafından “YAZ” Aylarında Alınan NDVI Değerlerinin Ortalaması



Şekil 4.6. 2008-2010 Arasında Seawifs Uydusu Tarafından “SONBAHAR” Aylarında Alınan NDVI Değerlerinin Ortalaması



Şekil 4.7. 2008-2010 Arasında Seawifs Uydusu Tarafından “KIŞ” Aylarında Alınan NDVI Değerlerinin Ortalaması

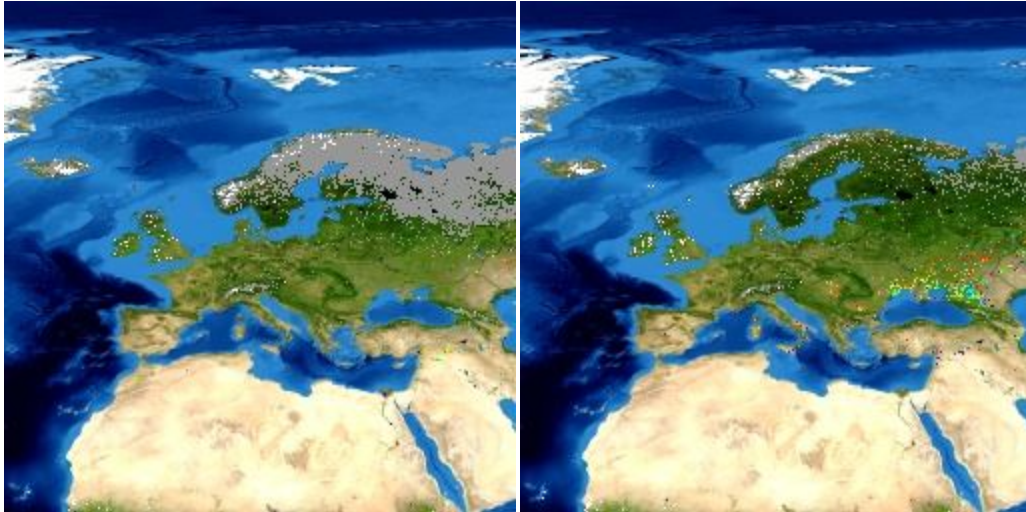
Uydu verilerinin mevsimsel ortalama olması ve kış döneminde dahi bulutsuz günlerin ortalamaya katılması nedeni ile yeşil örtü çok daha fazla algılanmaktadır. Ancak yine de İlkbahar ve Yaz dönemlerinin yeşil örtünün en yoğun olduğu mevsimlerdir ve bu dönemde hem fotosentez hem de respirasyon sonucunda CO₂ etkileşimi en üst seviyede olacaktır.

Uzun mesafeli taşınımın göz önüne alındığında istasyona kuzey ve kuzey batıdan gelecek rüzgârların bitki örtüsü nedeni ile olabilecek herhangi bir CO₂ değişiminden etkileneceği görülmektedir. Güney ve güneybatıdan gelecek uzun mesafeli atmosferik taşınımın geçtikleri bölgelerde mevsimler arasında atmosfere CO₂ etkileşimi yapması beklenen klorofil örtüsü içermediği görülmektedir.

Bir diğer potansiyel CO₂ kaynağının da anız yakmak sureti ile oluşturulan yangınlardan oluştuğu bilinmektedir. Küresel uydu verileri bu amaçla da veri üretmektedir (<http://geonetwork4.fao.org/firemap/>).

Yukarıda verilen siteden küresel anlamda aylık bazda herhangi bir nedenle yanmış alanlara ait bilgilere ulaşmak mümkün olmaktadır.

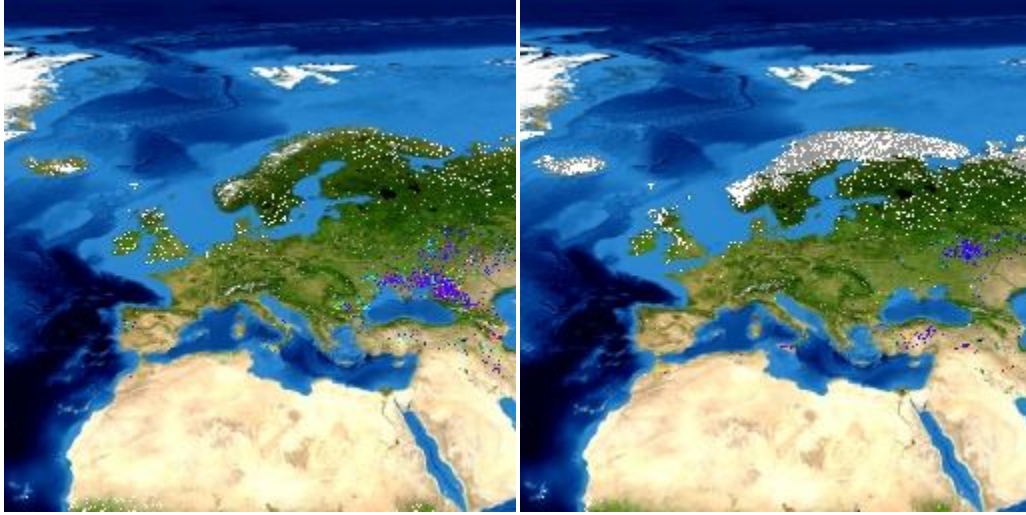
Buna göre izleme yapılan dönem sürecinde doğal olarak Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında kayda değer bir yanmış alan izlemek mümkün değildir. Ancak özellikle Çukurova baseninde ve hemen akabinde GAP bölgesinde erken ürün hasadı ve yaz sonunda da İç Anadolu'da yoğunlaşan ve Anadolu ve yakın çevresinde genellikle anız yakma nedeni ile oluşmuş olan yanmış alanların aylar itibarı ile dağılımını izlemek mümkün olmaktadır.



(a)

(b)

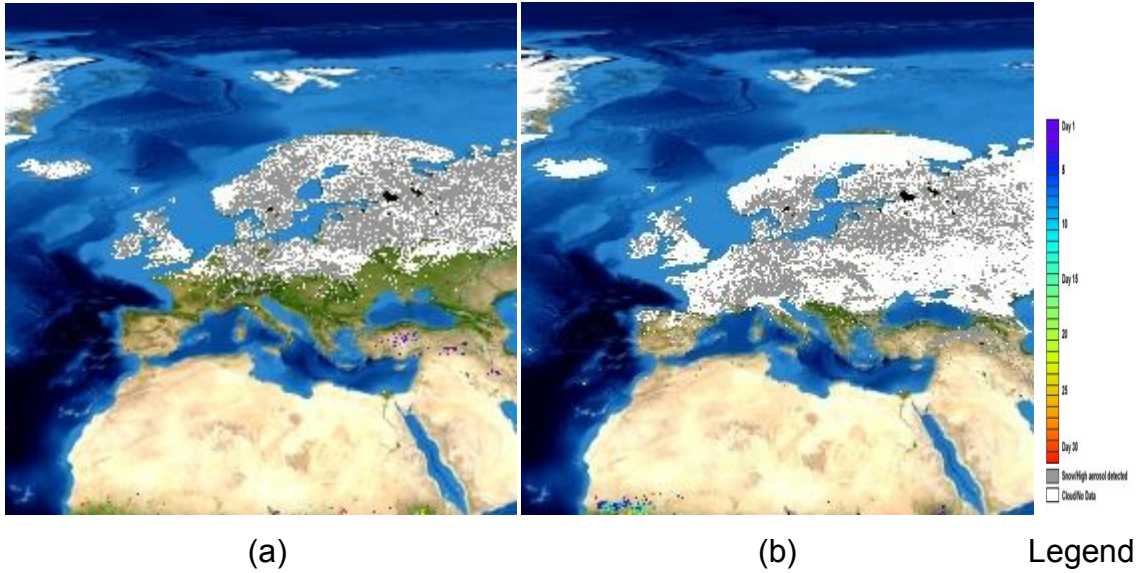
Şekil 4.8. (a) Haziran 2009 (b) Temmuz 2009 Yanan Alanlar



(a)

(b)

Şekil 4.9. (a) Ağustos 2009 (b) Eylül 2009



(a)

(b)

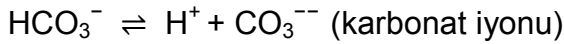
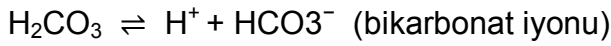
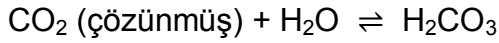
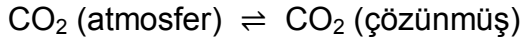
Legend

Şekil 4.10. (a) Ekim 2009 (b) Kasım 2009

Şekil 4.8-Şekil 4.10'da verilen küresel yanmış alan izleme verilerinden de anlaşılacağı üzere Anadolu ve yakın çevresi için Haziran, Ağustos, Eylül ve Ekim yanmış alanların ve doğal olarak ta bu kaynaklardan gelebilecek CO₂ girdisinin en yüksek olduğu aylar olmaktadır. Uydu verilerindeki renkler ayın günlerini, beyaz ve gri ise bulut ve veri olmayan bölgeleri göstermektedir.

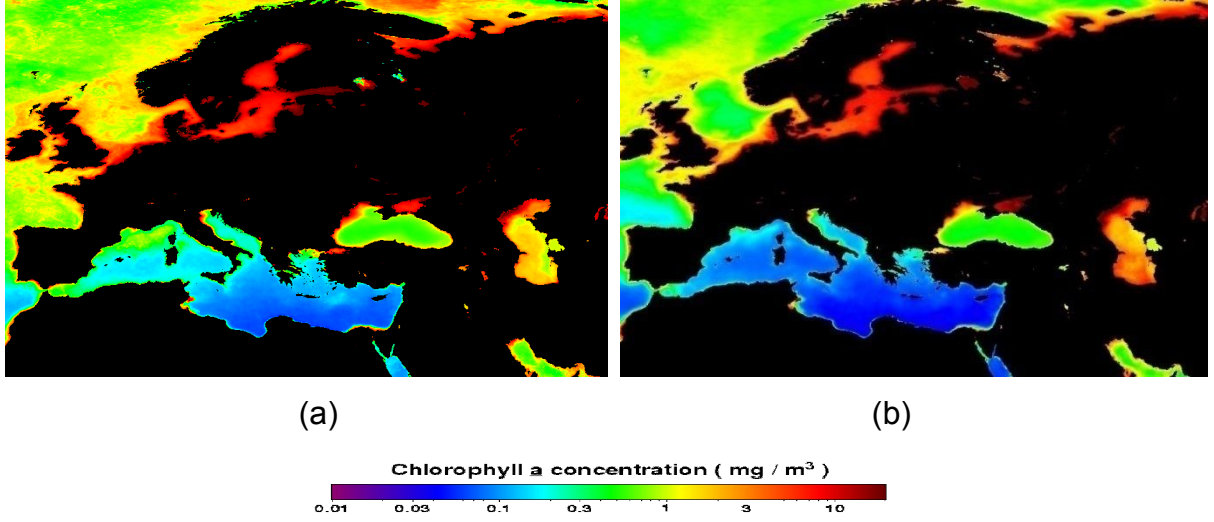
Temmuz ve Ağustos ayları ise hem Balkanlar hem de Karadeniz'in kuzeyinden kaynaklanan yangınlar sonucu oluşabilecek CO₂ girdisinin de önemli olabileceğini göstermektedir. Şekil 4.10'den de izleneceği gibi Kasım ayında en aza inen yanmış alan görüntüleri kış ve bahar dönemlerinde tamamen yok olmaktadır. Bu da Anadolu ve yakın çevresindeki anız yangınları ve CO₂ bütçesine olası etkileri hakkında genel bir bilgi vermektedir.

CO₂ bütçesine etki edebilecek diğer bir kaynak ta denizlerdeki birincil üretim olmaktadır. Yeşil algler denizlerdeki çoğalmaları sürecinde gerekli olan karbonu denizdeki bikarbonat karbonat dengesinden elde ederler. Bu reaksiyon zinciri;

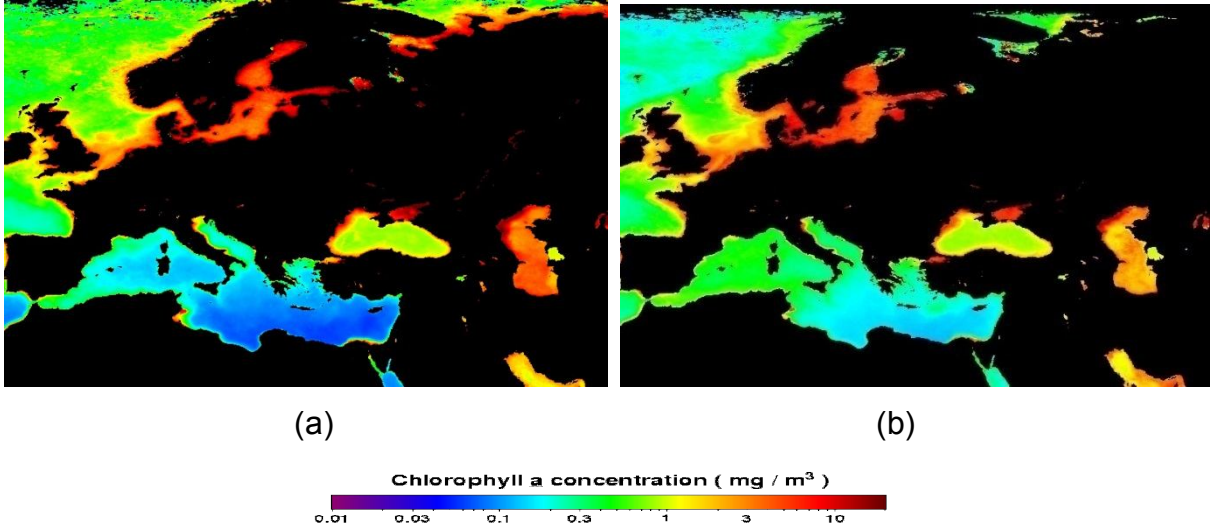


Denizlerdeki karbonat ta alglerin oluşumu sürecinde genellikle CaCO₃, şeklinde kullanılır ve bu organizmaların ölmeleri sonucunda da okyanus dibine çökerek karbon ve dolayısı ile atmosferdeki karbon dioksiti dengelerler.

Uydular CO₂ kaynaklarını tespit edebildiği kadar CO₂ için çökeltme bölgeleri olan denizdeki birincil üretim hakkında da bilgi vermektedir. 2002-2010 arasında elde edilen tüm verilere göre örnekleme noktasına ulaşma olasılığı olan hava kütlelerinin geçebileceği denizlerdeki mevsimsel birincil üretim durumu aşağıda verilen ilkbahar ve yaz için Şekil 4.11'de sonbahar ve kış için Şekil 4.12'de verilen klorofil dağılımlarından izlenmektedir.



Şekil 4.11. (a) İlkbahar ve (b) Yaz İçin Verilen Klorofil Dağılımları



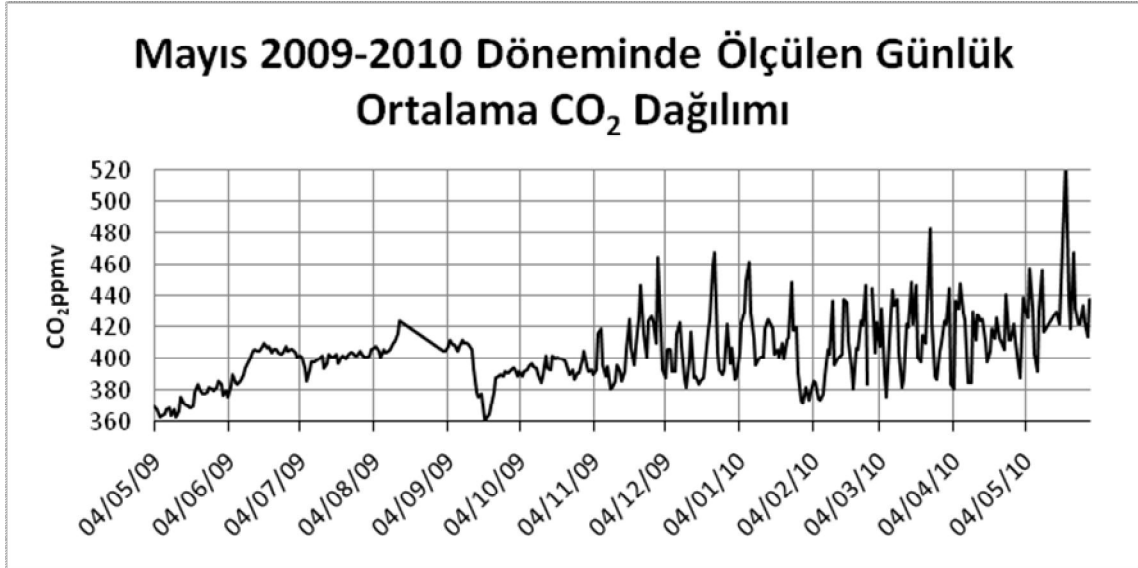
Şekil 4.12. (a) Sonbahar ve (b) Kış İçin Verilen Klorofil Dağılımları

Uydu verilerinden ve uydu verilerindeki klorofil seviyelerini gösteren renklerden de görüleceği gibi örnekleme noktasının kuzeyinde yer alan denizlerdeki kırmızı renkle ifade edilen yoğun birincil üretim her mevsimde güneydeki Akdeniz'e göreceli olarak çok daha fazladır. Bir başka deyişle güneyden gelen hava kütlelerinin içerisindeki CO₂ seviyesi denizlerdeki birincil üretim için kaynak oluşturamaz. Ancak kuzeyden gelen hava akımları içerisindeki CO₂'nin denizlerdeki birincil üretim için deniz suyunda çözülmesi ve algler tarafından da kullanılma olasılığı vardır.

Örnekleme noktasının konumu ve yakın çevrede CO₂ konsantrasyonlarını genel anlamda etkilemesi muhtemel kaynakların gösterilmesinden sonra örnekleme dönemi sonunda elde edilen verilerin incelenmesine geçilecektir.

4.1 Sonuçların Genel Olarak Tartışılması

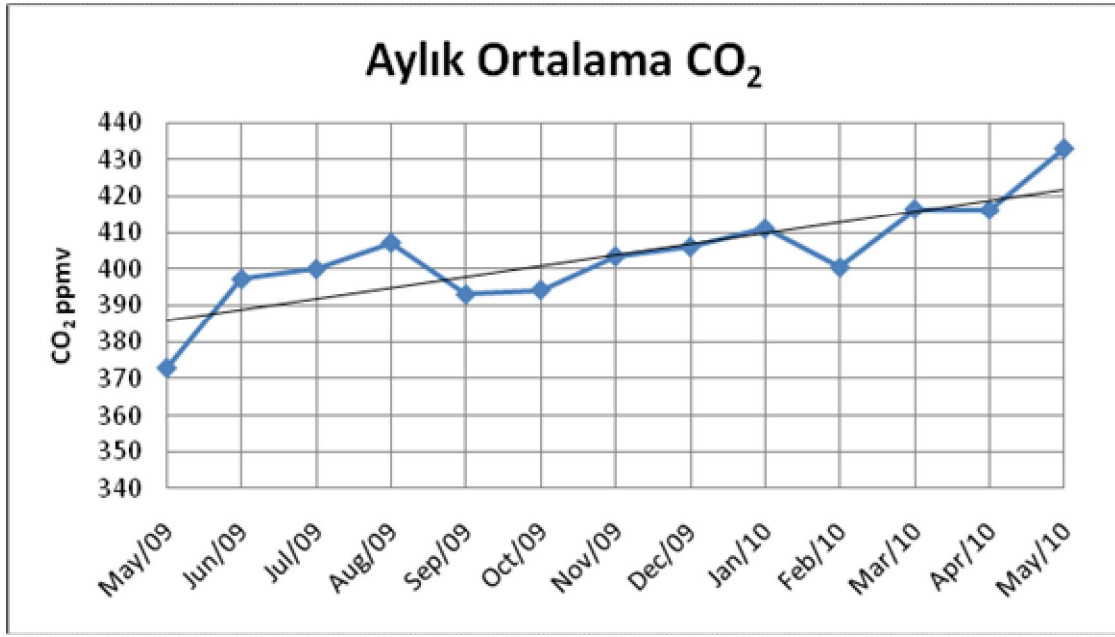
Mayıs 2009-2010 dönemi içerisinde yapılan atmosferik CO₂ ölçüm sonuçları günlük ortalama olarak Şekil 4.13’de gösterilmiştir. Ölçümler her 15 dakikada bir yapılmış olsa da sonuçlara toplu bir şekilde bakabilmek amacı ile günlük ortalama değerler hesaplanmış ve Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Mayıs 2009-Mayıs 2010 Döneminde Ankara/Beytepe Örnekleme Noktasındaki Günlük Ortalama CO₂ Değişimleri

Şekil 4.13’de günlük ortalamalar olarak hesaplanan ve toplu halde gösterilen CO₂ değişimi Mayıs 2009-2010 aralığında CO₂ değerlerinde artış olduğu izlenmektedir. Küresel CO₂ değişimleri göz önüne alındığında bu değişim akla hemen genel anlamdaki CO₂ artışının yerel anlamda izlenmesi gibi bir görünüm vermektedir.

Şekil 4.14’te verilen ve ölçülen tüm değerler aylık ortalamalar olarak ele alındığında günlük ortalama değerlerde izlenen sapmaların doğal olarak ortadan kalktığı ve senelik bazdaki artışın daha rahatlıkla izlenebildiği görülmektedir.



Şekil 4.14. İzleme Dönemine Ait Aylık Ortalama CO₂ Değişimi

Aylık ortalama değerler izleme döneminde ortalama 387 ppmv den 420 ppmv seviyesine kadar çıkmıştır. Aylık ortalama değerlere bakıldığında da bundan başka bir sonuca ulaşmakta neredeyse imkansızdır. Bu ortalama değerlere göre de bu tezin şu sonuca varması yapılabilecek en doğal yaklaşımdır. Kaynağı yakın veya uzak her neresi olursa olsun ölçüm döneminde atmosferdeki CO₂ seviyesinin artmış olduğu ve bilim çevrelerinde her zaman söylendiği gibi küresel anlamdaki CO₂ seviyesindeki artışın yerel kaynaklardan da etkilenecek artmakta olduğu hakkındaki yorumlara bir katkıdan başka bir yanı da olmamaktadır.

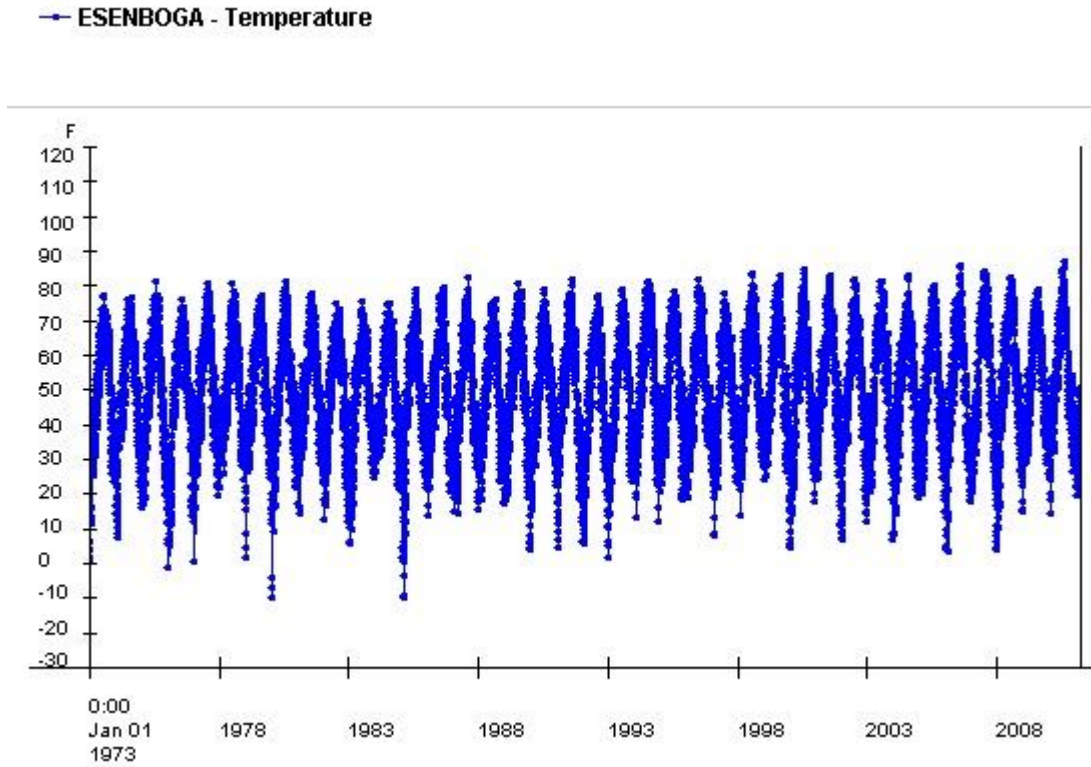
İzlenen bu artışa neden olabilecek başka nedenlerin olup olmadığı araştırılmış ve en azından ölçüm döneminde Ankara atmosferine etki eden meteorolojik koşullarda herhangi bir değişimin olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Bu dönem içerisinde kaydedilen meteorolojik verilere de;

<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>

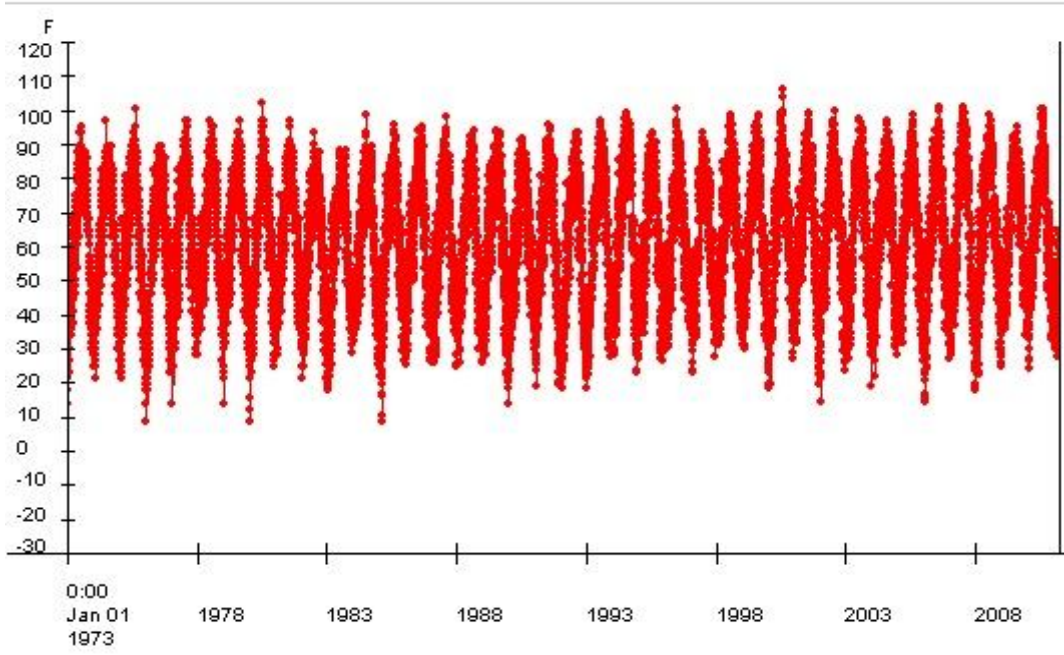
Sitesinden ulaşılmış ve 1973 tarihinden bu yana Esenboğa/Ankara'da yapılan ve ölçüm dönemini de içeren ortalama sıcaklık (Şekil 4.15), en yüksek sıcaklık (Şekil 4.16), en düşük sıcaklık (Şekil 4.17), görüş mesafesi(visibility) (Şekil 4.18) ve rüzgar hızı (Şekil 4.19) değerleri incelenmiştir.

Ölçüm dönemimizi de içeren 1973'ten günümüze kadar kaydedilen veriler incelendiğinde ölçüm döneminde öncesinde ve sonrasında atmosferik olaylarda herhangi bir anormal sapmanın olmadığı da görülebilmektedir. Bir başka değişle ölçüm dönemi de dahil olmak üzere 1973'ten bu yana kaydedilen meteorolojik verilerin normal sınırlar içerisinde mevsimsel olarak değiştiği görülmüştür.



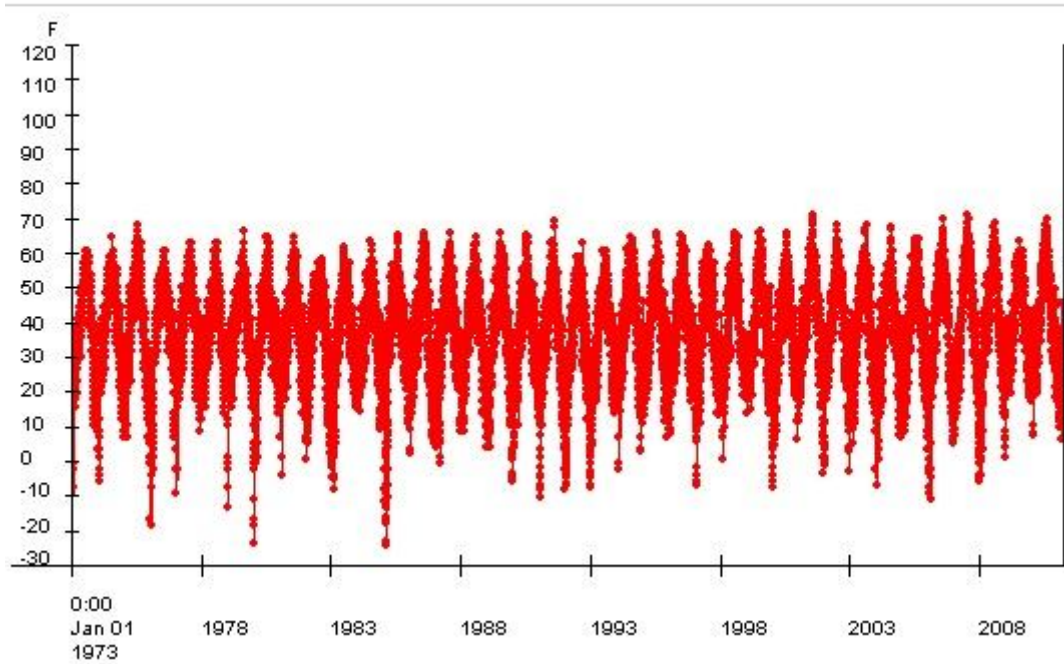
Şekil 4.15. 1973-2011 Arasında Esenboğa/Ankara'da Kaydedilen Sıcaklık Değerleri

—●— ESENBOGA - Maximum Temp

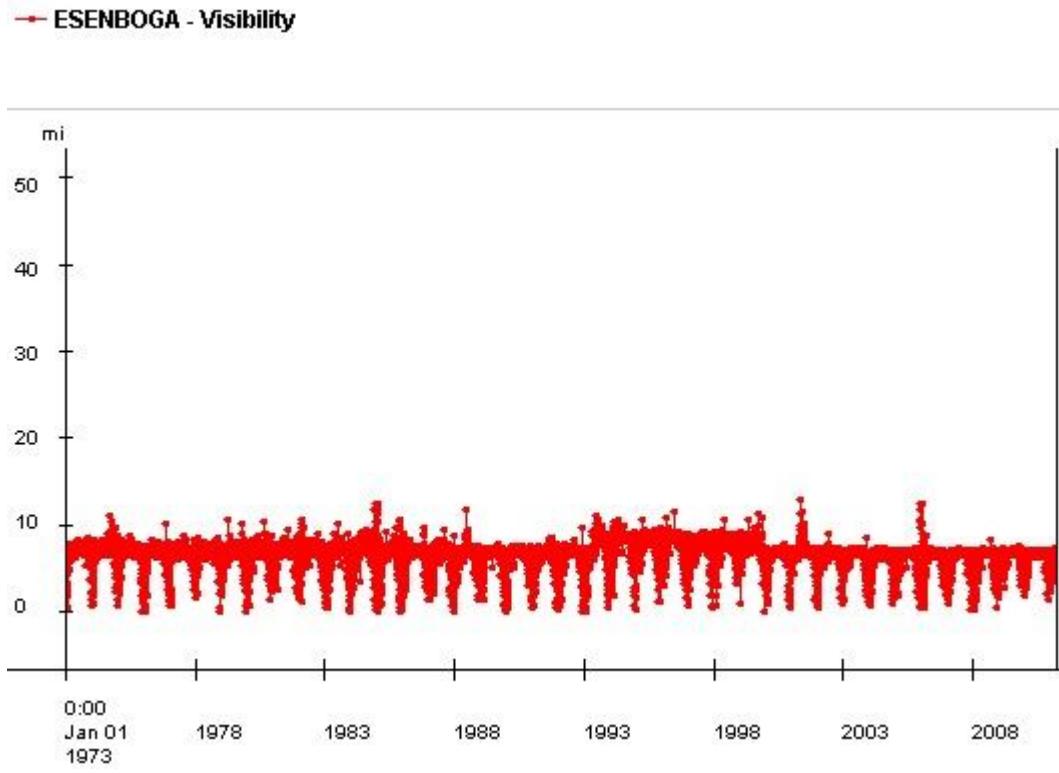


Şekil 4.16. 1973-2011 Arasında Esenboğa/Ankara’da Kaydedilen En Yüksek Sıcaklık Değerleri

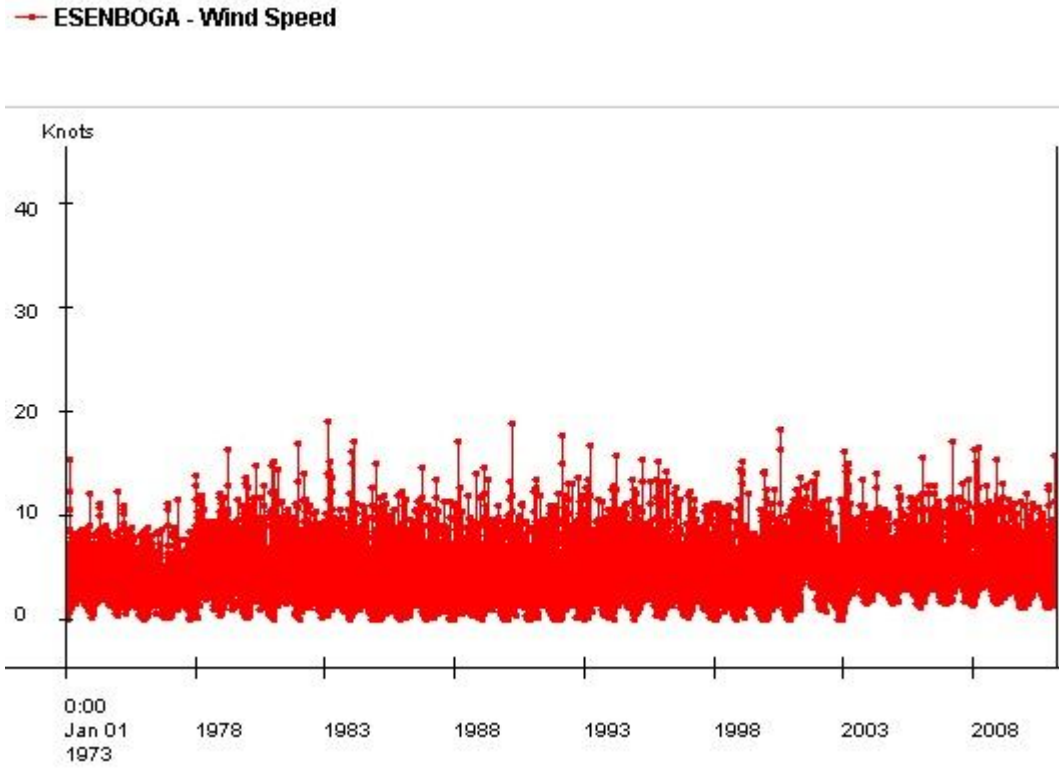
—●— ESENBOGA - Minimum Temp



Şekil 4.17. 1973-2011 Arasında Esenboğa/Ankara’da Kaydedilen En Düşük Sıcaklık Değerleri



Şekil 4.18. 1973-2011 Arasında Esenboğa/Ankara’da Kaydedilen Görüş Mesafesi Değerleri



Şekil 4.19. 1973-2011 arasında Esenboğa/Ankara’da kaydedilen rüzgar değerleri

Uzun dönemli meteorolojik veriler incelendiğinde ölçüm döneminde izlenen CO₂ artışını destekleyecek herhangi bir değişimin olmadığı görülmektedir. Ancak Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'ta verilen sonuçlara genel anlamda bakıldığında CO₂'nin de artmakta olduğu bir gerçektir.

Beytepe yerleşkesinde yapılan CO₂ sonuçlarının Mayıs Ağustos dönemindeki artışları yeşil örtüdeki artış, Eylül Ekim dönemini de yeşil yaprakların solması ile açıklamak doğal olacaktır. Ekim Kasım Aralık Ocak artışları doğal gaz tüketimi ile rahatlıkla açıklanabilmektedir. Isınma amaçlı tüketilen doğalgaz yanma sonucu atmosfere CO₂ vermekte ve izlenen aylık ortalama artış rahatlıkla açıklanabilmektedir. Ancak Mart Nisan ve Mayıs 2010 döneminde izlenen CO₂ değişimlerini bu döneme ait bilinen kaynaklar ile açıklamak mümkün değildir. Ancak şimdiye kadar olduğu gibi, o dönemin normalden çok daha soğuk geçmiş ve doğalgaz tüketiminin de artmış olması gibi bir yaklaşımla genel bir açıklama yapmak mümkündür. Ancak ölçülen meteorolojik veriler de bu açıklamayı desteklemektedir.

Tezin amacı atmosferik karbon dioksitin çöl kökenli tozların bulut içerisinde geçirdiği bir dizi reaksiyon sonucunda atmosferdeki CO₂'nin değişebileceği temeline dayandığı için bu aşamada örnekleme noktası ve yakın çevresi için yine uydulardan elde edilen toz bulut ve yağış değişimi de aylık ortalama değerler şeklinde incelenmiştir.

4.1.1 Aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri

Günümüz teknolojisi ile;

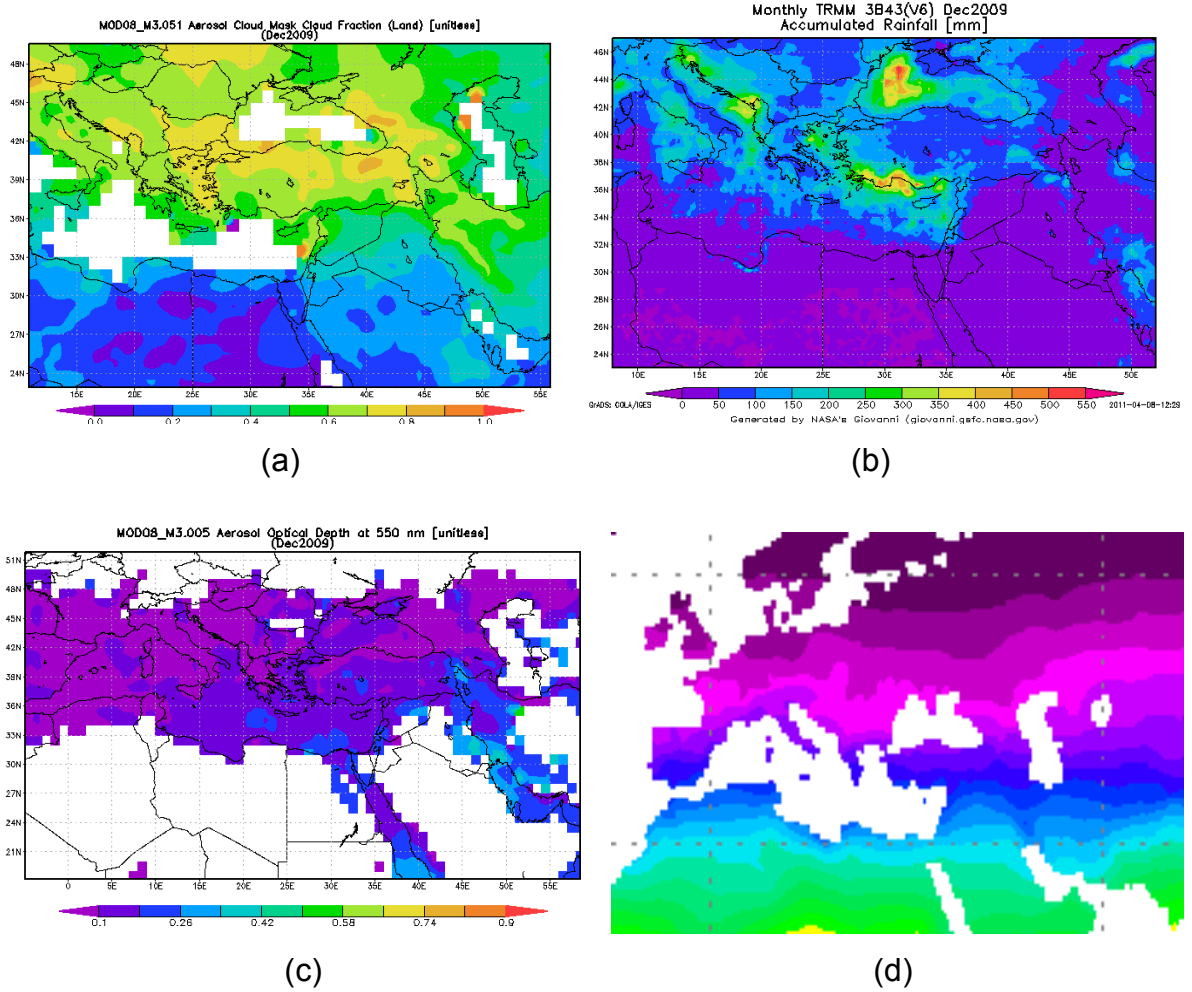
<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni> sitesinden istenilen her bölge için çeşitli parametrelerin zamansal dağılımlarına ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu site verileri kullanılarak bölgemiz için aylık ortalama bulutlanma, toz yağış verilerine ulaşılmıştır.

Aylık ortalama güneş enerjisi verilerine ise;

<http://www.wetterzentrale.de/klima/index.html> adresinden 1961-1990

ortalama aylık verileri olarak ulaşılmıştır.

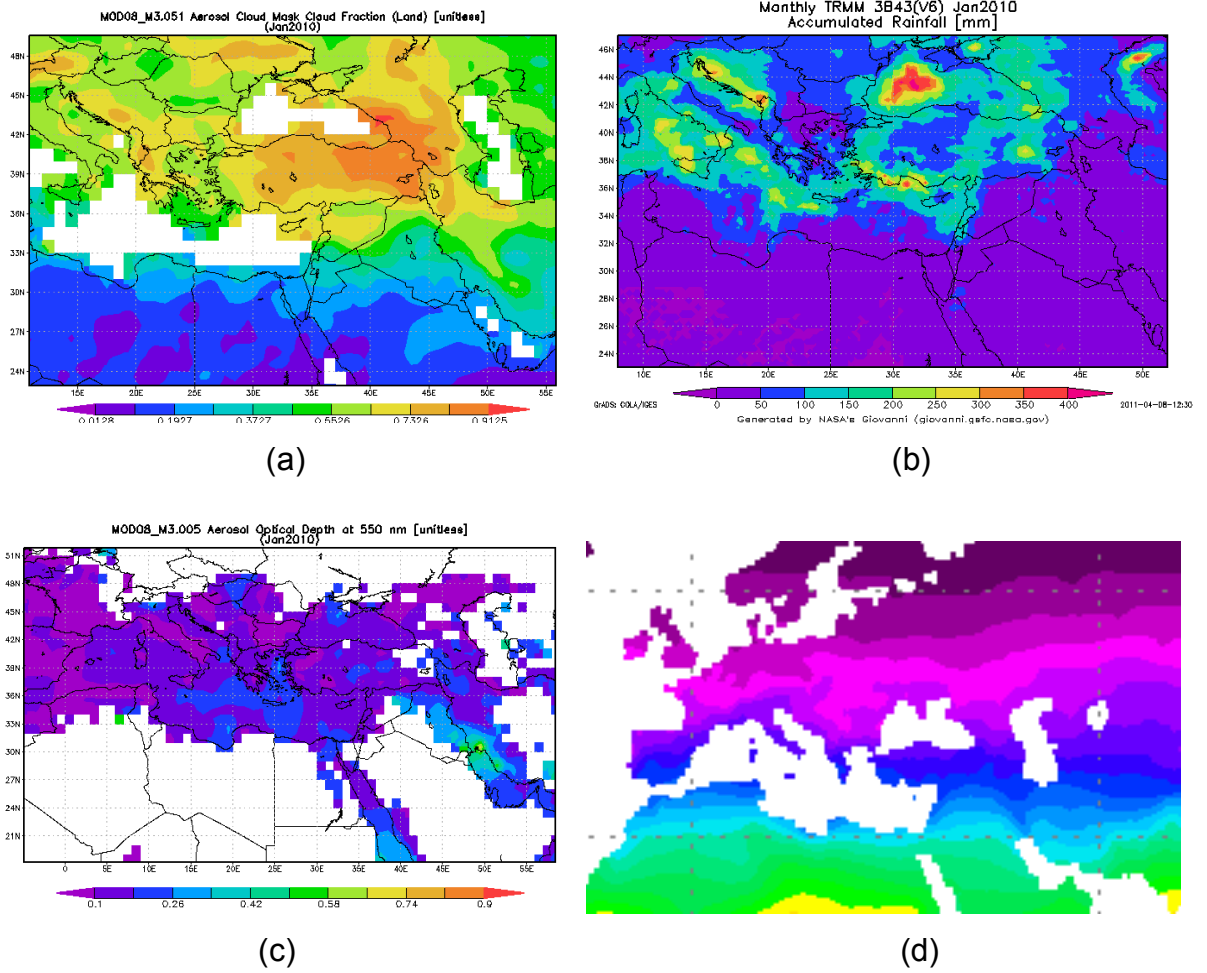
4.1.1.1 Aralık 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri



Şekil 4.20. (a) Aralık 2009 Bulutlanma, (b) Aralık 2009 Yağış, (c) Aralık 2009 Toz, (d) Ortalama Güneş Enerjisi

Şekil 4.20 (a-d) Ortalama aylık değerlerden de izleneceği gibi kuzey bölgelerde bulutlanmanın (Şekil 4.20-a) yoğun olduğu, yağışın da (Şekil 4.20-b) özellikle Karadeniz baseninde etkili olduğu, toz verisinin de (Şekil 4.20-c) yok denecek kadar az olduğu güneş enerjisinin de bulut (Şekil 4.20-d) içerisindeki reaksiyon zincirini desteklemekten uzak olduğu izlenmektedir. Daha önceden de bahsedildiği gibi bu dönemde bitki örtüsünün en az seviyede olması, yangınların olmaması ve bu veriler ışığında da ölçülen ortalama 408 ppmv CO₂'nin kaynağının yerel ısınma nedeni ile ortama salınan CO₂ olabileceği öne sürülebilir.

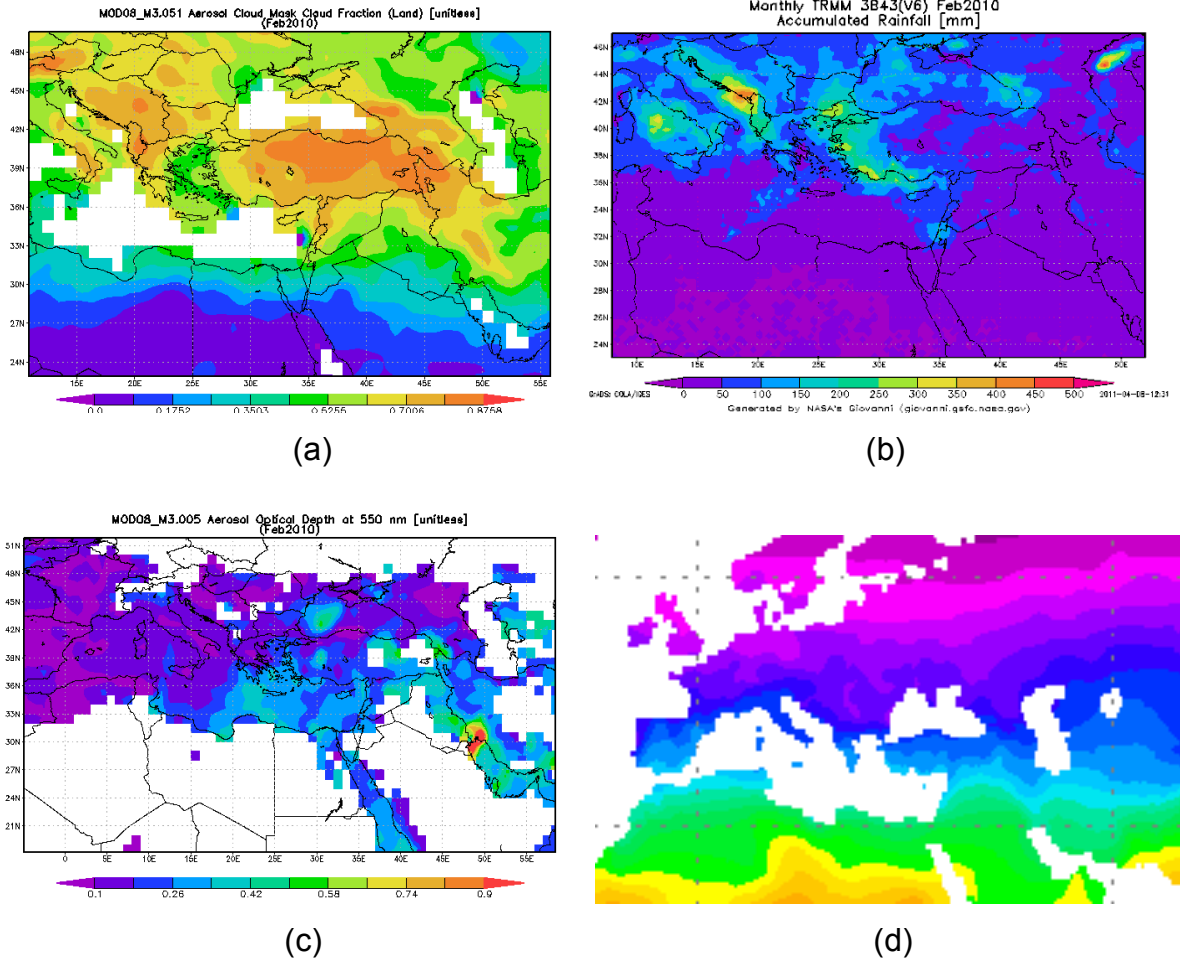
4.1.1.2 Ocak 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri



Şekil 4.21. (a) Ocak 2010 Bulutlanma, (b) Ocak 2010 Yağış, (c) Ocak 2010 Toz, (d) Ocak 2010 Güneş Enerjisi

Şekil 4.21’de verilen uydu verilerinden de izleneceği gibi Aralık ayı için yapılan yaklaşımların benzerini Ocak 2010 için de yapmak mümkündür. Tezin amaçları doğrultusunda olası bir toz bulut etkileşimi sonucunda oluşması muhtemel CO₂’i destekleyecek herhangi bir verinin olmaması ve ortalama aylık CO₂ değerlerinin bir önceki aya göreli olarak yükselmesi yine ısınma amaçlı doğalgaz ve dolayısı ile CO₂ artışı ile açıklanmaktadır. Bu dönemde de güneş enerjisi bulut içerisindeki reaksiyonları desteklemek için yeterli enerji seviyesine ulaşamamış durumdadır.

4.1.1.3 Şubat 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri

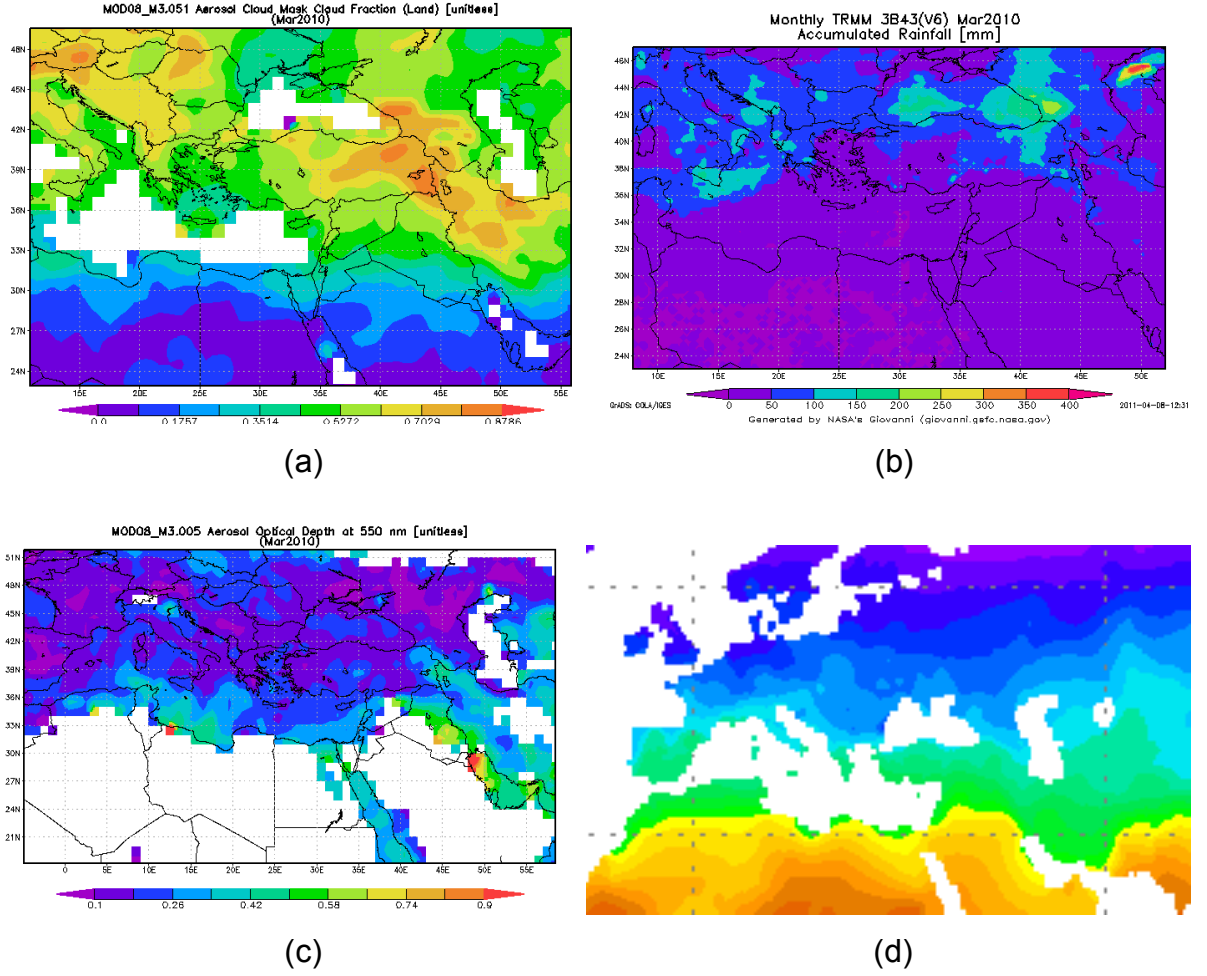


Şekil 4.22. (a) Şubat 2010 Bulutlanma, (b) Şubat 2010 Yağış, (c) Şubat 2010 Toz, (d) Şubat 2010 Güneş Enerjisi

Şubat ayı ortalama değerlerine genel olarak bakıldığında bulutlanma ve yağış hakkında genel anlamda pek fazla bir şey söylemenin mümkün olmadığı ancak tozlanmanın ve güneş enerjisinin Akdeniz baseninde bulut içerisindeki reaksiyon zincirini sürdürmeye yetecek seviyelere ulaştığı izlenmektedir (Şekil 4.22). Ancak bu öngörümüze rağmen ortalama CO₂ değerleri artmamış aksine ortalama 10 ppmv azalmıştır.

Şubat ayı içerisinde 10 ppmv azalan CO₂ ile bu verileri karşılaştırmak neredeyse imkansızdır ve ortalama değerlerdeki azalma ancak yakıt tüketiminin azalması veya örneğin rüzgarların şiddetini artırması gibi diğer bazı verileri gerektirmektedir. Ancak meteorolojik verilerin bu varsayımı desteklemediği görülmektedir.

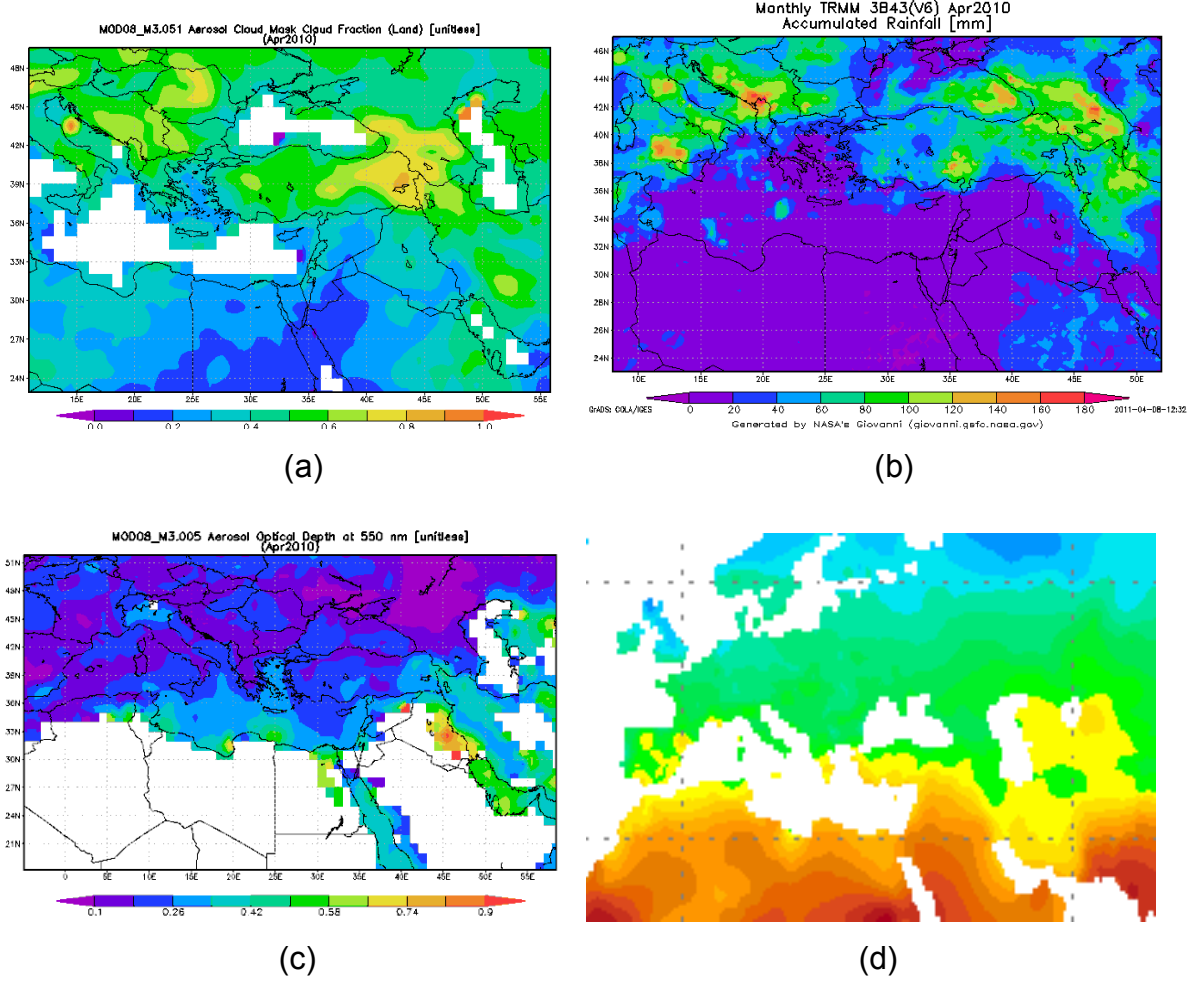
4.1.1.4 Mart 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri



Şekil 4.23. (a) Mart 2010 Bulutlanma, (b) Mart 2010 Yağış, (c) Mart 2010 Toz, (d) Mart 2010 Güneş Enerjisi

Mart 2010 döneminde ortalama CO_2 değerleri Şubata göre 10 ppmv artış göstermiştir. Şekil 4.23'te verilen Mart ayına ait aylık ortalama bulutlanma, yağış toz ve güneş enerjisi değerlerine bakıldığında ölçülen CO_2 değerlerini destekleyecek güneş enerjisinin, bulutlanma ve yağışın sadece yurdun kuzey doğu kesiminde var olduğu izlenmektedir. Bu veriler ile ölçülen ortalım CO_2 değerlerindeki artışı desteklemek mümkün olmamaktadır.

4.1.1.5 Nisan 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri

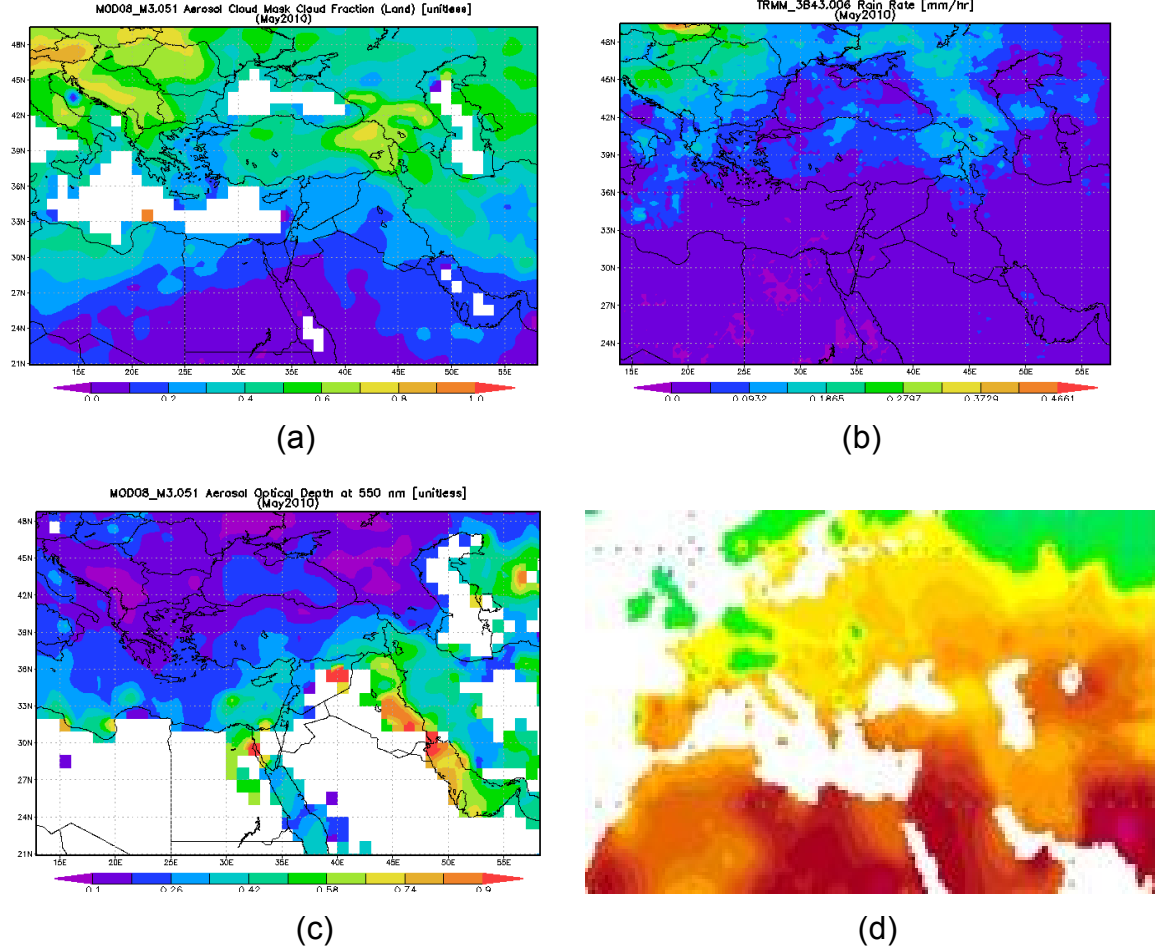


Şekil 4.24. (a) Nisan 2010 Bulutlanma, (b) Nisan 2010 Yağış, (c) Nisan 2010 Toz, (d) Nisan 2010 Güneş Enerjisi

Nisan 2010 aylık ortalama CO₂ değeri 420 ppmv seviyesinde olmuştur (Şekil 4.24). Mart ayı ile aynı seviyede olan CO₂ değerlerinin kış dönemine göre 20 ppmv artması bilinen kirletici kaynaklar ile açıklanmaktan uzaktır.

Nisan ayı içerisinde Anadolu'da güneş enerjisi değerlerinin bulut içerisindeki toz bulut etkileşimi reaksiyon mekanizmasını destekleyecek seviyeyi geçtiği izlenmektedir. Ancak aylık ortalama bulutlanma ve yağışın varlığına karşın ortalama toz dağılımının beklenen seviyede olmadığı izlenmektedir.

4.1.1.6 Mayıs 2010 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri

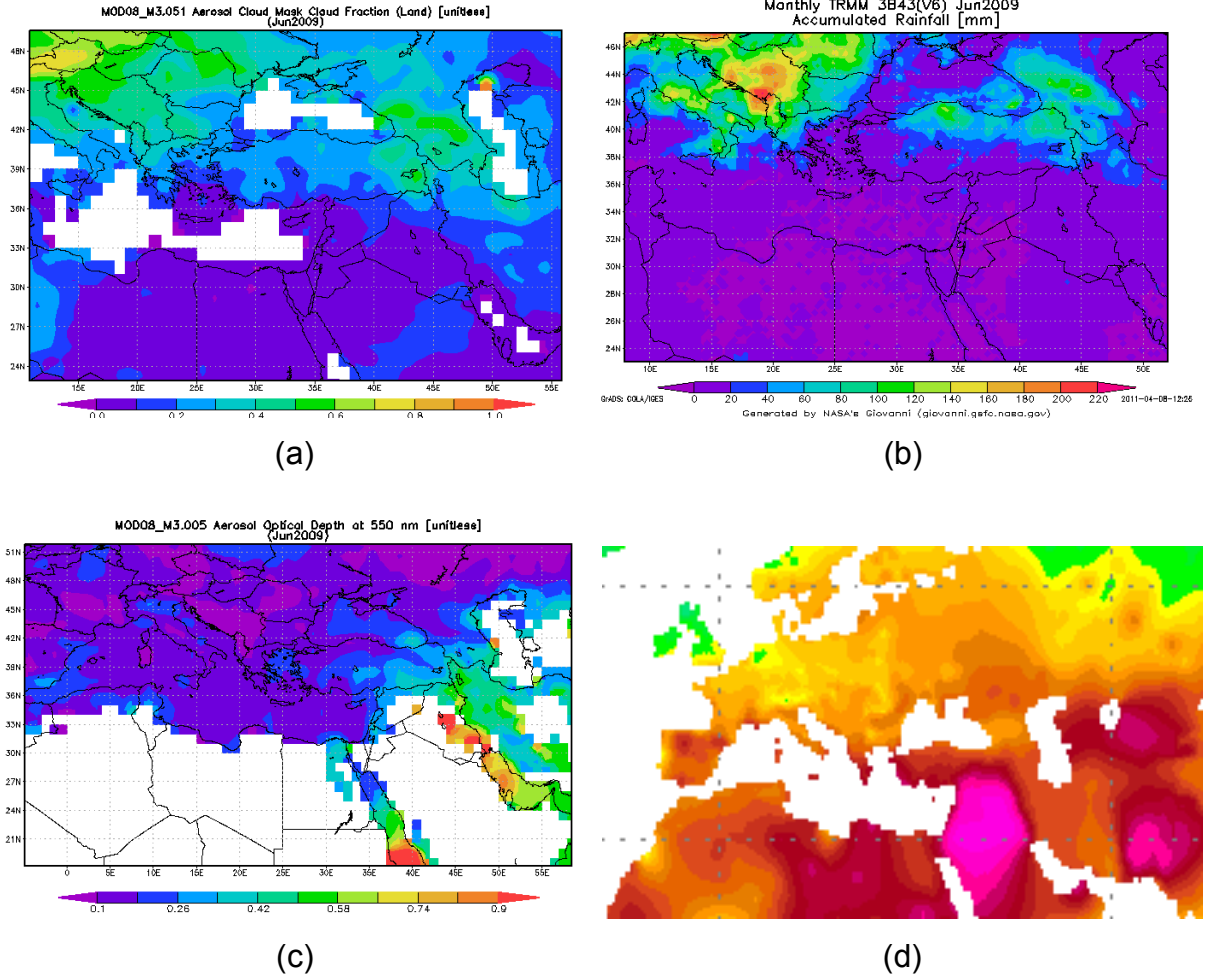


Şekil 4.25. (a) Mayıs 2010 Bulutlanma, (b) Mayıs 2010 Yağış, (c) Mayıs 2010 Toz, (d) Mayıs 2010 Güneş Enerjisi

Mayıs 2010 ayı ortalama CO₂ değeri 420 ppmv olmuştur. Ortalama olarak bir önceki ay ile aynı kalmasına rağmen bu ay içerisinde fark edilen en belirgin gelişme güneş enerjisi seviyesinde olmuştur. Yeşil yapraklı bitki örtüsünün de gelişmiş olması nedeni ile ortalama CO₂ artışının nedenleri artık tartışılır olmaktadır. Artan güneş ışığı nedeni ile bulutlanmanın da bir önceki göre azalmaya başladığı izlenmektedir.

Ancak bu yaklaşım ay içerisinde izlenen CO₂ değişimlerini açıklamaktan uzaktır. Sadece tezin amaçları doğrultusunda oluşabilecek reaksiyon zinciri için genel bir yaklaşım olarak ele alınabilir (Şekil 4.25).

4.1.1.7 Haziran 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri

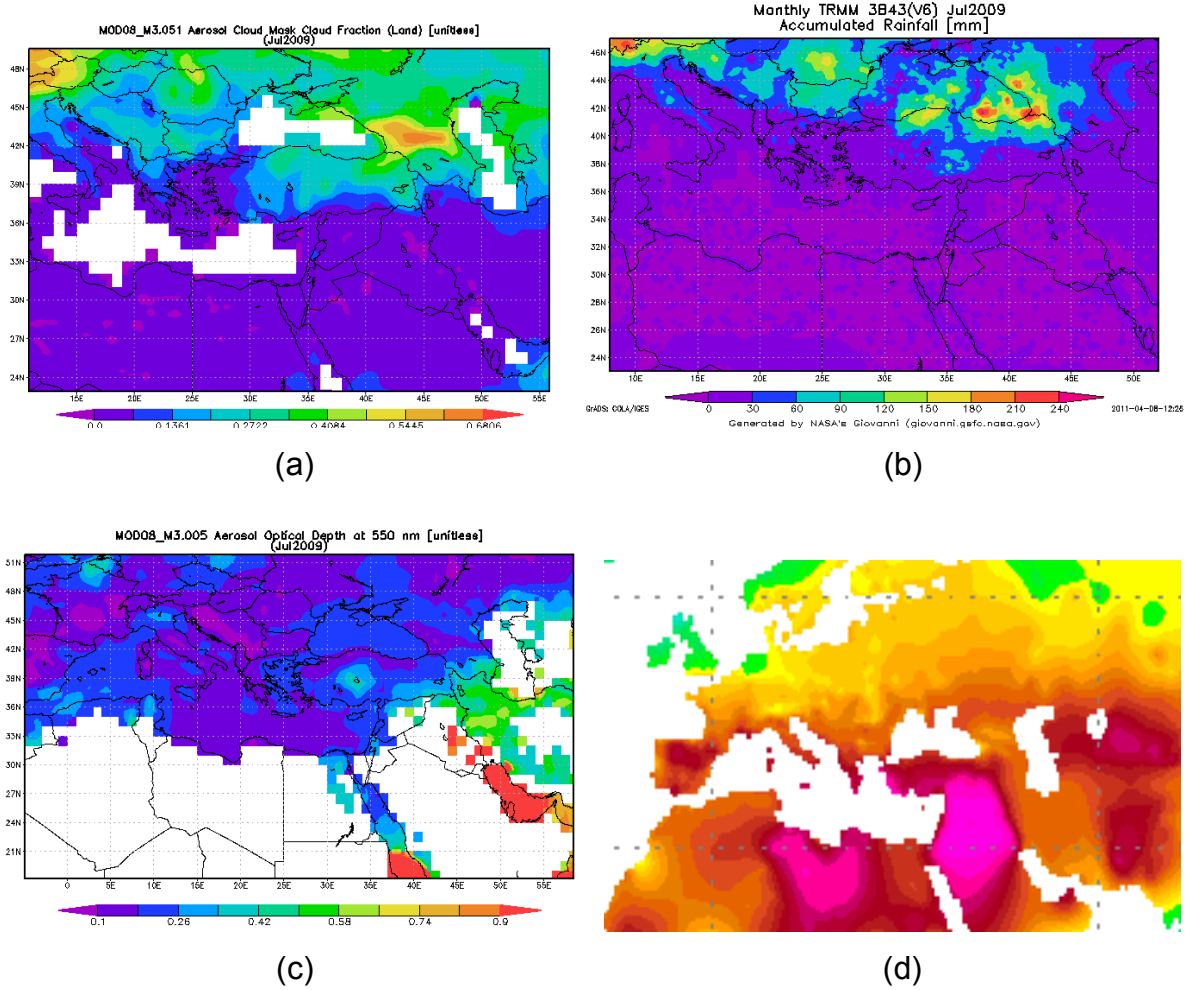


Şekil 4.26. (a) Haziran 2009 Bulutlanma, (b) Haziran 2009 Yağış, (c) Haziran 2009 Toz, (d) Haziran 2009 Güneş Enerjisi

Haziran 2009 döneminde bir önceki aya göreceli olarak 30 ppmv artmış olan CO₂ seviyesinin bulut içerisindeki reaksiyon mekanizmasından oluşabileceği Haziran verileri ile desteklenebilir. Güneş enerjisi Anadolu'nun her yerinde yeterli seviyenin çok üzerindedir. Dolayısı ile toz ve bulut varlığı CO₂ oluşumunu desteklemekte ve bir önceki aya göre izlenen artışı tezin amaçları doğrultusunda desteklemektedir.

Bu olasılığın haricinde bir başka kaynağın CO₂ seviyesini ortalama 30 ppmv arttırabilmesi neredeyse imkansızdır. Tek olasılık yeşil örtüdeki artış nedeni ile CO₂ seviyesinin artması olabilir (Şekil 4.26).

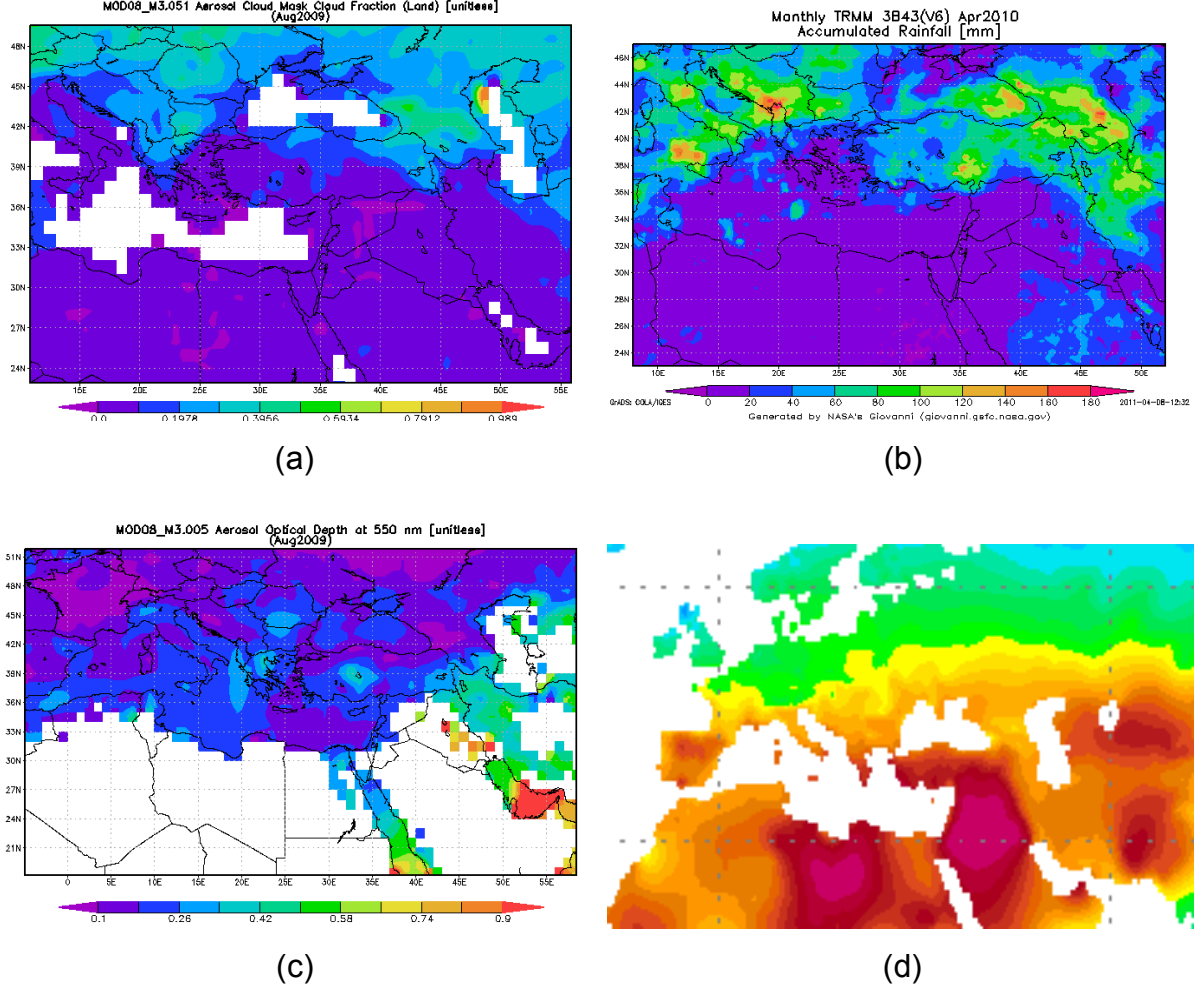
4.1.1.8 Temmuz 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri



Şekil 4.27. (a) Temmuz 2009 Bulutlanma, (b) Temmuz 2009 Yağış, (c) Temmuz 2009 Toz, (d) Temmuz 2009 Güneş Enerjisi

Temmuz ayında da güneş enerjisi kuzey yarı küredeki en üst seviyesine ulaşmaktadır. Dolayısı ile bu dönemde artık bulut ve tozun var olması önem kazanmaktadır. Aylık ortalama verilerin de toz bulut ve güneş enerjisi birlikteliğini desteklediği görülmektedir. Yeşil bitki örtüsünün de bu dönemde aktif olması CO₂ seviyesindeki artışa destek veren yegane diğer faktördür (Şekil 4.27).

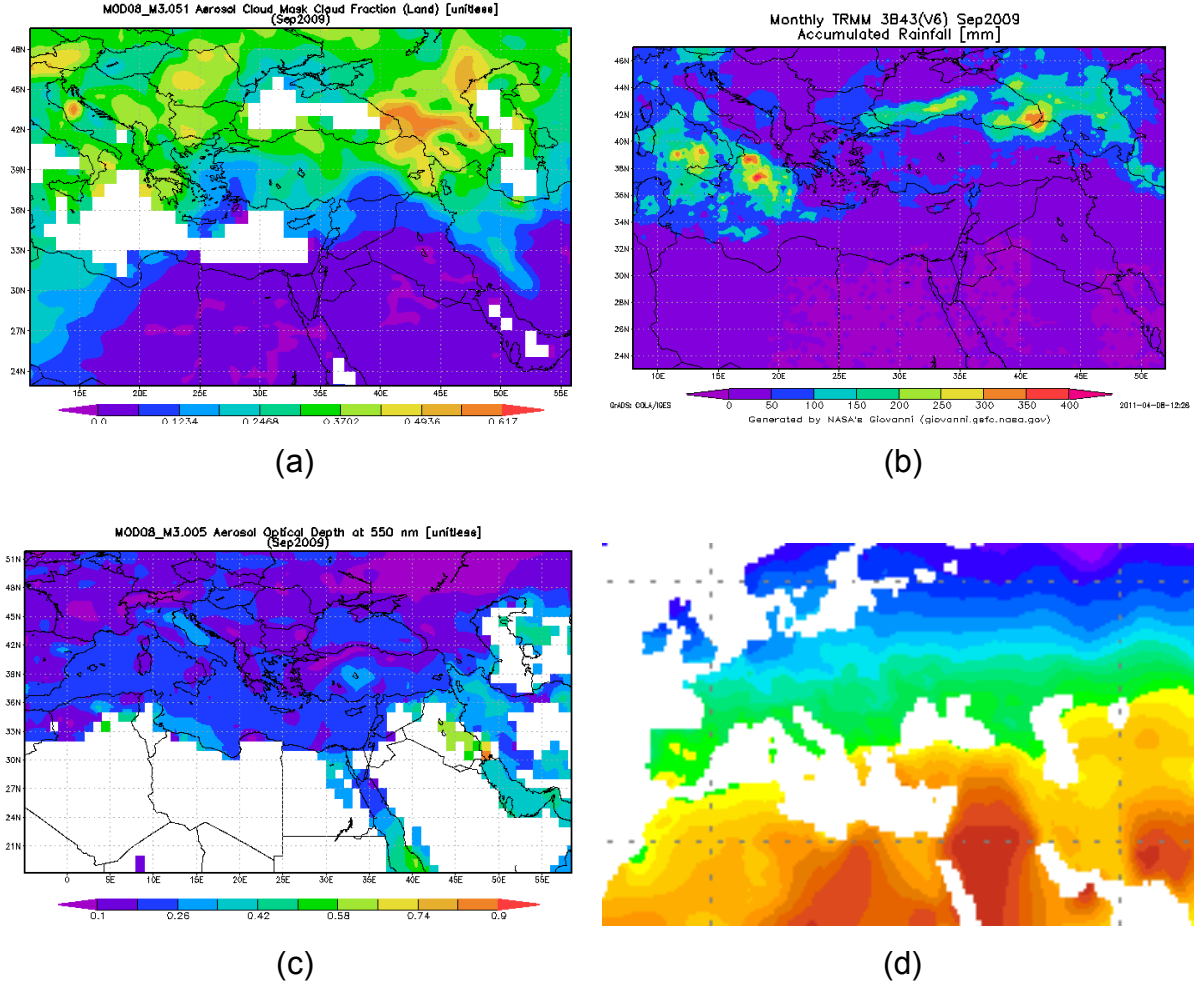
Ağustos 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri



Şekil 4.28. (a) Ağustos 2009 Bulutlanma, (b) Ağustos 2009 Yağış, (c) Ağustos 2009 Toz, (d) Ağustos 2009 Güneş Enerjisi

Aylık ortalama CO₂ değeri Ağustos 2009 ayında 2009 yaz sezonunun en üst seviyesine ulaşmıştır. Bu dönemde yeşil bitki örtüsü ve tezin amaçları doğrultusunda bulut içinde oluşması muhtemel CO₂ haricinde başka bir kirlenici kaynağın var olması imkansızdır. Şekil 4.28 (d)'den görüleceği gibi Ağustos ayında güneş enerjisi seviyesi en üst düzeydedir. Bu dönemde Anadolu'nun genelinde yağışların da izlendiği görülmektedir. Ancak genel anlamda bakıldığında bu reaksiyon zincirini destekleyecek bir veri de bulunmamaktadır.

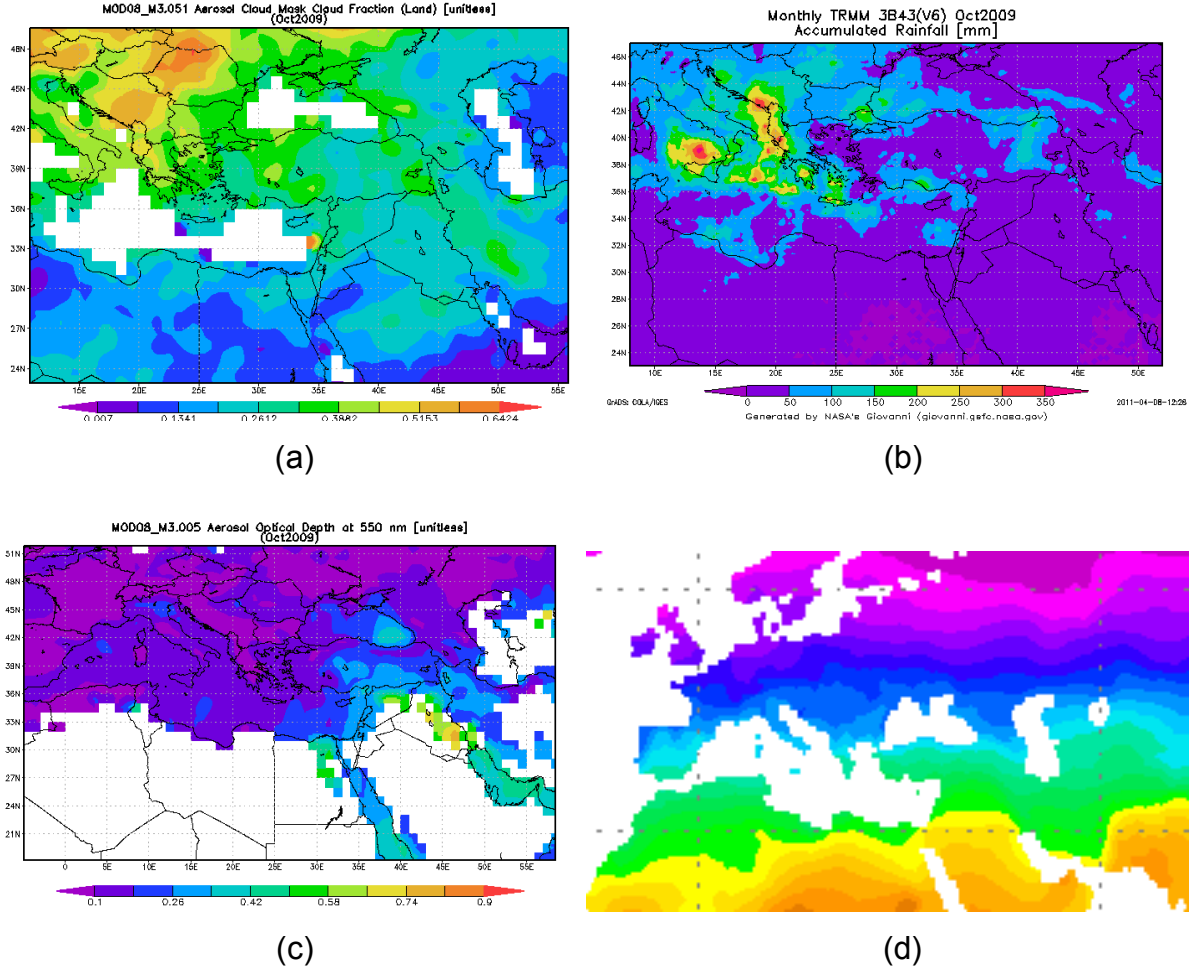
4.1.1.9 Eylül 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri



Şekil 4.29. (a) Eylül 2009 Bulutlanma, (b) Eylül 2009 Yağış, (c) Eylül 2009 Toz, (d) Eylül 2009 Güneş Enerjisi

Eylül ayı aylık ortalama değerlerine bakıldığında ortalama CO₂ oranlarının ortalama 20 ppmv kadar azalmasını destekleyecek bir veri göze çarpmamaktadır. Şekil 4.29 (a-d) berilen Eylül ayı ortalama değerlerine bakıldığında Ağustos'a göre bulutluluk oranı artmış, yağış Anadolu üzerinde yer değiştirmiş olsa da varlığını korumuş, güneş enerjisi seviyesinde de azalma başlamıştır. Ancak bu verilerin CO₂ azalmasını desteklemesi açıklanamamaktadır. Eylül ayı bir dereceye kadar yeşil yapraklı bitki aktivitesinin giderek azalması ve buna bağlı olarak ta CO₂ değerlerinde düşme olarak yorumlanabilse de bu sadece genel bilgilere dayanılarak yapılan bir yorum olarak kalmaktadır.

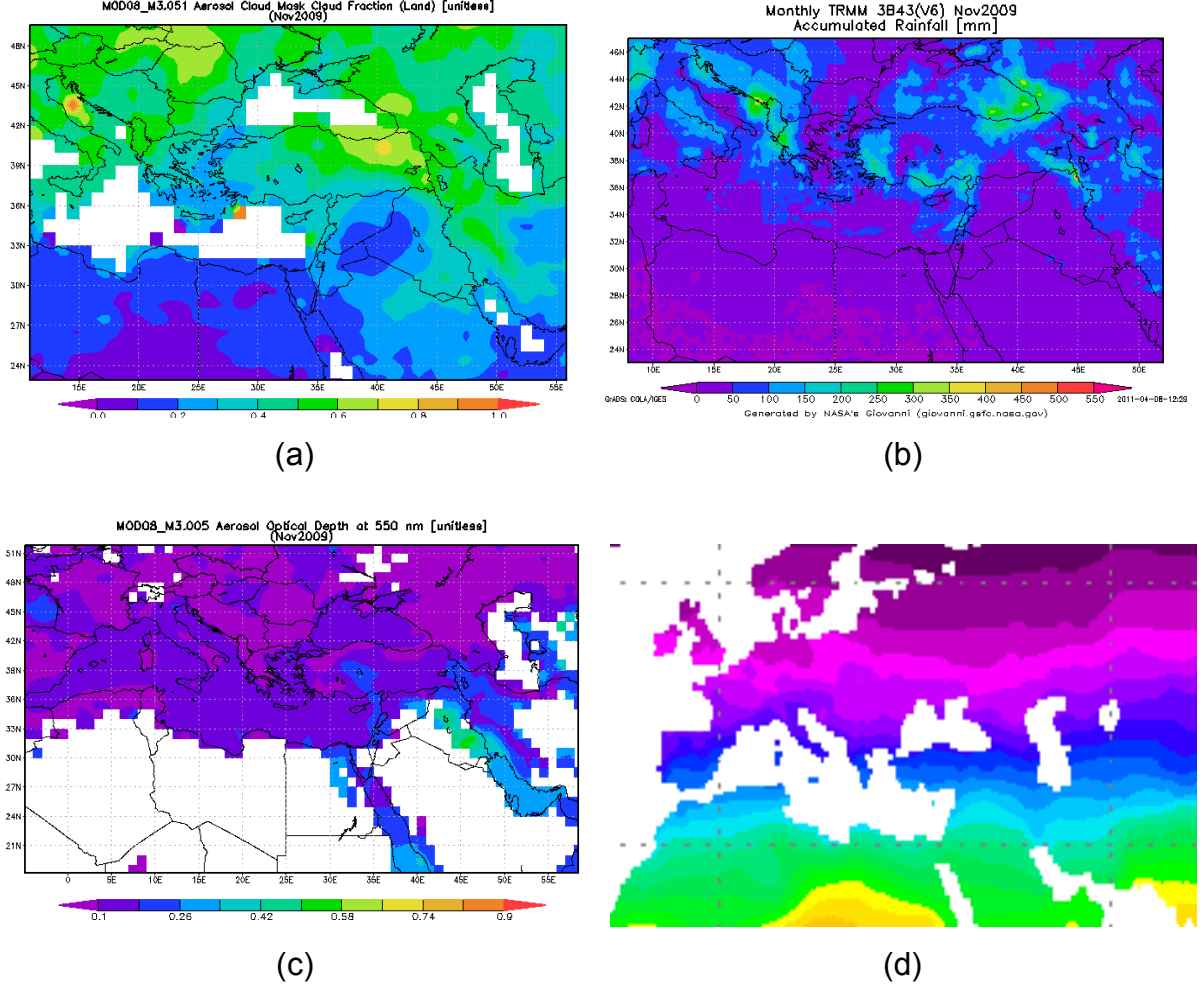
4.1.1.10 Ekim 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri



Şekil 4.30 (a) Ekim 2009 Bulutlanma, (b) Ekim 2009 Yağış, (c) Ekim 2009 Toz, (d) Ekim 2009 Güneş Enerjisi

Şekil 4.30 (a-d) verilen Ekim ayı ortalama bulutluluk, yağış ve toz verileri güneş enerjisi ile birlikte düşünüldüğünde bulut içerisindeki CO₂ oluşumunu destekleyecek her türlü veriyi içermekte olduğu görülebilir. Ancak Ekim ayı ortalama CO₂ değişimi Eylül'e göre çok az farklı Kasım ayından da düşüktür. Ekim yeşil yapraklı bitki aktivitesinin yüksek rakımlı yerlerde sonlandığı ve yaprakların döküldüğü bir dönemdir. Dolayısı ile bu dönemde Ankara örnekleme noktasının yeşil yapraklı bitki etkisinden çıktığı düşünülebilir. Ekim sonu da genelde ısınma amaçlı yakıt tüketiminin en azından gece sürecinde başlaması demek olmaktadır.

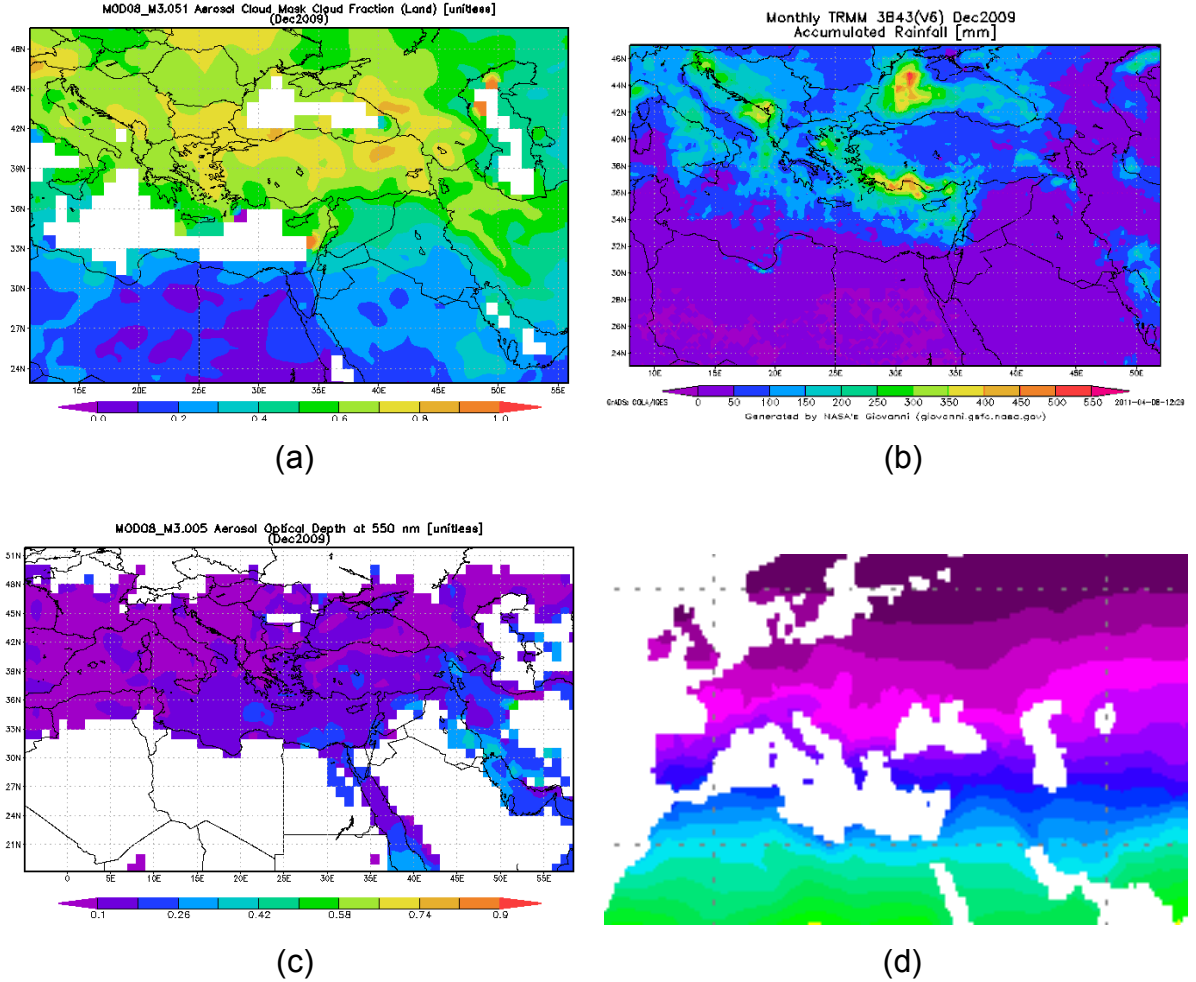
4.1.1.11 Kasım 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri



Şekil 4.31. (a) Kasım 2009 Bulutlanma, (b) Kasım 2009 Yağış, (c) Kasım 2009 Toz, (d) Kasım 2009 Güneş Enerjisi

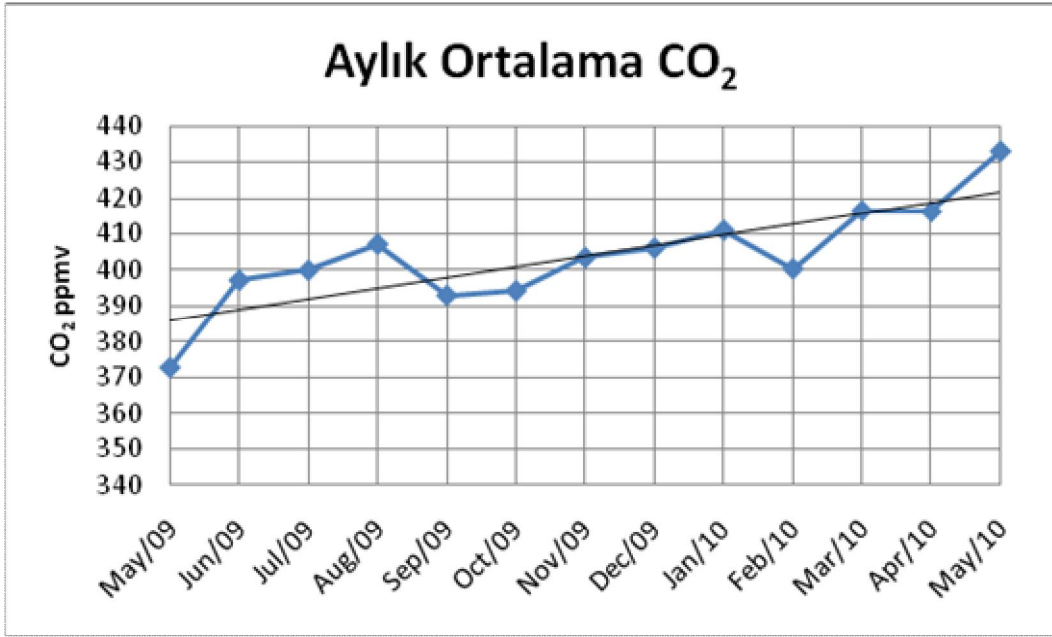
Kasım ayında ortalama CO₂ değerleri 400 ppmv seviyesinin üzerine çıkmıştır. Şekil 4.31 (a-d) verilen güneş enerjisinin bulut içi reaksiyonları desteklemesi için yeterli olmayan seviyelere indiği bu ayda ortalama CO₂ değerlerinin artması ısınma amaçlı yakıt tüketiminden başka bir olasılıkla açıklanamaz. Yeşil örtünün de hemen hemen yok olduğu sadece iğne yapraklı ağaçların yeşil kaldığı bu dönemde ortalama CO₂ Ekim'e göre yükselmiştir.

4.1.1.12 Aralık 2009 için aylık ortalama bulutlanma, toz, yağış ve güneş enerjisi değerleri



Şekil 4.32. (a) Aralık 2009 Bulutlanma, (b) Aralık 2009 Yağış, (c) Aralık 2009 Toz, (d) Aralık 2009 Güneş Enerjisi

Aralık ayında ortalama değeri artan CO₂'nin yegane kaynağı ısı amaçlı yakıt tüketimi olmaktadır. Bu dönemde Şekil 4.32 (a-d) verilen bulutlanma artmış ancak toz ve olası bir toz bulut etkileşimini destekleyecek güneş enerjisi en düşük seviyelere inmiştir. Aralık en uzun gecenin de yaşandığı bir dönem olarak güneş ışınlarının en az ve enerjisinin de en düşük olduğu dönemdir ve bunu (Şekil 4.32-d) şekilden de izlemek mümkündür.



Şekil 4.33. İzleme Dönemine Ait Aylık Ortalama CO₂ Değişimi

Şekil 4.33'da yeniden gösterilen aylık ortalama CO₂ değerlerinde izlenen değişimleri tezin amaçları doğrultusunda bulut içi reaksiyonlardan oluştuğunu aylık ortalama toz bulut ve güneş enerjisi ilişkisi ile açıklanması mümkün olmamaktadır. Elde edilen verilerin aylık ortalama değer olarak incelenmesi ve bunları aylık ortalama toz, bulut ve güneş enerjisi değişimleri ile açıklamaya çalışmak bizi bir sonuca ulaştıramamıştır.

Bir başka değişle elde edilen ve yaz aylarında yükselen CO₂ değerlerini sadece yeşil bitki örtüsü ile sonbahardaki azalmayı da yine yeşil bitki örtüsünün aktivitesini azaltması, kış sezonundaki artışları da yakıt tüketimi ile açıklamak mümkündür ancak bunlar bizi bilineni bir kez daha doğrulamaktan öte bir yere de taşımamaktadır.

Örnekleme noktasının bulunduğu Anadolu'yu çevreleyen denizlerdeki üretim veya anız yangınları sonucunda ortaya çıkması muhtemel gazların CO₂ bütçesine etkileri ise aylık bazda yaklaşımlar ile hiçbir şekilde bağdaştırılamamaktadır.

Ancak sene içerisinde CO₂ seviyelerinde tepeler şeklinde ortalama değerlerden çok farklı bir şekilde olağanüstü artışlar ve zaman zaman da olsa 370 ppmv den daha az seviyeler de ölçülmüştür. Yüksek CO₂ değerlerini hemen Ankara şehri kirletici kaynakları ile özdeşleştirmek en kolay yaklaşım olmaktadır.

Senelik ölçümlerde sadece birkaç kez karşılaşılan en düşük değerler ise kirleticilerin olmadığı bir dönemde yapılan ölçümler olarak kaydedilmiştir.

Bilinen CO₂ kaynakları ile bu tepe değerlerin yine kirlenmeden kaynaklanabileceği akla gelen ilk olgu olmaktadır. Bu yaklaşım yanlış olmayacaktır çünkü özellikle kış sezonunda Ankara atmosferinde gözle de görülür şekilde kirlenme şehrin üzerinde bir tabakalaşma izlenmektedir ve bunun da Ankara şehrinin kirliliği ile ilişkili olduğu herkes tarafından bilinmektedir. Dolayısı ile ölçülen değerlerin enverziyon ile açıklanabilme olasılığı mevcuttur. Bu amaçla DMI'den sağlanmış olan enverziyon ile CO₂ değerleri arasındaki olası ilişki bu bölümde incelenmiştir.

4.1.2 Tabakalaşma ve CO₂ değişimi

Kentlerde hava kirliliğine neden olan faktörler; kirleticilerin varlığı (yakıt kalitesi, endüstriyel gelişmişlik, nüfus, nüfus yoğunluğu vb.), topoğrafya ve coğrafi koşullar ile meteorolojik şartlardır (enverziyon, karışma yüksekliği, sıcaklık, rüzgar, nem, vb.). Meteorolojik koşulların en önemlisi ise Enverziyon (Sıcaklık Terslemesi) durumunun oluşmasıdır.

Enverziyon olayı, havanın açık olduğu (bulutların olmadığı veya çok az olduğu) durumlarda, yer yüzeyinin hızla soğuması nedeniyle, gece ve sabah erken saatlerde oluşmaktadır. Bu nedenle meydana gelen enverziyon durumu, genellikle öğlen saatlerine doğru yer yüzeyinin ısınmasıyla birlikte ortadan kalkmaktadır. Sıcaklık, normal atmosfer koşulları içerisinde yerden itibaren yükseldikçe her 100 m'de 0,5 ile 1,0 °C arasında azalma eğilimi göstermektedir. Sıcaklığın yükseklikle azalacağı yerde artış göstermesi durumuna sıcaklık terslemesi (temperature of inversion) yada sıcaklık enverziyonu denilmektedir. Sıcaklık terslemesi yer seviyesinden itibaren meydana geliyorsa, bu duruma yer seviyesi enverziyonu, yerden daha yukarı seviyelerde meydana gelmesi durumuna ise yüksek seviye enverziyonu adı verilmektedir.

Sıcaklık enverziyonunun görüldüğü durumlarda enverziyonun tabanı, yükselen hava hareketlerinin son bulduğu sınırdır. Enverziyon yerden itibaren veya yere çok yakın bir seviyeden başlaması durumunda, dikey hareketler yok denecek kadar az

olacağından, su buharı ve atmosferik kirleticiler yükselmeyecek, yatay hava akımlarının da bu olaya bağlı olarak çok az olmasından dolayı yatay yönde de taşınma olmayacak ve sonuçta atmosferde kirletici konsantrasyonu artarak, hava kirliliği sorunu yaşanabilecektir.

Oluşan enverziyonun şiddeti, süresi, kalınlığı ve yerden yüksekliği yaşanan hava kirliliğinin yoğunluğunu doğrudan etkilemektedir.

Enverziyon olaylarının tahminleri DMO tarafından aşağıdaki şekilde yapılmaktadır. İlk olarak, Avrupa Orta Vadeli Tahminler Merkezinin (ECMWF) 3 günlük (72 saat) sayısal hava tahminlerinden, yer seviyesinden yukarıdaki ilk 1500 m için yüksek atmosfer verileri alınarak, tahmin yapılacak noktalar için dikey sıcaklık ve rüzgar profilleri hazırlanmaktadır. (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde belirtilen Kritik Meteorolojik Şartlar: 700 m'nin altında en az 2 °C sıcaklık artışı ve 12 saatlik rüzgar hızı ortalamasının 1,5 m/s'den daha düşük olması).

Enverziyon tahmini, ECMWF tarafından 12 GMT'de üretilmiş olan tahmin verisi ile, 00 GMT (t+12) saatinden itibaren 3'er saatlik periyotlar halinde, 3 günlük (72 saat) periyodu kapsamaktadır.

Enverziyon tahmini algoritması, dikey sıcaklık artışının yani enverziyon tabakasının varlığı ve miktarı, bu tabakanın yerden yüksekliği ve kalınlığı ile bu tabaka içindeki minimum rüzgar hızı dikkate alınarak hazırlanmaktadır. Dikkate alınan tüm parametreler için sınır değerler belirlenmiş ve bu kapsamda puanlar hesaplanmış ve yayınlanmıştır.

DMİ tarafından en şiddetli enverziyon 100 puan üzerinden değerlendirilerek, aşağıda verilen sınıflandırma yapılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Kentsel hava kirliliği riski için enverziyon şiddeti tahmini.

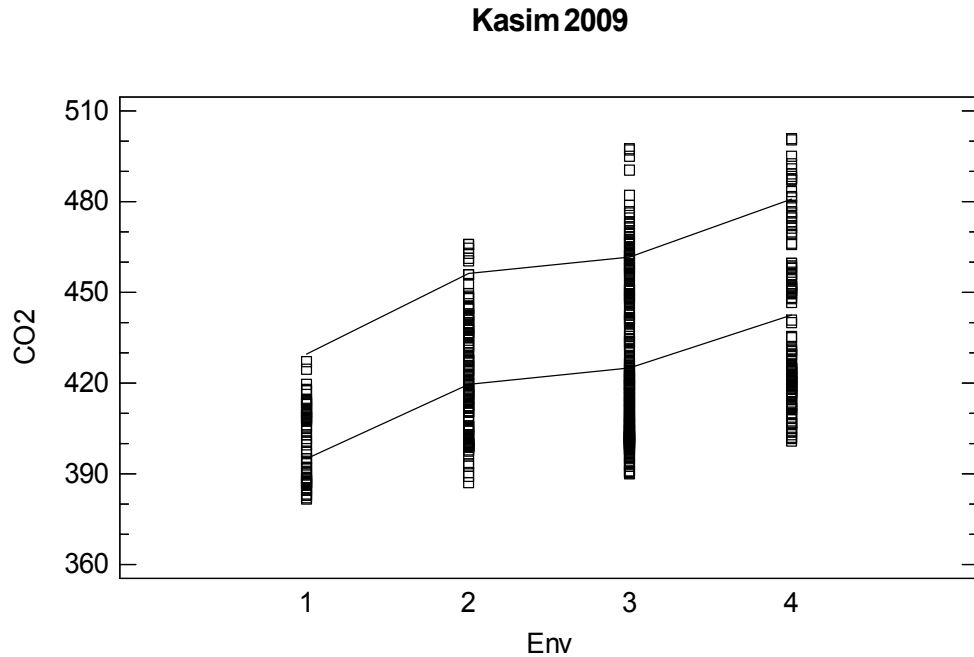
Puan	0 - 20	20 – 50	50 - 80	80 - 100
Enverziyon Şiddeti	Yok	Zayıf	Orta	Kuvvetli
Bu Tezdeki Sınıflandırma	1	2	3	4

Tezin bu aşamasında Mayıs 2009-2010 döneminde toplanmış olan verilerin analizi öncelikle aylar bazında yapılmıştır. Her ay kendi içerisinde değerlendirilirken o dönem içerisinde kaydedilen karbon dioksit miktarları ile DMI'den alınmış olan enverziyon şiddeti ve nem miktarı aynı grafikte çizilmiştir. Mayıs 2009 ayına ait grafik Şekil 4.13'te verilmiştir. Bu yaklaşımdaki amaç her ay içerisinde izlenmesi muhtemel olası durumları saptamak enverziyon ile ölçülen karbon dioksit değerleri arasında olası bir ilişkinin olup olmadığını saptayabilmektir.

Ölçüm dönemi içerisinde enverziyon olayı hesaplamalarının DMI sitesinden yayınlanması Kasım, Aralık (2009), Ocak, Şubat Mart, Nisan ve Mayıs (2010) aylarını kapsamaktadır.

4.1.2.1 Kasım 2009 – Mayıs 2010 verileri

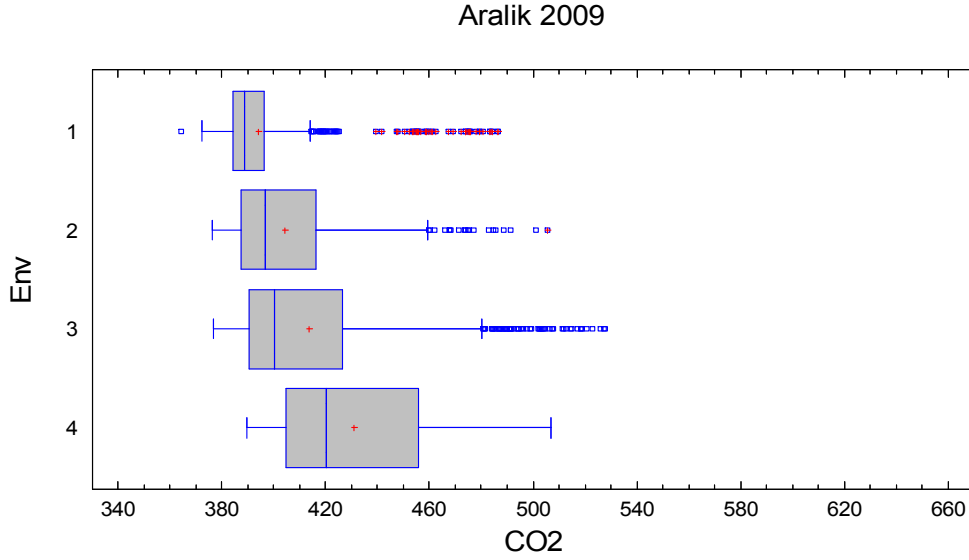
Kasım 2009'da ölçülen CO₂ değerleri aynı güne ait enverziyon verilerine karşı grafiğe dökülmüş ve Şekil 4.34'te verilmiştir.



Şekil 4.34. Kasım Ayı CO₂ Değişimleri ve Tabakalaşma Arasındaki Bağlantı

Tabakalaşma ile CO₂ arasındaki bağlantının daha da kuvvetli hissedildiği diğer bir ay Aralık 2009 döneminde elde edilmiştir.

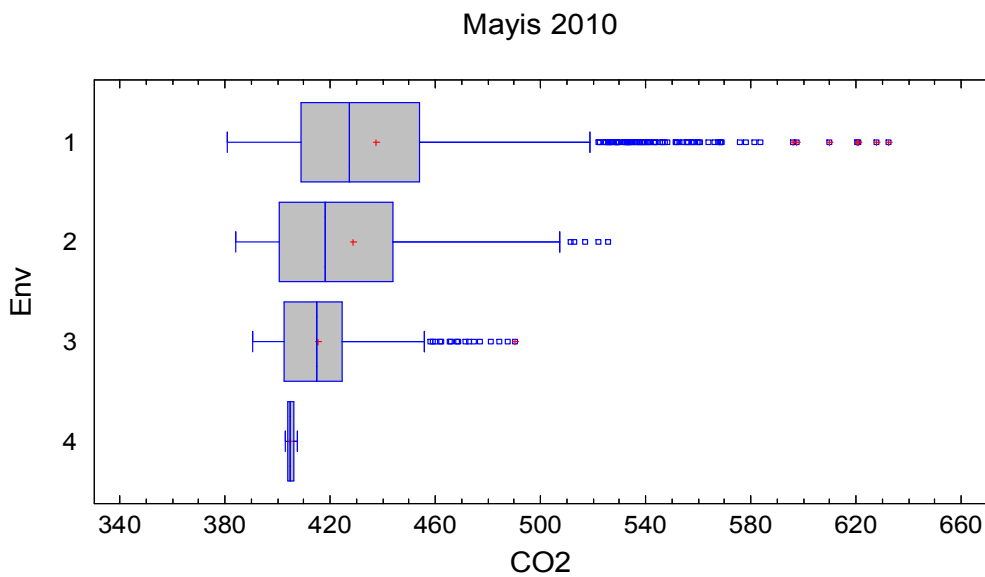
Box and Whisker analizi ile Aralık 2009 verileri Şekil 4.35'te gösterildiği gibi değişim göstermiştir.



Şekil 4.35. Aralık 2009 Ayı CO₂ ve Enverziyon İlişkisi

Enverziyonun en az olduğu dönemlerde 390 ppmv seviyesinde olan CO₂ değerleri enverziyonun kuvvetli olduğu dönemlerde 420 ppmv seviyesine çıkmıştır. Bu beklenen ve Aralık ayında Ankara ilinin meteorolojik koşullarında bilinen kirlетici kaynakları ile rahatlıkla açıklanabilen bir durumdur.

Bir diğer zıt koşul olarak Mayıs 2010 da elde edilen veriler yine aynı teknikle analiz edilmiş ve Mayıs 2010 ayına ait Box and Whisker dağılımı Şekil 4.36'da gösterilmiştir.

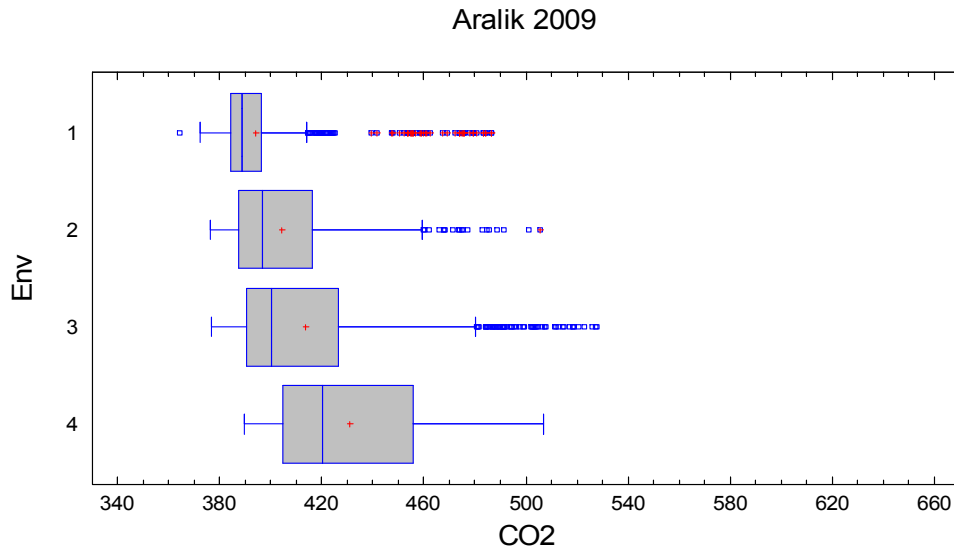


Şekil 4.36. Mayıs 2010 Ayı Enverziyon ve CO₂ İlişkisi

Mayıs 2010'da izlenen CO₂ dağılımı enverziyon ile tamamen ters orantılı değişmektedir. Bir başka deyişle enverziyonun olmadığı yani hava akımlarının olduğu bir dönemde CO₂ değerleri daha yüksek çıkmaktadır. Bu durum bu tezin amaçları kapsamında ortaya konulan yaklaşım bilim dünyasında bilinmediği ve yerel kaynaklı kirleticilerin de varlığı gösterilmediği zaman uzun mesafeli taşınımolar olarak açıklanmaktaydı. Bu yaklaşım da bir dereceye kadar doğrudur çünkü enverziyonun olmaması hava akımlarının olduğunu ve olası bir uzun mesafe taşınımının da ortaya atılabileceği bir süreç olmaktadır.

Bu tezin amacı ise izlenen bu değişimin toz taşınımoları ile ilgili olduğunu ve toz bulut yeterli güneş enerjisinin birleşmesi durumunda bulut içerisindeki CO₂ seviyesinin yükseleceğini göstermektir. Aralık ve Mayıs ayı enverziyon CO₂ bağlantısı da bilinenlerden başka CO₂ kaynaklarının olduğunu ve incelenmesi gerektiği olgusunu ortaya atmaktadır.

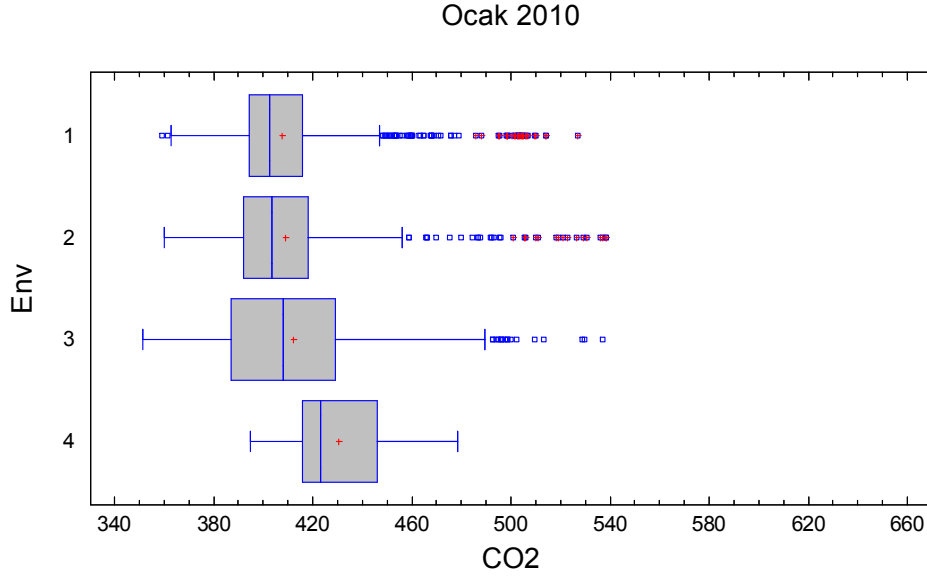
Tezin bu aşamasında enverziyon ile CO₂ arasındaki bağlantı aylar bazında incelenmiştir.



Şekil 4.37. Aralık 2009 Ayı Enverziyon ve CO₂ İlişkisi

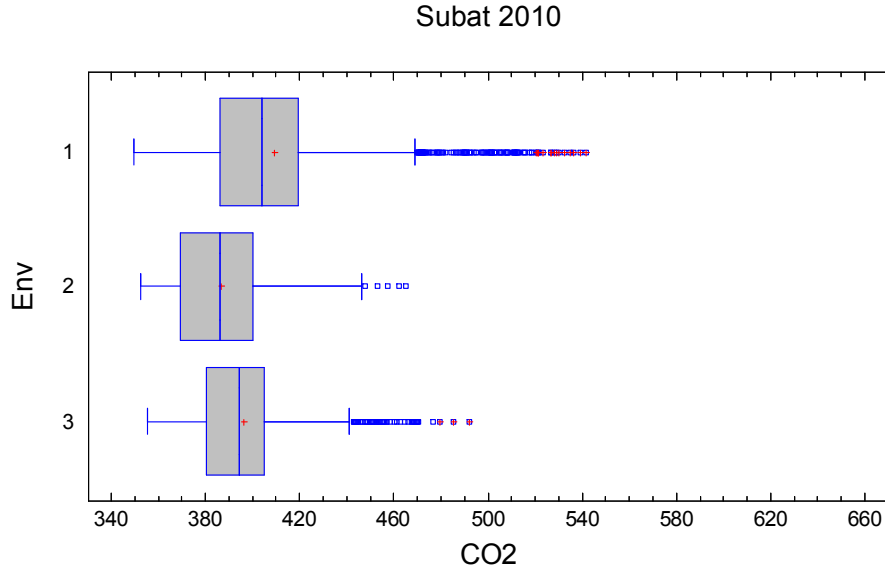
Şekil 4.37'de gösterilen Aralık 2009 ait enverziyon ve CO₂ arasındaki bağlantı bilinen CO₂ kaynakları göz önüne alındığında beklenen bir dağılım göstermiştir.

Enverziyonun en kuvvetli olduğu dönemlerde enverziyonun de tarifine uygun olarak Ankara atmosferinde CO₂ seviyesi de düzeye çıkmaktadır ve Beytepe örnekleme noktasında yapılan ölçümler de bu beklenen durumu kanıtlamaktadır.



Şekil 4.38. Ocak 2010 Ayı Enverziyon ve CO₂ İlişkisi

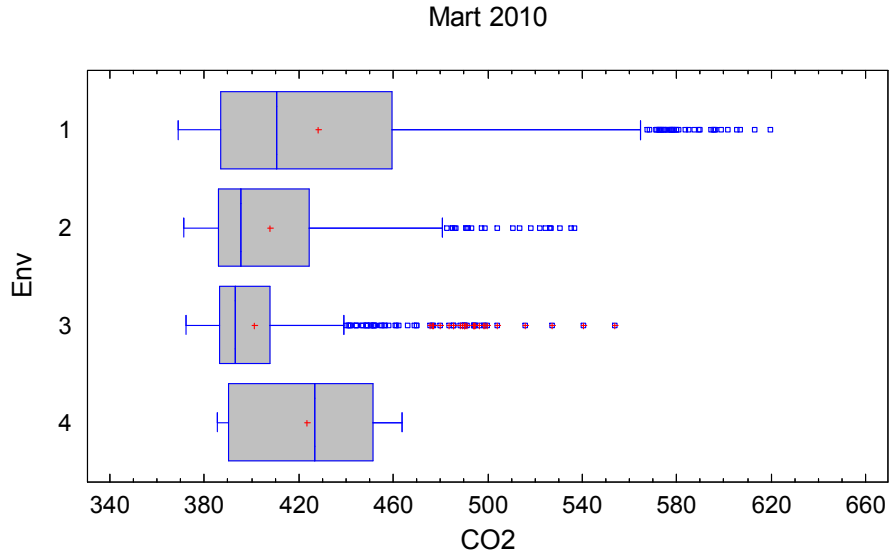
Ocak 2010 ayında da CO₂ ve enverziyon arasında beklenen bu durum ikili arasındaki ilişki Aralık 2009 kadar kuvvetli olmasa da süregelmıştır (Şekil 4.38).



Şekil 4.39. Şubat 2010 Ayı Enverziyon ve CO₂ İlişkisi

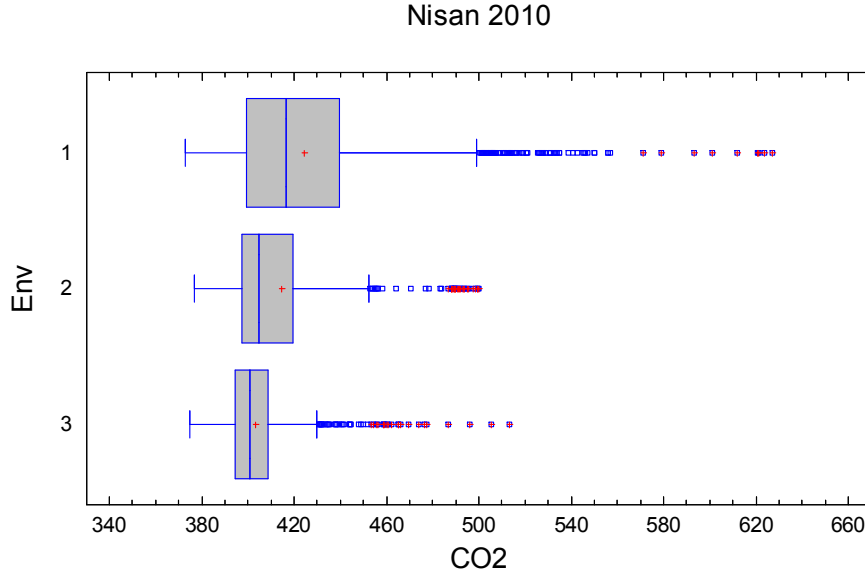
Şubat 2010 ayında enverziyon ve CO₂ arasındaki ilişki tartışılır hale gelmiştir. Enverziyon dönemlerinde havanın durağan olması, kış mevsiminin sürüyor ve ısınma kaynaklarının halen faal olması bir başka değişle bilinen CO₂ kaynakları hala aktifken enverziyonun olmadığı dönemde ölçülen CO₂ miktarı enverziyon olduğu dönemde ölçülen ortalama değerleri dahi geçmiş bulunmaktadır.

Böyle bir durumla geçmişte karşılaşılmış olsa yapılacak tek yorum ya ölçüm cihazındaki bir aksaklık ya da uzun mesafeli taşıyıcıların aranması şeklinde cevap bulmakta idi. Çünkü bu durumun bilinen CO₂ kaynakları ile ve enverziyonun tarifi ile açıklanabilir bir yanı yoktur (Şekil 4.39).



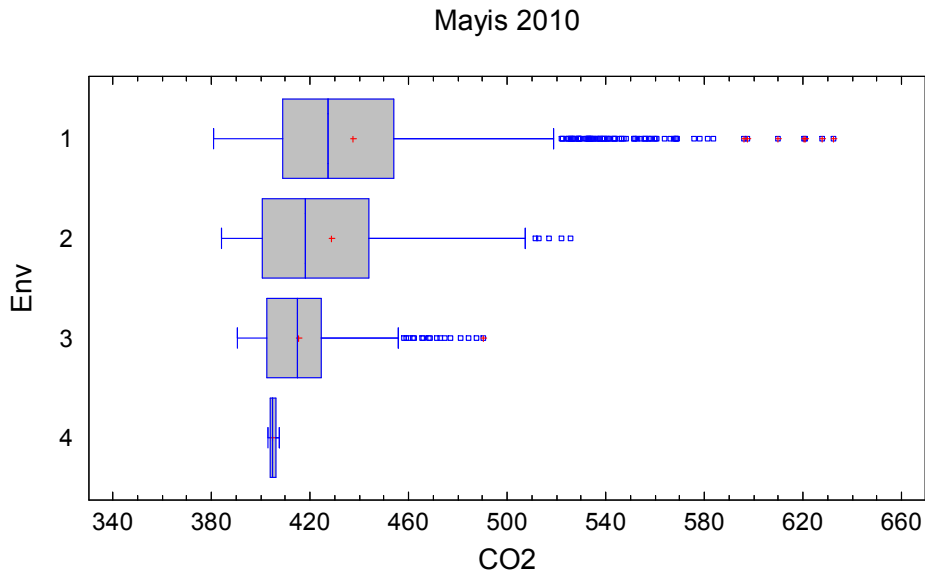
Şekil 4.40. Mart 2010 Ayı Enverziyon ve CO₂ İlişkisi

Mart ayı da enverziyon ve CO₂ arasındaki bağlantının tartışılır olduğu bir ay olmaktadır. Enverziyonun olmadığı bir dönemde daha fazla miktarlarda ölçülen CO₂ seviyeleri bir önceki ayda akla gelen şüpheleri daha da kuvvetlendirmektedir (Şekil 4.40).



Şekil 4.41. Nisan 2010 Ayı Enverziyon ve CO₂ ilişkisi

Nisan ayı enverziyon ve CO₂ ilişkisi ise bilinenler ile açıklanmaktan ileri bir durum sergilemektedir. Enverziyonun olmadığı dönemlerde ölçülen CO₂ miktarı kesinlikle daha fazladır. Nisan ayında Ankara ve yakın çevresinde bitki örtülü de giderek canlanmakta ve klorofil aktivitesi de artmaktadır. Isıl kaynakların giderek daha az CO₂ ürettiği bir dönemde elde kalan tek dayanak yeşil bitki örtüsüdür. Ancak bu sefer de yeşil bitki örtüsünün ısı kaynaklardan daha fazla CO₂ üretmesi gibi bir tezi savunmak zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.41)



Şekil 4.42. Mayıs 2010 ayı Enverziyon ve CO₂ ilişkisi

Mayıs ayında ise Nisan 2010'da izlenen gözlem daha da kesinleşmiş ve enverziyonun olmadığı dönemlerde atmosferdeki CO₂ seviyesinin kesinlikle daha fazla olduğu artık tartışmasız bir olgu haline gelmiştir. Bilinenler ile bu veriyi açıklamak için uzun mesafeli ve kış döneminde atmosfere CO₂ vermeyen ancak baharda CO₂ üretmeye başlayan bir kaynak göstermek durumundayız. Veya her geçen ay artan klorofil aktivitesinin atmosfere kış döneminden daha fazla CO₂ verdiği tezini desteklemeliyiz. En son çare olarak ta ölçüm cihazımızın giderek bozulduğunu savunmak durumunda kalmalıyız. Şimdiye kadar yapılan yaklaşımlar bu çerçevede kalmış ve en kolay kaynak olarak ta toz taşınımına neden olan alçak basınç sisteminin hemen ardından Anadolu'ya gelen ve orta ve kuzey Avrupa kaynaklı rüzgarların taşınması muhtemel kirletici kaynaklara atıf yapılmıştır (Şekil 4.42)

Enverziyon ve CO₂ arasındaki bağlantı grafiklerden elde edilen eğrilere dayanılarak şöyle de açıklanabilir;

Çizelge 4.2. Kasım 2009-Mayıs 2010 dönemine ait veriler karbon dioksit ile enverziyon arasındaki bağlantıyı şu eşitlikler ile ifade etmektedir.

Aylar	Life data Regression – CO ₂ = (b)	P Değeri
Kasım 2009	CO ₂ = exp(6,11302 - 0,112967*Env=1 - 0,0525219*Env=2 - 0,0403376*Env=3) (=321,84)	0,0000
Aralık 2009	CO ₂ = exp(6,10699 - 0,110336*Env=1 - 0,0784766*Env=2 - 0,0383242*Env=3) (=342,08)	0,0000
Ocak 2010	CO ₂ = exp(6,07893 - 0,0416789*Env=1 - 0,0126972*Env=2 - 0,0231582*Env=3) (=380,84)	0,0000
Şubat 2010	CO ₂ = exp(6,00421 + 0,0625877*Env=1 - 0,0322502*Env=2) (=404,35)	0,0000
Şubat (1-15)	CO ₂ = exp(5,98696 + 0,0336687*Env=1 - 0,0277241*Env=2) (=389,62)	0,0000
Şubat (15-28)	CO ₂ = exp(6,017 + 0,0904375*Env=1 - 0,0234071*Env=2) (=428,64)	0,0000
Mart 2010	CO ₂ = exp(6,06498 + 0,0628276*Env=1 - 0,0222145*Env=2 - 0,0511945*Env=3) (=438,50)	0,0000
Nisan 2010	CO ₂ = exp(6,01171 + 0,101905*Env=1 + 0,0484145*Env=2) (=497,92)	0,0000
Mayıs 2010	CO ₂ = exp(6,00391 + 0,136697*Env=1 + 0,09365*Env=2 + 0,0341582*Env=3) (=620,41)	0,0000

Şekil 4.37-Şekil 4.42'de ve Çizelge 4.2-Çizelge 4.3'te verilen sonuçlara bakıldığında ölçülen karbon dioksit değerleri ile enverziyon şiddeti arasında ilginç bağlantıların olduğu ve bunların aylar bazında değişimi izlenmektedir.

Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat'ın ilk yarısında enverziyon ile karbon dioksit ölçümleri arasında doğrusal bir bağlantı izlenmektedir. Bu beklenen bir durumdur çünkü çeşitli derecelerde de olsa enverziyon dönemleri hava akımlarının az veya yok olduğu dönemler olduğu için bu zaman sürecinde ısınma amaçlı baca gazları veya diğer kirlenici kaynaklardan çıkan gazlar atmosferde birikim gösterecek ve dolayısı ile atmosferdeki karbon dioksit miktarları da doğal olarak artacaktır. Bu bilinen ve dolayısı ile de dört milyon nüfusa sahip bir şehrin yakınında yapılan ölçümler için beklenen bir durumdur ve ölçümlerimizde de bu durum bir kez daha saptanmıştır. Bu değerler bir bakıma da ölçüm tekniğimizin ve kullanılan cihazın da zaman içerisinde olayları doğru bir şekilde kaydettiği anlamına da gelmektedir.

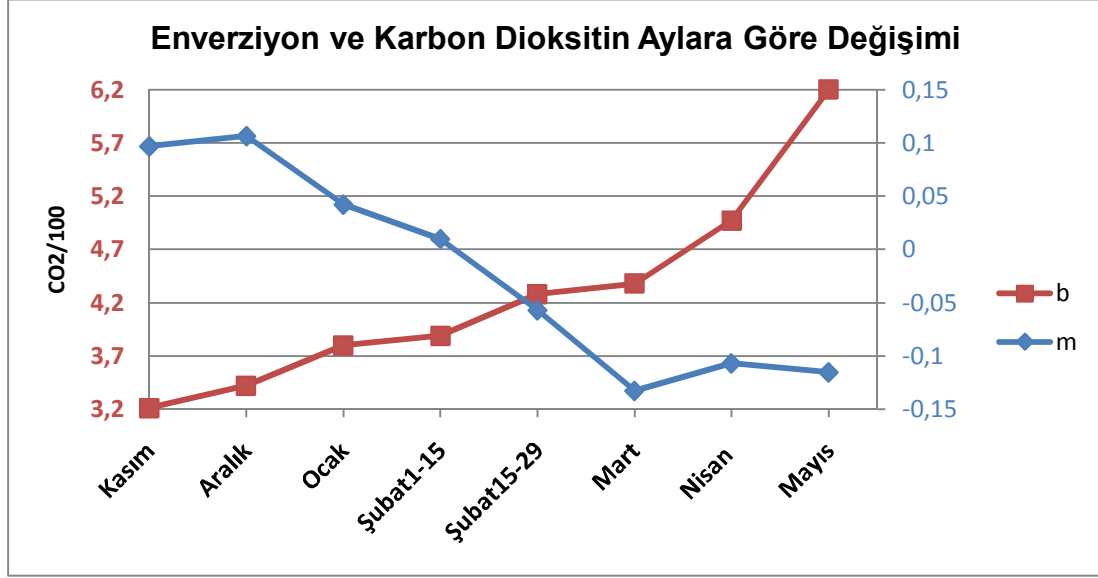
Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat döneminde CO₂ ve enverziyon arasındaki ilişki zayıf olsa da yine de beklenen bir seyir izlemiştir.

Kasım ayında ortalama 394 ppmv olan CO₂ seviyesi Aralık ayında 383 ppmv, Ocak ayında 402 ppmv olarak ölçülmüştür. Şubat ayına toplam olarak bakılacak olursa atmosferdeki CO₂ miktarının 413 ppmv olduğu görülebilir. Bu artış günümüze kadar hep kirlenici kaynaklardan gelen CO₂ miktarları ile açıklanmaya çalışılmıştır ancak Şubat ayına genel olarak baktığımızda eşitliğin bu sefer zayıf bir sinyal olsa da pozitif değil negatif bir bağlantıyı gösterdiği izlenmektedir. Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ise bu negatif eğimin daha da belirgin hale geldiği izlenmektedir.

Bir başka değişle enverziyon olmayan dönemlerde yani kuvvetli hava akımlarının olduğu dönemde yapılan ölçümlerde daha yüksek CO₂ değerleri ölçülmektedir. Bu değişim beklenen bir durum değildir. Bilinen CO₂ kaynakları ile de açıklamak mümkün de değildir. Hava akımlarının olmadığı bir dönemde dört milyonluk bir şehrin kış döneminde yakıt tüketiminin de en üst seviyede olduğu, trafik ve diğer katkılar ile atmosferdeki CO₂'nin daha da zenginleştiği bir dönemde ölçülen değerlerden daha fazlası kuvvetli hava akımlarının olduğu dönemlerde ölçülüyor olması açıklamaya muhtaç bir yaklaşımdır. Daha önceden de bahsedildiği gibi ilk başta bir ölçüm hatası akla gelmektedir ancak aletin düzenli çalıştığı da bilinmektedir.

Şekil 4.37-4.42’de enverziyon ile CO₂ değişimi arasındaki bağlantıların grafiğe dönüştürülmesi sonucunda elde edilen; $y=mx+b$ eşitliğindeki (m) değerlerinin (b) değerine karşı çizilmesi ile elde edilmiştir.

Ölçüm döneminde enverziyon tahminleri yapılan aylar içerisindeki karbondioksit değişimini gösteren eşitliklere bakıldığında da yukarıdaki açıklamaları toplu halde görmek mümkün olmaktadır.



Şekil 4.43. Enverziyon ve Karbon Dioksit arasındaki $y=mx+b$ Eşitliğindeki (m) ve (b) Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

Şekil 4.43’te gösterilen toplu sonuçlara bakıldığında enverziyon ile atmosferik karbon dioksit arasında eğimin Kasım Aralık döneminde kuvvetli pozitif değerlerde olduğu Ocak ve Şubat aylarındaki bağlantının zayıf sinyaller içermekle birlikte eğimin değişme yönünde olduğu izlenmektedir. Şubat ayının ilk ve ikinci yarısı güneş enerjisindeki artış nedeni ile iki yarı olarak incelenmiş ve Şubat ayının ikinci dönemindeki eğimin birinci döneme göre daha kuvvetli negatif değerlere kaydığı görülmüştür.

Mart, Nisan ve Mayıs ayına gelince eğim kuvvetli negatif değerlerde sabitlenmektedir. Eğimin yanı sıra eşitlikten çıkan “b” değerlerinin de beklenen bir seyir izlemediği ve Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat ayının ilk yarısında 380-400 ppmv arasında değişim gösterirken eğimin kuvvetli negatif sinyaller vermesi ile birlikte CO₂ değerlerinin de 430-450 ppmv değerlerine yükseldiği izlenmektedir.

Çizelge 4.3. Haziran 2009-Mayıs 2010 dönemine ait veriler karbon dioksit ile enverziyon ve toz ilişkisi.

Aylar	Toz $\longrightarrow$ CO ₂	Enverziyon $\longrightarrow$ CO ₂
Haziran 2009	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)	—
Temmuz 2009	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)	—
Ağustos 2009	Toz ✗	—
Eylül 2009	Toz ✗	—
Ekim 2009	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)	—
Kasım 2009	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)	Env. ↑ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Env. ↓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ P= (0,0000)
Aralık 2009	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)	Env. ↑ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Env. ↓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ P= (0,0000)
Ocak 2010	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)	Env. ↑ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Env. ↓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ P= (0,0000)
Şubat 2010	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)	Env. ↑ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Env. ↓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)
Mart 2010	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ P= (0,0000)	Env. ↑ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Env. ↓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)
Nisan 2010	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ P= (0,0019)	Env. ↓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)
Mayıs 2010	Toz ✓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ Toz ✗ $\longrightarrow$ CO ₂ ↓ P= (0,0001)	Env. ↓ $\longrightarrow$ CO ₂ ↑ P= (0,0000)

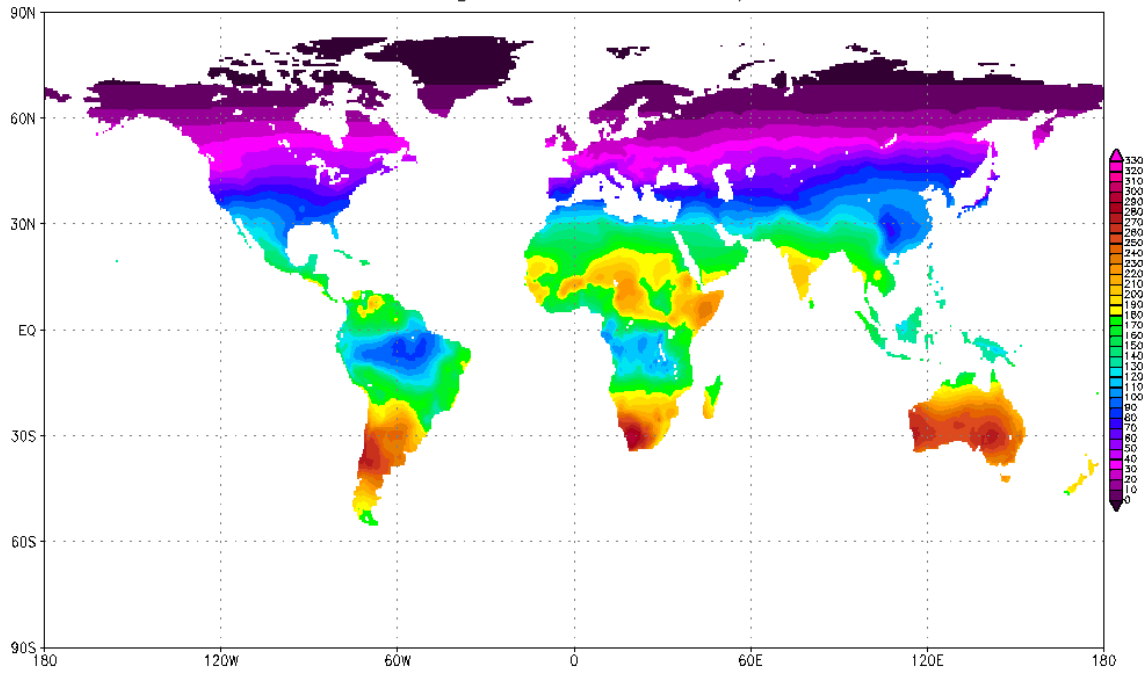
✗ : Toz Yok ↓ : Azalış

✓ : Toz Var ↑ : Artış P: P. Değeri (statistically significant difference)

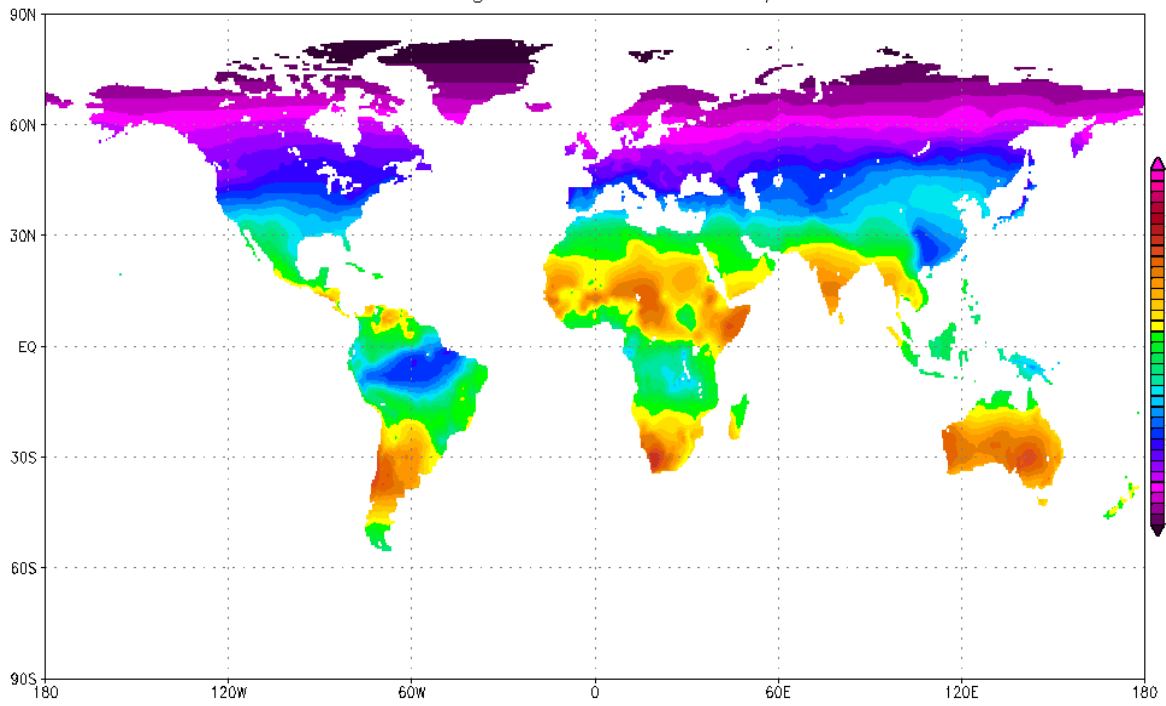
Toz ve enverziyon arasındaki ilişkiye Anova Testi uygulandığında çıkan sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir. Beklenildiği gibi kış aylarında enverziyon şiddeti ile CO₂ arasında doğru bir orantı vardır. Bir başka değişle enverziyon artarsa CO₂ artmakta, azalır da CO₂ seviyesi azalmaktadır. Bu nedenleri gayet açık ve beklenen bir durumdur. Burada en ilginç sonuç Mart- Nisan ve Mayıs döneminde enverziyon şiddeti, toz ve CO₂ arasındaki ilişki olmuştur. İstatistiksel anlamda enverziyon şiddeti azaldıkça ve toz arttıkça CO₂ seviyesi artmaktadır. Bu ilişki bu tez kapsamında gösterilen bir ilktir.

Bu değişim beklenen bir durum değildir. Burada izlenen değişimlerin atmosferdeki CO₂ kaynaklarının şimdiye kadar bilim dünyasında bilinen kirletici kaynaklar ile açıklanmasını yapmak neredeyse imkansızdır. Şubat ayının ikinci yarısından itibaren Ankara atmosferinde ölçülen karbon dioksit miktarının havadaki enverziyon olaylarının olmadığı yani hava akımlarının enverziyon olmasına imkan tanımadığı dönemlerde arttığını göstermektedir.

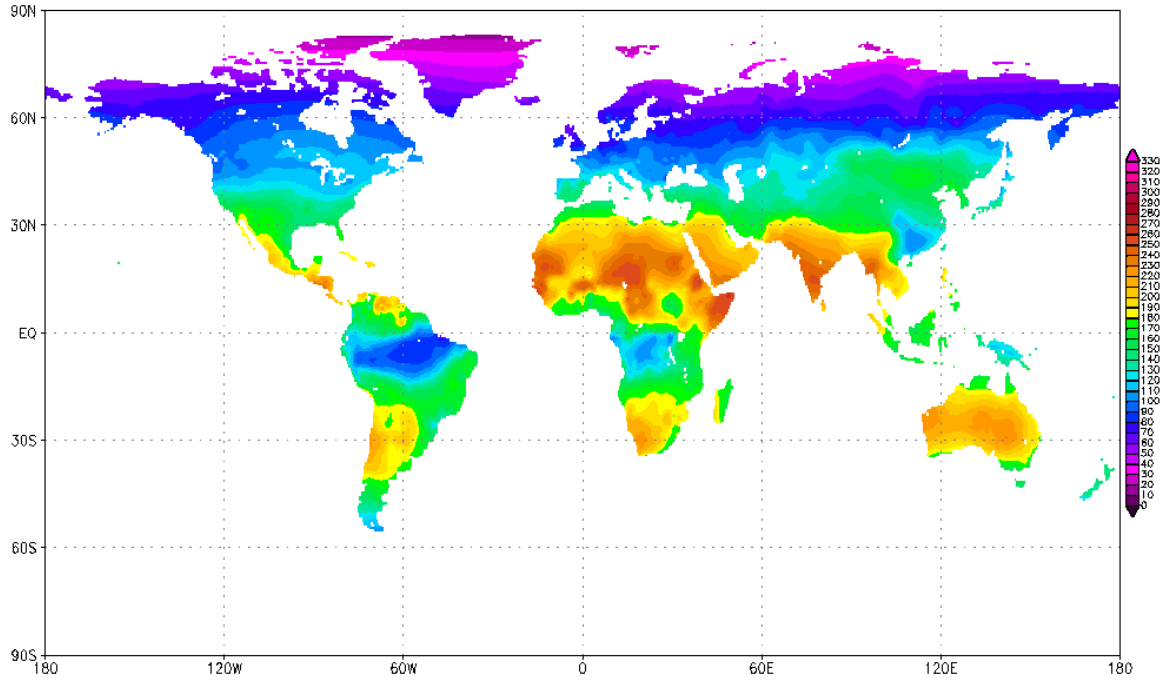
Şubat ayının iki yarı olarak izlenmesi aynı dönemlerde Anadolu'nun yerkürede yer aldığı bölgede atmosferdeki güneş enerjisinin belirli bir eşik değerin üzerine çıkması olarak değerlendirilmektedir. Toplumda "Cemre" olarak bilinen ve baharın müjdecisi olarak adlandırılan sıcaklığın artması olayına Cemre denilmektedir. Cemrenin, birer hafta arayla havaya, suya ve toprağa düştüğüne inanılan bir ısıtıcı güç olduğuna inanılır. Birinci Cemre havaya (19-20 Şubat), İkinci Cemre suya (26-27 Şubat) ve Üçüncü Cemre de (5-6 Mart) toprağa düşer. Her Cemrenin düşüşüyle hava sıcaklığı artar. Toplumda böyle adlandırılan bu olay aslında Şubat ayının ortasından itibaren Anadolu'nun yerkürede yer aldığı enlem ve boylamın güneş enerjisini daha dik olarak almasındandır. Bilim dünyasında henüz güneş enerjisinin atmosferin katmanlarındaki değişimi bilinmemektedir veya bunu gerektirecek herhangi bir neden bulunmamaktadır. Dolayısı ile günümüze kadar yapılan tüm ölçümler yer seviyesindeki güneş enerjisi değişimlerini göstermektedir. Bu yaklaşımla uzun seneler ortalamasına bakıldığında Ocak Şubat ve Mart aylarında Kuzey yarı küredeki güneş enerjisi dağılımı şöyle olmaktadır.



Şekil 4.44. Ocak Ayı Yer Seviyesi Güneş Enerjisi Dağılımı. W/m^2



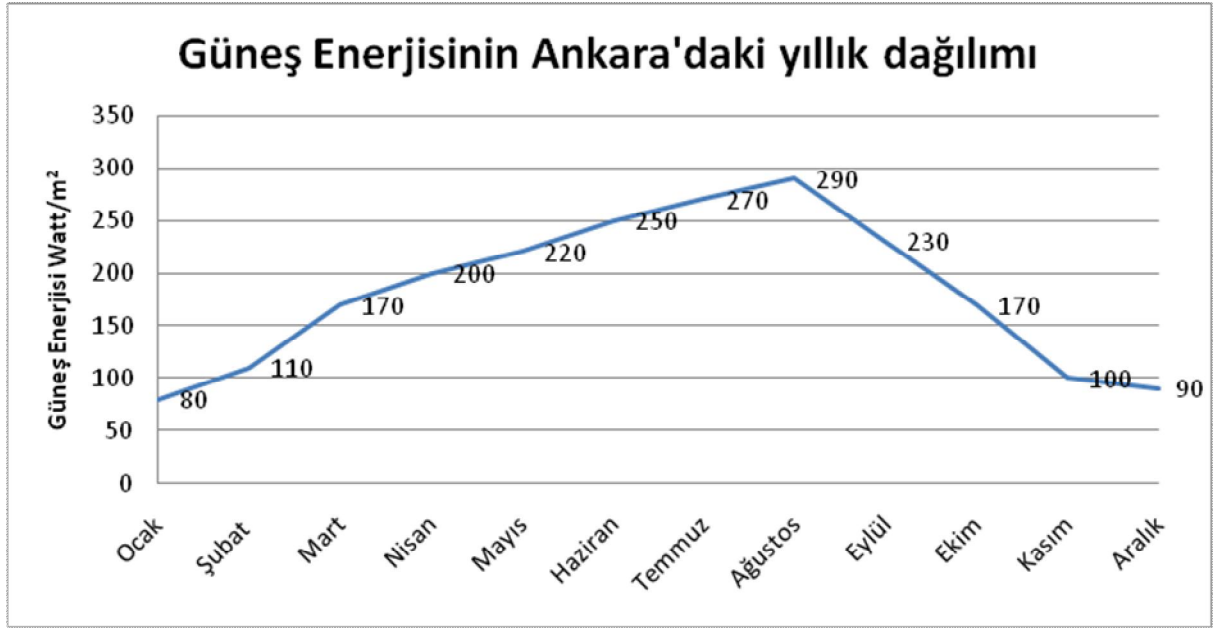
Şekil 4.45. Şubat Ayı Yer Seviyesi Güneş Enerjisi Dağılımı. W/m^2



Şekil 4.46. Mart Ayı Yer Seviyesi Güneş Enerjisi Dağılımı. W/m^2

Şekil 4.44-Şekil 4.45 ve Şekil 4.46 numaralı şekillerden de görülebileceği gibi uzun dönemli yer seviyesi güneş enerjisi ölçümleri de Anadolu'da güneş enerjisi Ocak ayında $90 W/m^2$ ölçülürken Şubat ayında 100-110 seviyesinde Mart ayında ise $170 W/m^2$ seviyesinde ölçülmektedir.

Ankara için yıllık güneş enerjisi dağılımı <http://www.wetterzentrale.de/klima/> sitesindeki aylık küresel güneş enerjisi dağılımı görselleri esas alınarak grafiğe aktarılmış ve Şekil 4.47'de gösterilmiştir.

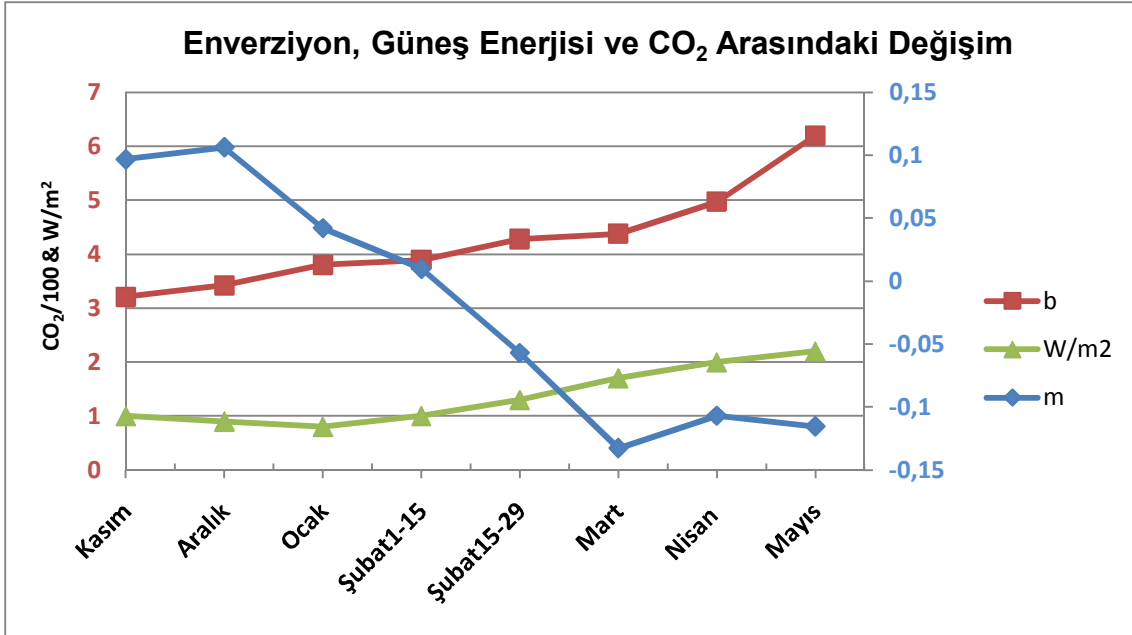


Şekil 4.47. Güneş Enerjisinin Ankara'daki Yıllık Dağılımı

(Kaynak: <http://www.wetterzentrale.de/klima/> sitesinden elde edilen verilerden yararlanılmıştır.)

Şekil 4.47'de Anadolu'da Ankara enlemindeki güneş enerjisinin yıllık değişimi gösterilmektedir. Bu şekildeki eğriden yararlanılarak Şubat ayı içerisindeki güneş enerjisi dağılımı da ayın birinci ve ikinci yarısı için tahmin edilmiştir. Buna göre ayın ilk yarısında güneş enerjisi 110, ikinci yarısı için 150 W/m² olarak tahmin edilmiş ve grafiğe aktarılmıştır.

Bu veri ile birlikte Şekil 4.43'te gösterilen değişim bir kez daha Şekil 4.48'te gösterilmektedir.



Şekil 4.48. Enverziyon, Güneş Enerjisi ve CO₂ Arasındaki Değişimin Kasım - Mayıs Dönemindeki Değişimi

Şekil 4.48'de atmosferdeki karbon dioksit değişimi ile güneş enerjisindeki artış arasındaki pozitif ilişkiyi ortaya koymaktadır.

Toplumda yer seviyesinde Şubat ayı içerisinde izlenen bu Güneş enerjisi seviyesi değişimi toplumda “Cemre” olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada yapılan ölçümlerdeki yansıması ise Şubat ayı içerisinde enverziyon ve atmosferik karbon dioksit miktarları arasındaki bağlantıda eğimin pozitif değerlerden negatif değerlere geçmesi olarak yansımaktadır.

Bu tarihten sonra yapılan ölçümlerde atmosferik karbon dioksit ve enverziyon arasındaki bağlantı daha da kuvvetlenerek süregelmiş ve eğim neredeyse enverziyon dönemlerinde izlenen şeklin tam bir ayna yansıması haline dönüşmüştür.

Bir başka değişle Şubat ayının ikinci yarısından sonra ölçülen CO₂ seviyelerinin eğimin daha kuvvetli negatif değerlere düşmesi ile daha da ters bir oranda arttığı ve aylık ortalama CO₂ değerlerinin 430 ppmv den 435-449 ppmv değerlerine kadar yükseldiği izlenmiştir.

Bu veriler dahi bu tezin amacına ulaştığını kanıtlamaktadır. Şubat ayından sonra atmosferdeki hava olaylarının arttığı dönemlerde atmosferde sera gazı olarak bilinen karbon dioksitin artmasını bilinen kirletici kaynaklar ile açıklamak mümkün olmamaktadır. Bu artışa neden olabilecek bir başka kaynağın gösterilmesi gerekmektedir. Tezin amacı bu artışa neden olan olayların toz bulut güneş enerjisi birleşmesi sonucunda 2.1.1’de verilen reaksiyonlar sonucunda oluşan CO₂ olarak açıklanmaktadır.

Toplu sonuçlara bakıldığında atmosferdeki karbon dioksit miktarının güneş enerjisi ile birlikte arttığı gösterilmiş olsa da bu artışın toz taşınımı sürecinde meydana geldiği halen net bir şekilde gösterilememiştir. Bu hipotezimizin kanıtlanması için tez çalışması sürecinde elde edilen verilerin günlük bazda incelenmesi ve olası bir toz taşınımı ile atmosferik karbon dioksit arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Bu amaçla verilerin günlük olarak incelenmesi tezin bundan sonraki bölümünde yapılacaktır.

4.1.3 Atmosferdeki Karbon Dioksit miktarlarının günlük bazda değişimi

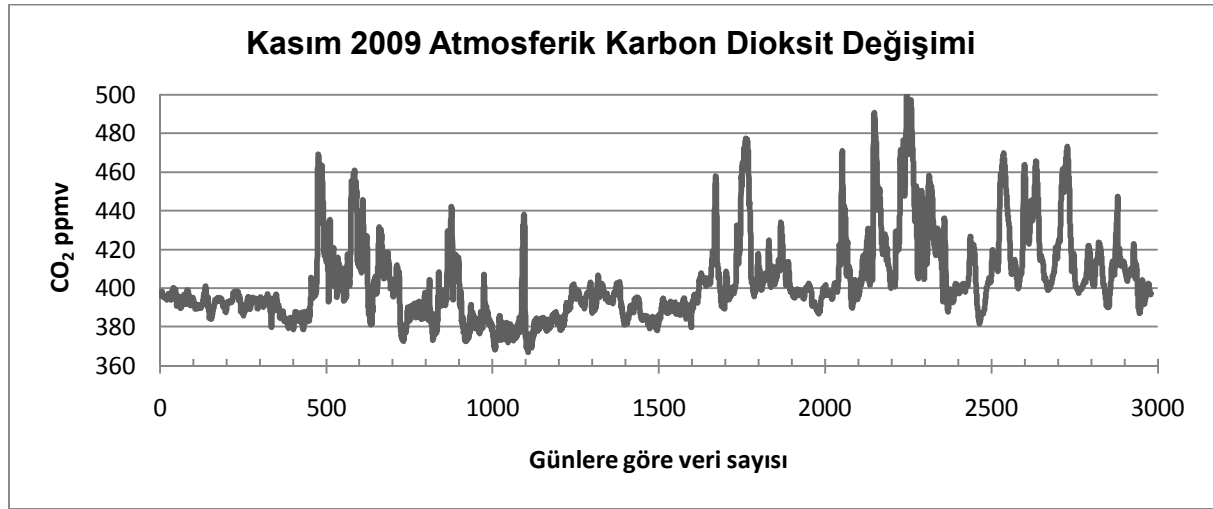
Tezin bu aşamasında yukarıda enverziyon ile tamamen ters bir davranış gösteren CO₂ dağılımının beklenmedik artışlarına neden olan olayların daha iyi anlaşılabilmesi amacı ile izleme süreci aylar bazında günlük değişimlerin izlenmesi şeklinde ele alınmıştır. İzleme Mayıs 2009-Haziran 2010 ayları arasında ve tüm bir seneyi kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Aylık değişimlerin izlenmesinde Kasım-Aralık ve Ocak ayları bir grup halinde ele alınmıştır. Buna neden ise enverziyon ve atmosferik karbon dioksit arasında bu aylarda izlenen pozitif eğimdir.

Çizelge 4.4. Kasım 2009-Ocak 2010 dönemine ait veriler karbon dioksit ile enverziyon arasındaki bağlantıyı şu eşitlikler ile ifade etmektedir.

Kasım 2009	$y = 0,0968x + 3,2184$
Aralık 2009	$y = 0,1064x + 3,4208$
Ocak 2010	$y = 0,0422x + 3,8084$

Üç aylık bu dönem içerisinde enverziyon ile atmosferik karbon dioksit arasında özellikle de Aralık 2009'da kuvvetli bir ilişkinin varlığı izlenmektedir. Bu pozitif ilişkiye neden olan olayların izlenmesi amacı ile öncelikle bu aylarda izlenen atmosferik karbon dioksit miktarlarının günlük dağılımına bakılmıştır.

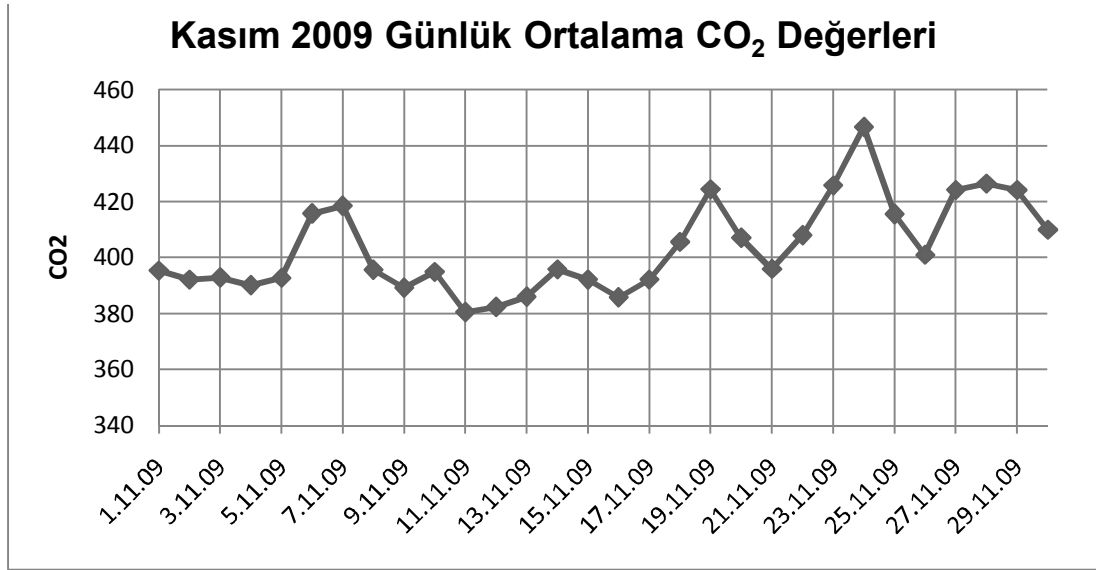
4.1.3.1 Kasım 2009 ayı CO₂ değişimleri



Şekil 4.49. Kasım 2009 Ayında İzlenen CO₂ Değişimi

Kasım 2009 ayı içerisinde izlenen CO₂ değişimi Şekil 4.49'da gösterilmektedir. Ay içerisinde izlenen değişim $y = 0,0968x + 3,2184$ eşitliği ile ifade edilmektedir. Ay içerisinde atmosferdeki ortalama CO₂ seviyesinde artış izlenmiştir.

Saatlik bazdaki verilerin analizi grafiksel sunumda karışıklık yaratmaktadır bu nedenle verilerin günlük ortalama olarak incelenmesi daha uygun olmuştur. Bu yaklaşımla Kasım 2009 ayı günlük ortalama CO₂ değerleri hesaplanmış ve Şekil 4.50'de gösterilmiştir.



Şekil 4.50. Kasım 2009 Ayı Günlük Ortalama CO₂ Değerleri

Kasım ayının ilk haftası hava hareketlerinin az olduğu, enverziyonun yaşandığı günler olmuştur (Şekil 4.50).

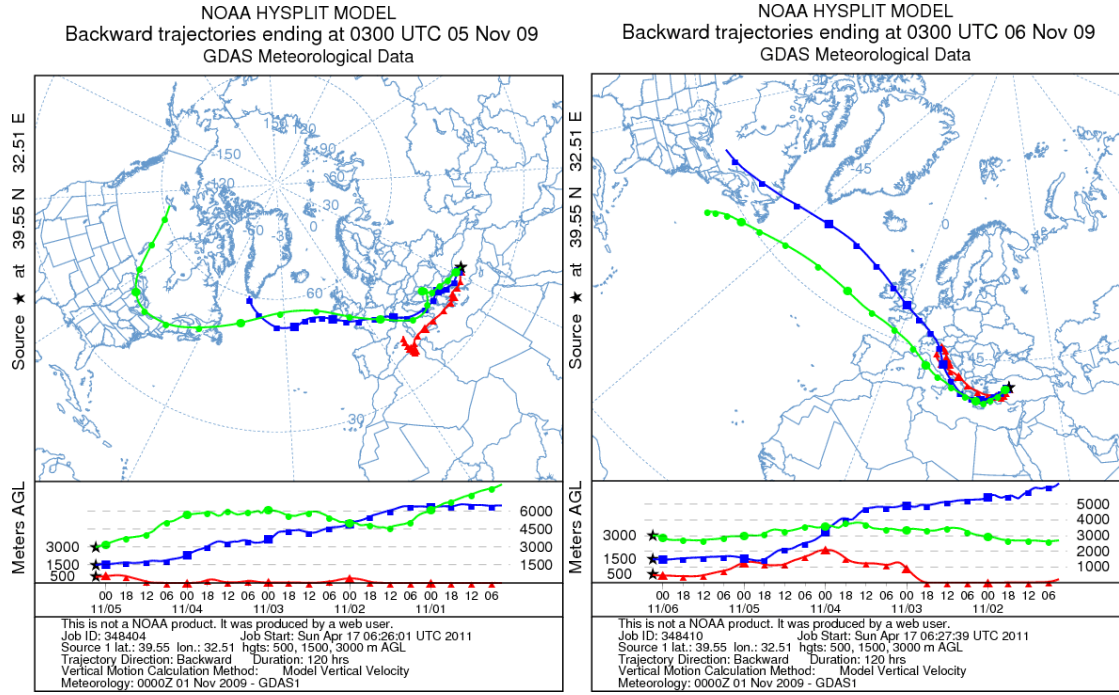
Şekil 4.51’de gösterilen 4 Kasım 2009 tarihli Ankara görüntüsü enverziyon olayının Beytepe’den nasıl görüldüğünü göstermektedir.



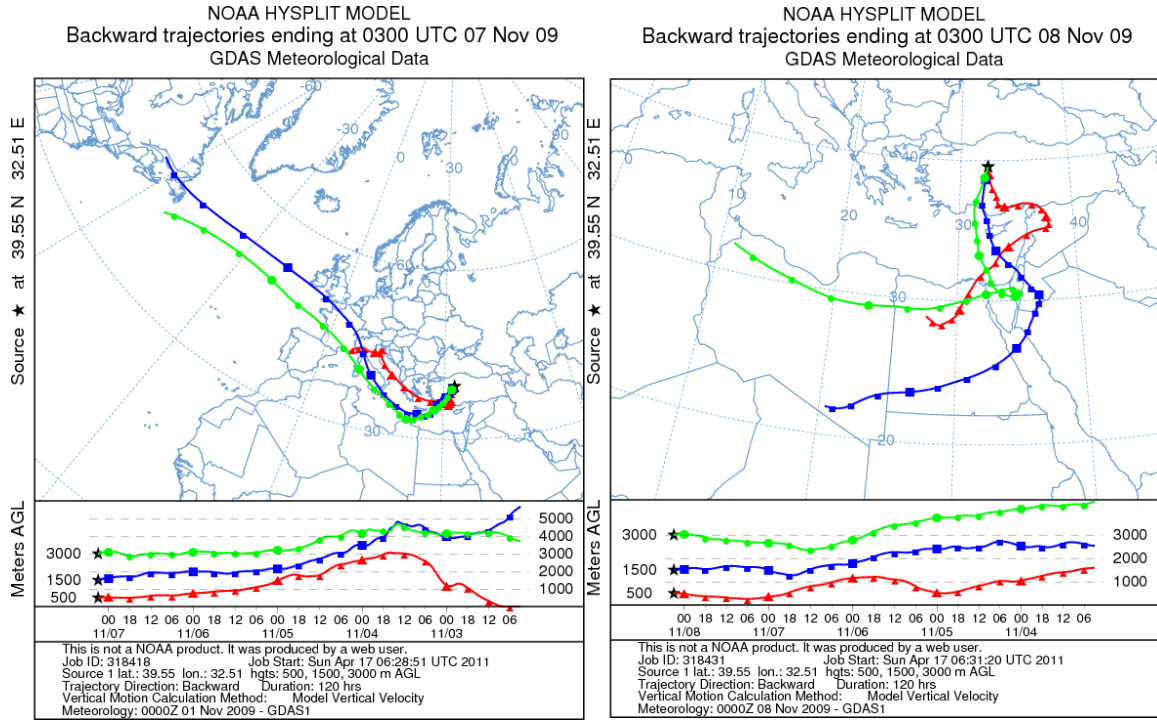
Şekil 4.51. 4 Kasım 2009 Tarihli Ankara Görüntüsü

Kasım ayının ilk dört gününde izlenen ortalama 390 ppmv CO₂ seviyesine neden olabilecek yegane olay bu günlerde Ankara atmosferinde yoğunlaşan enverziyon ile açıklanabilmektedir.

Bu tarihten sonra enverziyon sonlanmış ve Ankara atmosferine 5-12 Kasım günü ulaşan hava akımlarının izlediği yolların nasıl değiştiği Şekil 4.52-Şekil 4.57 arasında gösterilmiştir.



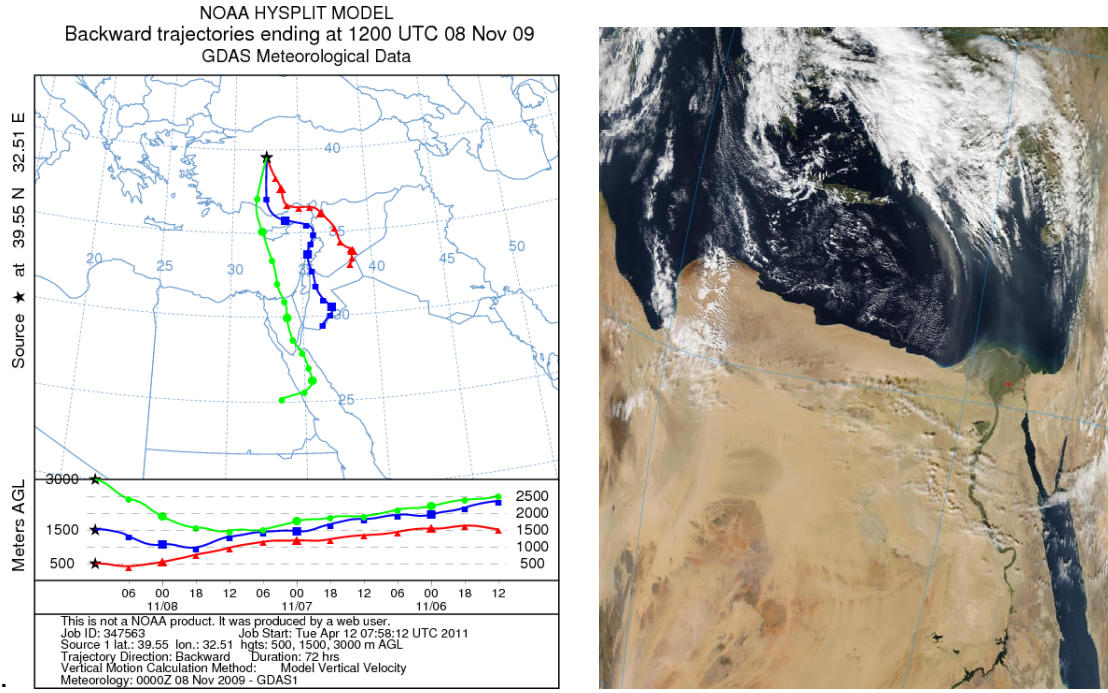
Şekil 4.52. 5-6 Kasım Günlerinde Ankara'ya Ulaşan Hava Kütlelerinin Geçen 120 Saat Sürecinde İzledikleri Yol



Şekil 4.53. 7 ve 8 Kasım Günlerinde Ankara'ya Ulaşan Hava Kütlelerinin Geçen 120 Saat Sürecinde İzledikleri Yol

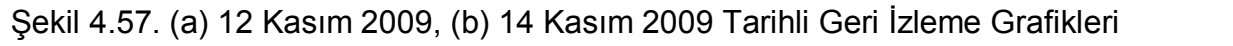
Şekil 4.53'te gösterilen şekillere dikkatli bakıldığında 7 kasım günü Ankara'ya ulaşan hava akımının 5 ve 6 kasımda olduğu gibi kuzey ve kuzeybatılı olduğu ve bu hava akımlarının taşıdığı CO₂ nedeni ile ortalama günlük seviyenin yükseldiği görülmektedir. 8 Kasım 2009 gününe ait geri izleme grafiğinde ise hava akımlarının takip ettiği güzergahın tamamen değiştiği ve kuzeybatılı hava kütlelerinin yerini güneyli hava akımlarına bıraktığı izlenmektedir.

Şekli 4.54'te verilen 8 Kasım gününe uydu görüntüsünün de geri izleme grafiğine uygun olarak Sahra kökenli tozları Ankara atmosferine taşıdığı net bir şekilde göstermektedir. Uydu verisi ayrıca Sahra'dan çıkan toz kütlelerinin Akdeniz üzerinde büyük oranda kuru toz olarak taşındığını ve Anadolu'nun güney sahil kesimine yaklaştığında toz taşınımının bulut varlığı nedeni ile izlenemediğini ve dolayısı ile toz bulut etkileşiminin başladığını ve örnekleme noktasına ve ötesine taşındığını tartışmasız bir şekilde göstermektedir.



Şekil 4.54. 8 Kasım 2009 Gününe Ait Geri İzleme Grafiği ve Uydu Görüntüsü

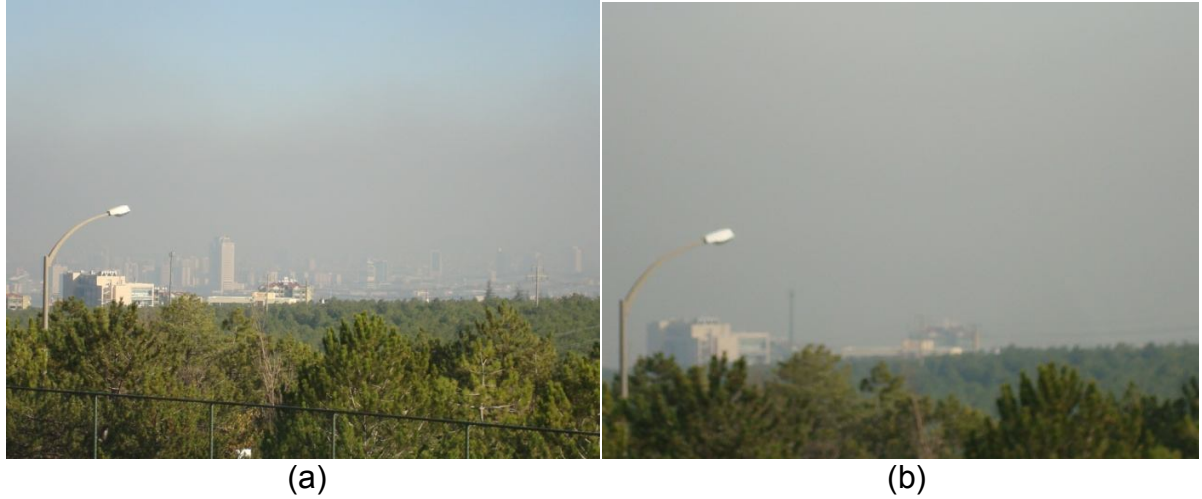
Hava akımlarının toz taşınımı ile birlikte güneye dönmesi ile birlikte günlük ortalama CO₂ değerleri de azalmıştır. Bu tezin amaçları doğrultusunda ortaya konan yaklaşıma göre beklenen bir durumdur. Şekil 4.31 (d)'de gösterilen aylık güneş enerjisi dağılımı incelendiğinde bu dönemde atmosferde yeterli güneş enerjisinin olmadığı ve dolayısı ile toz bulut etkileşiminin sadece demir okzalot formasyonunda kaldığı veya üst seviyelerde dekarboksilasyon reaksiyonu oluşmuş olsa bile bunların bu seviyelerdeki hızlı hava akımları ile uzak mesafelere taşındığı ve bu nedenle de yer seviyesinde CO₂ artışına neden olmadığı öne sürülebilir.



Kasım 2009 ayı içerisindeki izlene iki tepe CO₂ seviyesi 19 ve 24 Kasım tarihlerinde izlenmiştir. Kayıtlarımıza göre bu tarihten itibaren şehir üzerindeki enverziyon 18 Kasım'da başlamış ve ay sonuna kadar da devam etmiştir.

Enverziyon günleri şehir üzerinde birikim gösteren bu tabakalaşma Beytepe gibi yüksek bir konumdan rahatlıkla izlenmektedir.

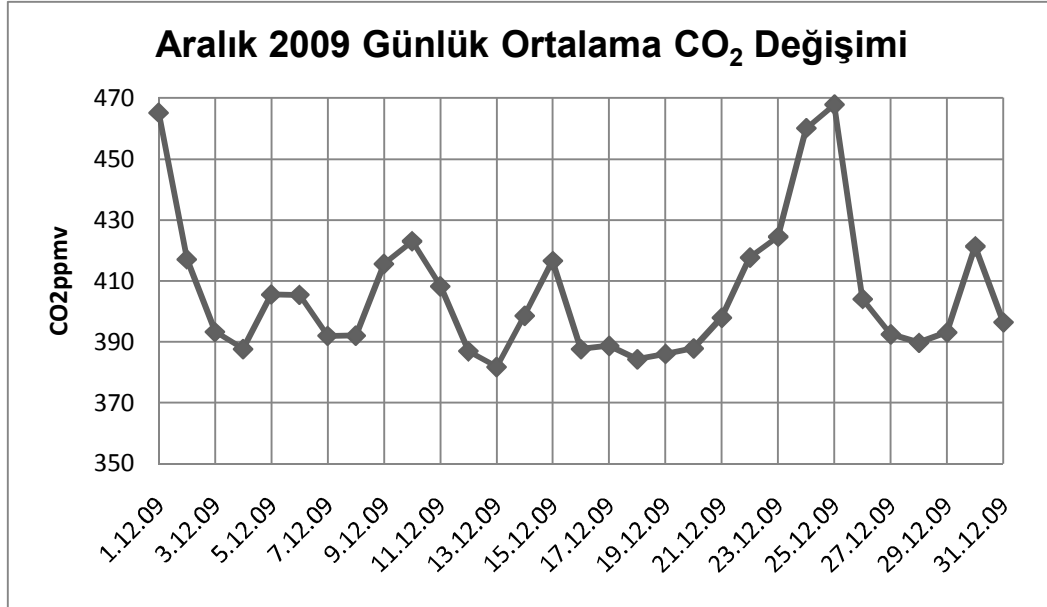
Şekil 4.58 (a) ve (b)'de 18 ve 25 Kasım tarihlerinde çekilen iki adet görüntü verilmektedir. Bu görüntüler bu dönem içerisinde ölçülen CO₂'in kaynağının dış etkenlerden değil tamamen yerel kaynaklardan oluştuğunu kesin bir şekilde kanıtlamaktadır.



Şekil 4.58. (a) 18 Kasım 2009, (b) 25 Kasım 2009 Tarihli Ankara Görüntüsü

4.1.3.2 Aralık 2009 ayı CO₂ değişimleri

Enverziyon ile CO₂ arasında doğru orantı olan diğer bir ay Aralık olmuştur. Bu ay sürecinde ölçülen ortalama günlük CO₂ değerleri Şekil 4.59'de verilmektedir.

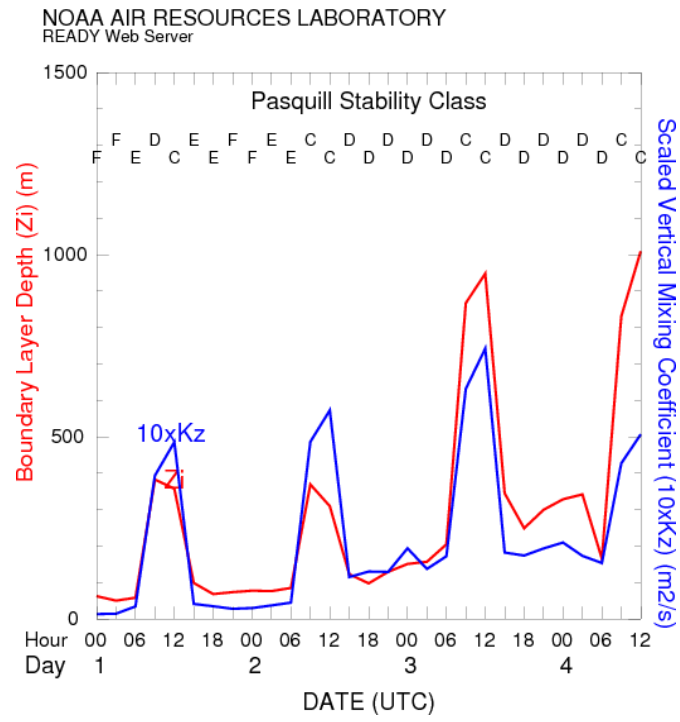


Şekil 4.59. Aralık 2010 Ayı Günlük Ortalama CO₂ Değişimi

Ankara üzerinde Kasım 2009 sonunda izlenen yüksek basınç ve buna bağlı olarak gelişen enverziyon olayları nedeni ile atmosferde artan CO₂ seviyesi Aralık başında 507 ppmv olarak ölçülmüştür. Şehrin üzerindeki atmosferin görüntüsünden de bu kirlilik yükünü izlemek mümkün olmaktadır.



Şekil 4.60. 1 Aralık 2009 Tarihinde Ankara Görüntüsü

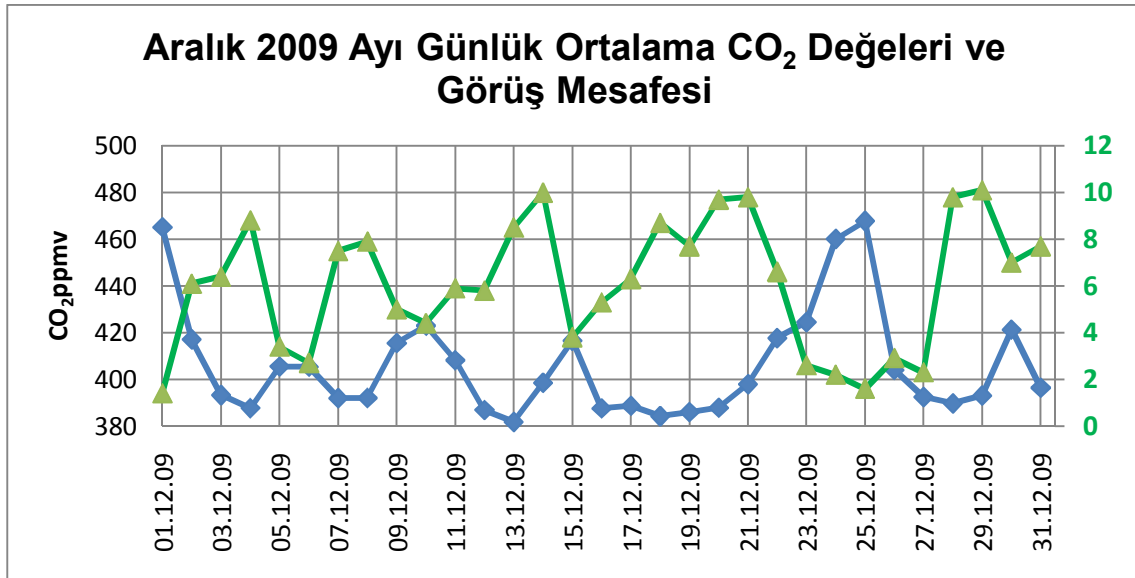


Şekil 4.61. 1-4 Aralık 2009 Tarihlerinde Ankara Atmosferinde Tabakalaşma Durumunu Gösteren Grafik

Şekil 4.61’de gösterilen 1-4 Aralık 2009 tarihleri arasında Ankara atmosferindeki tabakalaşma grafiğinde de şehrin üzerindeki bu enverziyonun özellikle 1 ve 2 Aralık tarihlerinde gündüz saatlerinde sadece 500 metre yüksekliğe kadar ulaşabildiği izlenmektedir. Diğer bir deyişle şehrin bu tarihlerde atmosfere verdiği tüm kirleticiler ve CO₂ sadece 500 metrelik bir yükseklikte dağılabilmektedir. İşte bu nedenlerden dolayı 1000 metre yüksekliğe sahip olan Beytepe yerleşkesinde 507 ppmv değeri ölçülmüştür. Eğer ölçümler şehir merkezinde yapılmış olsa idi bundan çok daha yüksek değerlerin ölçülmesi de mümkün olabilecekti.

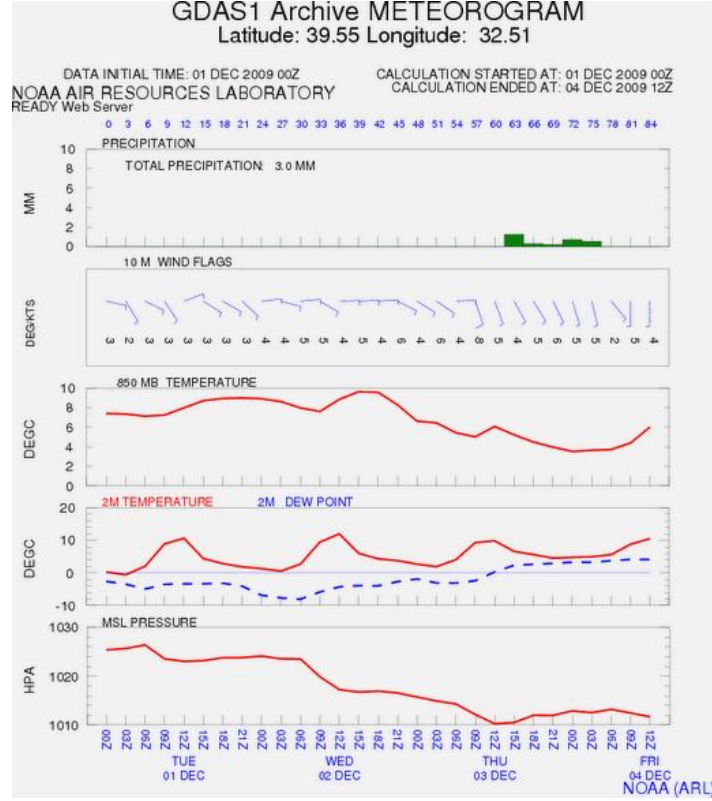
Enverziyon ile görünürlük arasında atmosferde biriken parçacıklar nedeni ile doğal bir bağlantı olmaktadır. Şekil 4.60’ta gösterilen Beytepe’den çekilen Ankara fotoğrafı Ankara şehri üzerindeki tabakalaşmayı ve dolayısı ile bu tabaka içerisinde birikim gösteren atmosferik parçacıkları genel olarak göstermektedir. Beytepe’de yaptığımız örnekleme ile bu atmosferin içerisindeki CO₂’in seviyesini ölçmüş bulunmaktayız.

CO₂ ile görüş mesafesi arasındaki ilişkiye de <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdosubqueryrouter.cmd> Sitesinden ulaşılan Ankara iline ait meteorolojik veriler kullanılarak bakılmıştır.



Şekil 4.62. Ankara Atmosferinde Ölçülen Günlük Ortalama CO₂ Değerleri ve Görüş Mesafesi(mil)

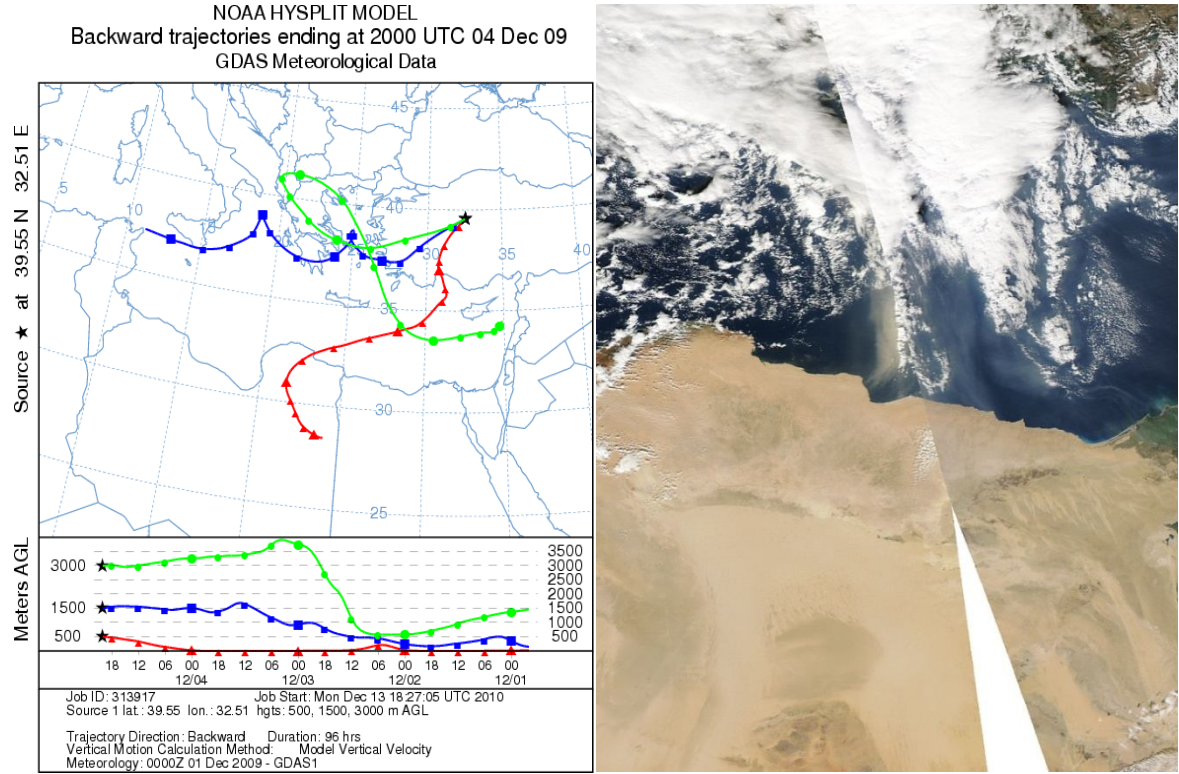
Şekil 4.62’den de görüleceği gibi görüş mesafesi ve CO₂ arasında da ters bir bağlantı vardır ve bu ilişki tüm ay boyunca sürekli olarak izlenmiştir.



Şekil 4.63. 1-4 Aralık Günlerinde Atmosferik Parametreler

Şehrin üzerinde 1 ve 2 Aralık günlerinde yoğun kirlilik birikimine neden olan enverziyon koşulları 3 Aralık günü güney yönlerden esmeye başlayan (Şekil 4.63) ve düşmeye başlayan basınç değerleri ile değişmeye başladığı izlenmektedir. Buna paralel olarak CO₂ değerlerinin de azalmaya başladığı ve Şekil 4.62’de verilen görüş mesafesinin de hızla artması izlenmektedir.

Şekil 4.64’te gösterilen ve 4 Aralık tarihinde Ankara’ya ulaşmış olan Sahra kökenli bir havanın Sahra’dan çıkışı 2 Aralık 2009 tarihli uydu verileri ile de görüntülenmiştir. Bu hava kütesinin 4 Aralıkta Ankara’ya ulaşması ile birlikte CO₂ değerleri 380 ppmv seviyesine kadar gerilemiştir. Tozlu hava kütesinin doğuya kayması ile birlikte yeniden kararlı bir ortama dönmüş ve CO₂ değerlerinde artış görüş mesafesinde de azalma izlenmiştir. Bu değerlendirmeyi destekleyen bir başka veri seti de yine NOAA ARL HYSPLIT Backtrajectory modeli kullanılarak gösterilmektedir.

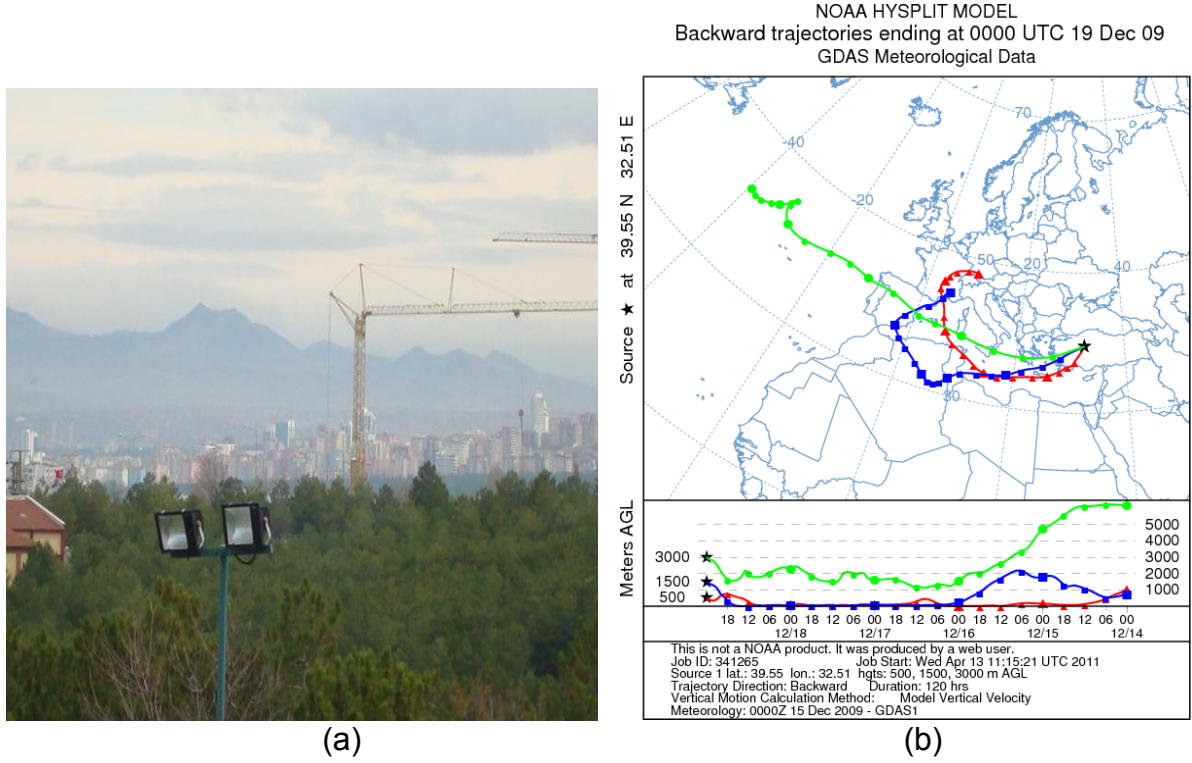


Şekil 4.64. 4 Aralık 2009 Tarihinde Ankara Üzerindeki Havanın Geçmiş 96 Saatlik Zaman Diliminde Kat Etmiş Olduğu Güzergah ve 2 Aralık Gününe Ait Sahra'dan Toz Çıkışını Gösteren MODIS Terra Uydu Görüntüsü

Dolayısı ile 4 Aralık tarihinde Ankara atmosferinde Sahra kökenli toz olduğu kesin olarak öne sürülebilmektedir. Anılan tarihte izlenen CO₂ düşüşü de yine bu tez kapsamında öne sürülen toz bulut etkileşimi sonucunda demir okzalot basamağında kalan reaksiyon nedeni ile açıklanmaktadır.

Aralık ayı içerisinde diğer bir toz taşınım hadisesi 20 Aralık 2009 tarihinde Sahra'dan çıkan toz hareketi ile başlamıştır. Bu tarihe kadar izlenen CO₂ değişimleri yerel kaynaklı kirleticiler nedeni ile atmosferdeki CO₂ seviyesinin artması görüş mesafesinin düşmesi ile kuzeyli hava akımlarının taşıdığı temiz hava nedeni ile CO₂ seviyesinin ortalama 380 ppmv seviyelerine inmesi ve görüş mesafesinin de bu dönemlerde 10 mil gibi en üst seviyelere çıkması arasında değiştiği bir süreç olmuştur. Örnek olarak

Şekil 4.65 (a)'da gösterilen 18 Aralık tarihinde Beytepe'den çekilen Ankara görüntüsü ile bu tarihlerdeki 8-9 mil mesafeli görüş mesafesi ve CO₂ seviyesinin en düşük değerlerde olması verilebilir.



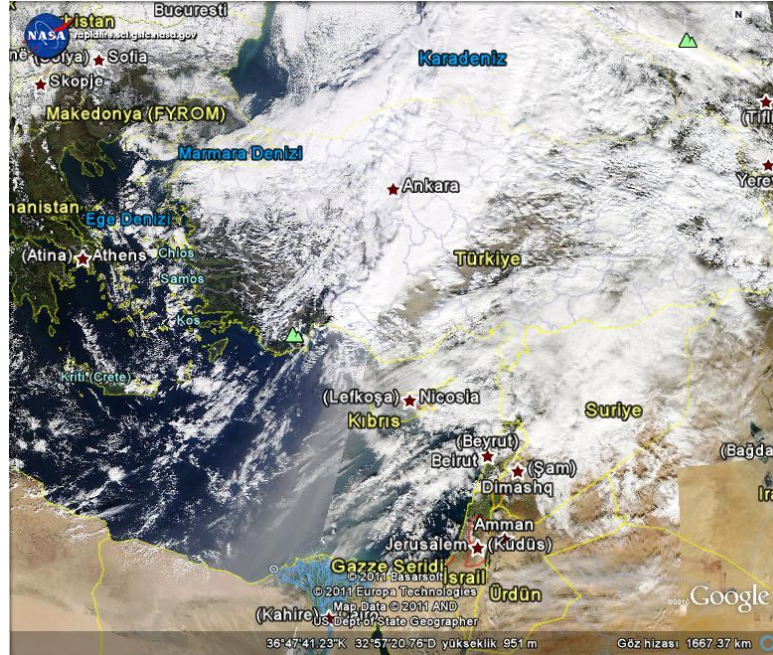
Şekil 4.65. (a) 18 Aralık 2009 Tarihli Ankara Görüntüsü, (b) 19 Aralık 2009 Tarihli Geri İzleme Görüntüsü

16-20 Aralık döneminde Ankara atmosferine gelen hava akımlarının izlediği yollar da hesaplanmış ve Şekil 4.65 (b)'de 19 Aralık 2009 tarihli hava kütesinin takip ettiği yol gösterilmiştir. Buna göre Anadolu'ya kış döneminde batılı hava akımlarının ulaştığı bir dönemde CO₂ konsantrasyonu en düşük seviyelerde kaydedilmiştir. Dolayısı ile batılı hava akımlarının uzun mesafeli kirleticileri taşıyacağı varsayımı her zaman geçerli olmamaktadır. Taşınan CO₂ seviyesi küresel CO₂ ortalaması civarındadır.

20 Aralık tarihinde Sahra kaynaklı yoğun ve çok hızlı hareket eden bir toz taşınımının olduğu ve bunun Orta Akdeniz üzerinden Ege istikametinde ilerlemekte olduğu Şekil 4.66'dan izlenmektedir.



Şekil 4.66. 20 Aralık 2009 Tarihli Toz Çıkışı



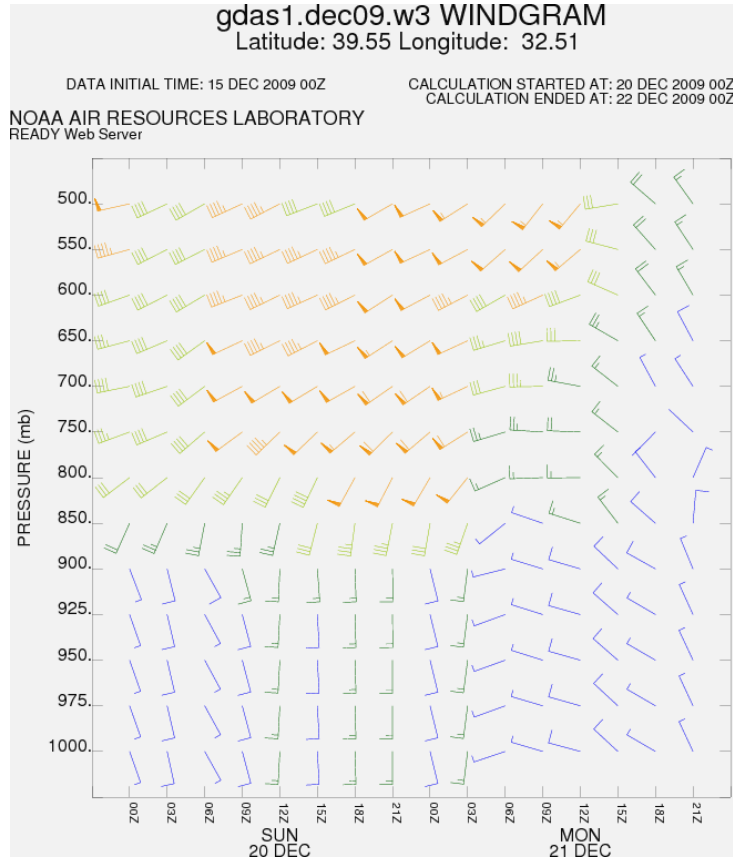
Şekil 4.67. 21 Aralık 2009 Tarihinde Tozun Ulaştığı Bölgeler

Şekil 4.66'da gösterilen Libya'dan Yunanistan Mora yarımadasına ve Güney Ege'ye doğru uzanan toz çıkışının Şekil 4.67'de verilen uydu verisinden Mısır Kıbrıs ve Doğu Akdeniz'e kadar ulaştığı izlenmektedir. 24 saat içerisinde kat edilen yol sistemin hızı hakkında da bilgi vermektedir.

Sistemin kuzeye doğru ilerlemesi ise bulutluluk nedeni ile tam olarak anlaşılamamakla beraber Beytepe örnekleme noktasında yapılan izlemeye göre sistemin geçişi sürecinde az da olsa ortalama CO₂ değerlerinde artış izlenmiştir.

Senenin en kısa günü olan 20-21 Aralık günü bulut içi reaksiyon süreçlerinin CO₂ ile sonlanması beklenmediğinden kaydedilen CO₂ artışını desteklemek için bu günlere ait meteorolojik koşullar önem kazanmaktadır.

Şekil 4.68’de verilen 20-21 Aralık 2009 gününe ait rüzgar dağılımına bakıldığında güneyden esen sert rüzgarların Ankara atmosferinde 20 Aralık günü etkili olduğu 21 Aralık sabah saatleri itibarı ile rüzgarların batıya döndüğü izlenmektedir.



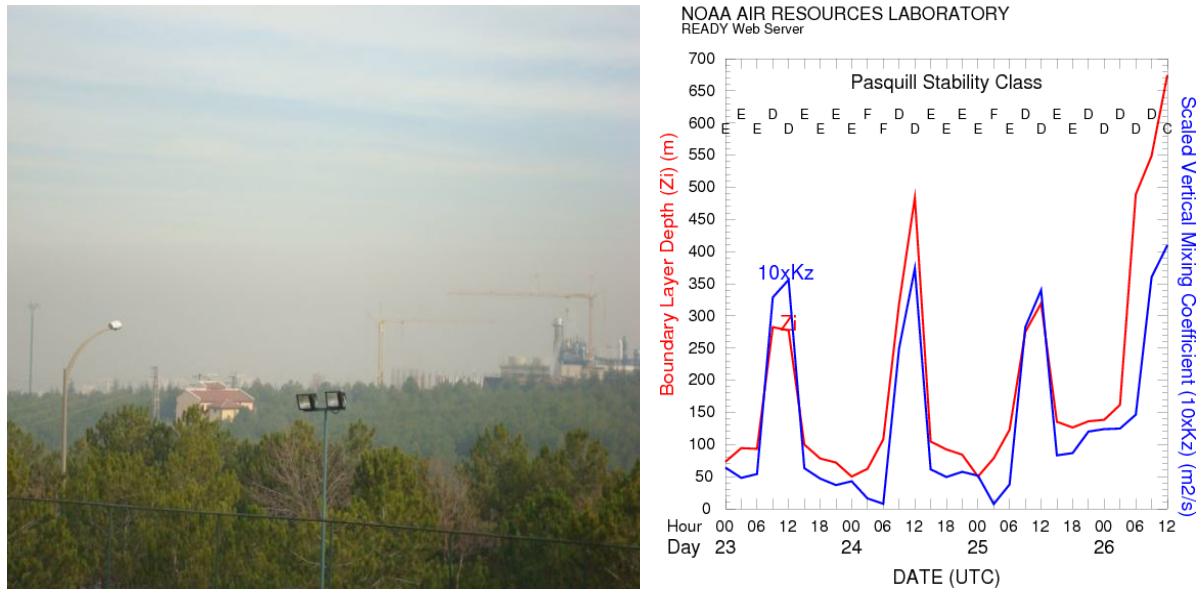
Şekil 4.68. 20 - 21 Aralık 2009 Tarihinde Ankara Atmosferinde Hakim Olan Rüzgarlar

Şekil 4.68’den elde edilen veriler 21 Aralık tarihinde kaydedilen CO₂ seviyesindeki artışı açıklamaktadır. Bir başka değişle toz taşınımı sürecinde CO₂ seviyesi aynı kalmış ancak tozu takip eden batılı rüzgarlar nedeni ile CO₂ seviyesi az da olsa artmıştır.

Ancak burada önemli olan olgu CO₂ artışının toz taşınma sürecinde artmaması yani tezin amaçları doğrultusundaki beklentilerimizin ölçümler ile de bir kez daha kanıtlandığıdır.

Takip eden günlerdeki CO₂ artışı enverziyon ile doğru orantılı olarak gelişmiştir. 25 Aralık günü enverziyon ve buna bağlı CO₂ seviyesi en üst düzeye tırmanırken, görüş mesafesi ise 1.5 mile kadar düşmüştür.

Şekil 4.69'da verilen 25 Aralık tarihli Ankara görüntüsü ve 23-26 Aralık 2009 tarihlerine ait enverziyon grafikleri Şekil 4.62'de verilen ve yer seviyesinde izlenen CO₂ artışını ve görüş mesafesindeki düşüşü desteklemektedir.



Şekil 4.69. 25 Aralık 2009 Tarihli Ankara Görüntüsü ve 23-26 Aralık 2009 Kararlılık Durumu

Şekil 4.69'den de izleneceği gibi 26 Aralık günü enverziyon olayı hafiflemiş ve CO₂ seviyesinde hızlı bir düşüş görülmüştür. Kararlı sistem 29-31 Aralık günlerinde etkisini tamamen kaybetmiş ve batılı rüzgarların etkisi ile CO₂ seviyesi normal değerlere dönmüştür. Bu gözlemimizi kanıtlayan geri izleme grafiği Şekil 4.70'te verilmiştir.

Ocak ayı CO₂ ile enverziyon arasında pozitif ilişkinin görüldüğü bir başka aydır. Şekil 4.71'de verilen Ocak 2010 ayına ait günlük ortalama CO₂ değişimlerine toplu olarak bakıldığında ay içerisinde dört önemli dönem yaşandığı söylenebilir.

Bunlardan birincisi 5 Ocak'tan başlayarak 8 Ocak günü tepe noktaya ulaşan yüksek değer;

16-17 Ocak Günü kaydedilen diğer bir yüksek CO₂ değerleri;

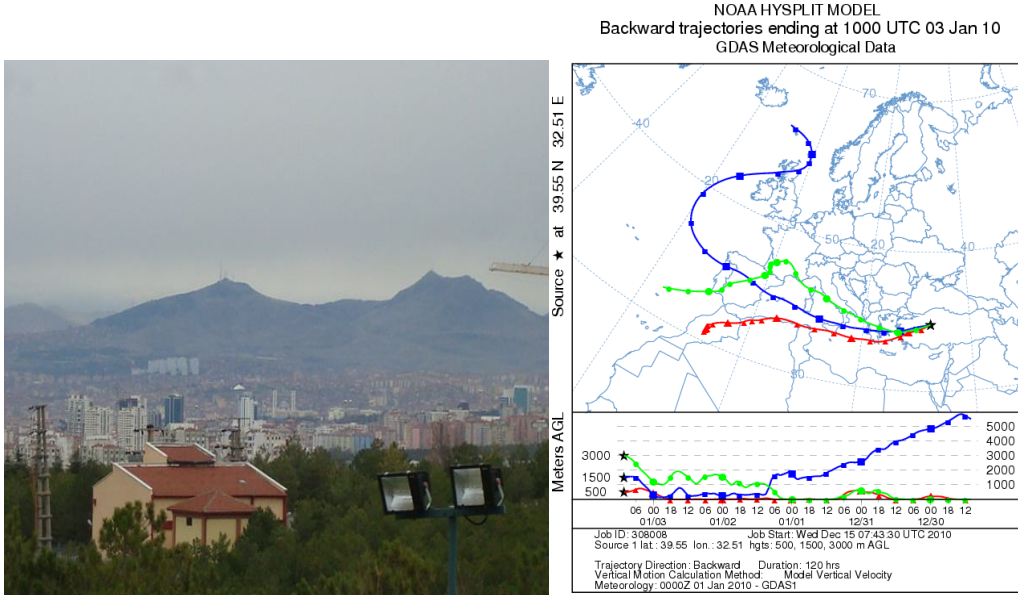
26 Ocak günü izlenen ani değişim ; ve

30-31 Ocak günü izlenen en düşük değerler.

Bulunduğumuz enlem ve boylamda Ocak ayı tezin amaçları doğrultusunda yeterli güneş enerjisinin olmadığı bir dönemdir. Daha önceden de bahsedildiği gibi yeşil bitki örtüsü anız yakımı veya denizlerdeki alg patlamalarından kaynaklanacak herhangi bir CO₂ kaynağı veya CO₂ konsantrasyonuna etki edecek bir doğal kaynak bulunmamaktadır. Bu ay içerisinde akla gelecek en doğru CO₂ kaynağı ısı amaçla kullanılan yakıtlardan çıkacak CO₂ olarak beklenmektedir.

Aralığın son günlerinde başlayan CO₂ seviyesindeki azalma Ocak başında da devam etmiş ve 2-3 Ocak günlerinde en düşük seviyeye ulaşmıştır. Bu dönemde görüntü de 9 mil seviyesine ulaşmıştır. Bu da 2 ve 3 Ocak günlerinde Ankara atmosferinde ölçülen CO₂ seviyesinin Ocak ayı için “background” seviyesi olarak kaydedilmesini sağlamıştır. Dolayısı ile 380-390 ppmv CO₂ aralığı bu mevsimde izlenebilecek “background” seviyesi olmaktadır. Bu seviyenin üstünde ölçülecek her CO₂ değerinin bir başka kaynağının olması gerekmektedir.

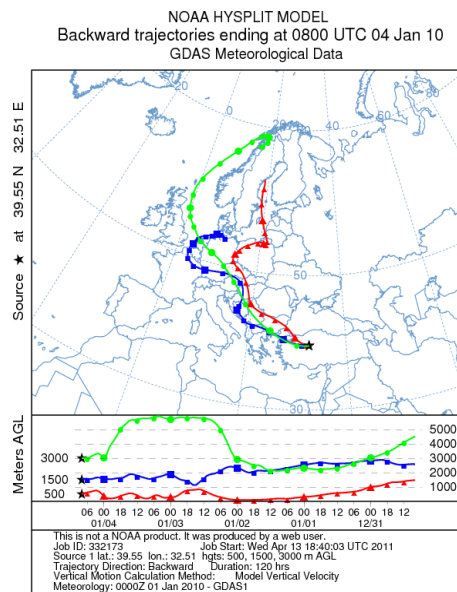
Şekil 4.72'deki 3 Ocak gününe ait Ankara görüntüsü bu gözlemlerin kanıtı olmaktadır.



Şekil 4.72. 3 Ocak 2010 Tarihli Ankara Görüntüsü, 3 Ocak Gününe Ait Geri İzleme Grafiği

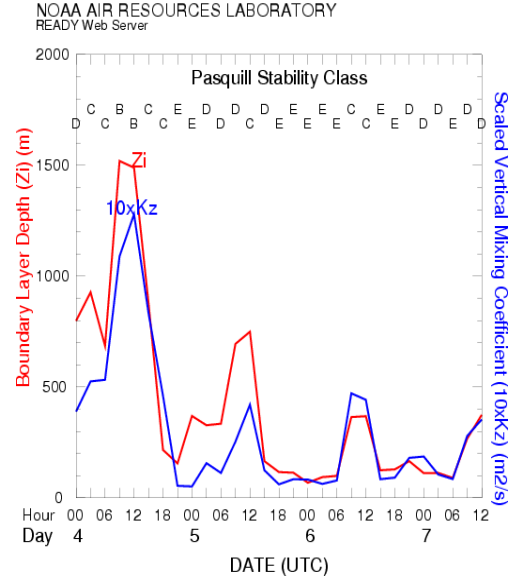
3 Ocak 2010 gününe ait görüntü içerisine giren manzaranın ve uzaktaki dağların en az 50 km net bir görüntü sağladığı anlaşılmaktadır. Bu fotoğraf, batılı rüzgarların hakim olduğu bir atmosferde şehirdeki ısınma kaynaklı kirleticilerin devrede olduğu ve trafiğin de süregeldiği bir dönemde “background” seviyesindeki koşulları göstermesi açısından enteresandır.

Şekil 4.73’te verilen 4 Ocak 2010 gününe ait geri izleme grafiği hava akımlarının Avrupa üzerinden geçerek ölçüm noktasına ulaştığını göstermektedir. 4 Ocak günü yükselmeye başlayan CO₂ değerlerini bu şekilde açıklamak mümkündür.

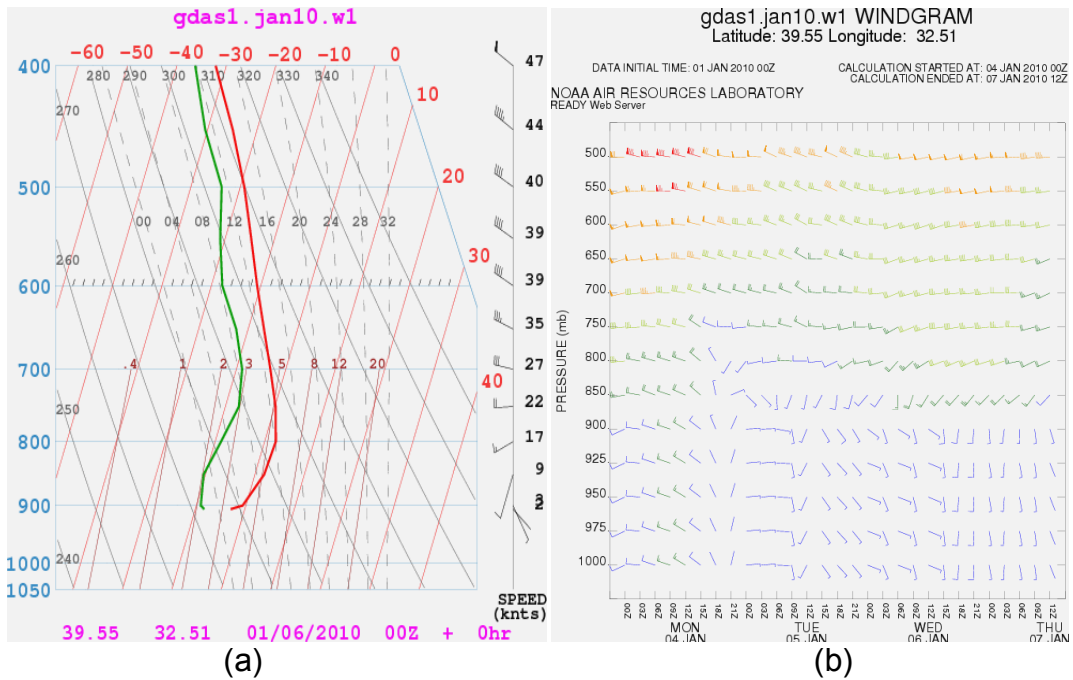


Şekil 4.73. 4 Ocak 2010 Gününe Ait Geri İzleme Grafiği

5 Ocak tarihinden itibaren şehir üzerinde her geçen gün artan yoğunlukta bir enverziyon olayı gerçekleşmiştir. Şekil 4.74'te bu enverziyon olayı sürecinde kaydedilen atmosferik kararlılık yükseklik dağılımı verilmektedir. Şekil 4.74'ten görüleceği gibi karışım yüksekliği 7 Ocak günü 500 metreye kadar inmiştir.

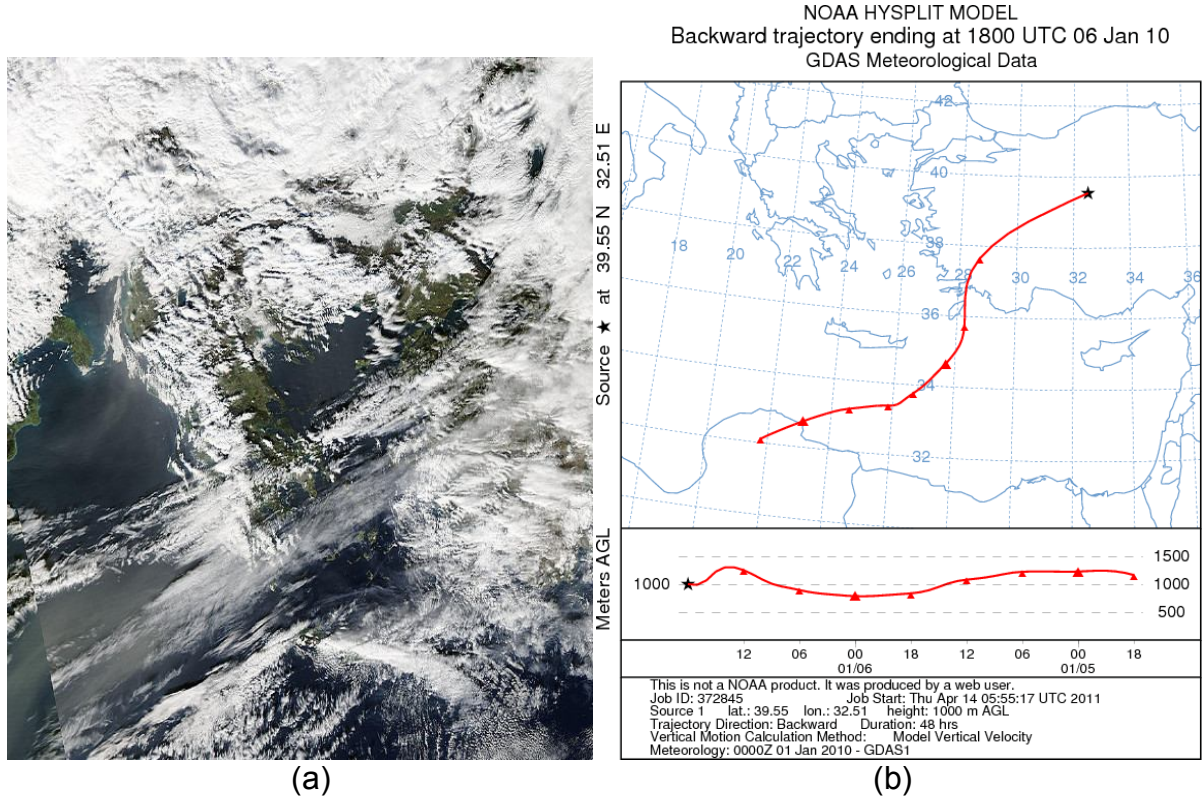


Şekil 4.74. 4-7 Ocak 2010 Tarihlerinde Ankara Atmosferindeki Kararlılık Değişimi Tabakalaşmayı Destekleyen Diğer Bir Veri De Şekil 4.75 (a)'da Verilen 6 Ocak Gününe Ait Atmosferik Sıcaklık Dağılımı Olmaktadır



Şekil 4.75. (a) 6 Ocak Tarihli Enverziyon Grafiği, (b) 4-7 Ocak Tarihli Rüzgar Dağılımı

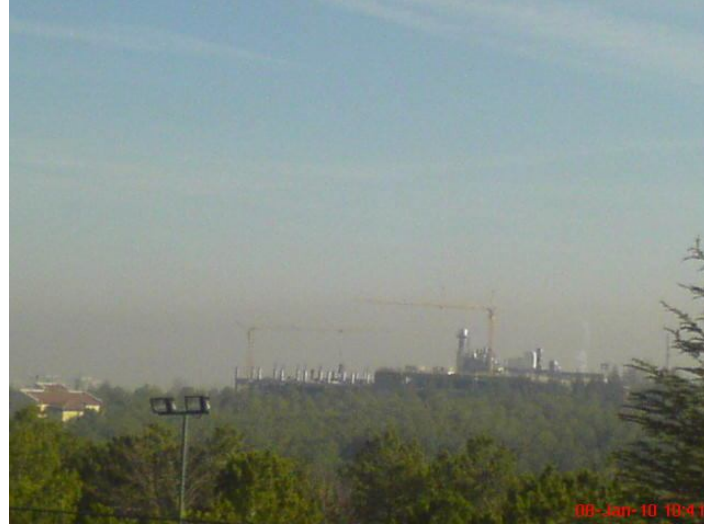
Yere yakın seviyede (900 mb) sıcaklığın düşük, 800 mb seviyede ise daha yüksek olması tipik bir tabakalaşma durumunu göstermektedir. Tabakalaşmanın olduğu dönemde Sahra çöl tozları taşınımı da olmuş ancak bu toz taşınımının Ankara atmosferinde yer seviyesinde etkili olmadığı ve tabakalaşmanın üst sınırı olan 850-800 mbar basınç seviyesinden (Şekil 4.75-b) geçtiği düşünülmektedir.



Şekil 4.76. (a) 5 Ocak 2010 Tarihli Toz Taşınımı, (b) 6 Ocak Tarihli Geri İzleme Grafiği

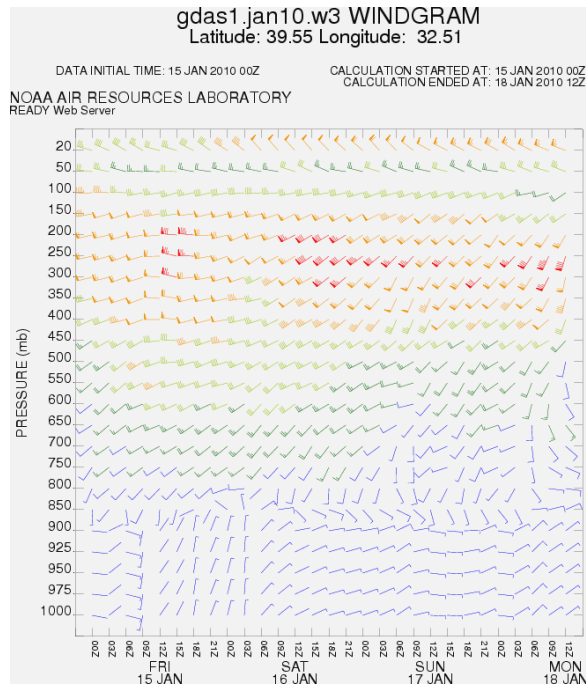
Şekil 4.76 (a)'da gösterilen 5 Ocak tarihinde Sahra'dan Ege denizi üzerine gelen hava akımları ve beraberindeki toz taşınımını izlemek mümkündür. 6 Ocak tarihinde Ankara üzerinde yerden 1000 metre yükseklikte bulunan bir hava kütleinin geçen 48 saat süresince izlediği yola bakıldığında bu hava kütleinin Şekil 4.76 (a)'da gösterilen uydu verisindeki toz taşınımının kaynaklandığı Libya üzerinde olduğu ancak Ankara atmosferinde yerleşen enverziyon olayı nedeni ile sınır tabaka olarak bilinen seviyenin üzerinden geçerek doğuya taşındığı anlaşılmaktadır. Ancak bu toz taşınımının yer seviyesinde herhangi bir etkisi olması da yeterli olmayan güneş enerjisi nedeni ile de beklenen bir durum değildir. Yer seviyesindeki CO₂ artış nedeni ise tamamen yerel enverziyon olayına bağlıdır.

Şekil 4.77'de gösterilen 8 Ocak 2010 tarihli görüntü de tüm bu olayların yer seviyesinden nasıl görüldüğünü gösteren bir belge olmaktadır.



Şekil 4.77. 8 Ocak 2010 Tarihli Ankara Görüntüsü Şehrin Üzerindeki Yoğun Bir Tabaka Dikkat Çekmektedir

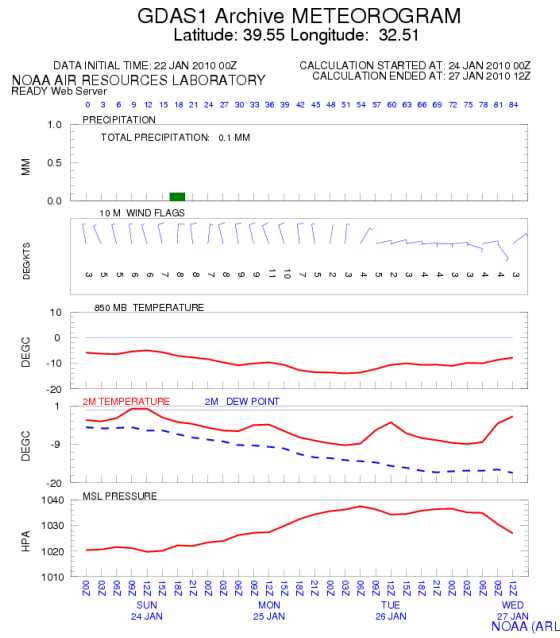
Ocak ayı içerisinde izlenen diğer bir CO₂ artışı 16-17 Ocak günlerinde kaydedilmiştir. 8 Ocak sonrasında batı ve kuzeyden esen rüzgarlar nedeni ile CO₂ seviyesi yeniden düşük seviyelere inmiş ve 15 Ocak gününe kadar da böyle devam etmiştir (Şekil 4.78).



Şekil 4.78. 15-18 Ocak 2010 Günlerine Ait Rüzgar Dağılımı

16-17 Ocak günlerinde izlenen CO₂ artışına bu tarihlerde izlenen doğu ve kuzey doğulu rüzgarların neden olduğu düşünülmektedir. Çok sık olmasa da bu yönden esen rüzgarların Şekil 4.3'de gösterilen BİL ENERJİ, Tepe ve Hacettepe ısı santralinden çıkan kirleticileri örnekleme noktasına taşıyabilme olasılığı vardır.

24-27 Ocak tarihlerinde de artma eğiliminde olan CO₂ seviyeleri izlenmiştir. 26 Ocak günü CO₂ seviyesinde belirgin bir artış olmuş ve ortalama değerler 40 ppmv kadar artmıştır. Şekil 4.79'da verilen meteogram 26 Ocak günü rüzgarların doğulu yönlerden estiğini ve dolayısı ile yukarıda da bahsedilen ve hemen doğumuzda yer alan potansiyel kirletici kaynaklardan gelen CO₂ nedeni ile ortalama değerlerin yükseldiği düşünülmektedir.

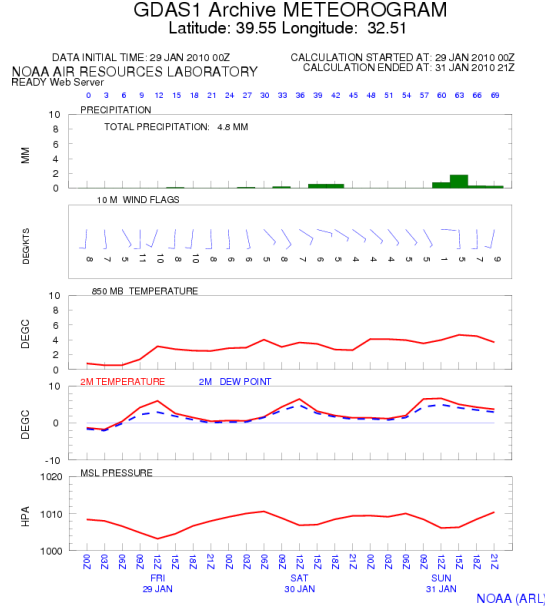


Şekil 4.79. 24 - 27 Ocak 2010 Tarihleri Arasındaki Meteorolojik Durum

Özellikle 25 ve 26 Ocak günlerinde Ankara atmosferindeki sıcaklıkların da -10 değerine kadar indiği düşünülür ise hem artan enerji talebi hem de ısı gereksinimi nedeni ile enerji santrallerinin en üst düzeyde yakıt tükettiği ve dolayısı ile atmosfere verilen CO₂ seviyesinin de en üst düzeye çıkacağı aşıkardır.

Bu ani değişikliklerden kaynaklanan kirleticilerin dahi istasyonumuz tarafından kaydedilmiş olması cihazlarımızın tam performans ile çalıştığının da bir başka göstergesi olmaktadır.

Şekil 4.80'de gösterilen hava koşullarından da anlaşılacağı gibi 29 Ocak günü hava akımları güneyli yönlerden esmeye başlamış atmosferdeki CO₂ konsantrasyonları da buna bağlı olarak hızla azalmıştır.



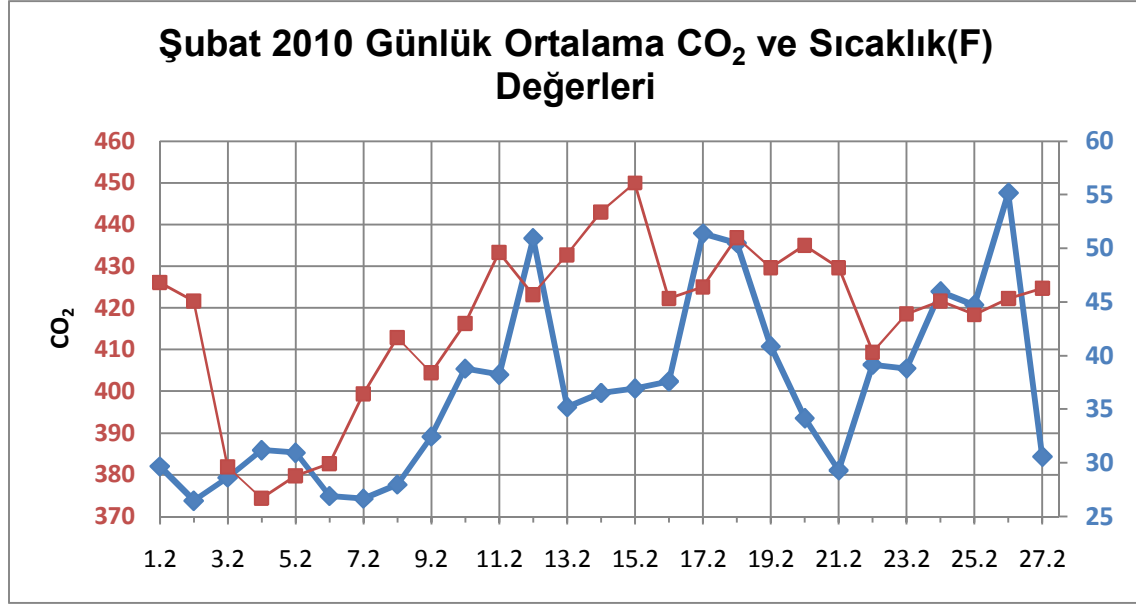
Şekil 4.80. 29-31 Ocak 2010 Tarihli Hava Koşulları

Şekil 4.80'den de görüleceği gibi hava akımlarının güneyli yönlerde dönmesi ile birlikte atmosferdeki CO₂ değerleri hızla azalmış ve “background” seviyeleri olan değerlere gerilemiştir. 31 Ocak günü Sahra'dan toz çıkışı da izlenmiş ancak ölçülen CO₂ seviyesinde herhangi bir değişim izlenmemiştir (Şekil 4.81). Bu da tezin amaçları doğrultusunda beklenen bir durumdur.



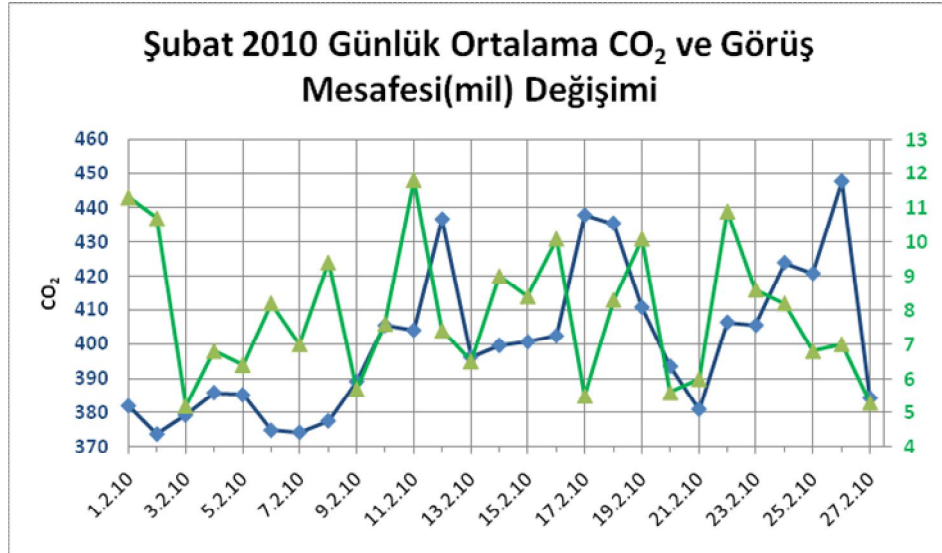
Şekil 4.81. 31 Ocak Tarihli Toz Taşınımını Gösteren MODIS/Terra Uydu Verisi

4.1.3.4 Şubat 2010 ayı CO₂ değişimleri



Şekil 4.82. Şubat Ayı Günlük Ortalama CO₂ ve Sıcaklık (F) Değişimi

Şubat ayı CO₂ değerlerine toplu olarak bakıldığında ay içerisinde dört kez “background” değerlere yaklaşıldığı üç kez de tepe değerlere ulaşıldığı izlenmektedir.

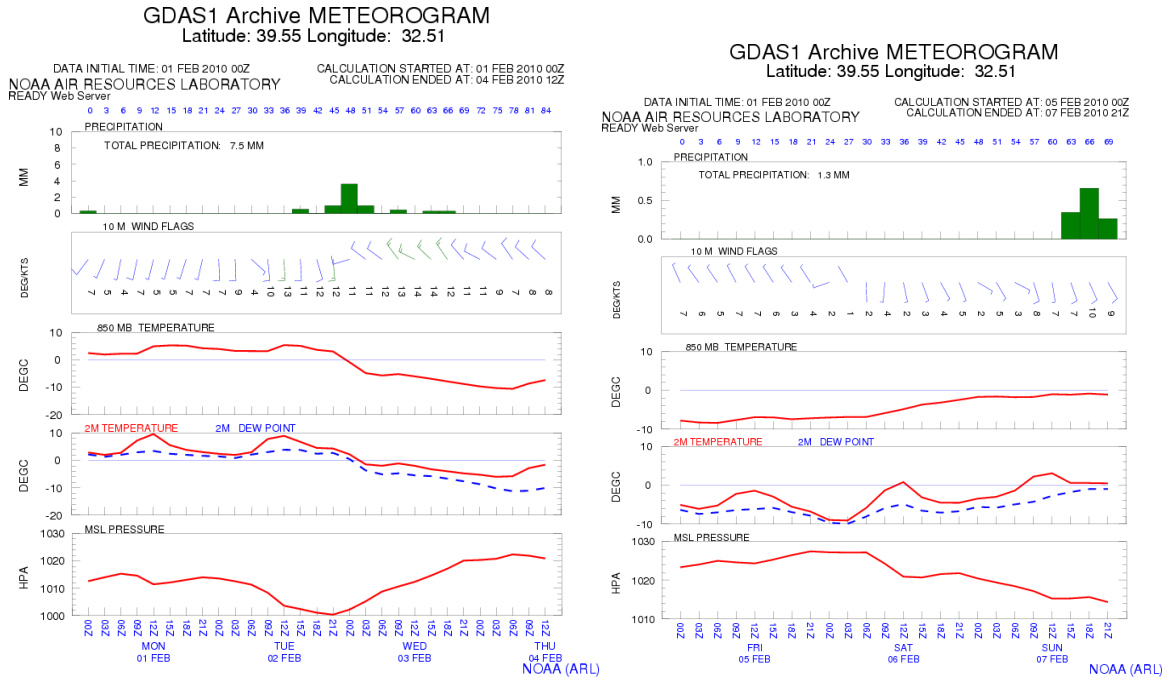


Şekil 4.83. Şubat Ayı Günlük Ortalama CO₂ ve Görüş Mesafesi (mil) Değişimi

Şubat 2010 ayı içerisinde kaydedilen CO₂ değişimleri ve ortalama sıcaklık değişimleri Şekil 4.82’de CO₂ ve görüş mesafesi değişimleri de Şekil 4.83’de verilmiştir.

31 Ocak tarihinde şehrin üzerindeki tabakalaşma nedeni ile üst atmosferden geçtiği varsayılan toz geçişini takiben rüzgarların 3 Şubat günü kuzey yönlerden esmeye başlaması ile hem sıcaklıklar azalmış hem de CO₂ seviyesi yeniden “background” düzeylere inmiş ve 10 Şubat gününe kadar da ortalama günlük CO₂ değerleri 370-390 ppmv görünürlük ise 6-9 mil arasındaki salınımlarla devam etmiştir.

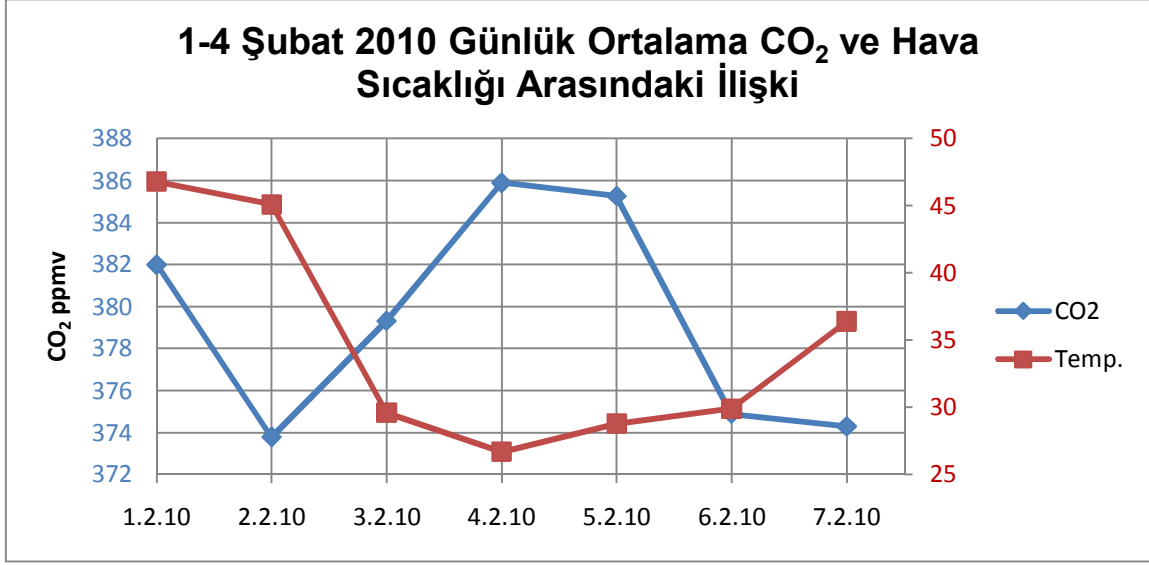
1-10 Şubat tarihleri arasındaki hava akımları incelendiğinde;



Şekil 4.84. 1-7 Şubat Aralığında Ankara Atmosferindeki Meteorolojik Koşullar

Hava sıcaklıklarının 3 Şubat tarihinden itibaren hissedilir şekilde azaldığını ve bu durumun 7 Şubata kadar sürdüğünü göstermektedir (Şekil 4.84). Şubat ayındaki CO₂ değişimlerine bakıldığında 3-7 Şubat arasında da atmosferdeki CO₂ konsantrasyonundaki tedrici artış göze çarpmaktadır. Ancak bu artış sadece 10 ppmv ortalama değer sınırı içerisinde kalmaktadır. Hava sıcaklığı ile CO₂ arasındaki bağlantıyı göstermesi açısından bu hafta daha detaylı değerlendirilmiştir.

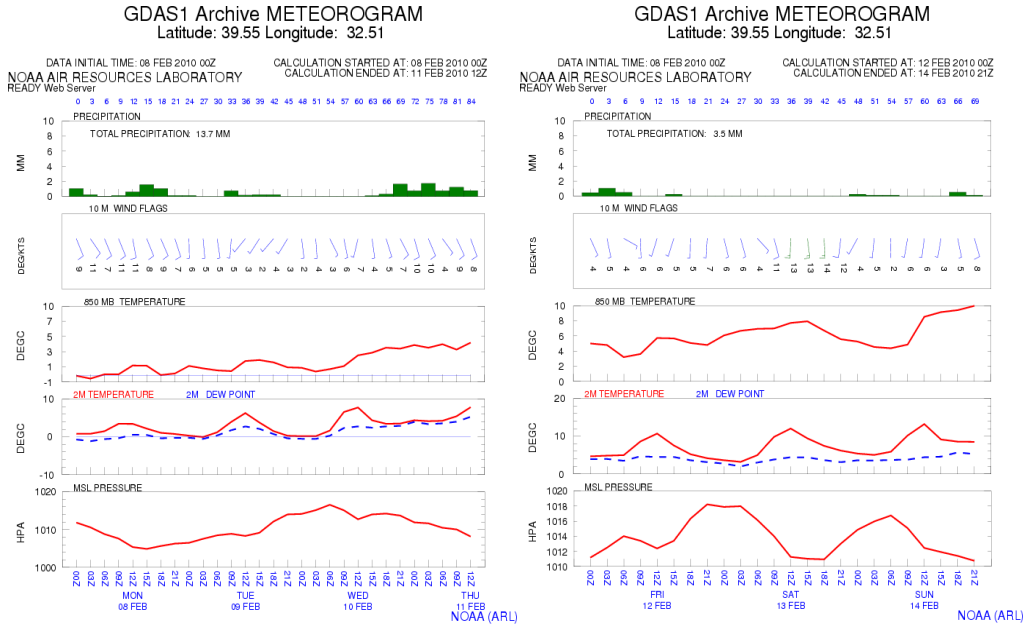
Şubat ayının ilk haftasına ait 2m yükseklik hava sıcaklık değerleri ve günlük ortalama CO₂ değişimi Şekil 4.85'te gösterilmiştir.



Şekil 4.85. Şubat Ayı Ortalama CO₂ ve Sıcaklık Değişimi

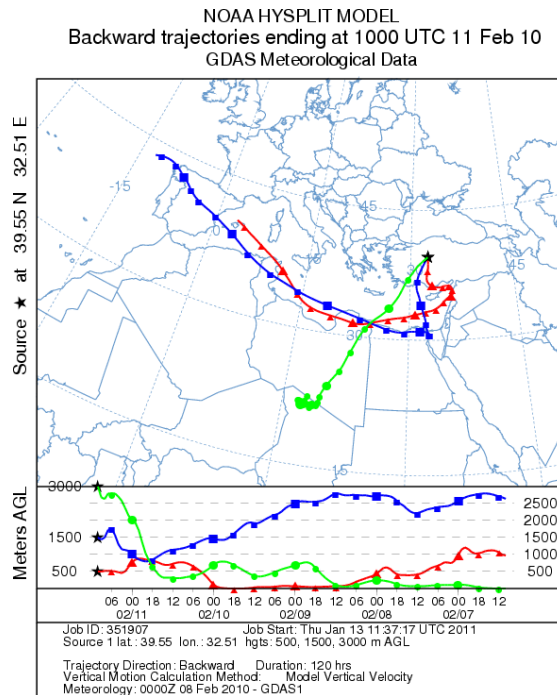
Şekil 4.85'te gösterilen CO₂ ve sıcaklık arasındaki bağlantı ısı kaynaklarından gelen CO₂ katkısını göstermesi açısından çok önemli bir veridir. Bu doğal bir beklentidir çünkü Ankara ilinde evsel ısı kaynağı genellikle ve de özellikle örnekleme noktasının yakın çevresinde doğal gazdır ve yanma sonucunda da ortama CO₂ verilmektedir. Ancak önemli olan Şekil 4.85'ten de izleneceği üzere bu dönemde 2m sıcaklık değişimi ile günlük ortalama CO₂ değişimi arasındaki bağlantının kuzeyli rüzgarların hakim olduğu 4-5 Şubat günlerinde (Şekil 4.84) bir başka değişle istasyona ulaşan hava kütlesi Ankara ili yerleşim bölgelerinden geçtikten sonra ölçülen ortalama günlük CO₂ seviyesini ancak 10 ppmv arttırabildiği gerçeğidir.

Günlük ortalama CO₂ değerleri 9-12 Şubat arasında artış göstermiş ve 12 Şubat günü tepe noktaya ulaşmıştır. Bu tarihler (8-14 Şubat) arasındaki hava akımları ve meteorolojik durumlar izlendiğinde Şekil 4.86'da gösterilen şu koşullar görülmektedir.



Şekil 4.86. 8-14 Şubat 2010 Arasındaki Hava Koşulları

Hava akımlarının güneyli yönlerden esmesi ile birlikte Şekil 4.86'dan da görüleceği üzere 8-9 Şubat günlerinden başlamak üzere ortalama CO₂ değerlerinde de artış olmuştur. Anılan bu tarihlerde Ankara'ya gelen hava akımlarının kaynağına bakılığında ise Şekil 4.87'de gösterildiği gibi Sahra kökenli hava akımlarının etkili olduğu izlenmektedir.



Şekil 4.87. 11 Şubat 2010 Tarihinde Ankara'ya Gelen Hava Akımlarının Geçen 120 Saat Süresince Yer Seviyesinden 500 (Kırmızı)-1500 (Mavi) Ve 3000 (Yeşil) Metre Yükseklikte İzlediği Yol

Hava akımlarının Sahra kökenli olması ile günlük ortalama CO₂ seviyesinde artış izlenmiştir. 10 Şubat 2010 günü Sahra çölünden yoğun olarak çıkan ve 11 Şubat 2010 günü (Şekil 4.88) Ankara'ya güney yönlerden gelen Sahra tozunu uydu verilerinden de izlemek mümkündür.



Şekil 4.88. 11 Şubat 2010 Tarihine Ait NOAA MODIS Uydu Verisi

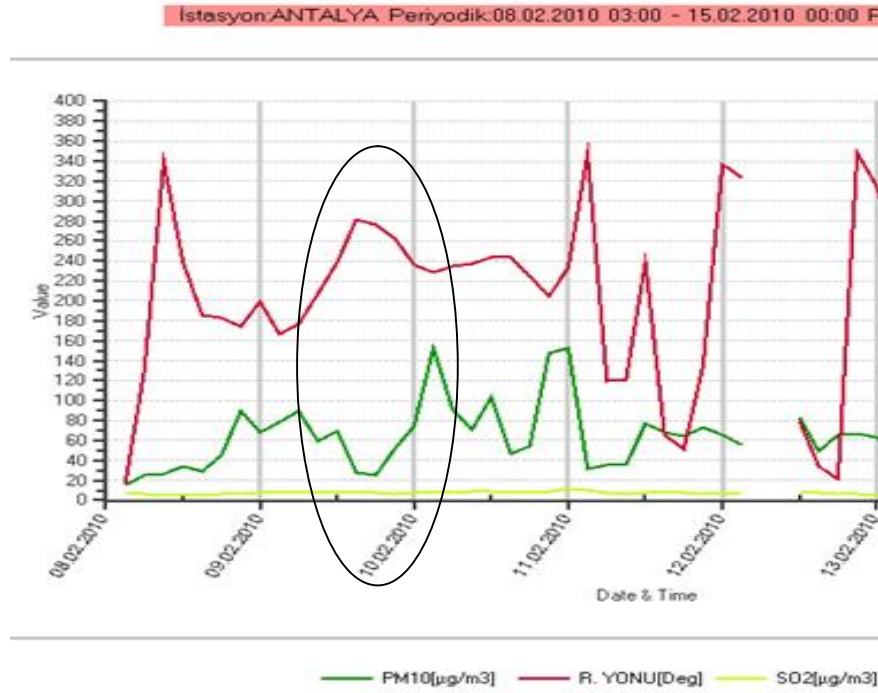
Dolayısı ile 11 Şubat tarihinde Ankara atmosferine ulaşana hava akımlarının Sahra kökenli olduğunu ve bu hava akımı ile birlikte toz taşınımının da olduğu tartışmasız bir gerçektir.

Toz taşınımı olayının bir başka izleme olasılığı da Çevre Orman Bakanlığı tarafından yurt geneline kurulan Hava Kalitesi İzleme İstasyonları (HKİİ) verileridir. Bu istasyonlarda önemli bazı meteorolojik parametrenin yanı sıra atmosferdeki partikül madde örneklemeleri de PM₁₀ ve bazı istasyonlarda da PM_{2.5} ölçüm cihazları ile yapılmakta ve sonuçlar Internetten yayınlanmaktadır. Doğal olarak toz taşınımı sürecinde atmosferdeki PM₁₀ ve eğer varsa PM_{2.5} değerlerinin de artması beklenmektedir.

10 Şubat tarihinde başlayan ve Şekil 4.88'de uydu verileri ile de 11 Şubat günü Antalya-Ankara istikametinde yurda girmiş olan ve Ankara'nın da kuzeyine ulaşmış olan Sahra tozunun HKİİ tarafından nasıl izlendiği de araştırılmıştır.

Uydu verileri ve geri izleme teknikleri Sahra tozunun Antalya'dan yer seviyesinde güney ve güney doğudan esen rüzgarlar aracılığı ile geçtiğini kesinlikle kanıtlamaktadır.

Şekil 4.88'de gösterilen uydu verisi yerel saat ile 10:30-12:30 lokal saatler arasında kaydedilen birleştirilmiş bir görüntüdür. Buna göre anılan saatler arasında PM10 seviyesinde kesinlikle artış izlenmelidir.



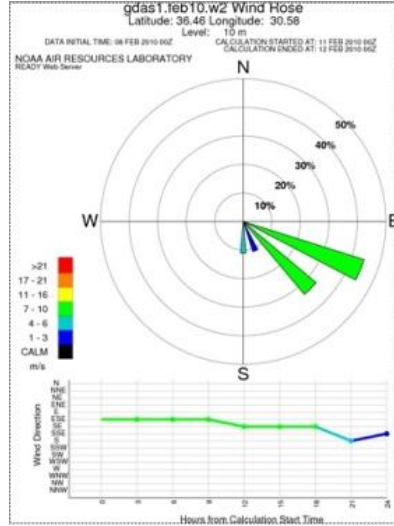
Şekil 4.89. Antalya HKİİ Verileri

11 Şubat günü Antalya HKİİ verileri anılan istasyonda böyle bir artış kaydetmemiştir (Şekil 4.89). Tam aksine 360 dereceden esen rüzgarların gün içerisinde 120 dereceye döndüğünü daha sonra da 40 dereceden geldiği kaydedilmiştir. NOAA ARL sitesinde Antalya için 11 Şubat 2010 tarihinde var olan meteorolojik bilgiler de Şekil 4.90'da rüzgar gülü olarak verilmiştir.

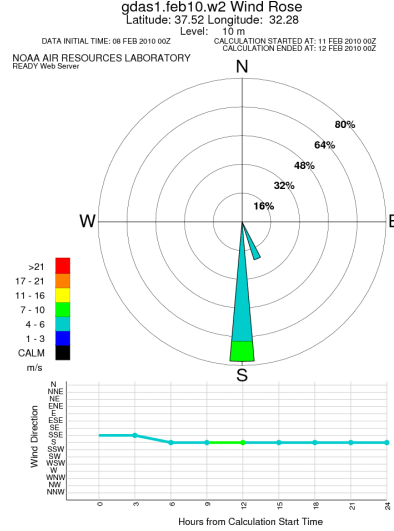
Antalya HKİİ kaydedilen verilere göre 11 Şubat günü rüzgar 230, 360, 120, 12, 240, 60, 50 ve 340 derecelerden esmiştir. Öte yandan NOAA ARL sitesindeki meteoroloji arşivinde de o güne ait rüzgarların uydu verileri ile de desteklenecek şekilde güneydoğu ve güney yönlerden estiği Şekil 4.90'da saat bazında verilmiştir.

Dolayısı ile uydu verileri ve yurt dışı kaynaklı meteorolojik verilere göre yurda giren hava akımları ve beraberinde taşıdıkları Sahra kökenli tozlar ÇOB HKİİ verilerine göre Anadolu'ya ulaşmamış görünmektedir.

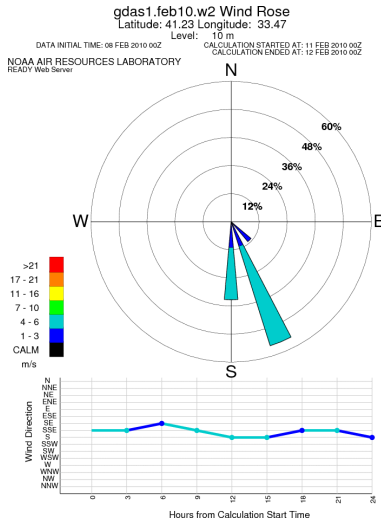
11 Şubat 2010 günü Sahra tozlarını Anadolu'ya taşıyan hava kütlelerinin izlediği rotanın altında bulunan Antalya, Konya, Ankara ve daha kuzeyde Kastamonu illerindeki meteorolojik veriler de araştırılmış ve Şekil 4.90'da verilmiştir.



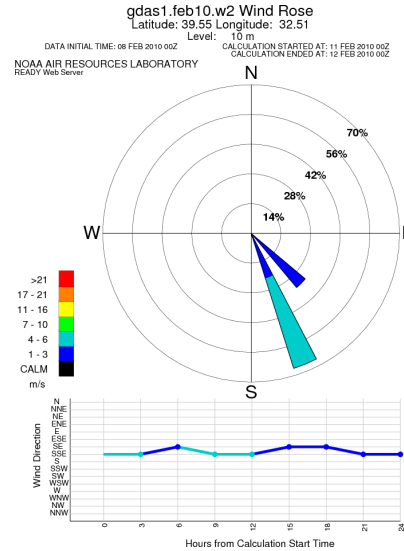
Antalya



Konya

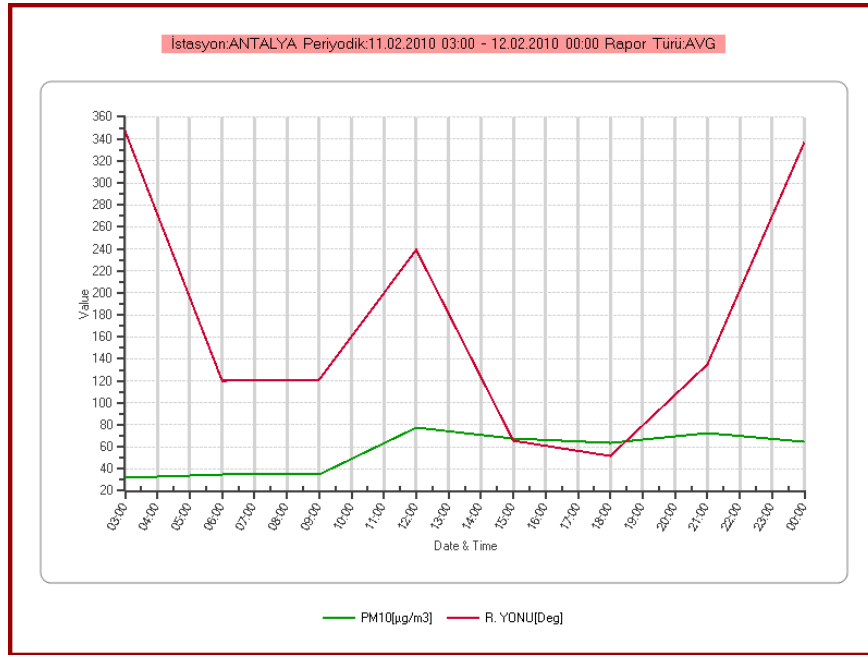


Ankara

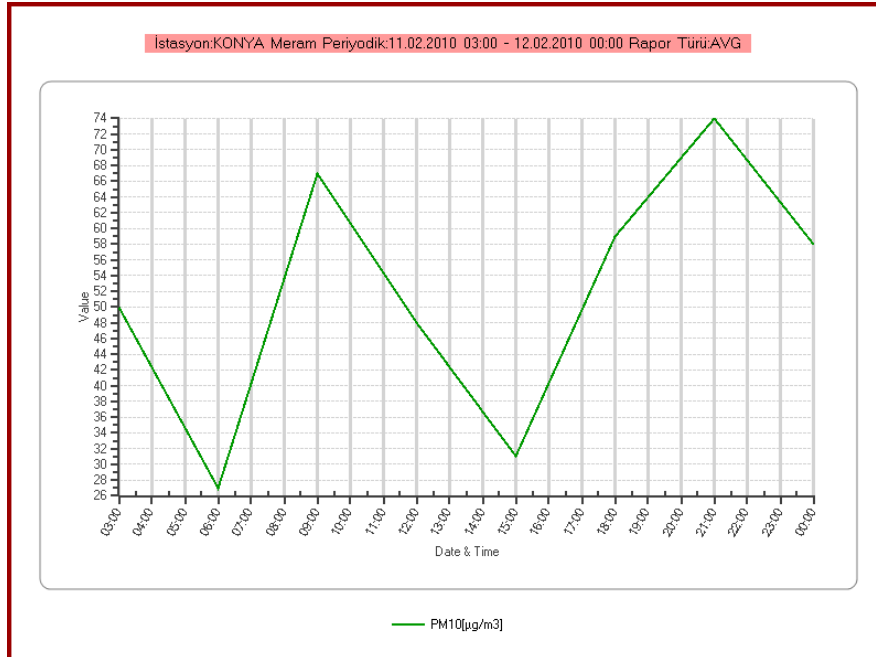


Kastamonu

Şekil 4.90. NOAA ARL Sitesi Verilerine Göre Antalya, Konya, Ankara ve Kastamonu'da 11 Şubat 2010 Günü Kaydedilen Rüzgarların Yön, Hız ve Ağırlıklı Esme Yüzdesi Dağılımı

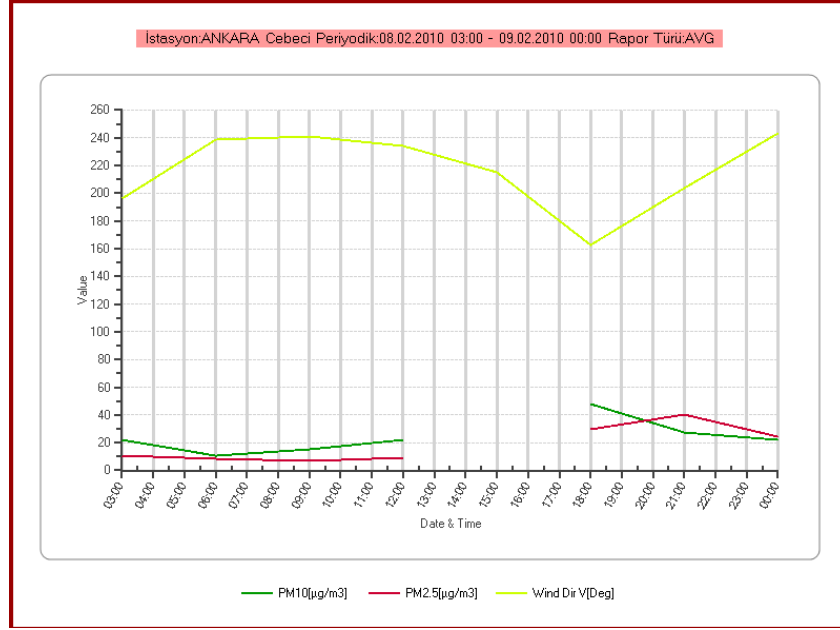


(a)

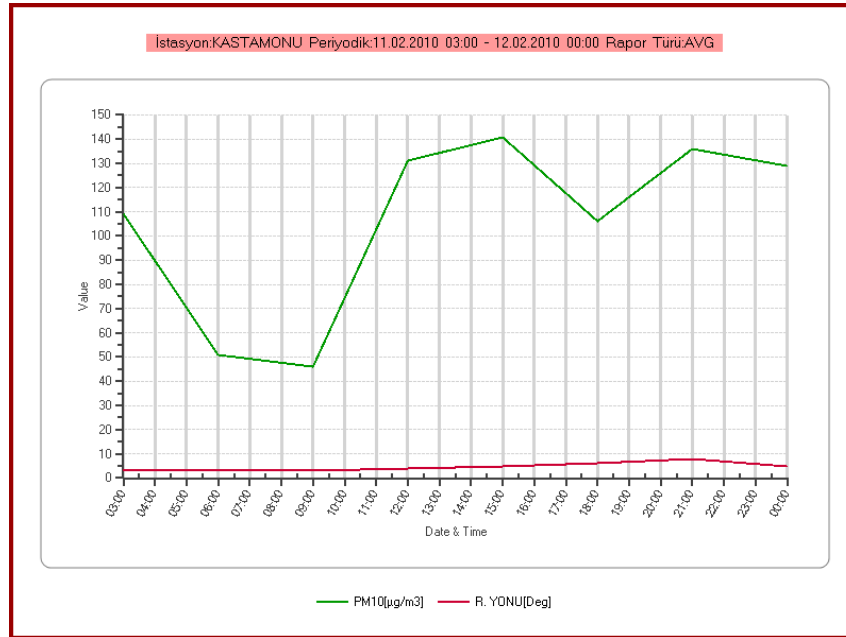


(b)

Şekil 4.91. (a) 11 Şubat 2010 Antalya PM10 ve Yön, (b) Konya-Meram PM10 Verileri



(a)



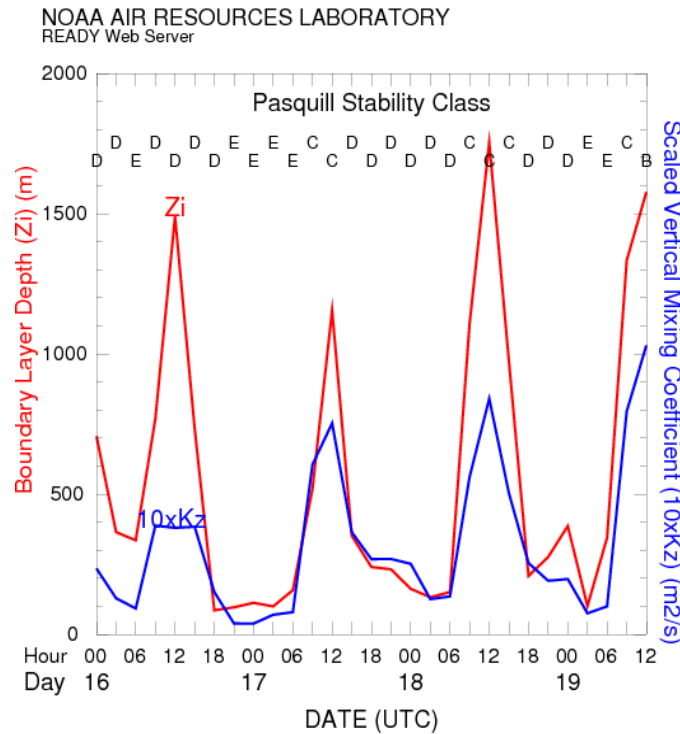
(b)

Şekil 4.92. (a) 11 Şubat 2010 Ankara-Sincan PM10 ve Yön, (b) Kastamonu PM10 ve Yön Verileri

ÇOB, HKİİ verilerinin bilimsel amaçlı kullanıma destek olması gerekirken ne yazık ki varlığı ve yönü net olarak gösterilen hava akımlarını ve içerdiği tozları tesbit edip etmediği araştırılır hale gelmiştir.

Şekil 4.91 ve Şekil 4.92’den da görüleceği üzere Antalya, Konya, Ankara Kastamonu ekseninde kayıt alan istasyonlardan sadece en kuzeyde olan Kastamonu verilerinin uydu ile tespit edilen tozları aynı yerel saatlerde kayıt ettiği diğer tüm istasyonların ise ne yazık ki gerçekler ile uyuşmayan hayali verilerden oluştuğu izlenmektedir. Bu nedenle tezin bundan sonraki aşamalarında ÇOB HKİİ verileri kullanılmamıştır.

Şubat ayının daha sonraki günlerinde de örnekleme noktasına gelen rüzgarlar güneyli yönlerden gelmiş ve CO₂ seviyesi günlük ortalama 400 ppmv civarında kalmıştır. Rüzgarların güneyli yönlerden esmesi ile Sahra kaynaklı toz taşınımı süregelmiş ve 17 ve 18 Şubat günlerinde yeniden bir tepe noktası daha izlenmiştir. Şekil 4.93’te gösterilen Ankara üzerindeki tabakalaşma değişimi grafiği bu tarihlerde Atmosfer’de tabakalaşma olmadığını kanıtlamaktadır. Dolayısı ile CO₂ artışını olası bir yerel ısı kaynak ile açıklama gibi bir yaklaşım ortadan kalkmış olmaktadır. Şubat ayı içerisinde yeşil bitki örtüsü de yoktur, denizlerde alg patlaması Anadolu’yu saran denizlerde ve de özellikle Akdeniz sahil kesiminde olabilecek en üst seviyededir. Dolayısı ile doğal CO₂ kaynaklarında artış değil olsa olsa azalma beklenebilir. Ancak 17 ve 18 Şubat günlerinde CO₂ verilerinde olağan üstü artışlar kaydedilmiştir.



Şekil 4.93. 16-19 Şubat 2010 Tarihinde Ankara Atmosferindeki Tabakalaşma Yükseklikleri

Şekil 4.94. 17 Şubat 2010 Toz Taşınımı



Uydu verileri olmasa özellikle de Şubat ayı gibi bir dönemde sadece kirlilik olarak yorumlanabilecek bu fotoğraf tozlu atmosferdeki değişimleri de net bir şekilde ortaya koymaktadır. Şekil 4.96'da gösterildiği gibi toz taşınımı 19 Şubat günü daha doğuya kaymıştır.



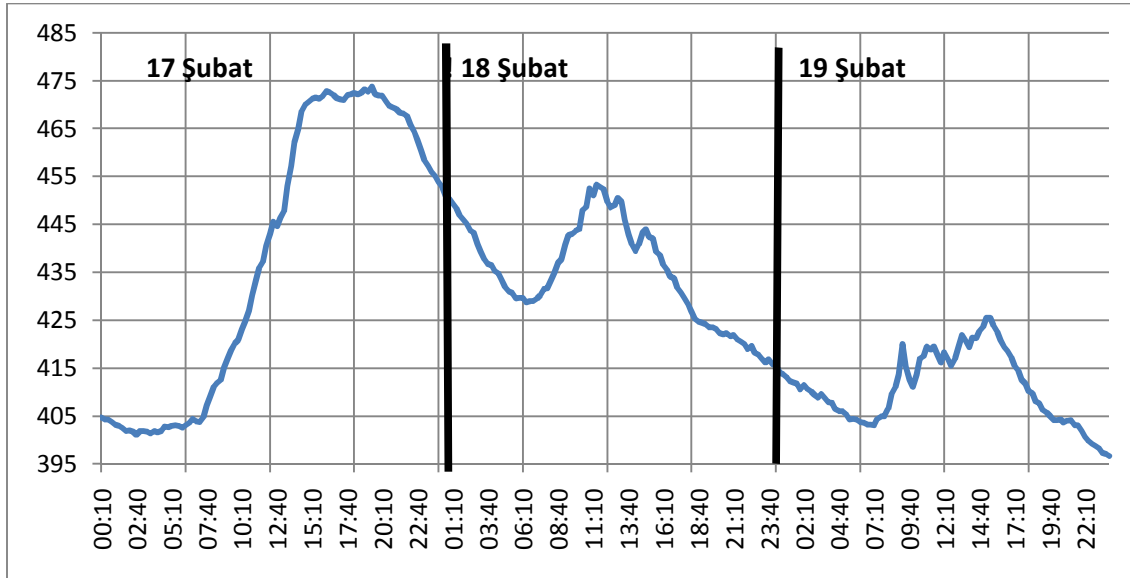
Şekil 4.96. 18 Şubat Toz Taşınımı

17-18 tarihleri arasında rüzgarlar önce güneyli daha sonra Sahra kökenli hava akımlarını taşıyan sinoptik ölçekli sistemin Anadoludan daha doğuya kayması nedeni ile batılı yönlerden esmiştir. Şekil 4.97'da verilen, 19 Şubat 2010 tarihine ait Ankara görüntüsü sistemin ne kadar hızlı hareket ettiğini ve bir gün içerisinde atmosferik şartların değişebildiğini ve CO₂ seviyesindeki göreceli azalma ile birlikte görüş mesafesinin 10 mile kadar çıktığını göstermektedir.



Şekil 4.97. 19 Şubat Tarihine Ait Ankara Görüntüsü

17-19 Şubat sürecinde atmosferde izlenen değişiklikleri bu şekilde açıkladıktan sonra yine bu süreç (17-19 Şubat 2010) içerisinde yer seviyesinde kaydedilen CO₂ değişimi de saatlik bazda incelenmiş ve Şekil 4.98'de gösterilmiştir.

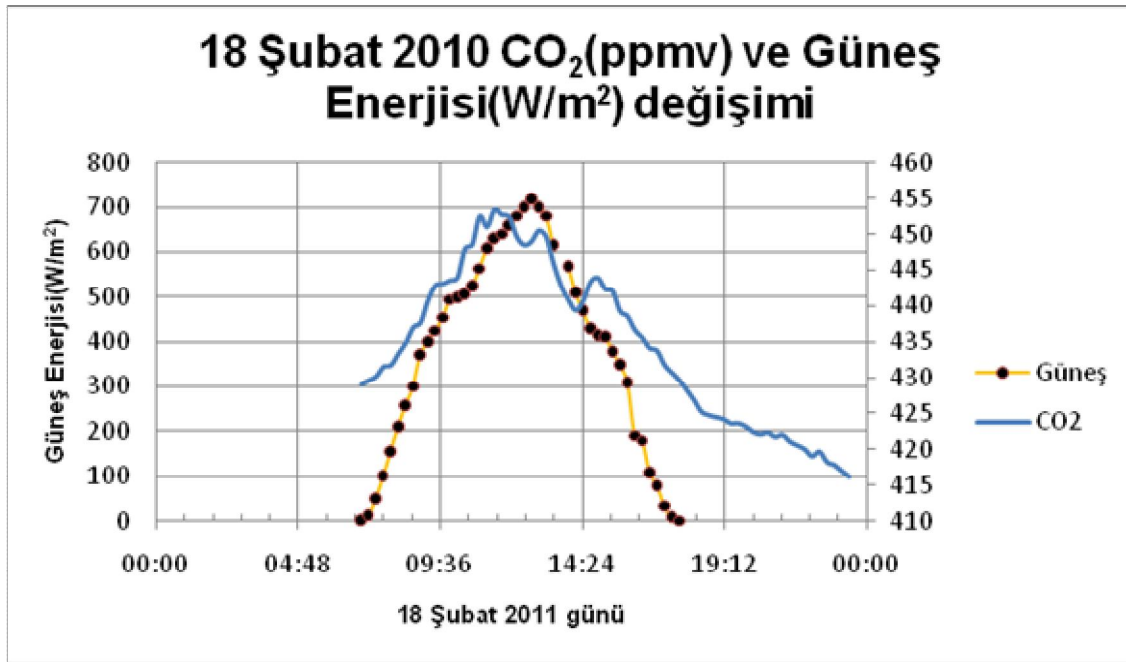


Şekil 4.98. 17-18 ve 19 Şubat Günlerine Ait Saatlik CO₂ Değişimi

Şekil 4.98'den de görüleceği üzere 17 Şubat tarihinde başlamış olan toz taşınımı sürecinde CO₂ seviyesi sabah saatlerinden itibaren çok hızlı bir tırmanışa geçmiş ve CO₂ değerleri öğleden sonra 15:00 gibi plato değerlerine ulaşmış bulunmaktadır.

Akşam saatlerinde başlayan azalma ise yine tezin amaçlarında belirtilen dekarboksilasyon reaksiyonunu tetikleyecek yeterli güneş enerjisinin olmamasından ileri gelmektedir. Gece saatlerinde hızla azalan CO₂ seviyesi 18 Şubat günü öğlen vaktinde yine en üst seviyeye ulaşmış akşam saatlerinde de hızlı bir azalma trendine girmiştir. 19 Şubat günü izlenen artışa neden olan toz kütlesi artık uydular aracılığı ile tespit edilemeyen düzeyde olsa da CO₂ seviyesi halen etkinin sürdüğünü göstermektedir. Şekil 4.96'da verilen 18 Şubat tarihili uydu verisinde Akdeniz üzerinde var olan toz kümelerinin 19 Şubat tarihli Ankara atmosferinde etki yapması kuvvetle muhtemeldir.

18 Şubat toz taşınımı olayı sürecinde kaydedilen CO₂ değişimi ve yılın aynı günü kaydedilen güneş enerjisindeki değişim saatlik bazda Şekil 4.99'da gösterilmiştir.



Şekil 4.99. 18 Şubat 2010 Günü Kaydedilen Saatlik CO₂ ve Güneş Enerjisi Değişimi

Şekil 4.99'dan de görüleceği üzere tezin amaçları doğrultusunda belirtilen CO₂ oluşumu için gerekli olan tek faktör Şubat ayı içerisinde yeterli güneş enerjisi olmaktadır. Ölçüm döneminde bölümümüzde meteorolojik istasyon mevcut değildi ancak 2011 senesi Şubat ayının aynı günlerinde Beytepe'de mevcut meteoroloji istasyonumuzda yapılan güneş enerjisi değişimi de aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Buna göre toz bulut ve güneş enerjisi sürecinde tezin amaçları doğrultusunda izlenen CO₂ değişimi daha da anlam kazanmıştır.

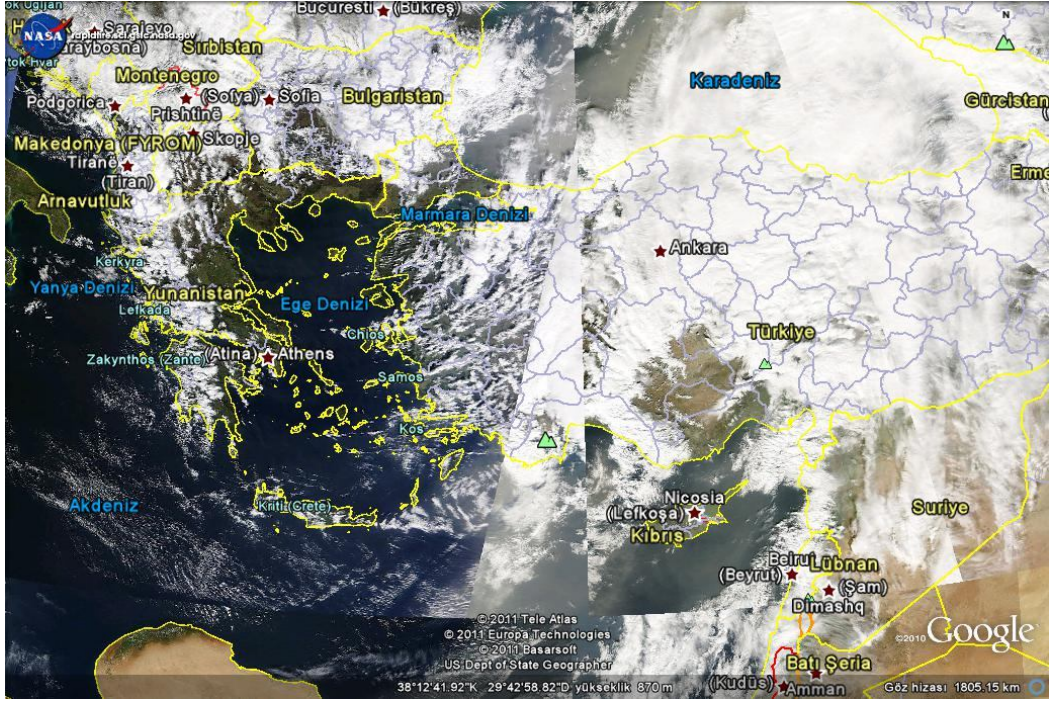
Sistemin doğuya kayması ile Sahra tozu etkisi saatler içerisinde giderek azalmış ve 19 Şubat 2010 günü Ankara atmosfer kuzeyli hava akımlarının etkisinde kalmış ve yer seviyesinden çekilen ve Şekil 4.97’de verilen Ankara görüntüsü görüş mesafesindeki artış ile doğru orantılı olmuştur.

20 Şubat günü Anadolu Şekil 4.100’de gösterilen yeni bir toz taşınım olayının etkisine girmiştir.



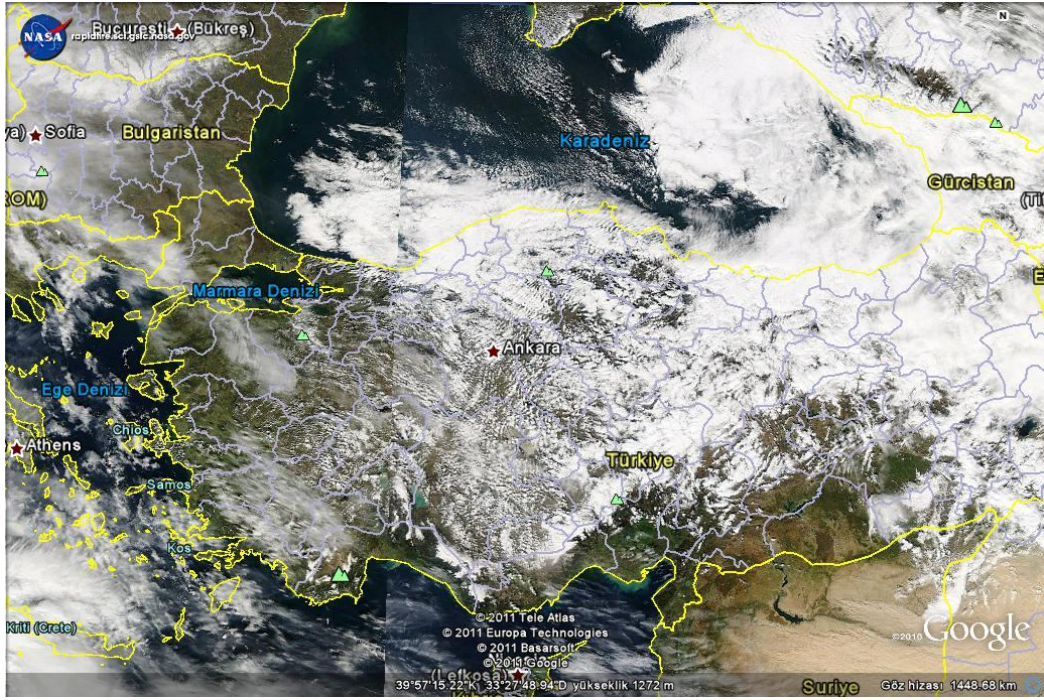
Şekil 4.100. 20 Şubat Tarihli Toz Taşınımı

Toz taşınımı olayı 21 Şubat günü de devam etmiş ve 21 Şubat gününe ait görüntü Şekil 4.101’de gösterilmiştir.



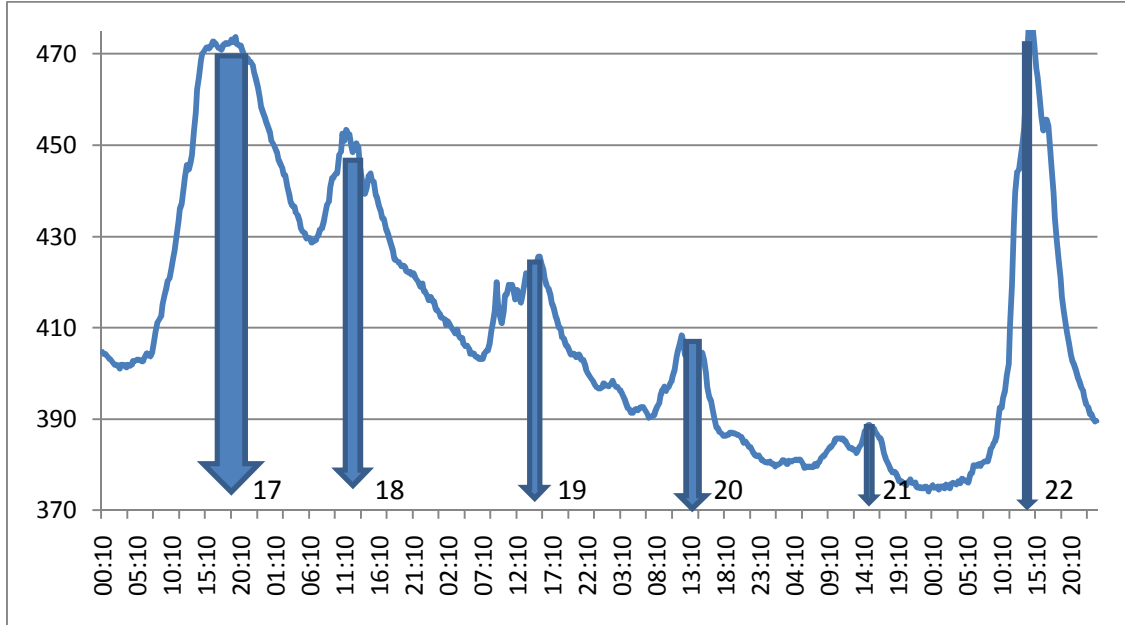
Şekil 4.101. 21 Şubat 2010 Tarihli Toz Taşınımı Olayı

Şekil 4.102'de gösterilen 22 Şubat tarihli görüntüde ise toz taşınımı olayının uydu verileri ile izlenemediği ve yerini kuzey kuzeybatılı rüzgarlara bıraktığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.102. 22 Şubat 2010 Tarihli Uydu Görüntüsü

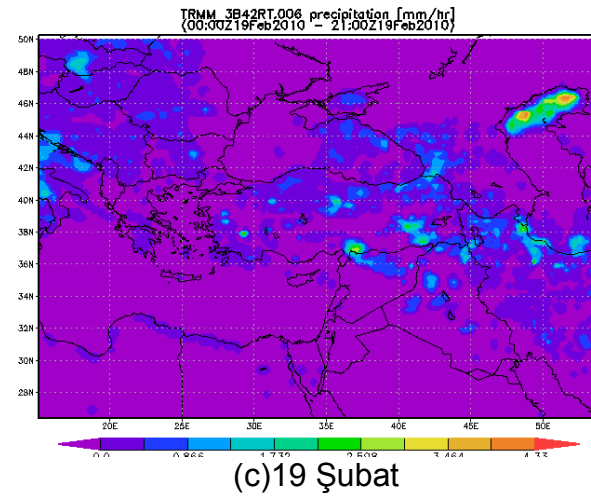
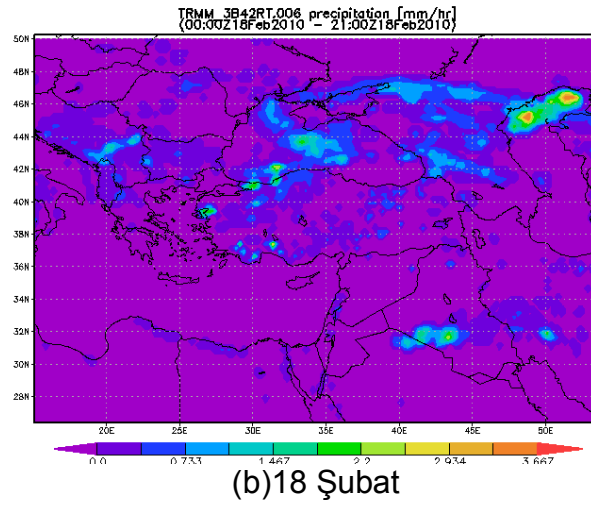
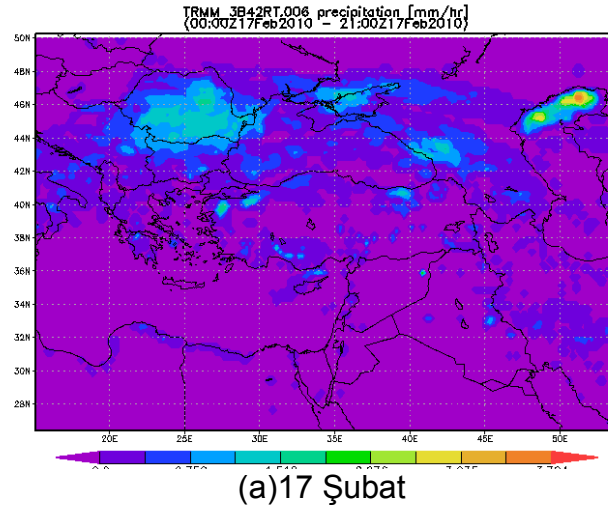
Tüm bu süreç içerisinde (17-22 Şubat 2010) kaydedilen CO₂ değişimi ise toplu olarak aşağıda verilmiştir (Şekil 4.103).



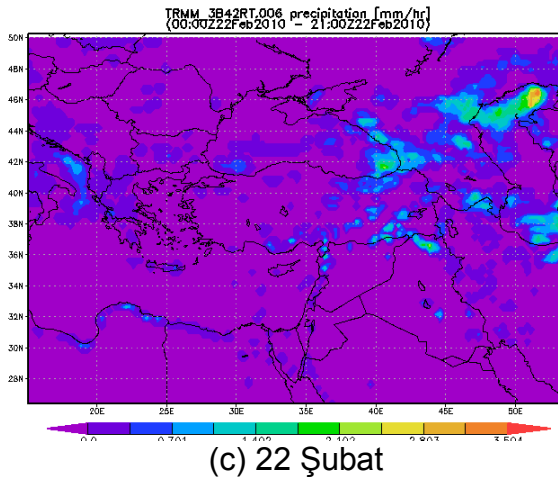
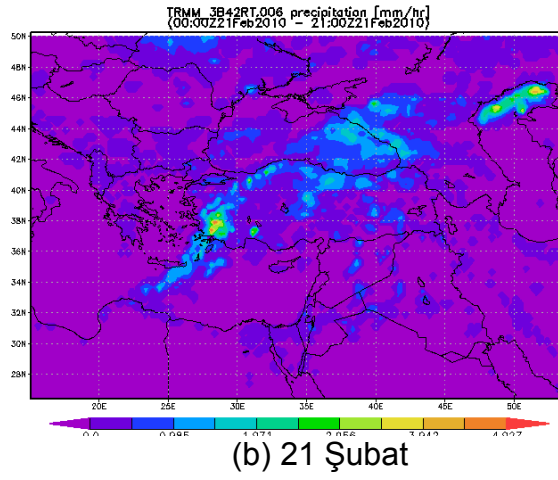
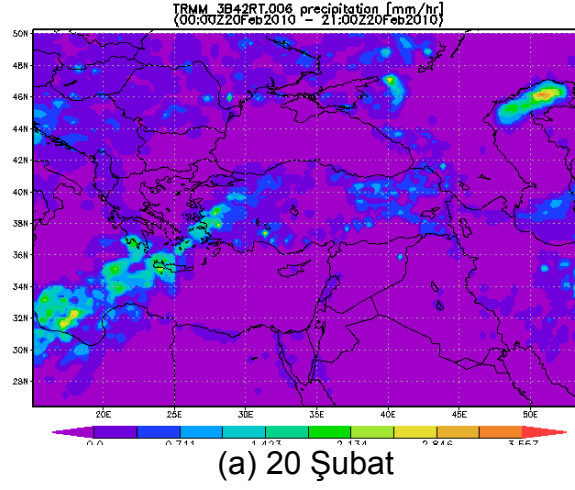
Şekil 4.103. 17-22 Şubat Tarihleri Arasında Kaydedilen CO₂ Değişimleri

Sahradan kaynaklanan hava kütlesi içerisinde bu tezin amaçları doğrultusunda oluşan CO₂ seviyesini bulut içi reaksiyon mekanizmaları ile açıklamak 17 ve 18 Şubat günleri için rahatlıkla açıklamak mümkün olmuştu. 19 Şubat günü belirli bir saat diliminde kuzeyden gelen rüzgarların da CO₂ seviyesinde seyrelemeye neden olabileceği de açıklanabilmişti. Ancak 20 ve 21 Şubat günlerinde yine yoğun olarak süregelen toz taşınımı olayı sürecinde daha az seviyede CO₂ oluşumu eldeki veriler ile rahatlıkla açıklanamamaktadır.

Bu hava kütlelerinin Afrika Anadolu ekseninde hareketi ve de özellikle Anadolu üzerinde kara üzerinde yükselirken daha soğuk hava kütleleri ile karşılaşmaları ve yağışa neden olmaları da bilinen bir gerçektir. Bu amaçla 17-22 Şubat tarihlerinde toz taşınımının olduğu günlerde kaydedilen yağış miktarları da incelenmiştir. Bu amaçla; <http://disc.gsfc.nasa.gov/mairs/visualization/mairs-monthly-param> Sitesindeki verilerden yararlanılmıştır.



Şekil 4.104. (a-c) 17-18 Şubat Toz Taşınımı Sürecinde ve 19 Şubat Günlerinde Kaydedilen Yağışlar



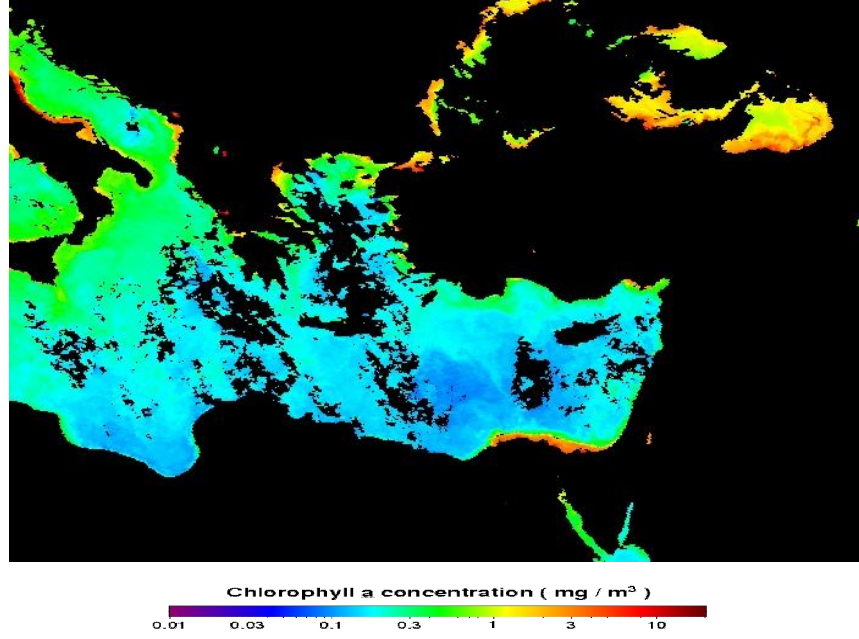
Şekil 4.105. (a-c) 20-21 Şubat Toz Taşınım Günlerinde ve 22 Şubat Günlerinde Kaydedilen Yağışlar

Şekil 4.104 ve Şekil 4.105'de verilen ve 17-18 Şubat toz taşınımı sürecinde kaydedilen yağış rejimi ile 20-21 Şubat sürecinde kaydedilen yağış rejimi tamamen farklıdır. 17-18 Şubat döneminde Akdeniz üzerinde herhangi bir yağış kaydedilmemişken 20 ve 21 Şubat toz taşınımı sürecinde Akdeniz'de yoğun yağışlar izlenmiştir.

Tezin amaçları doğrultusunda gösterilmek istenen olgu bilim dünyasında bir ilktir. Dolayısı ile Sahra tozlarının atmosferdeki CO₂ kaynağı olduğu olgusunu gösterme aşamasında bu taşınım süreçlerinde yağışın etkisinin de olduğunu öne sürmek durumu biraz daha kompleks hale sokmaktadır. Ancak bulut içerisinde oluşan CO₂'nin sulu bir ortamda yağışla birlikte bulut içerisindeki asiditeye bağlı olarak bikarbonat/ karbonat iyonu halde yere inmesi olasılığı da göz ardı edilemez ve 17-18 Şubat ile 20-21 Şubat tarihlerinde izlenen toz taşınımı ve CO₂ oluşumunu destekleyebilecek en akılcı yaklaşım olmaktadır.

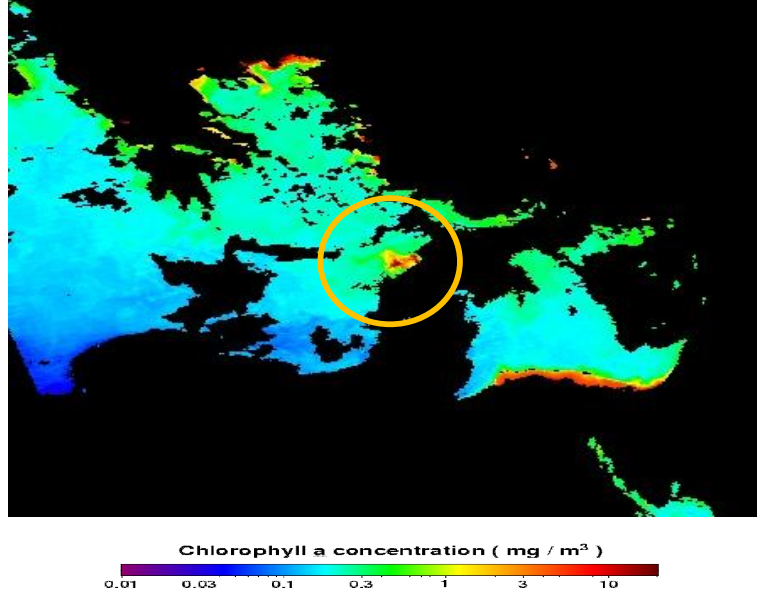
Saydam tarafından öne sürülen bir başka yaklaşım da tozlu yağışların deniz yüzeyine inmesini takip eden günlerde deniz yüzeyinde alg patlamalarının olması gereğidir. (Saydam ve Şenyuva, 2002; Guerzoni ve ark.,1999; Saydam, 1996) Yağmurla denize inen çöl tozları ilk anda alg oluşumu tetiklemekte ancak denizde oluşan alglerin uydular tarafından algılanabilmesi için adaptasyon log büyüme süreçlerini tamamlaması ve durağan faza ulaşması gerekmektedir. Uydular ancak bu dönemdeki alg patlamalarının sinyallerini algılayabilmektedir. Bu zaman süreci genellikle yağışı takip eden 7-8 günlerde olmaktadır.

Bu argüman ile toz taşınım süreci öncesi ve sonrasında Akdeniz'deki alg patlamaları da incelenmiştir.



Şekil 4.106. 2-9 Şubat 2010 Tarihli Akdeniz'de Klorofil Dağılımı

Şekil 4.106'dan da görüleceği gibi toz taşınımı öncesinde Akdeniz'de özellikle Libya Türkiye ekseninde klorofil sadece Antalya Fethiye sahil esimi ve açıklarında izlenmektedir. Toz taşınımını takip eden günlerdeki klorofil dağılımları da incelenmiş ve 2 Mart 2010 tarihli uydu görüntüsü de Şekil 4.107'de sunulmuştur. Doğu Akdeniz'de yüzey sularında klorofil aktivitesini tetikleyebilecek herhangi bir karasal kaynak bulunmamaktadır. Denizin derinliklerinden yüzeye çıkacak göreceli bol besinli dip sularının da sadece Rodos döngüsü ile yüzeye yaklaştığı ancak alg üretiminin de 60 - 100 metre derinliklerde olduğu da bilinmektedir. Bir başka deyişle özellikle doğu Akdeniz'de yüzey sularında alg üretimini destekleyecek hiçbir oşinografik olgu bulunmamaktadır.



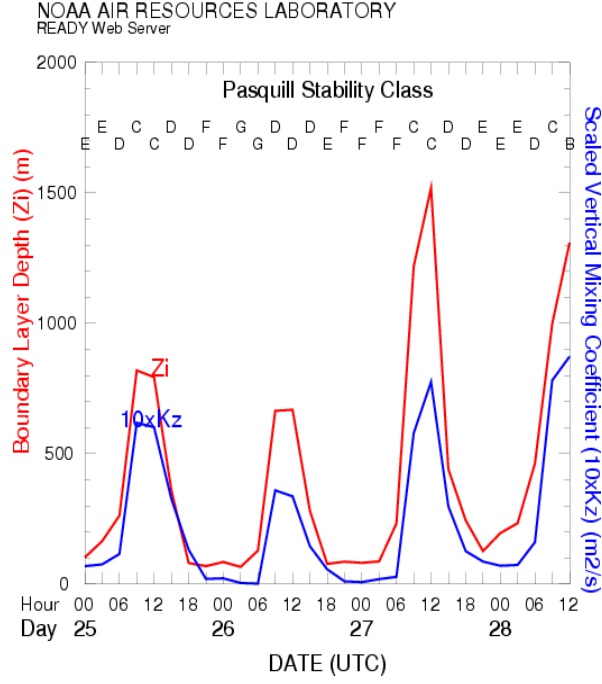
Şekil 4.107. Akdeniz Ortasından Anadolu'ya Kadar İzlenen Alg Yoğunlaşması ve Özellikle Girit Batısında İzlenen Yoğun Alg Patlamasının Uydu Görüntüsü, Siyah Kaplı Alanlar Bulutlu Olması Nedeni İle Maskelenmiştir

Saydam (1996) tarafından öne sürüldüğü gibi toz taşınımı sürecinde tozun yağışla denize inmesi denize ortamını bu tezin amaçları doğrultusunda bulut içi reaksiyonlar ile oluşan kullanılabilir demir ile tohumlamakta ve alg oluşumunu tetiklemektedir. Bu hipotezin en güzel deneneceği yer de alg açısından son derece fakir olan doğu Akdenizdir.

Şekil 4.107'de 20-21 Şubat döneminde taşınan çöl tozlarının denize yağışla inmesi sonrasında deniz yüzeyinde genel olarak ancak bazı noktalarda da çok yoğun olmak üzere alg oluşumunu göstermektedir. Dolayısı ile 20-21 Şubat toz taşınım döneminde tozun taşınması sürecinde oluşan yağışların alg oluşumunu desteklediği ve belki de bu nedenle oluşan CO₂ dengesinin bikarbonat karbonat yönünde ilerlediği ve Ankara atmosferinde daha az ölçüldüğü ileri sürülebilir.

22 Şubat tarihinden itibaren artan CO₂ değerlerinin ise Şekil 4.108'de gösterilen ve 22-25 Şubat 2010 arasını kapsayan rüzgar gülü dağılımına göre çok zayıf ve örneklemeye noktasına kirletici kaynakların taşınmasına olanak tanıyan doğu yönlerden de hava akımlarını taşıdığı izlenebilir.

CO₂ değerlerinin 26 Şubat'ta yeniden bir tepe noktasına ulaştığı izlenmektedir. Genel duruma bakıldığında bu günlerde Ankara üzerinde etkili bir hava akımı izlenmemektedir.



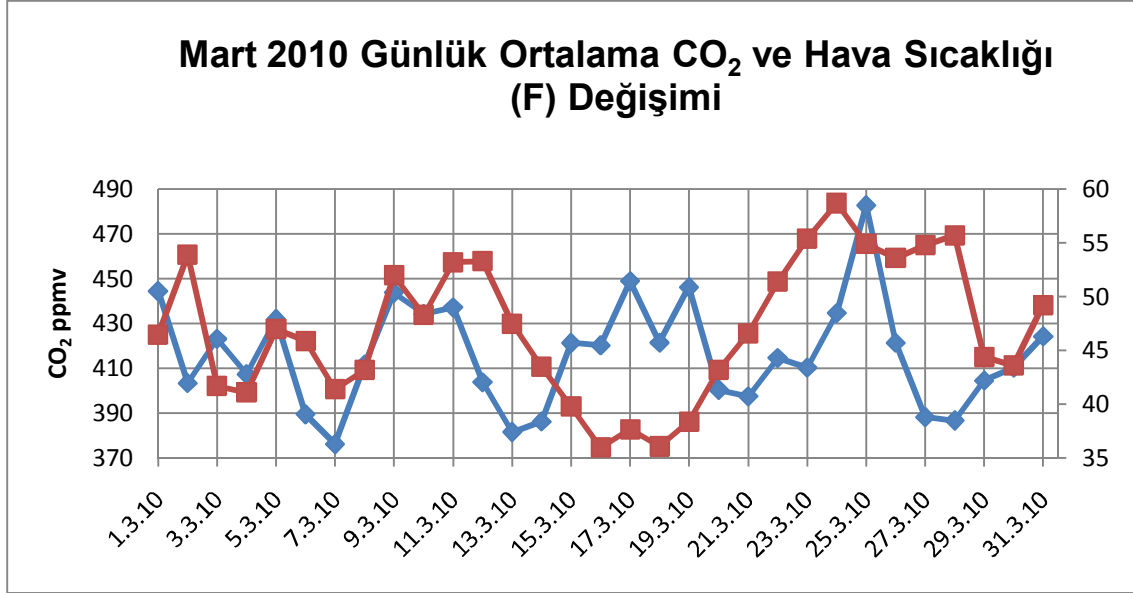
Şekil 4.108. 25-28 Şubat Tarihlerinde Ankara Atmosferinde Etkili Olan Rüzgarlar ve Kararlılık Durumu

Ankara atmosferinde izlenen tabakalaşma koşulları gösterilmektedir. 26 Şubat'ta izlenen enverziyon koşulları nedeni ile en üst seviyelere ulaşan CO₂ kararlılığın ve tabakalaşmanın 27 Şubat'ta kalkması ile CO₂ seviyesi 27 Şubat tarihinde hızla azalmıştır.

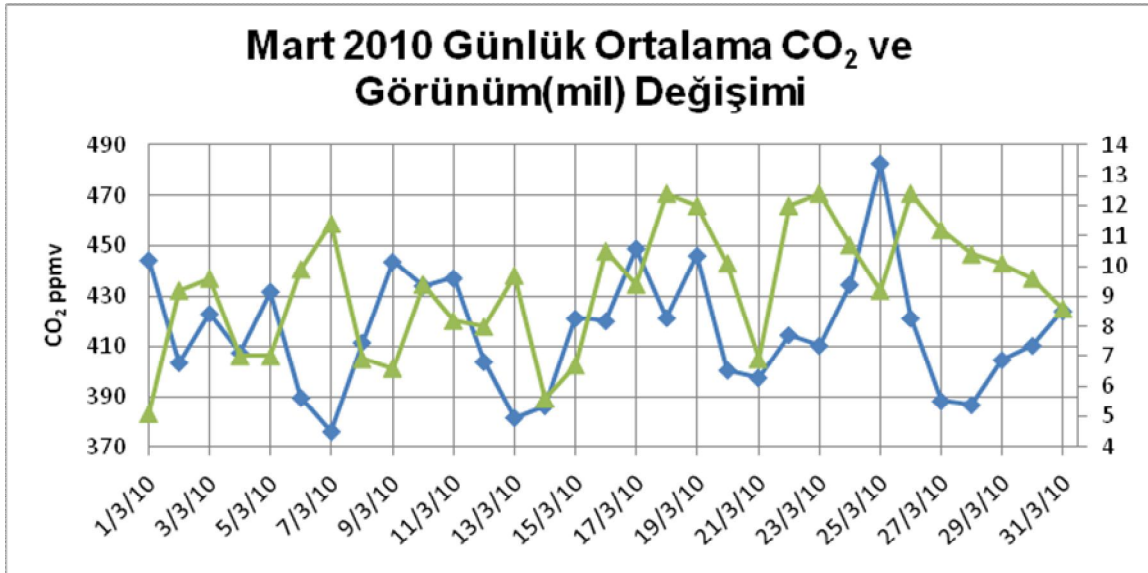
Şubat içerisinde izlenen ve tezin amaçları doğrultusunda değişim gösteren bu hava akımlarının detaylı incelenmesi diğer etkenlerin olmadığı bir dönemde toz taşınımının tezin amaçları doğrultusunda atmosferde CO₂ değişimine neden olabileceğini göstermesi açısından önemli bir veri olmuştur. Güneş enerjisinin giderek daha yeterli seviyelere ulaşmasının beklendiği bundan sonraki dönemlerde atmosferdeki CO₂ artışının çok daha belirgin hale gelmesi beklenmektedir.

4.1.3.5 Mart 2010 ayı CO₂ değişimi

Mart 2010 ayı içerisinde izlenen toplu sonuçlar günlük ortalama olarak Şekil 4.109 ve Şekil 4.110'da verilmektedir.

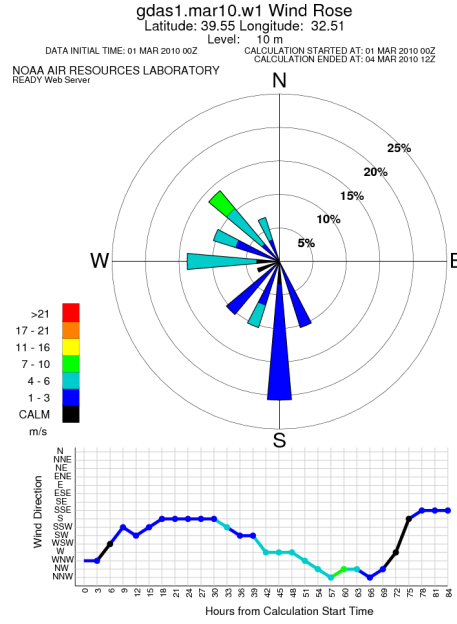


Şekil 4.109. Mart 2010 Günlük Ortalama CO₂ ve Hava Sıcaklığı Değişimi



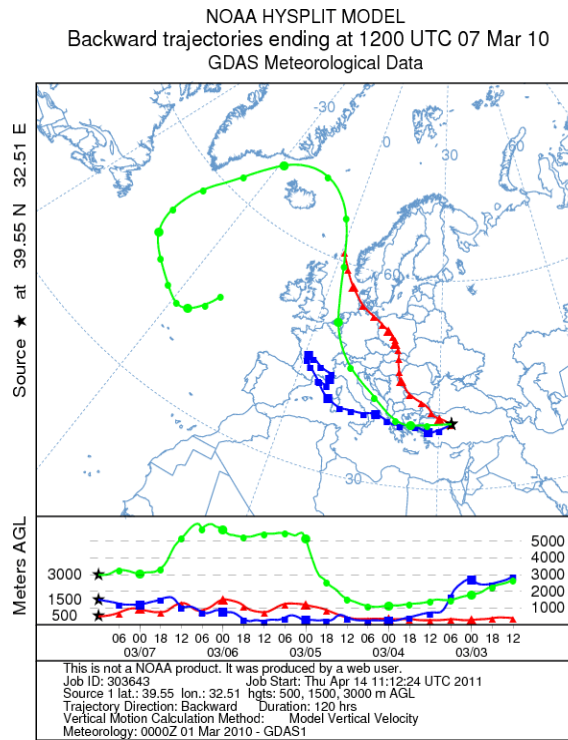
Şekil 4.110. Mart 2010 Günlük Ortalama CO₂ ve Görünüm (mil) Değişimi

Mart 2010 ayı Şekil 4.111'da 1-4 Mayıs dönemi için gösterilen rüzgar dağılımları ile sakin bir şekilde başlamış ve CO₂ seviyesi de yerel kaynakların etkisinde 410-430 ppmv seviyesinde değişim göstermiştir.



Şekil 4.111. 1-4 Mart 2010 Tarihli Rüzgar Yön ve Şiddet Dağılımı

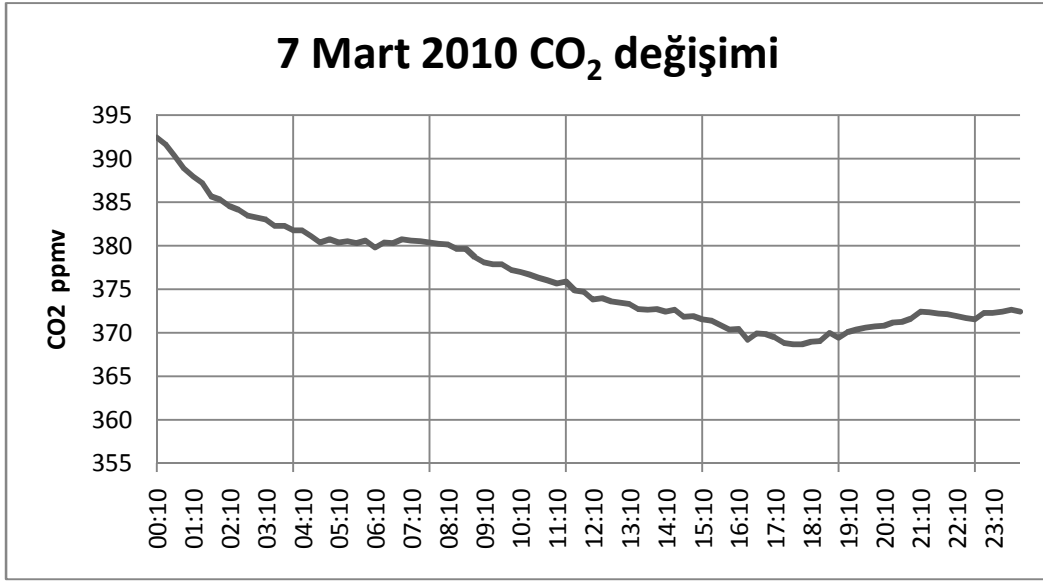
2010 Mart ayı içerisinde izlenen ilk toz taşınım olayı 8 ve 9 Mart günlerinde izlenmiştir. Toz taşınımı öncesinde 7 Mart günü ay içerisinde kaydedilen en düşük CO₂ seviyesi olmuştur. Şekil 4.112'de gösterilen 7 Mart 2010 tarihli geri izlemeye göre 7 Mart tarihinde Ankara atmosferine ulaşan hava kütlesi;



Şekil 4.112. 7 Mart Tarihli Geri İzleme Sonucu

Şekil 4.112’de verilen grafiğe göre 7 Mart tarihinde Ankara örnekleme noktasına ulaşan hava kütlelerinin 5 günlük takip ettiği yollar 500, 1500 ve 3000 metre yüksekliklerde olmak üzere Avrupa kaynaklı olmuştur. Avrupa’dan kaynaklanan hava kütlesi ay içerisinde izlenen en düşük CO₂ seviyesinin ölçülmesine neden olmuştur.

En düşük CO₂ seviyesinin izlendiği bir gün içerisinde CO₂’nin nasıl değiştiği ise Şekil 4.113’te gösterilmiştir.

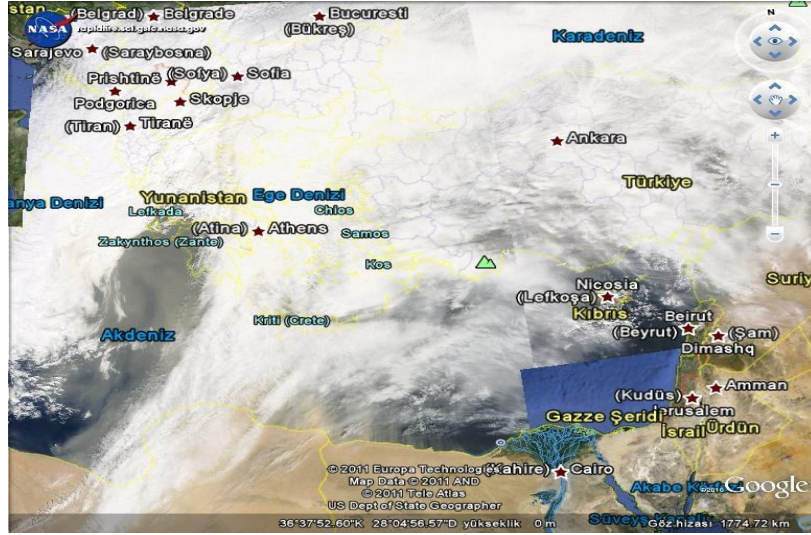


Şekil 4.113. 7 Mart 2010 Günü Kaydedilen CO₂ Değerleri

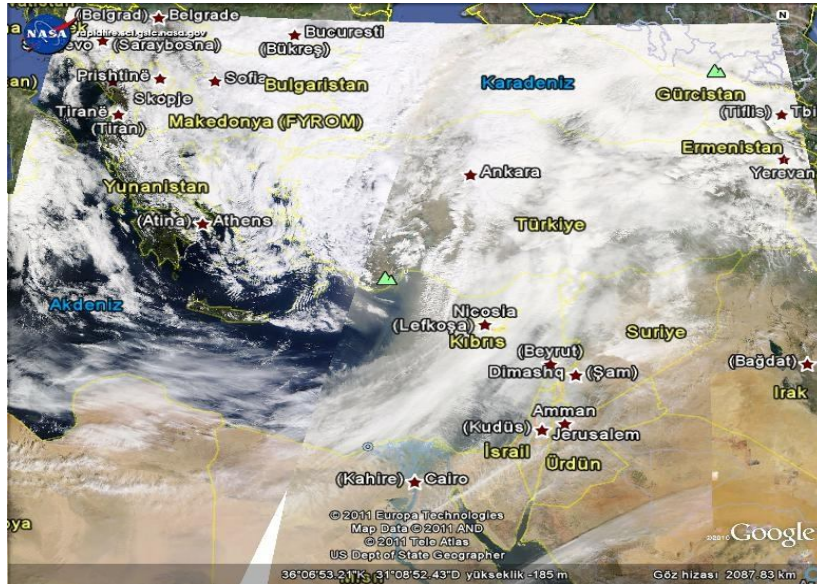
Şekil 4.113’ten de izleneceği gibi CO₂ seviyesi beklendiği veya bilindiği gibi gece saatlerinde en yüksek değerlere ulaşmakta gündüz saatlerinde ise en düşük değerlere düşmektedir.

8 Mart günü yoğun bir toz Sahradan çıkmış ve Akdeniz’de yayılmaya başlamıştır.

8 ve 9 Mart günlerine ait uydu verileri Sahra kökenli tozun varlığını kesin bir şekilde göstermektedir. 8 ve 9 Mart günü uydu tarafından kaydedilen uydu görüntülerin birleştirilmiş hali Şekil 4.114 ve 4.115’te gösterilmektedir.



Şekil 4.114. 8 Mart Tarihli Toz Taşınımı



Şekil 4.115. 9 Mart Tarihli Toz Taşınımı

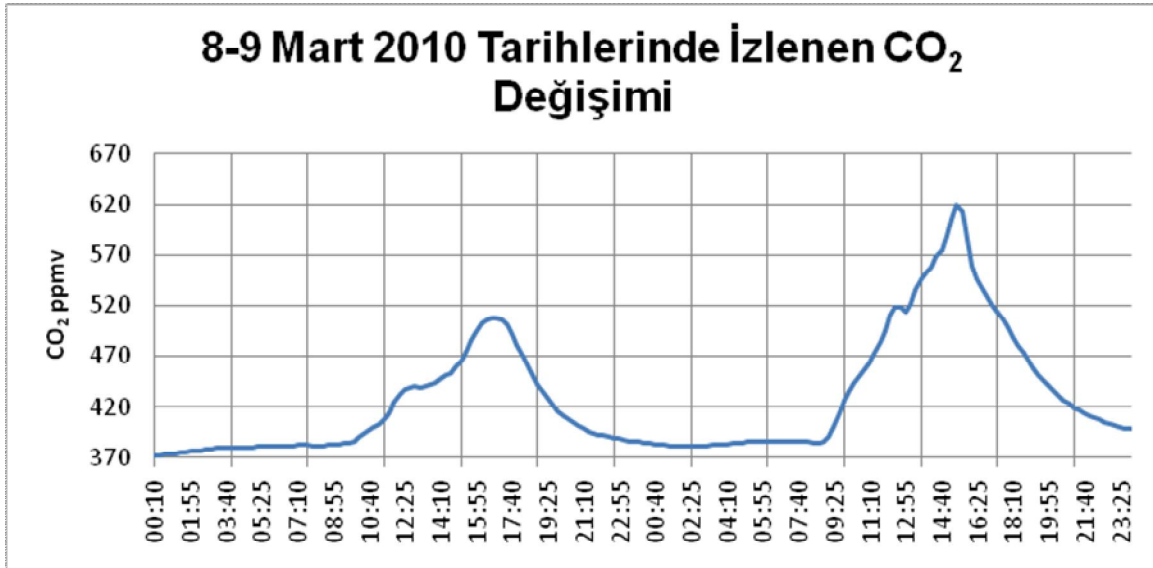
Uydu görüntülerinden de anlaşılacağı üzere 8 ve 9 Mart 2010 günlerinde Sahra tozlarının Anadolu'ya taşındığı kesindir.

9 Mart tarihinde Beytepe yerleşkesinden çekilen Ankara görüntüsü de Şekil 4.116'da gösterilmektedir. Fotoğraf toz taşınımı sürecinde Ankara atmosferindeki durumu göstermektedir. 8 ve 9 Mart tarihli uydu verilerinden sistemin 24 saat içerisinde aldığı mesafe de belirginleşmektedir. Dolayısı ile örnekleme yapılan noktada herhangi bir yerel kirleticinin etkisinin de olması beklenemez. Dolayısı ile izlenen CO₂ değişimini etkileyecek olan yegane faktör Sahra kökenli toz taşınımı olayıdır.



Şekil 4.116. 9 Mart 2010 Saat 14:20'de Çekilen Ankara Görüntüsü

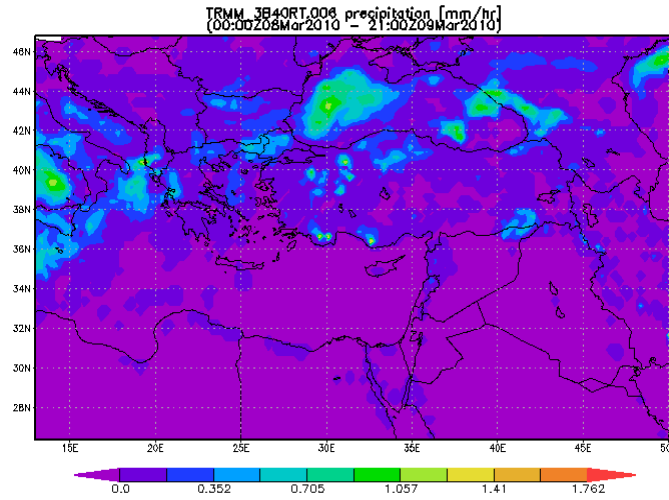
Tüm bu veriler 8-9 Mart tarihlerinde Ankara atmosferinde Sahra kökenli tozların güney yönlerden gelerek etkili olduğunu tartışmasız bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu dönem içerisinde özellikle Şekil 4.114-Şekil 4.115'te gösterilen 8-9 Mart 2010 tarihlerinde CO₂ verilerinde izlenen artışın yegane açıklaması bu tezin amaçlarında belirtilen Sahra kökenli tozların bulut içerisinde güneş enerjisi ile tetiklenen reaksiyon zinciri sonucunda oluşması beklenen CO₂ den ileri gelmektedir.



Şekil 4.117. 8-9 Mart 2010 Tarihlerinde İzlenen CO₂ Değişimleri

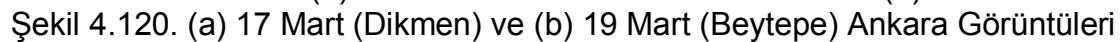
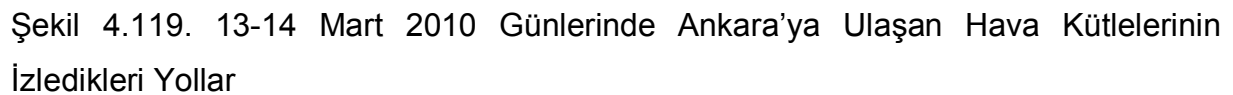
Şekil 4.117’de izlenen CO₂ konsantrasyonunun toz taşınımının olduğu her iki günde de sabah saatlerinden başlayarak artış göstermesi ve epe noktaya da 15 gibi bir zamanda ulaşılması bulut içerisindeki reaksiyon zincirinin dinamikleri hakkında da bilgi veren çok önemli sonuçlar olmaktadır. Toz taşınımının örnekleme noktasından daha yoğun olarak geçmesi gereken 9 Mart günü ulaşılan 620 ppmv seviyesi de bunu kanıtlamaktadır. Bu seviye kış döneminde izlenen enverziyon dönemlerinde dahi ulaşılmamış bir değerdir. Kaldı ki kış döneminde izlenen CO₂ seviyeleri en yüksek değerlere gece vakti çıkmakta idi. Şekil 4.109 ve Şekil 4.110’de gösterilen ve 8-9 Mart tarihli toz taşınımından bir gün önce izlenen ve Şekil 108’de gösterilen CO₂ değişimi de gece saatlerinde tepe noktaya ulaşan bir değişim göstermiştir.

Toz taşınımı sürecinde meydana gelen yağışların CO₂ derişimi üzerindeki etkisi Şubat ayı içerisinde izlenen CO₂ ölçümlerinde ortaya çıkan yeni bir olgu idi. 8-9 Mart 2010 toz taşınımı sürecinde yağışların nasıl değiştiği de incelenmiş ve Şekil 4.118’te verilen ve 8-9 Mart 2010 günü gözlenen yağış durumun ve CO₂ değişiminin 7-8 Şubat günlerinde izlenen koşullara benzediği görülmüştür.



Şekil 4.118. 8-9 Mart 2010 Tarihinde İzlenen Toplam Yağışların Yer ve Miktarı

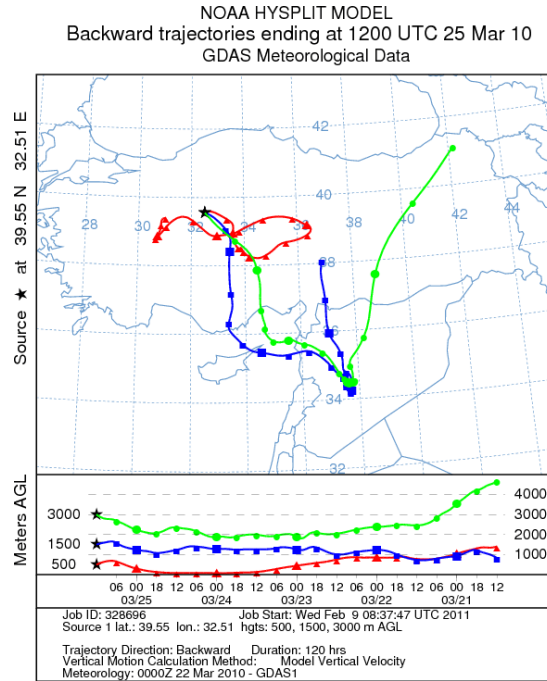
Toz taşınımının hemen ertesinde 12-14 Mart 2010 günlerinde de tozlu günlerde izlenen CO₂ seviyeleri ile tamamen ters bir durum izlenmiş ve ay içerisinde kaydedilen en düşük CO₂ seviyelere inmiştir.



Şekil 4.120’de verilen 17 ve 19 Mart tarihli Ankara görüntüsü şehrin üzerinde enverziyon olduğu izlenimi veren bir görüntü sergilemektedir. Üst atmosfer tamamen açık ve net bir şekilde izlenirken yer seviyesinde bir tabakalaşma izlenmektedir. Aynı günlere ait DMI verileri de şehirde orta ve kuvvetli şekilde enverziyon olasılığını göstermektedir.

Dolayısı ile 13-14 Mart tarihlerinden sonra 21 Mart tarihine kadar yükselme eğilimine giren CO₂’nin nedeni olarak şehirdeki enverziyon ve buna bağlı olarak birikim gösteren yerel kaynaklı CO₂’dir. Bu durum 20-21 Mart tarihlerinde yeniden azalma eğilimi göstererek değişim göstermiştir. 25 Mart tarihinde en üst seviyeye ulaşan CO₂ seviyesinin nedeni araştırıldığında ise şu durumla karşılaşılmıştır. 21-24 Mart tarihleri arasında çöl kökenli herhangi bir kaynak aktivitesi izlenmemiştir.

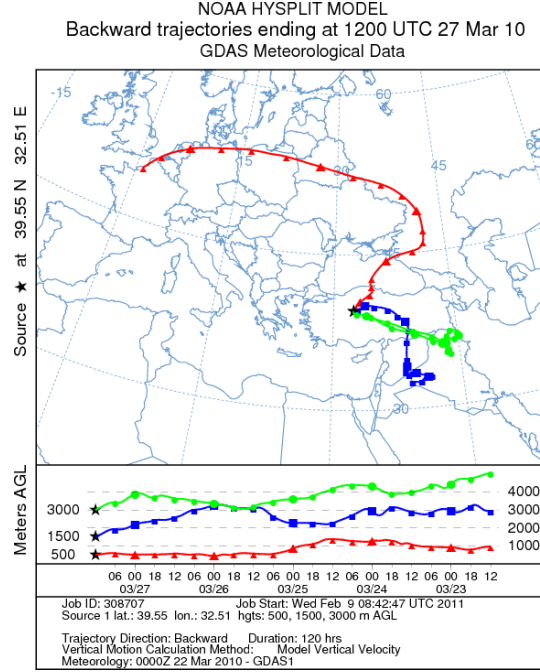
Şekil 4.121’de gösterilen 25 Mart 2010 tarihli geri izleme şeklinden de görüleceği gibi;



Şekil 4.121. 25 Mart 2010 Tarihinde Ankara Atmosferinde Etkili Olan Havanın 120 Saat Sürecinde İzlediği Yollar

Şekil 4.121’de Ankara iline ulaşan hava akımları özellikle yer seviyesinde hava akımlarının zayıf olduğunu ve yerel kaynaklı kirleticilerin kümülatif etkisini taşıyabileceğini göstermektedir.

27-28 Mart tarihlerinde ise yine “background” seviyelerine geri dönen CO₂ ölçümleri yapılmıştır. Şekil 4.122’de verilen 27 Mart 2010 tarihli hava akımının geri izlemesi yapıldığında bu durumun kaynağı hakkında net bir bilgi edinmek mümkün olmaktadır.

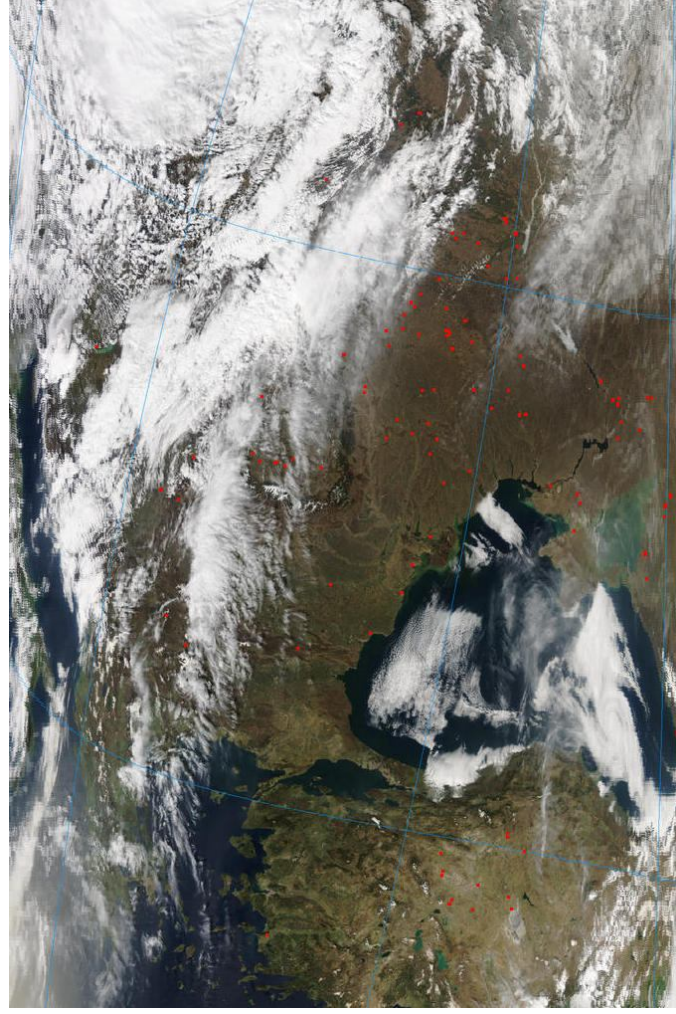


Şekil 4.122. 27 Mart 2010 Tarihinde Ankara Atmosferinde Etkili Olan Havanın 120 Saat Sürecinde İzlediği Yollar

27 Mart tarihli bu geri izleme grafiğinde verilen 25-27 Mart aralığına air rüzgar yön ve şiddetlerinden Ankara iline ulaşan hava akımlarının yer seviyesinde kuzeyli olduğunu ve neden CO₂ seviyesinin en düşük değerlere indiğini, daha üst atmosferde etkili olan hava akımlarının da doğulu olduğunu ancak uzun mesafeli taşınımlardan etkilenmediğini göstermektedir.

Burada detayları verilmemekle beraber 26-27 Mart tarihlerinde Akdeniz baseninde Sahra kökenli tozlar uydu verileri aracılığı ile izlenmekte ancak bu hava akımı sadece Akdeniz baseninde ve Anadolunun güney sahil kesiminde etkili olabildiği görülmektedir.

Şekil 4.123’te verilen, 27 Mart 2010 tarihli uydu görüntüsü de özellikle Ankara ve yurdun kuzey kesimlerinde net bir görüntü vermektedir. Uydu verileri ile böyle net görüntünün alınması uydu ile yer arasında normal atmosferik koşullar dışında herhangi bir etkenin olmadığını da göstermektedir.



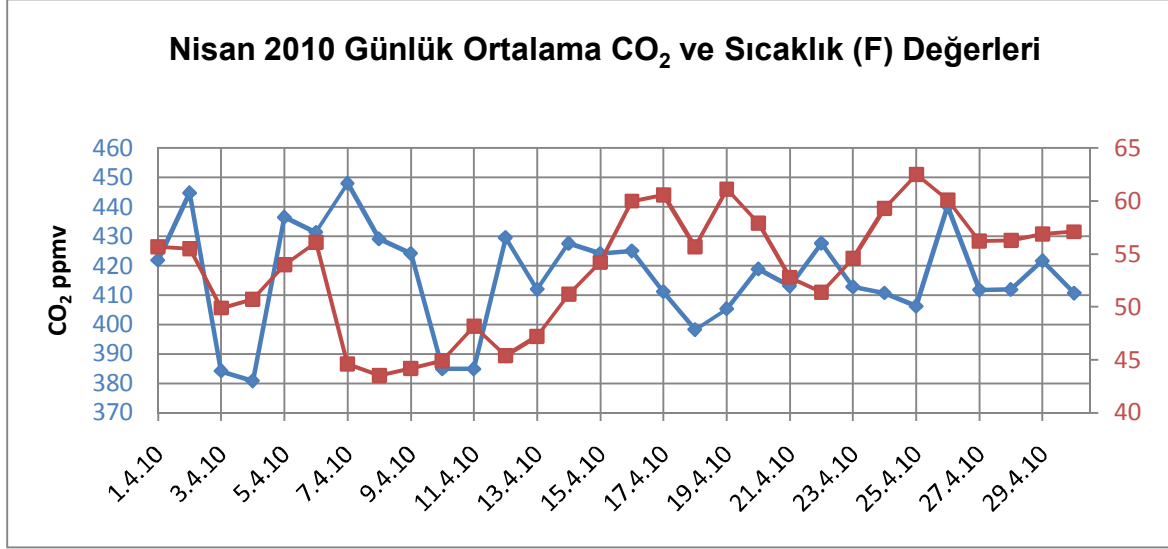
Şekil 4.123. 27 Mart 2010 Tarihli Net Ankara Görüntüsü ve Libya Adriyatik İstikametinde Hareket Eden Toz Kütlesi

Şekil 4.123'te verilen, 27 Mart 2010 tarihli uydu verisi. Karadeniz üzerinde görünen beyazlıklar yer seviyesinde sis olarak bilinen olayın uydu perspektifi olmaktadır. Uydu görüntüsünde Adriyatik denizi üzerinde izlenen toz nedeni ile 29 Mart tarihinden itibaren CO₂ seviyesinde artış izlenmeye başlanmıştır.

Mart 2010 ayının son gününde de toz çıkışı devam etmiş ve CO₂ seviyesi 420 ppmv seviyesine tırmanmıştır.

4.1.3.6 Nisan 2010 ayı CO₂ değişimi

Nisan 2010 ayı içerisinde ölçülen ortalama günlük CO₂ ve sıcaklık (F) değerleri Şekil 4.124'te verilmiştir.

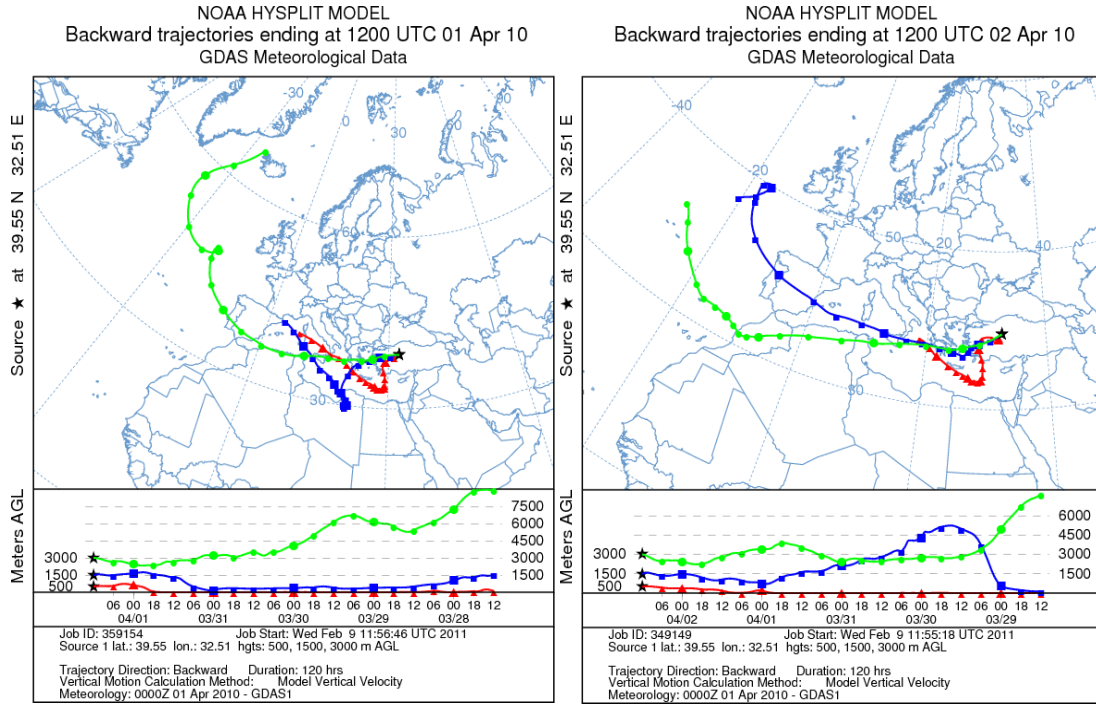


Şekil 4.124. Nisan 2010 Ayı Günlük Ortalama CO₂ ve Sıcaklık (F) Değişimleri

Nisan ayı içerisinde 2-7 ve 26 Nisanda en yüksek, 3-4, 10-11 Nisan günlerinde ise en düşük CO₂ değerleri kaydedilmiştir. 2 Nisan 2010 günü kaydedilen 445 ppmv ortalama CO₂ değerinin nedeni 31 Mart'ta çıkışa başlayan Sahra tozudur. En düşük değerlerin kaydedildiği günler beklenildiği gibi kuzeyli hava akımlarının Ankara atmosferinde etkili olduğu günler olmuştur.

Şekil 4.124'te verilen 1 ve 2 Nisan 2010 günlerinde kaydedilen yüksek CO₂ değerleri batılı hava akımları ve bunların Sahra çölünden kaldırdığı tozların bulut içerisindeki etkileşimi sonucunda oluşmuş olan CO₂ nedenine bağlanmıştır.

Şekil 4.125'te verilen, 1 ve 2 Nisan tarihli hava geri izleme grafiği Ankara'ya ulaşan hava akımlarının Sahra kökenli hava akımlarını Ankara'ya taşıdığını göstermektedir.

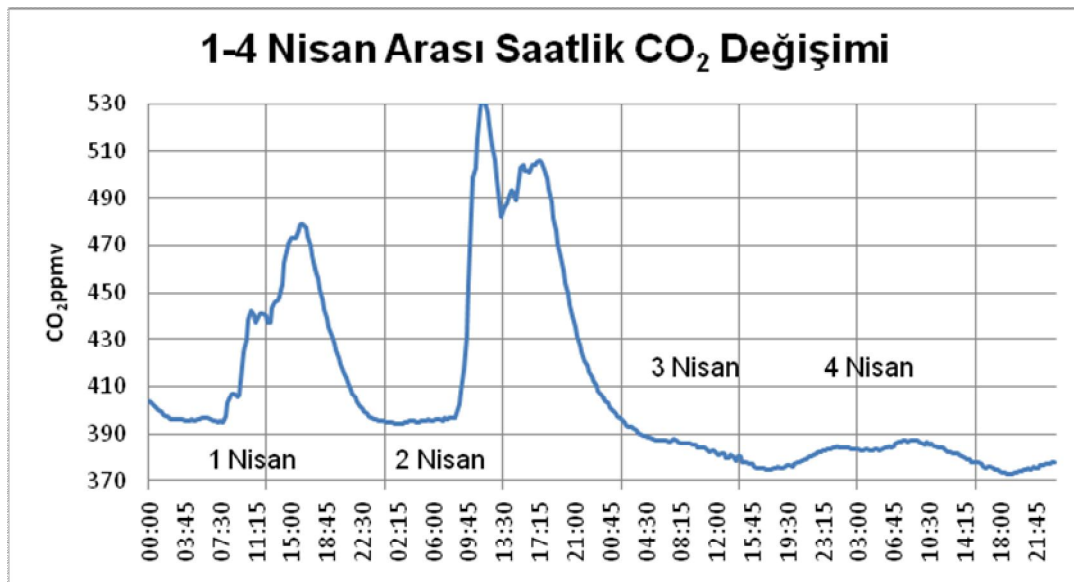
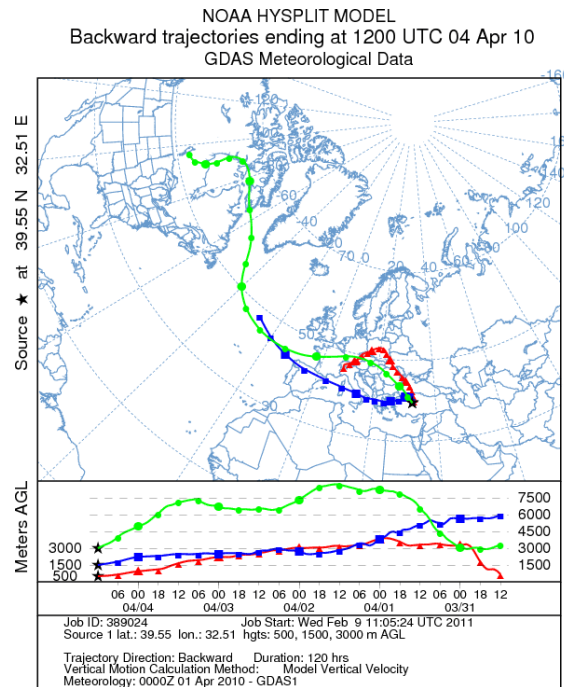


Şekil 4.125. 1 ve 2 Nisan 2010 Tarihli Hava Akımları Geri İzleme Grafikleri



Şekil 4.126. 1 Nisan 2010 Tarihli MODIS Uydusu Kompozit Görüntüsü

Uydu verisinden de görüleceği gibi 1 Nisan tarihinde Sahra kökenli toz taşınımı Ankara atmosferini etkilemiş ve 31 Mart gününden başlayan CO₂ artışı 1 ve 2 Nisan günlerinde de süregelmiştir.

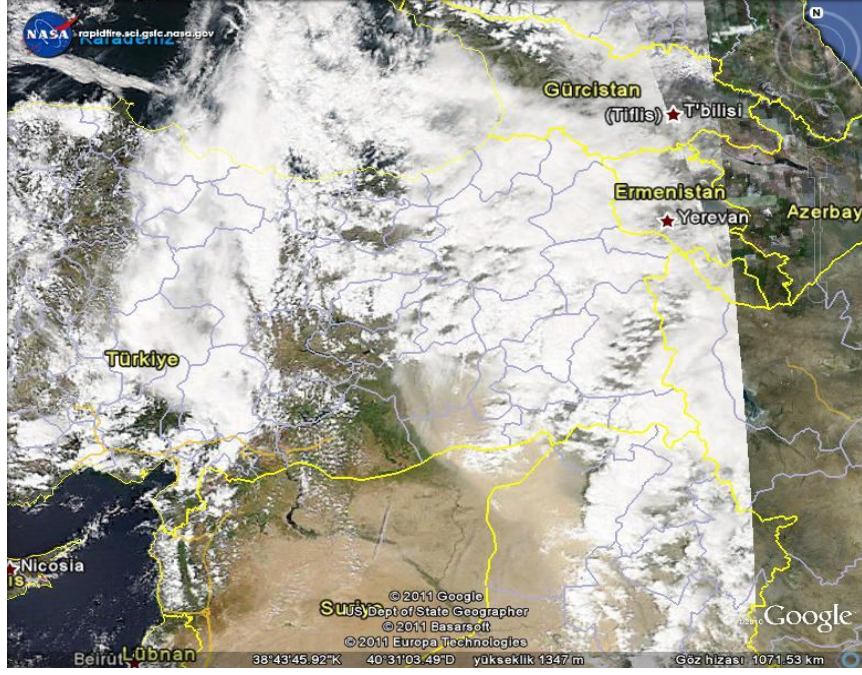


Şekil 4.125 ve Şekil 4.126'da verilen toz taşınımı olduğu dönemlerde ölçülen ve Şekil 4.128'te verilen 1-4 Nisan 2010 arasında ölçülen CO₂ saatlik değişimi daha önceden olduğu gibi CO₂'nin tezin amaçları doğrultusunda belirtilen reaksiyon mekanizması ile uyumlu olarak gündüz saatlerinde arttığını göstermektedir. Toz taşınımını takip eden süreç içerisinde 3 ve 4 Nisan'da gelen hava akımlarının ise CO₂'nin gece sürecinde artmasına neden olduğu izlenmektedir. Sahra tozu taşınımı sürecinde ölçülen CO₂ oluşumunun boyutları da hayli enteresandır. Mart ayında çok daha yoğun toz taşınımı izlenmiş ve o yoğunlukta tozların taşınım sürecinde ulaşılan CO₂ değerleri ve 1 ve 2 Nisan 2010 sürecinde ulaşılan değerler güneş enerjisindeki artışın ne kadar etkili olabileceği hakkında bir fikir de vermektedir.

3 ve 4 Nisan günlerinde Ankara'ya ulaşan hava akımlarının izlediği yollar güneyli hava akımlarına göreceli olarak çok daha gelişmiş hatta ileri sanayi ülkeleri üzerinden geçmiş olsa dahi Ankara Beytepe izleme noktasında yapılan CO₂ ölçümleri en düşük seviyelere inmiştir. Dolayısı ile endüstrileşmiş ülkelerden kaynaklanan hava akımlarının CO₂ seviyesini arttırdığı olgusu her seferinde gösterildiği gibi geçerli bir değerlendirme değildir. Tam tersine CO₂ seviyeleri sanayileşmiş ülkelerden gelen hava akımları sürecinde en aza inmektedir.

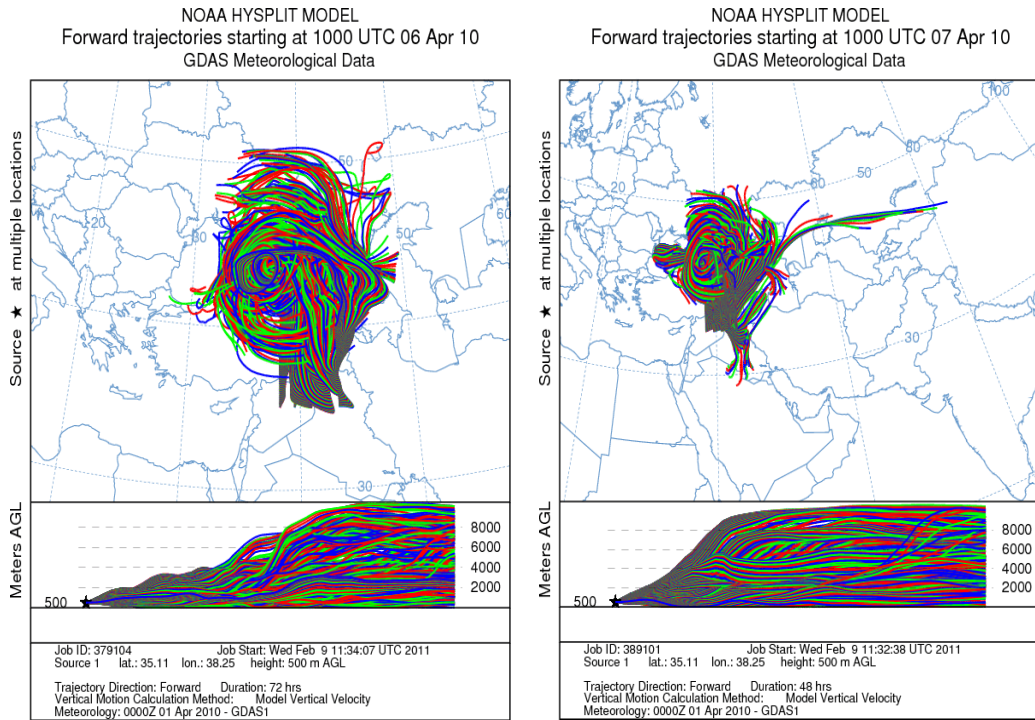
Bu "background" seviyelerden hemen sonra CO₂ değerlerinde ani bir sıçrama izlenmiştir. 5 ve 6 Nisan'da artan CO₂ değerleri 7 Nisan'da tepe noktasına ulaşmıştır. 6 ve 7 Nisan günlerinde Orta Doğu kökenli bir hava akımı Güney Doğu Anadolu üzerinden ülke sınırlarını geçmiştir ve yer seviyesinde olağan üstü görüntülere neden olmuş hatta hava ulaşımını dahi etkilemiştir.

Şekil 4.129'da gösterilen, 7 Nisan 2010 tarihli MODIS Uydu verisi de bu toz taşınımının boyutlarını tartışmasız bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 4.129. 7 Nisan 2010 Tarihli Toz Taşınımı Olayının MODIS Terra Uydu Görüntüsü

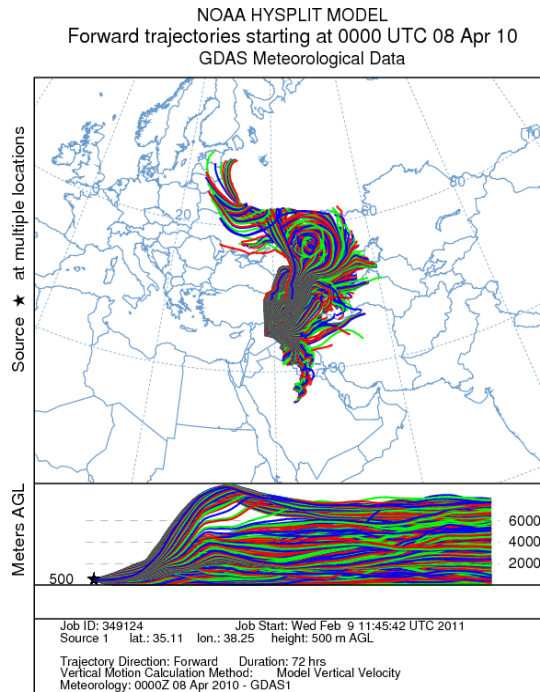
Bu toz taşınımı Ankara'nın doğusunda olsa da toz taşınımı sürecinde ve bir gün öncesinde toz taşınımına neden olan hava akımlarının izlediği yollar Şekil 4.130'de gösterilmiştir.



Şekil 4.130. 6 ve 7 Nisan 2010 Günlerinde Güneydoğudan 500 Metre Seviyesinde Anadolu'ya Giren Hava Akımlarının 48 Saat Süresince İzlediği Yol

Şekil 4.130'te verilen şekillerden de görüleceği üzere toz taşınımı sürecinde bulut içerisinde olması muhtemel reaksiyon ürünlerinin önce kuzeye daha sonra da Ankara istikametindeki hareketini izlemek mümkündür. Dolayısı ile 7 Nisan günü en tepe noktaya ulaşan CO₂ seviyesinin de tezin amacıyla belirtildiği gibi bulut içi reaksiyonlar sonucunda oluşmuş olduğu görülmektedir.

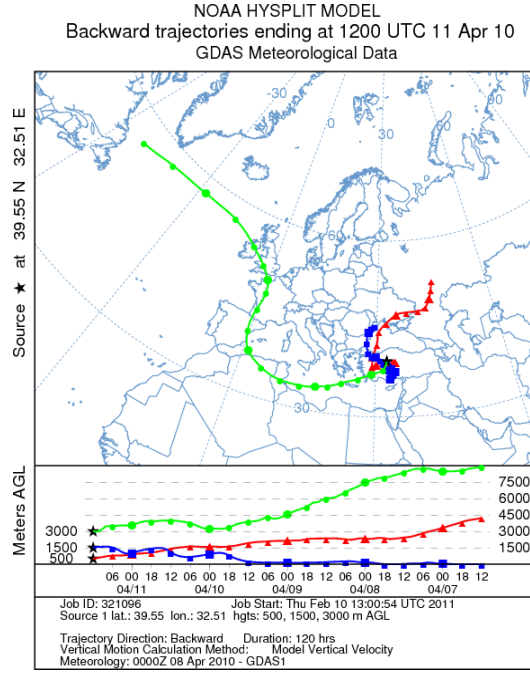
8 ve 9 Nisan'da azama eğiliminde olan CO₂ değerlerinin bu hava kütesinin daha kuzeye ve doğuya hareket etmesi nedeni ile meydana geldiği öne sürülebilir. Bu tezimizi destekleyecek olan olgu 6 ve 7 Nisan'da Güney Doğu Anadolu'dan ülke sınırlarına giren hava akımlarının 8 Nisan 2010 (Şekil 4.131) tarihli ileri izleme grafiğinde takip ettiği yollar ile desteklenmektedir.



Şekil 4.131. 8 Nisan 2010 Tarihli İleri Hava Hareketi İzleme Grafiği

Görüleceği gibi çöl kökenli tozların bulut içerisindeki reaksiyonları sonucunda oluşan her CO₂ artışını destekleyecek hava akımlarını olay bazında incelemek ve tezin amacıyla belirtilen bulut içerisindeki reaksiyon dizisi sonucunda oluşması beklenen CO₂ için destekleyici veriler bulmak mümkün olmaktadır.

Güney Doğu Anadolu'daki sistemin daha doğuya kayması ile Ankara'ya ulaşan hava akımları kuzeyli yönlerden gelmeye başlamış ve CO₂ seviyesi yeniden 10 ve 11 Nisan 2010 (Şekil 4.132) günlerinde izlenen "background" seviyesine gerilemiştir.



Şekil 4.132. 11 Nisan Tarihinde Ankara Atmosferinde Bulunan Hava Akımlarının Geçmiş 120 Saat İçerisinde İzlediği Yol

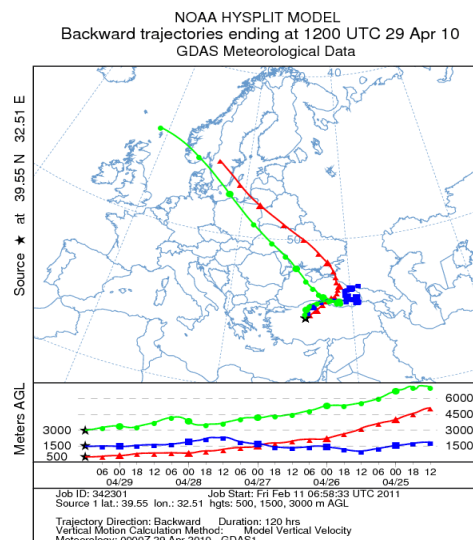
Şekil 4.132'den de görüleceği üzere 11 Nisan'da Ankara üzerinde izlenen hava akımları özellikle 500 ve 1500 metre yüksekliklerde kuzey kaynaklı hava akımları olmakla beraber yine de 3000 metreden gelen hava akımları kadar uzun mesafeli taşınım göstermemiştir. Ankara atmosferinde yapılan ölçümlerin özellikle 500 ve 1500 metre yüksekliklerden gelen hava akımlarının etkisinde olduğu düşünülürse yerel kaynaklı kirleticilerin Nisan ayı içerisinde CO₂ artışına neden olmadığı görülebilir.

Tezin bu aşamasından itibaren ölçüm sürecinde elde edilen verilerdeki ortalama değerlerin açıklanması yerine ortalamadan sapan değerlerin tartışılması ve tozlu günlerin etkisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu yaklaşımımıza destek buraya kadar yapılan incelemeler sonucunda tezin amaçları doğrultusunda toz taşınımı sürecinde atmosferde CO₂ oluşumunun net bir şekilde gösterilmiş ve bu önemlerde ölçülen CO₂ değerlerinin diğer bilinen tüm CO₂ kaynaklarından daha fazla etkili olmasından kaynaklanmaktadır.

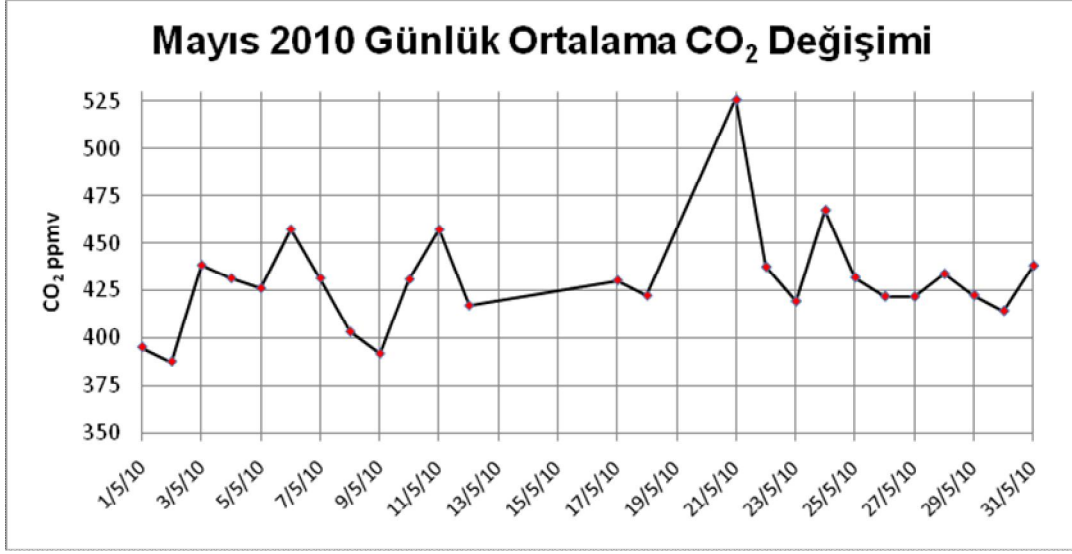
Nisan ayında izlenen diğer bir toz taşınımı ayın 26.'da gerçekleşmiş ve CO₂ seviyesi de buna bağlı olarak artış göstermiştir. Ancak zayıf bir toz taşınımı olması nedeni ile uydu verileri ile tartışılmamıştır. Ölçümü destekleyecek veri olarak 26 Nisan günü

çekilen Ankara görüntüsü Şekil 4.133'te gösterilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus diğer toz taşınımına göre uydu verilerine bakılarak daha az yoğunlukta toz taşınmış olduğu izlense de ulaşılan ortalama CO₂ değerlerinin giderek artan güneş enerjisi ile çok daha fazla CO₂ üretiyor olmasıdır. Bu da ileride yapılacak çalışmaların toz ölçümü ile birlikte yapılması gereğini ortaya koymaktadır.

Şekil 4.133. 26 Nisan 2010'da Beytepe'den Çekilen Ankara Görüntüsü

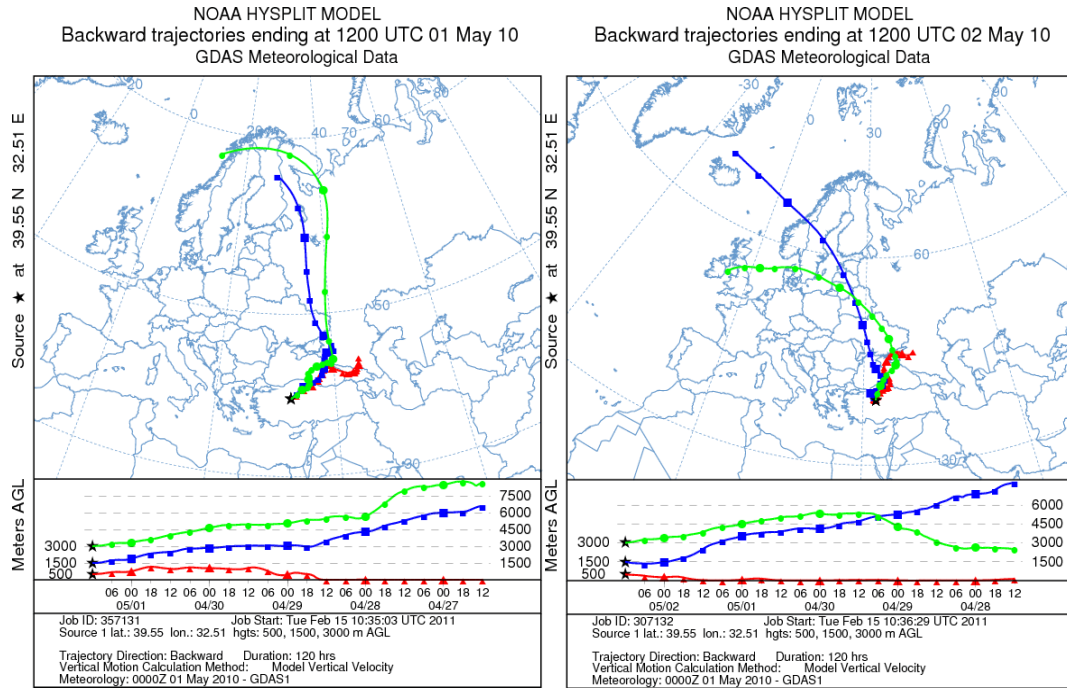


4.1.3.7 Mayıs 2010 ayı CO₂ değişimi



Şekil 4.135. Mayıs 2010 Ayı Günlük Ortalama CO₂ Değişimi

Mayıs 2010 ayı içerisinde ölçülen ortalama günlük CO₂ değerleri Şekil 4.135'te verilmiştir. 1 ve 2 Mayıs ve 8 9 Mayıs günlerinde ay içerisinde kaydedilen en düşük CO₂ seviyeleri izlenmiştir. Bu düşük seviyelere neden olan hava akımlarının izlediği yol ise Şekil 4.136'da gösterilmiştir.



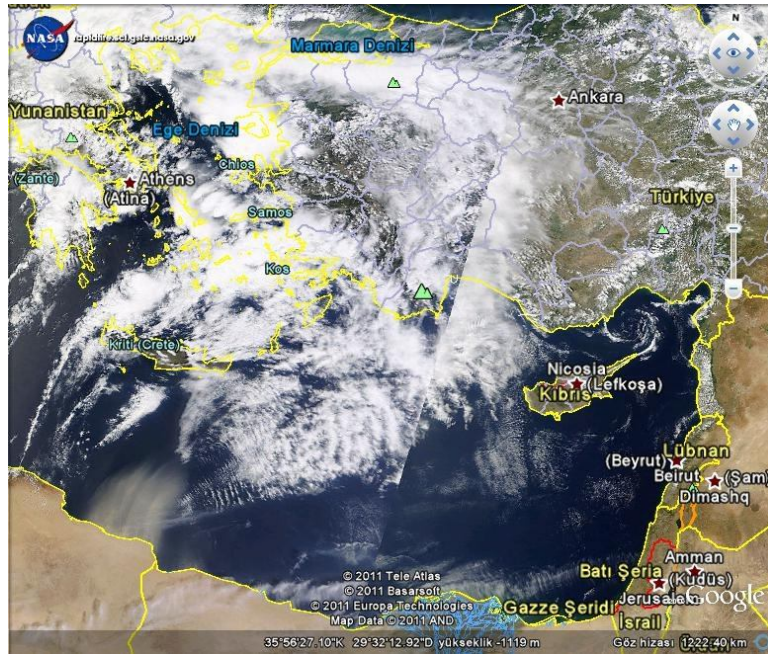
Şekil 4.136. 1 Ve 2 Mayıs Günlerinde Ankara Atmosferine Gelen Hava Akımlarının Geçen 120 Saat Sürecinde İzlediği Yol

Beklenildiği gibi en düşük seviyedeki CO₂ konsantrasyonları Mayıs ayı başında dahi kuzey kaynaklı hava akımları nedeni ile oluşmaktadır.

Sahra kökenli hava akımlarının olmadığı Mayıs ayının ilk günlerine benzer hava koşullarının Mayıs ayının ilk yarısında süregeldiği izlenmiştir. 13-17 Mayıs 2010 ve 19-21 Mayıs 2010 tarihleri arasında bilgisayar hatası nedeni ile kayıtlarda bir aksama olmuştur.

21 Mayıs günü kaydedilen yüksek CO₂ değerlerine neden olan olayın arkasında yine Sahra kökenli hava akımları mevcuttur.

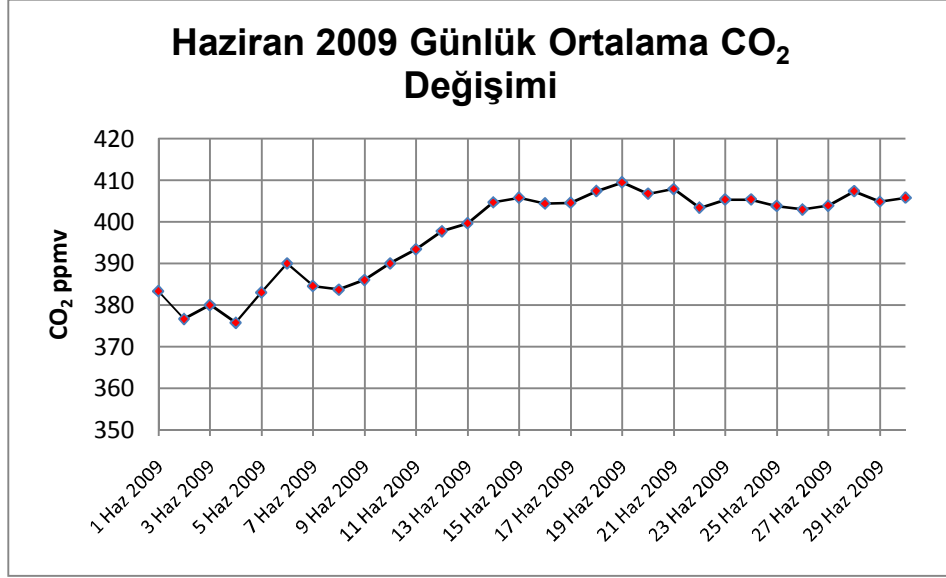
Şekil 4.137'de gösterilen 1 Mayıs 2010 tarihli uydu verisinden Sahra kökenli hava akımlarının çıkışı ve Anadolu üzerinde tezin amaçları doğrultusunda toz bulut güneş enerjisi karşımı ile oluşan ve yer seviyesinde CO₂ artışına neden olan olayın uydu açısından görünümü verilmektedir.



Şekil 4.137. 1 Mayıs 2010 Tarihli Toz Taşınımı Olayının MODIS Terra Uydu Görüntüsü

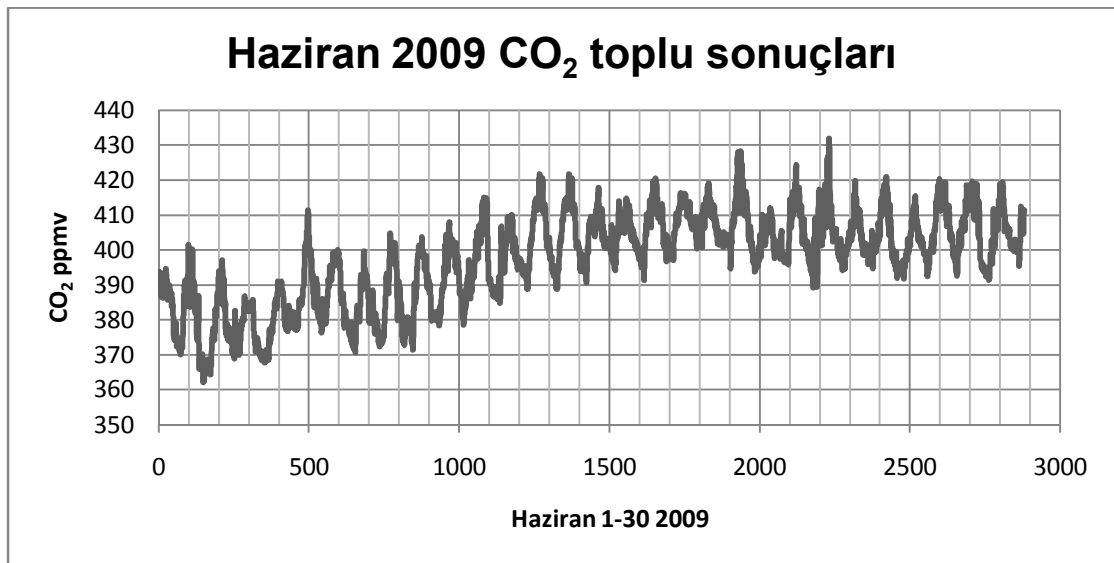
4.1.3.8 Haziran 2009 ayı CO₂ değişimi

Haziran 2009 döneminde kaydedilen CO₂ ortalama değerleri sürekli bir artış göstermiştir (şekil 4.138).



şekil 4.138. Haziran 2009 Ayına Ait Günlük Ortalama CO₂ Değerleri

Bu nedenle verilerin saatlik bazda değişimi de dikkate alınmış ve şekil 4.138’de saatlik verilerin ay içerisinde değişimi de ayrıca gösterilmiştir. şekil 4.139’da ise Haziran 2009 sürecinde elde edilen tüm değerler verilmiştir.



şekil 4.139. Haziran 2009 Sürecinde Elde Edilen Tüm CO₂ Değerleri

Haziran ayına topluca bakıldığında genel bir artış izlenmektedir. Bu artışın yeşil bitki örtüsünde Haziran sürecinde artan yoğunlaşmadan ileri geldiği düşünülmektedir.

Ancak CO₂ artışının bu nedenle olduğunu ölçüm sonuçlarımızın kanıtlamasına olanak yoktur. Tek destek literatürde Xu ve ark. (2005) tarafından Aynı enlem kuşağında Çin'deyapılan ölçümlerden gelmektedir.

Çalışmaların başladığı ilk ay olan Haziran ayının ilk 10 günü CO₂ seviyeleri 375-390 ppmv aralığında değişim göstermiştir. Bu dönem içerisinde uydulardan alınan görüntüler ve de yer seviyesinden çekilen fotoğraflar Ankara atmosferinde çöl kökenli tozların olmadığını kanıtlamaktadır.

12 Haziran tarihinde ise 11 Haziran'da Suriye/Irak üzerinden Anadolu'ya giriş yapan yoğun toz tabakası uydu verilerinden net bir şekilde izlenmektedir.

Şekil 4.140'te verilen bu görüntü Anadolu üzerindeki yoğun toz tabakasını net bir şekilde göstermektedir.



Şekil 4.140. 12 Haziran 2009 Tarihli Uydu Görüntüsünden İzlenen Çöl Kökenli Tozların Anadolu Üzerindeki Dağılımı

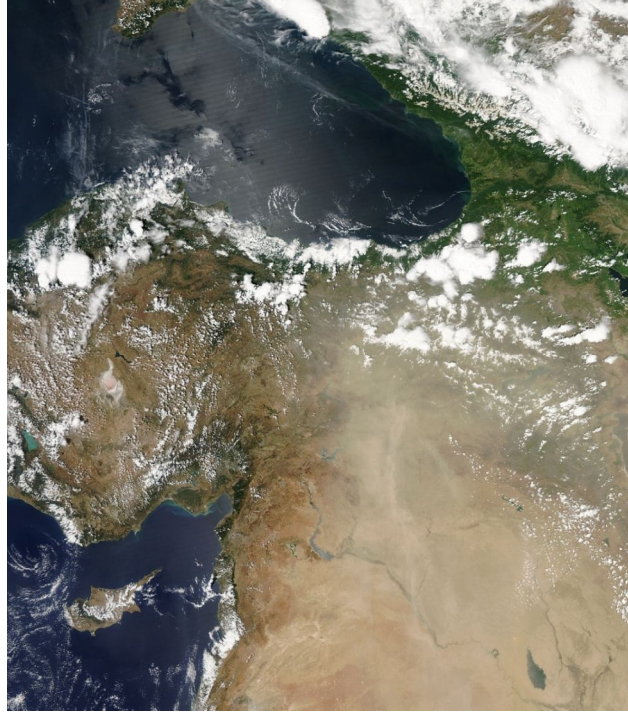
Yer bazında yapılan ve 10 Haziran 2009 tarihinden itibaren artma eğiliminde olan CO₂ ölçümlerinin de bu tarihten daha da belirgin bir şekilde arttığı ve ay sonuna kadar da bu artışı sürdürdüğü izlenmektedir.

Ancak Haziran 2009 ayının geri kalan bölümünde Ankara örnekleme noktası üzerinden geçen belirgin bir toz taşınımı olmamasına rağmen hem batı Anadolu'yu hem de Doğu Anadolu'yu yalayarak geçen toz taşınımı olaylarının olduğu hem modeller hem de uydu verileri ile tespit edilmiştir. Ankara'daki genel artış trendinin de toz taşınımına ve bu ay içerisinde güneşlenme süresinin de seneni en uzun olduğu döneme rastlaması ve dolayısı ile atmosferdeki toz su ilişkisinin ayrıca güneşlenme ve dolayısı ile klorofil aktivitesinin ve buna bağlı CO₂ salınımlarının de en uzun süreli olacağı gerçeğine dayanmaktadır.

Haziran ayına ait saatlik verilerin gün içerisinde nasıl değiştiğine bakıldığında atmosferdeki CO₂ derişimleri akşam 19'dan başlayarak sabah saatlerine kadar artmakta ve sabah saatlerinde en üst seviyelere ulaşmaktadır.

Xu ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmalarda da CO₂ deki günlük değişimlerin gece 20 ila sabah 07 arasında arttığı ve sezonluk olarak ta en tepe CO₂ seviyesinin sıcak dönemlerde ve Temmuz'da kaydedildiğinden bahsedilmektedir. Ankara Beytepe'de yapılan çalışmalarda da küresel anlamda benzer dağılımlar göstermektedir. Bu değişimler bitki özümlemesi ile de tamamen doğru orantılıdır.

Haziran ayının geri kalan günlerinde de benzer bir günlük değişim izlenmiştir. 28 Haziran 2009'da ortalama CO₂ değerlerinde bir yükselme izlenmiştir. 27 Haziran 2009 gününe ait uydu verilerine bakıldığında (Şekil 4.141) özellikle yurdun orta ve doğu kesimlerinde Güneydoğu Anadoludan yurda giren çok yoğun çöl kökenli tozların varlığı net bir şekilde görülmektedir.

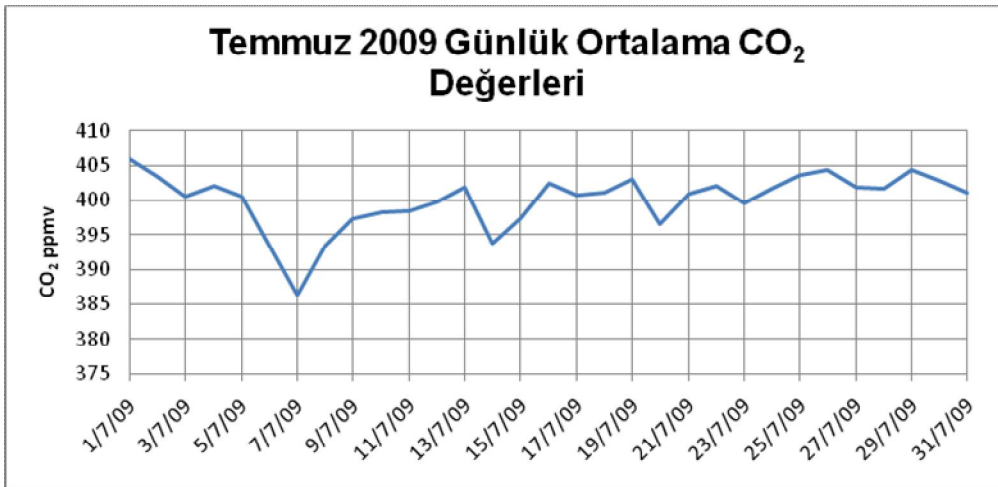


Şekil 4.141. 27 Haziran 2009 Tarihli Uydu Verisinden Doğu Anadolu'daki Yoğun Toz Dağılımı

Örnekleme noktasını direkt olarak etkilememiş olsa dahi bu kadar yoğun toz girişi atmosferik CO₂ değerlerinin tezin amaçları doğrultusunda arttığını göstermektedir.

4.1.3.9 Temmuz 2009 ayı CO₂ değişimi

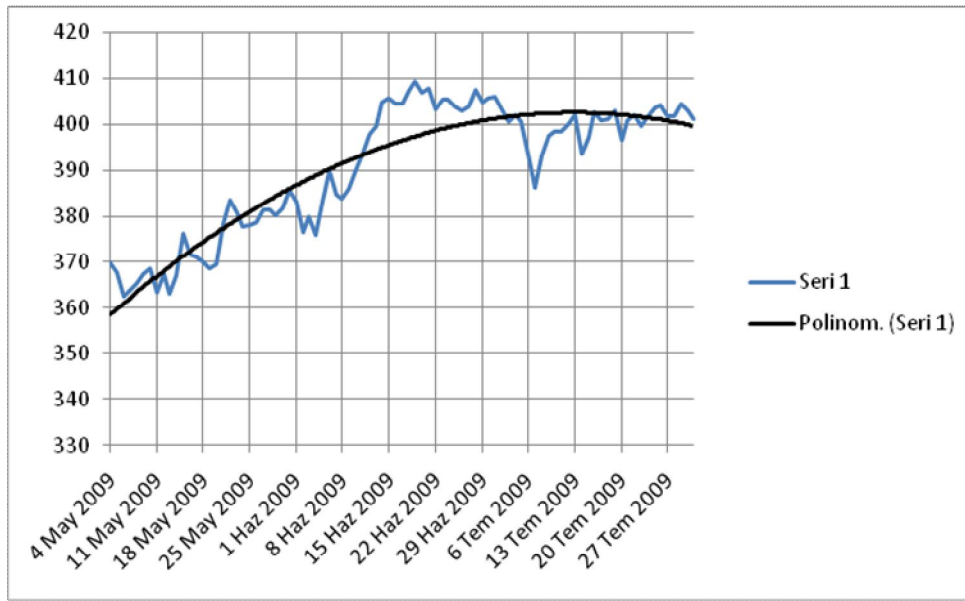
Temmuz 2009 ayı günlük ortalama CO₂ değişimleri Şekil 4.142'de gösterilmiştir.



Şekil 4.142. Temmuz 2009 Ayı Günlük Ortalama CO₂ Değişimi

Temmuz ayına ait ortalama değerlere bakıldığında ay içerisinde CO₂ seviyelerinde fazla bir değişim olmadığı ve sanki CO₂ artışında yıllık platoya ulaşıldığı izlenimi edinilmektedir. Bu yaklaşım yeşil yapraklı örtünün bu ay sürecinde en üst düzeyde ve uzun süreli güneş ışınlanması nedeni ile de en faal durumda olmasından ileri gelmektedir. Bu yaklaşım acaba yeşil bitki örtüsünün gelişim gösterdiği Mayıs ayından bu yana CO₂ de nasıl bir genel değişim olduğunun da incelenmesi olgusunu ortaya atmaktadır.

Şekil 4.143'te gösterilen, Mayıs-Temmuz günlük ortalama CO₂ değerlerine bakıldığında;

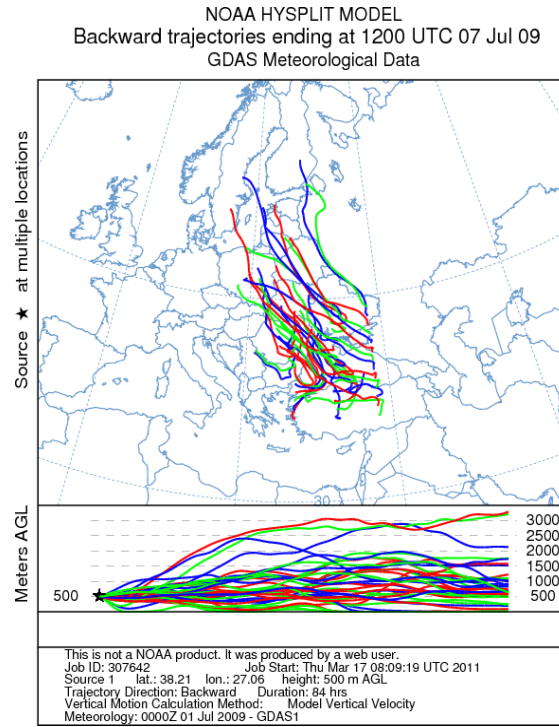


Şekil 4.143. Mayıs-Temmuz 2009 Ayları Günlük Ortalama CO₂ Değişimleri

Günlük ortalama CO₂ değerlerinin özellikle Haziran ayı içerisinde artış gösterdiği ancak Temmuz başından itibaren bu artışın 400 ppmv değerlerinde plato seviyesine ulaştığı izlenmektedir. Bu artış literatürde de belirtildiği üzere sezonluk CO₂ değişimleri ile doğru orantılı ve beklenen bir eğri olmaktadır.

Temmuz ayı içerisinde en düşük değerler 5-7 Temmuz döneminde izlenmiştir. Bu döneme ait meteorolojik verilere bakıldığında Ankara atmosferinde etkili olan hava akımlarının Şekil 4.144'te gösterilen, geçen 120 saat sürecinde izledikleri yollar incelendiğinde Kuzeyden gelen hava akımları İskandinavya ve Doğu Avrupa ülkelerini katettikten sonra Karadeniz üzerinden geçerek Anadolu'ya ulaştığı ve Ankara'ya atmosferinde Temmuz ayının en düşük CO₂ seviyeleri ölçülmüştür.

7 Temmuz'da en düşük seviyelere inmiş olan CO₂ bu tarihten sonra yeniden ortalama aylık değerlere yükselmeye başlamıştır.

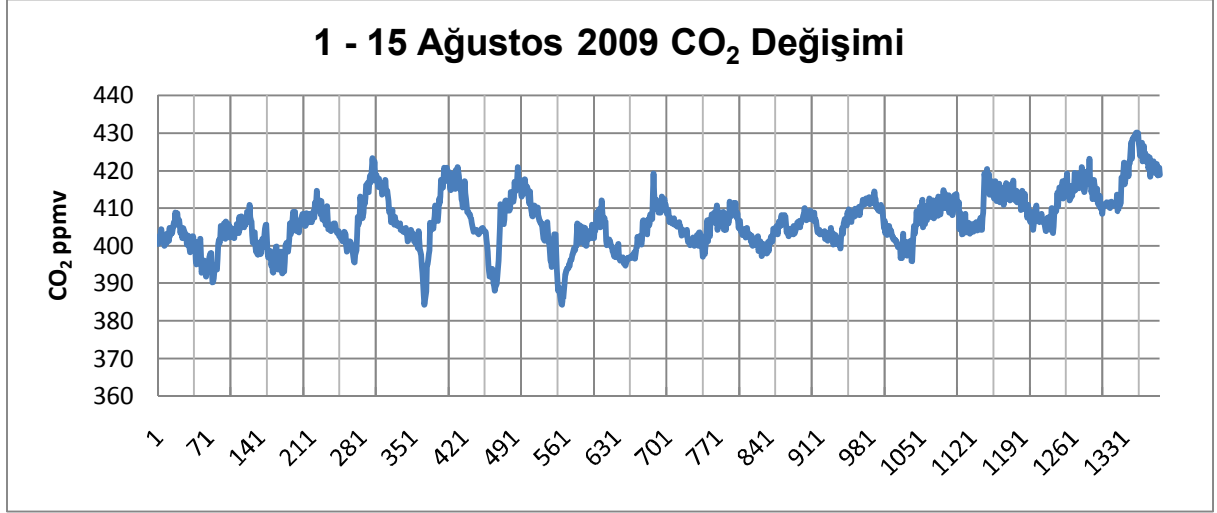


Şekil 4.144. 7 Temmuz 2009 Günü Anadolu Geneline Yer Seviyesinde İzlenen Hava Akımlarının Geçen 84 Saat Sürecinde İzledikleri Yollar

4.1.3.10 Ağustos 2009 ayı CO₂ değişimi

Ağustos 2009 ayı günlük ortalama CO₂ değişimleri Şekil 4.145'te gösterilmiştir. Bu ay içerisinde kesintisiz elektrik kaynağında meydana gelen arıza nedeni ile kayıt cihazı sadece 15 gün çalışmıştır. Bilindiği gibi Anadolu'nun bulunduğu enlemlerde Temmuz ve Ağustos ayları güneş ışınlarının en dik ve güneş enerjisinin de en üst seviyede olduğu dönemlerdir.

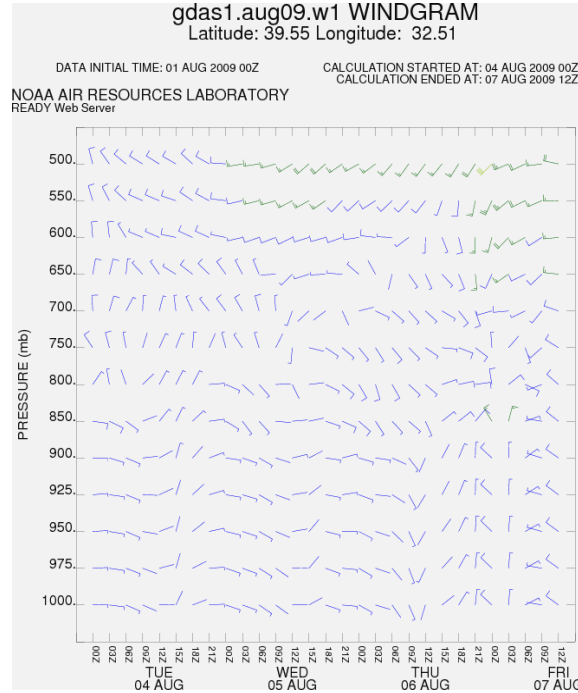
Bu nedenle tezin amacında belirtilen toz bulut güneş enerjisi üçgeninde bulutlanmanın en az olduğu dönem Temmuz ve Ağustos aylarıdır.



Şekil 4.145. Ağustos 2009 Ayı Saatlik CO₂ Değişimi

Şekil 4.145'te gösterilen Ağustos 2009 ayına ait saatlik verilerin gösterildiği CO₂ değişimlerinden de görüleceği üzere 1-3 Ağustos arasında normal günlük ortalama salınımlar izlenmiştir. Ancak 4-5 ve 6 Ağustos günlerinde hem maksimum hem de minimum değerlerin izlendiği ilginç bir dönem yaşanmıştır.

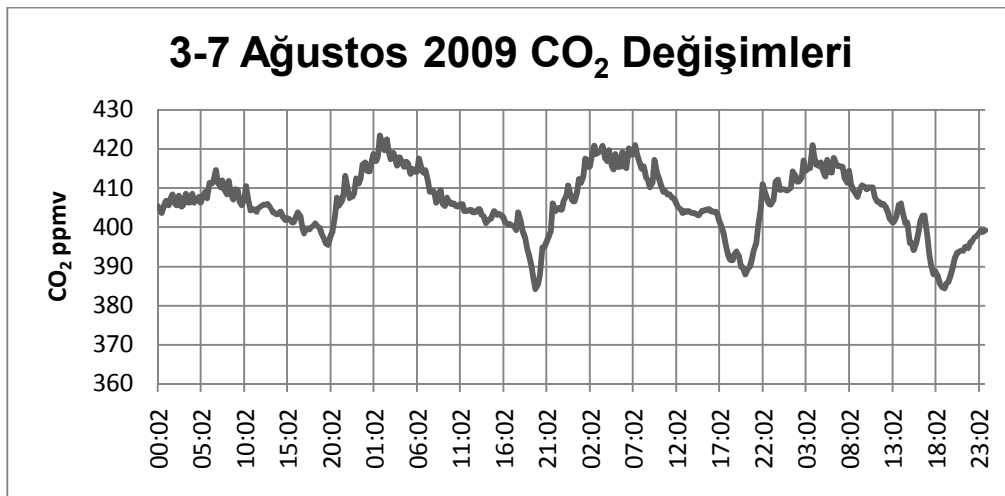
Şekil 4.146'da 4-7 Ağustos 2009 tarihlerinde Ankara atmosferinde izlenen rüzgarların yaklaşık olarak yerden 3000 metre (5mm mbar) seviyesine kadar izlenen dağılımı verilmiştir.



Şekil 4.146. 4 - 7 Ağustos Tarihli Rüzgarların Ankara Atmosferinde Dağılımı

Şekil 4.146'dan de görüleceği gibi 4-7 Ağustos tarihlerinde örnekleme noktasına gelen rüzgarlar doğu yönlerden gelmiştir. Bilindiği üzere örnekleme noktasına doğu yönlerden gelen rüzgarlar Ankara şehri ve yakın çevredeki CO₂ kaynaklarının etkilerini taşımaktadır. Akşam saatlerinde izlenen ani CO₂ azalması ise sadece Şekil 4.146'dan da izleneceği gibi akşam 15-18 saatleri arasında yön değiştiren ve üst atmosfer ile etkileşim içerisinde olduğu düşünülen dikey karışımlardan ileri geldiği düşünülmektedir. Tezin amacı bu şekildeki oynamalar veya azalmaların açıklanması temeline dayanmadığı için dikeyde kararsızlık durumunu anımsatan atmosferik olayların nedenleri hakkında bilgi veremeyeceğimiz ortadadır. Ancak ölçüm aletimizin atmosferdeki her çeşit değişiklik ve bununla beraber değişim gösteren CO₂ ye hassas olduğunu vurgulamak amacı ile bu şekilde bir yaklaşımda bulunulmuştur.

Ağustos ayı içerisinde örneklemenin yapıldığı ilk 15gün içerisinde başka bir atmosferik olay izlenmemiştir. CO₂ değerleri ortalama 400 ppmv seviyesinden kararlı bir artış trendi ile 420 ppmv seviyesine kadar çıkmıştır. Bu artış sadece diğer araştırmacıların da vurguladığı gibi yeşil bitki örtüsü nedeni ile olan CO₂ değişimleri ve bu değişimlerin özellikle Ağustos ayında kuzey yarı kürede tepe noktasına ulaşması ile açıklanabilir. (Xu ve ark., 2005) Bu yaklaşımımızı destekleyen bulgu, örnekleme yapılan CO₂ değişimlerinin Şekil 4.147'da verilen 3-7 Ağustos 2009 tarihleri arasındaki değişiminden anlaşılmaktadır. Beklenildiği gibi CO₂ derişimleri özellikle gece saatlerinde en üst seviyelere kadar çıkmakta ve Anadolu ile aynı enlemlerde bulunan Çin'deki bir istasyonda yapılan çalışmalar da aynı değişimleri göstermektedir.

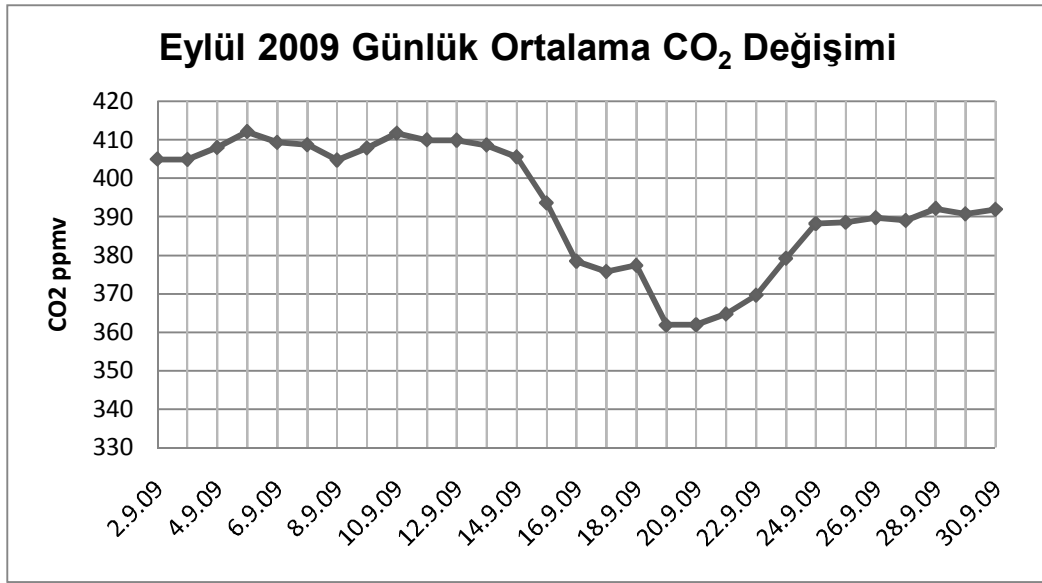


Şekil 4.147. 3-7 Ağustos 2009 Tarihlerinde İzlenen CO₂ Değişimi

Dolayısı ile küresel CO₂ değişimleri her yarı kürede olması gerektiği gibi salınımlar göstermektedir ve istasyonumuzda kullanılan ölçüm cihazı da olması gerektiği gibi ölçümler almaya devam etmektedir.

4.1.3.11 Eylül 2009 ayı CO₂ değişimi

Eylül ayı içerisinde kaydedilen günlük ortalama CO₂ değişimleri Şekil 4.148’de gösterilmiştir.



Şekil 4.148. Eylül 2009 Ayında İzlenen CO₂ Değişimi

Şekil 4.148’de verilen 2009 Eylül ayının ilk yarısında da izlenen CO₂ değerleri yaz ayları ortalaması benzeri olup 400-410 ppmv arasında değişmektedir.

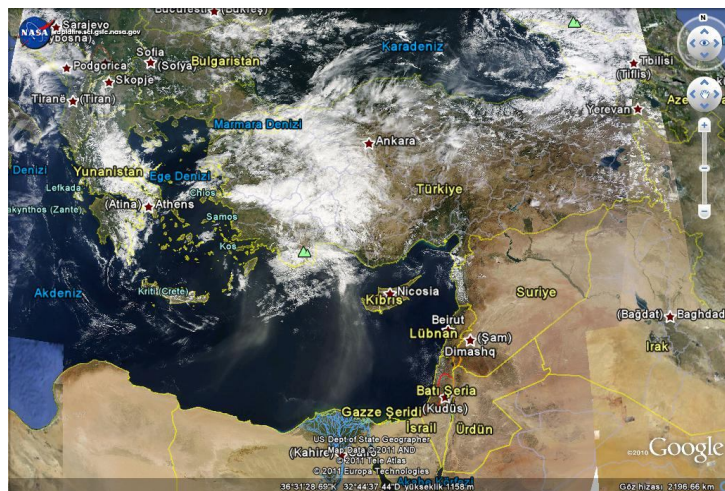
Eylül ortasında izlenen günlük ortalama değerlerdeki ani azalma hayli enteresandır. Toplumda Eylül ortasından itibaren havaların döneceği, yazın bittiği Sonbaharın geldiği şeklinde bir yaygın kabullenme vardır. Bu genelleme ile atmosferdeki CO₂ seviyesindeki ani azalmanın bir anlamda çakışması toplumda düşmesi bilinen ancak kalkması bilinmeyen “Cemre” olayı ile bağlantılı olup olmayacağının araştırılmasını gerektirmektedir.

Bilimsel olarak “Cemre” güneş enerjisi seviyesinin bu tezin amaçları doğrultusunda demir oksalatın parçalanması için gerekli olan güneş enerji seviyesi olarak tarif edilmektedir. Ancak güneş enerjisindeki değişim günümüzde sadece yer seviyesinde

ölçülmekte ve dolayısı ile yer seviyesindeki değişimler bilinmektedir. Halbuki bu tezin amaçlarında belirtilen reaksiyonlar bulut içerisinde ve o günkü atmosferik koşullara bağlı olarak değişen bir yükseklikte veya atmosfer katmanında gerçekleşmektedir ve şimdilik atmosfer katmanlarında bu reaksiyonun sürmesi için yeterli güneş enerjisi değişimi dağılımı hakkında herhangi bir bilgi yoktur. Burada yine literatürdeki mevsimsel CO₂ değişimlerinden yararlanılmaktadır. Aylık CO₂ konsantrasyonlarının yeşil yapraklı bitkilerin aktivitesindeki azalma nedeni ile Eylül ayı itibarı ile değişim gösterdiği bilinmektedir. Bu değişimin birincil kaynağı yaz sezonu boyunca en üst düzeyde aktif halde bulunan bitkisel özümleme nedenine bağlıdır. Eylül ayının ortası Ankara veya aynı enlemlerde olan Çin’de yapılan araştırmalarda da gösterildiği gibi güneş enerjisinde ve dolayısı ile bitkisel faaliyetlerde de en fazla değişimin gözlemlendiği dönemler olmaktadır.

Zaten dikkat edilirse toz taşınım olaylarının yaz döneminde ilk ve sonbahar aylarında olduğu kadar sık izlenmediğini de görürüz. Ancak Eylül sonrasında Sahra üzerindeki hava akımlarının ve dolayısı ile toz taşınım olaylarının da artacağını ve bulut içerisindeki reaksiyonlar sonucunda da atmosferdeki CO₂ değişiminin etkileneceğini beklemekteyiz.

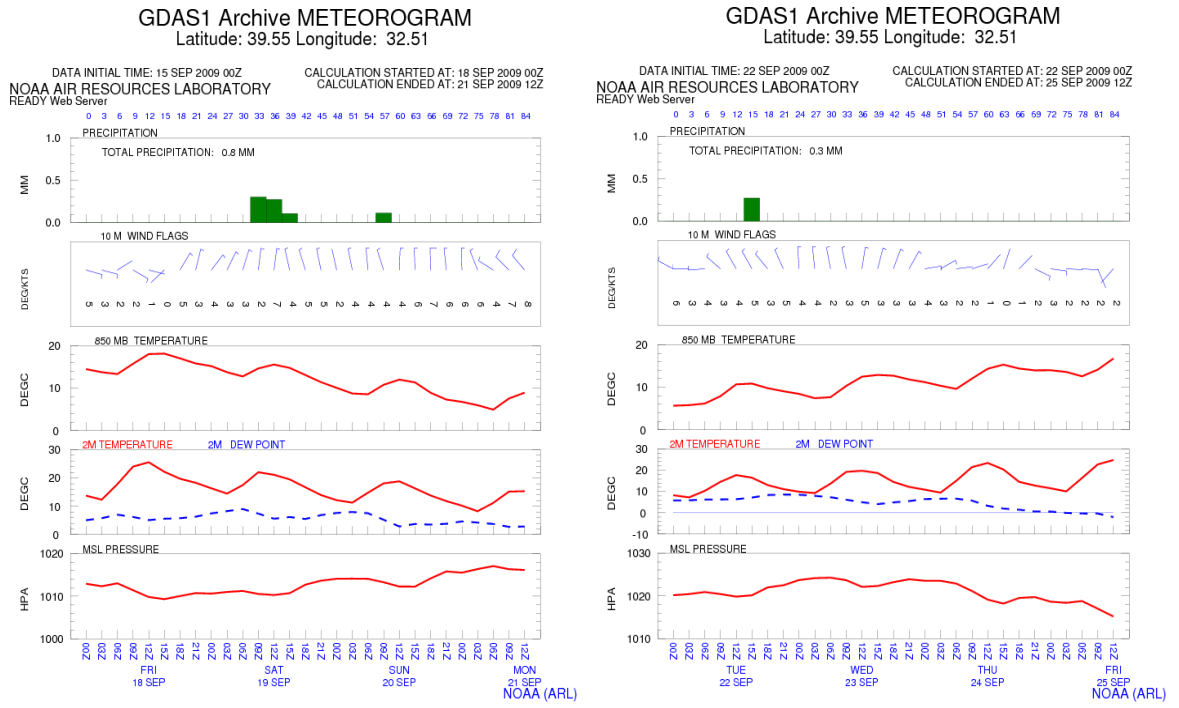
Eylül ayı içerisinde Ankara örnekleme noktasını etkilemesi muhtemel toz taşınım olayı 15 Eylül’de toz bulutunun Sahradan çıkışı olarak tespit edilmiştir. 15 ve 16 Eylül günlerinde (Şekil 4.149) Ankara atmosferinden geçen bu olay nedeni ile azalmakta olan CO₂ seviyesinde geçici de olsa yatay bir seyir izlemiş ve takip eden günlerde azalmaya devam etmiştir.



Şekil 4.149. 15 Eylül 2009 Tarihinde Kaydedilen Sahra Tozu

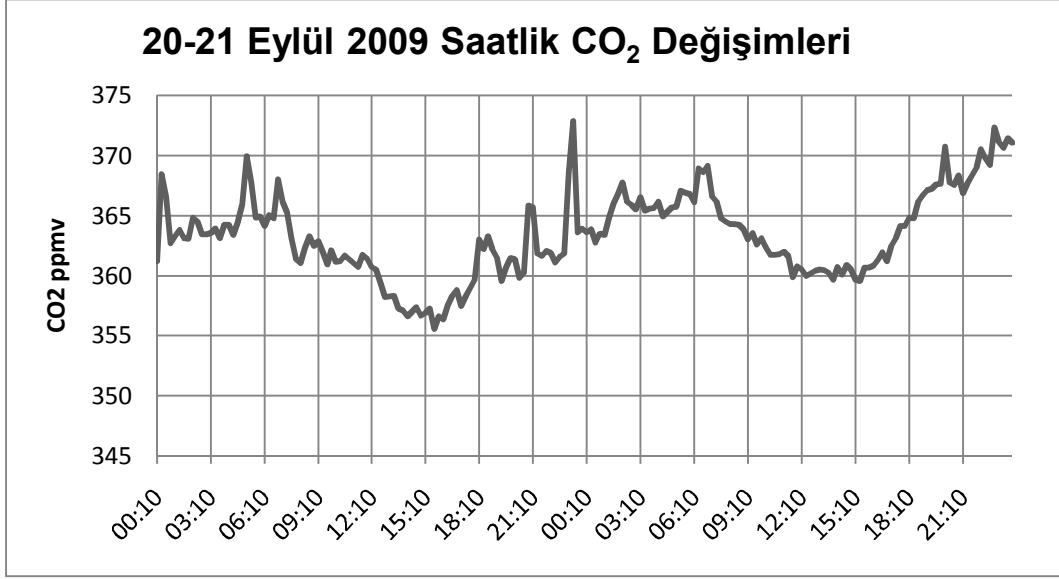
2009 Eylül ayı içerisinde CO₂ değişimini etkileyecek pek çok bileşen taşımaktadır. 15 Eylül yukarıda bahsedildiği gibi mevsimlerdeki dönüşüm olarak kabul edilen bir tarihtir ve bu dönemde güneş enerjisindeki değişimin en fazla olduğu bir dönemdir. Bu değişime paralel olarak ağaçların klorofil aktivitesinin de azaldığı hatta yaprakların dökülmeye başladığı dolayısı ile CO₂ değişimlerinin etkilendiği bir dönemin başlangıcıdır. Hava sıcaklıklarındaki ani değişim ve doğalgaz ile ısınmanın da kolayca devreye alınabilmesi gerçeği özellikle ani hava soğumalarında ve de gece vakti CO₂ salınımlarını etkileyen bir faktördür.

Şekil 4.150'de verilen Ankara şehrinde Eylül ayının ikinci yarısına ait meteogramlar incelendiğinde;



Şekil 4.150. 18-25 Eylül 2009 Tarihlerinde Ankara Atmosferindeki Meteorolojik Değişimler

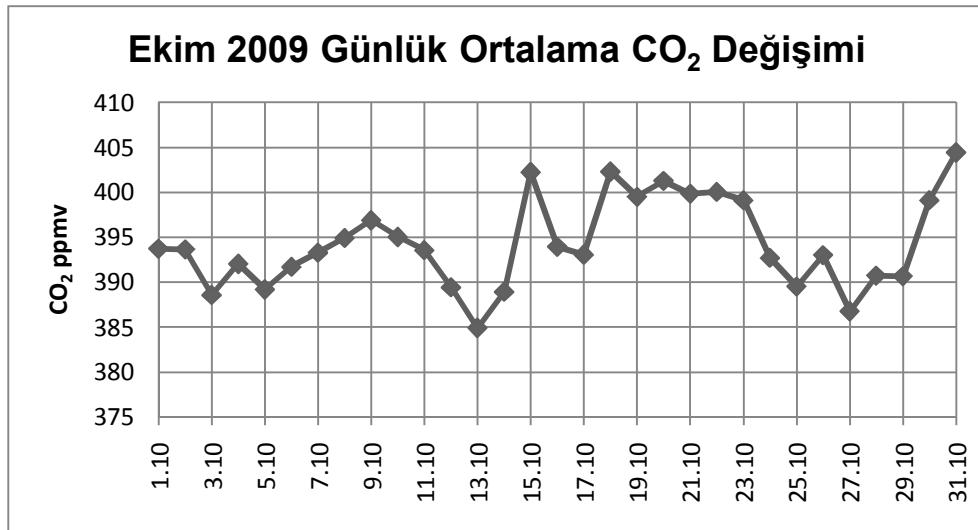
Ankara atmosferinin 19-20 günlerinde kuzeyli hava akımlarına maruz kaldığı, hava sıcaklıklarının da özellikle 20-21 Eylül 2009 günü geceleri 10 derecenin altına indiği görülmektedir. 21 Eylül'den başlayarak atmosferdeki CO₂ oranlarının artması ısınma amaçlı olarak doğal gazlı ısınmanın devreye alınması ile açıklanabilir. Eğer durum böyle ise CO₂ seviyelerinin 20 ve 21 Eylül günlerinden başlayarak (Şekil 4.151) gece sürecinde daha da fazla artıyor olması gerekmektedir.



Şekil 4.151. 20 - 21 Eylül 2009 Günlerinde Kaydedilen CO₂ Değişimleri

Şekil 4.151'de gösterilen 20-21 Eylül günlerine ait günlük CO₂ değişimlerine bakıldığında CO₂ seviyesinin gece saatlerinden itibaren aniden yükselmeye başladığını göstermektedir. Bu da ısınma amaçlı doğalgaz tüketimi ile CO₂ arasındaki bağlantıyı göstermektedir. Ancak bu sadece kaba bir yaklaşım olmakta ve halen süren yeşil yapraklı bitkilerin etkisini de göz ardı etmemek gerekmektedir. Ancak tezin amacı da zaten böyle değişimlerin nedenini araştırmak ta değildir.

4.1.3.12 Ekim 2009 ayı CO₂ değişimi



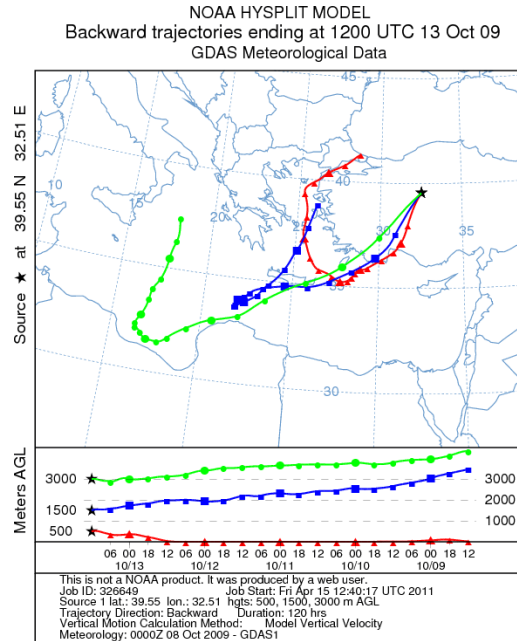
Şekil 4.152. Ekim 2009 Ayı Günlük Ortalama CO₂ Değişimleri

Şekil 4.152’de topluca gösterilen Ekim 2009 ayının ilk haftası sürecinde gününde ortalama CO₂ değerleri 390-395 ppmv civarında ölçülmüştür. Ekim ayında en düşük seviye 13 Ekim günü izlenmiştir. Ancak 13 Ekim gününe ait uydu görüntüsü de aynı ün Güney doğudan Anadolu’ya giren ve Karadenize kadar uzanan yoğun ve kuru toz taşınımını göstermektedir (Şekil 4.153).



Şekil 4.153. 13 Ekim MODIS Uydu Görüntüsünde İzlenen Toz

13 Ekim 2009 gününe ait (Şekil 4.154) geri izleme de yapılmış ve 13 Ekim 2009’de Ankara’ya ulaşan hava kütlelerinin güney batılı kaynaklı olduğu izlenmiştir.

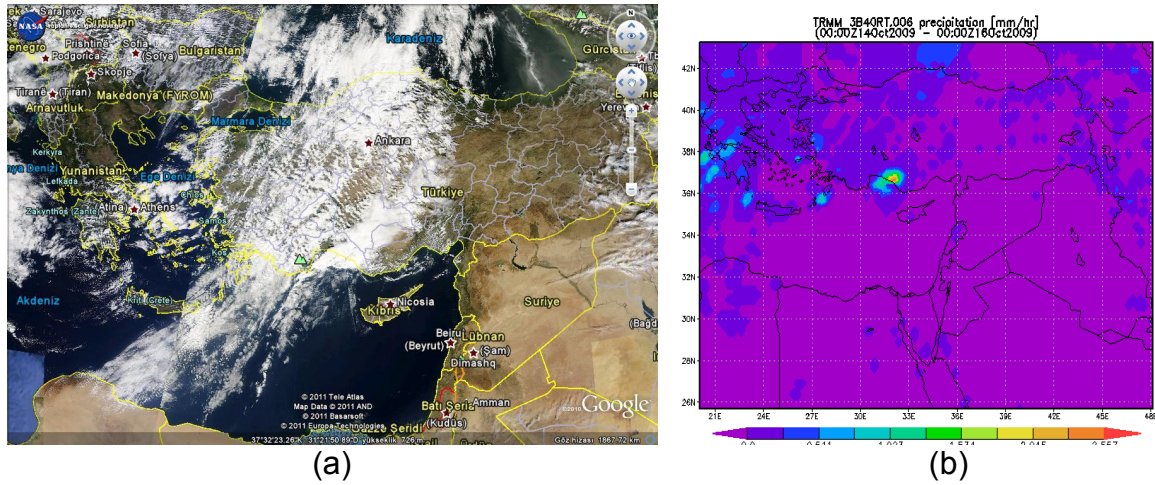


Şekil 4.154. 13 Ekim 2009 Tarihli Geri İzleme Grafiği

13 Ekim tarihinde izlenen bu durum tezimizin amaçları ile tam örtüşmektedir. Toz taşınımı olduğu uydu verisinden net bir şekilde izlenmektedir. Ancak toz taşınımı Güneydoğu Anadolu'dan Karadeniz ortalarına kadar kuru bir şekilde izlenmektedir. Dolayısı ile tozun olduğu bölgelerde toz bulut güneş enerjisi etkileşimini ve dolayısı ile CO₂ oluşumunu destekleyecek öğeler mevcut değildir. Ayrıca Ankara atmosferine ulaşan hava akımları da batılı veya güney batılı kaynaklıdır. Dolayısı ile CO₂ oluşması halinde dahi bu oluşum istasyonumuzdaki ölçümleri etkilememiştir. Bu dönem bitki aktivitesinin azaldığı ancak özellikle iç ve batı Anadolu'da anız yangınlarının da en sık görüldüğü bir dönemdir ancak yine de en düşük CO₂ seviyesi 13 Ekim 2009'de kaydedilmiştir.

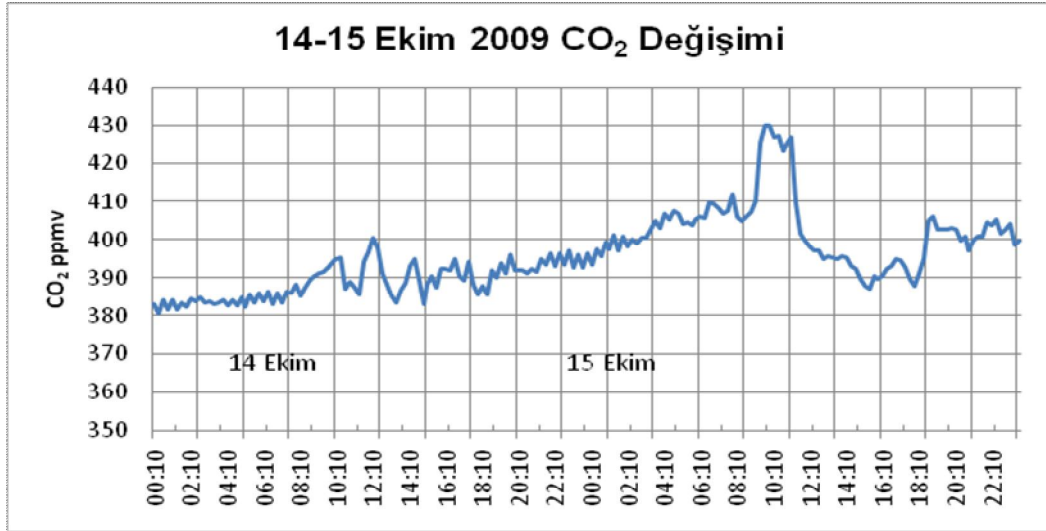
2009 Ekim ayında Ankara üzerinden geçen ilk toz taşınımı 14 Ekim tarihinde gerçekleşmiştir.

Şekil 4.155'te gösterilen uydu görüntüsü toz bulut karışımının Akdeniz havzasından Ankara ve ötesine taşındığını net bir şekilde göstermektedir.



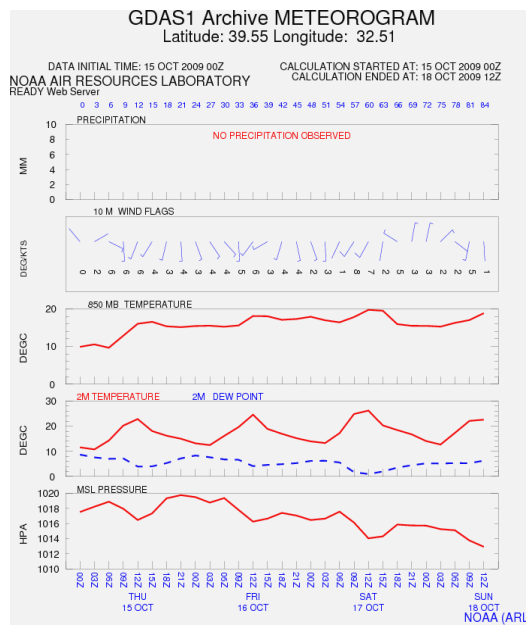
Şekil 4.155. 14 Ekim 2009 Tarihli Uydu Görüntüsünde İzlenen (a) Toz Taşınımı ve (b) Yağış Durumu

Güneş enerjisi seviyesinin ne kadar yeterli olduğunun tartışılır olduğu bu dönemde toz taşınımı ile birlikte atmosferdeki CO₂ artışı da izleme istasyonumuz kayıtlarında (Şekil 4.156) kendini göstermiştir. Bu da tozun Sahra Anadolu taşınım sürecinde bulutlu ancak yağışın kaydedilmediği bir dönemde toz bulut güneş enerjisi etkileşiminin Ekim ortasında da sürdüğünü ancak izlenen CO₂ artışlarının güneş enerjisinin çok daha yeterli olduğu dönemlerdeki kadar olmadığı da görülmektedir.



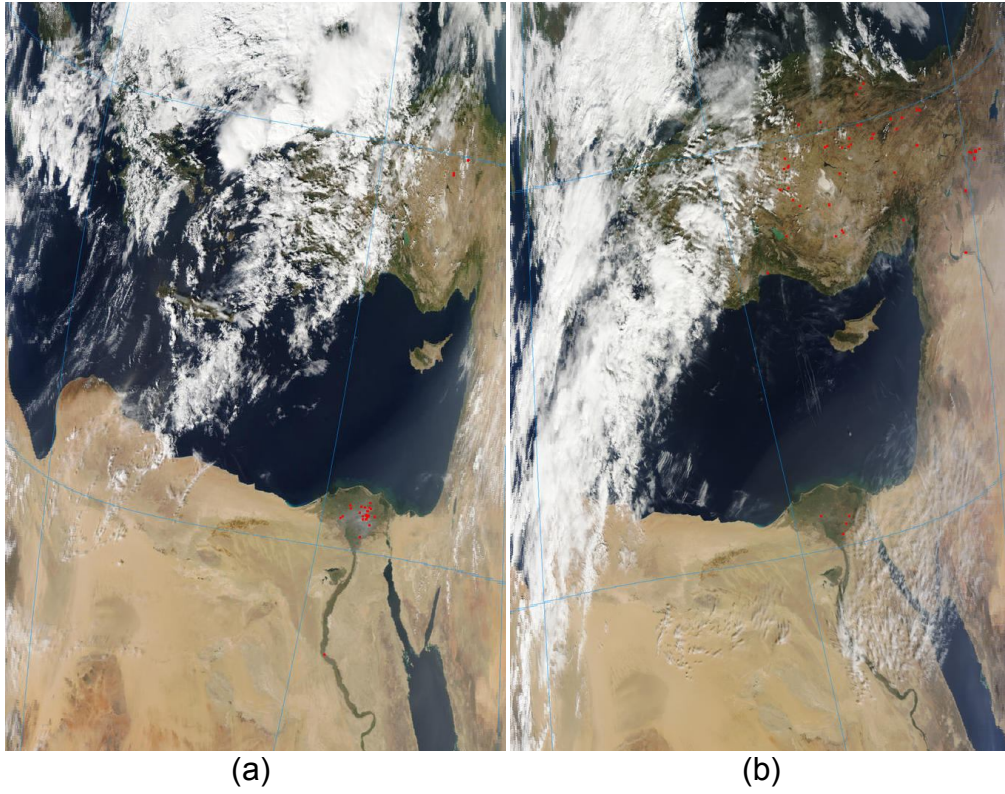
Şekil 4.156. 14 - 15 Ekim Tarihlerinde İzlenen CO₂ Değişimi

Toz taşınımı Şekil 4.157’de gösterilen metogramlardan da anlaşılacağı üzere güneyden esen rüzgarlar ile 15-17 Ekim günlerinde de süregelmıştır. Ancak 15 Ekim günü rüzgar şiddeti azalmış ve durağan bir dönem yaşanmıştır. Şekil 4.156’de verilen 15 Ekim tarihinde öğle saatlerinde izlenen artışın bu durağan dönem ardından yeniden esmeye başlayan güneyli rüzgarların atmosferde oluşan CO₂’yi bir anda hareketlendirdiği ve istasyonda birkaç saatlik te olsa bir tepe noktası yaptığı düşünülmektedir. Burada önemli olan olgu istasyonun hava hareketlerindeki en küçük oynamanın yaratacağı etkiyi CO₂ seviyesinde bir değişim olarak algılamış olmasıdır. Bir başka deyişle istasyon atmosferdeki CO₂ değişimlerine hassastır.

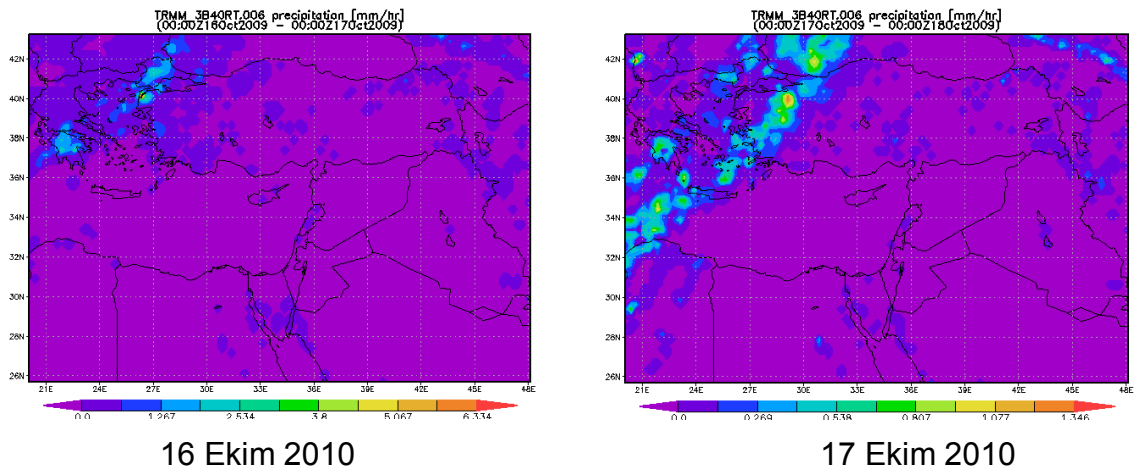


Şekil 4.157. 15-18 Ekim 2009 Tarihinde Ankara Atmosferindeki Meteorolojik Koşullar

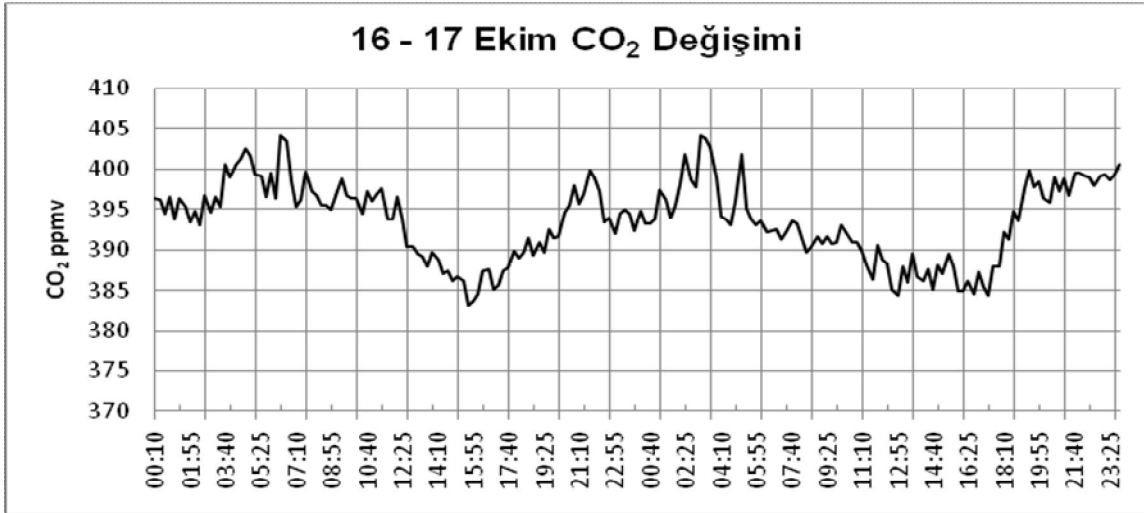
Şekil 4.158'de gösterilen 17 Ekim tarihli toz taşınımı sürecinde;



Şekil 4.158. (a) 16 Ekim 2009 (b) 17 Ekim 2009 Tarihli Toz Taşınımının Uydu Görüntüsü



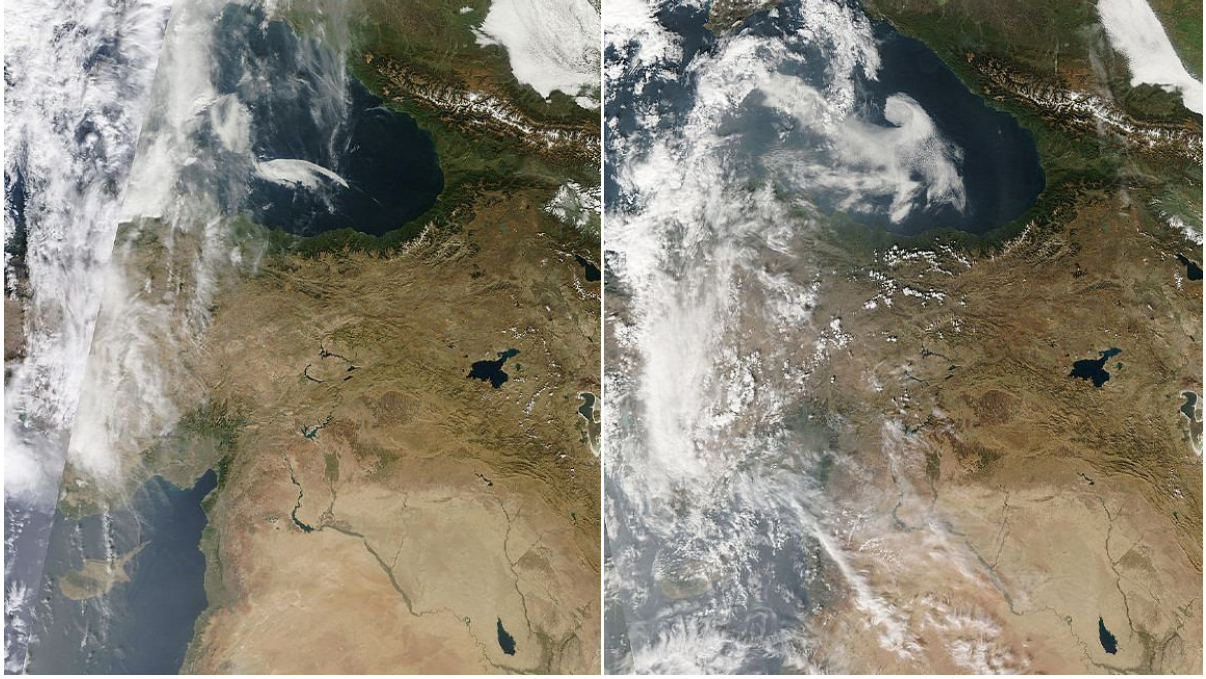
Şekil 4.159. 16 ve 17 Ekim Toz Taşınımı Sürecinde Yağış Alan Bölgeler



Şekil 4.160. 16-17 Ekim Günlerinde Kaydedilen CO₂ Değişimi

16 ve 17 Ekim günlerinde Sahra kökenli tozların Ankara atmosferine ulaşmış olduğu kesindir. Ancak her iki günde de izlenen CO₂ değişimi gün içerisinde CO₂'nin belirgin bir artış sinyali taşımamaktadır. Ekim ayında olması gerektiği gibi CO₂ seviyesi 16 Ekim gece saatlerinde yükselmiş güneş enerjisinin artmakta olduğu saatlerde ise azalma trendine girmiştir. 16 Ekim gecesi yeniden yükselen CO₂ seviyesi 17 Ekim gününde de azalan bir değişim göstermiştir (Şekil 4.160).

Bu iki gün içerisinde toz taşımının olduğu güzergah üzerinde yağış izlenmiştir. Dolayısı ile olası bir bulut içi reaksiyon sürecinde oluşması beklenen CO₂ nin yağışla karbonat dengesini mi beslediği yoksa güneş enerjisi yetmediği için oluşmadığı mı bu aşamada belirli değildir ancak bu veriler ileride yapılması gereken detaylı çalışmalar için bir ön veri durumdadır ve nelerin de birlikte ölçülmesinin tarifini yapmaktadır.

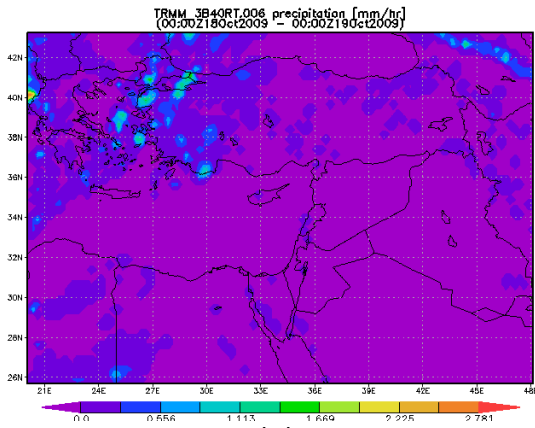


(a)

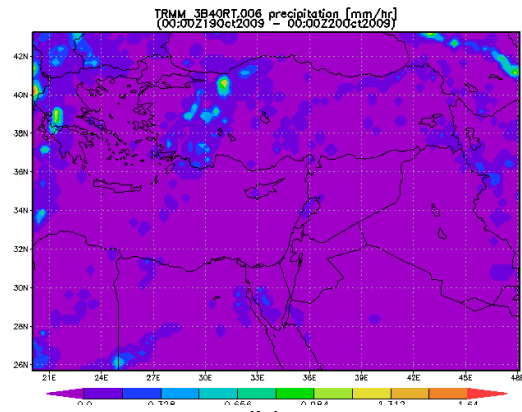
(b)

Şekil 4.161. (a) 18 Ekim 2009, (b) 19 Ekim 2009 Toz Taşınımları

Şekil 4.161’de gösterildiği gibi, toz taşınımı 18 ve 19 Ekim günlerinde de süregelmiştir.

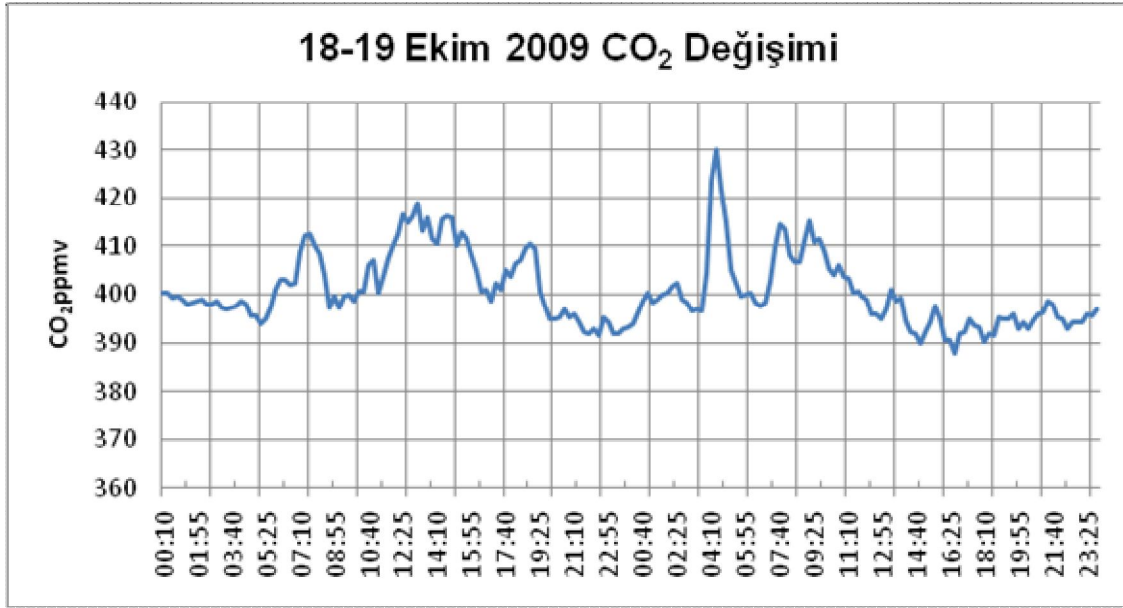


(a)



(b)

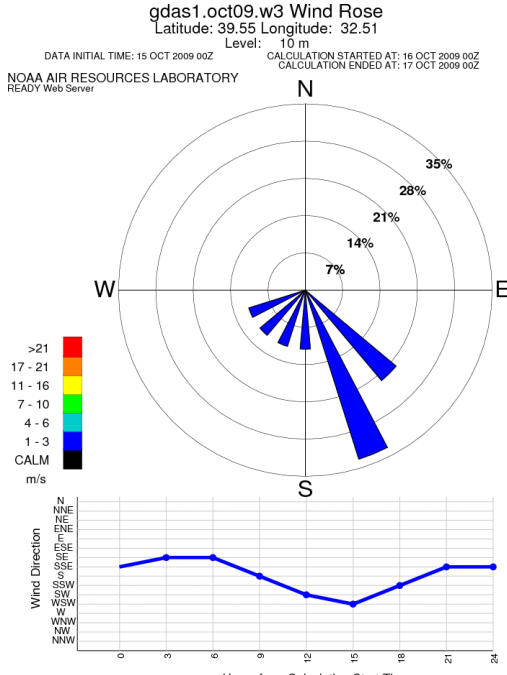
Şekil 4.162. (a) 18 Ekim 2009, (b) 19 Ekim 2009 Yağış Miktarı ve Yağış Alan Bölgeler



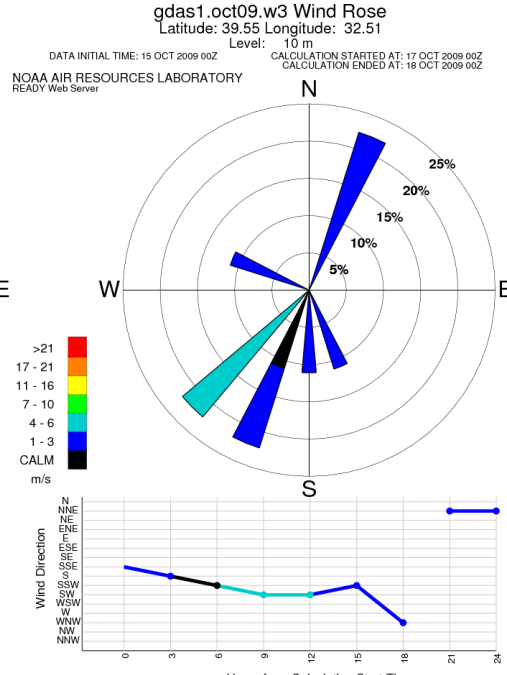
Şekil 4.163. 18-19 Ekim Sürecinde CO₂ Değişimi

Şekil 4.163'te verilen 18-19 Ekim tarihli toz taşınımı ve bu süreçte izlenen ve Şekil 158'de verilen yağış durumu incelendiğinde bu süreç içerisinde özellikle 18 Ekim gününde güneş enerjisinin göreceli en yüksek olduğu saatler içerisinde CO₂ seviyesinde artış izlenmektedir. Aynı durum 19 Ekim sabah saatlerinde de izlenmiş ancak öğlen saatlerinden itibaren CO₂ seviyesinin hızla azaldığı görülmüştür.

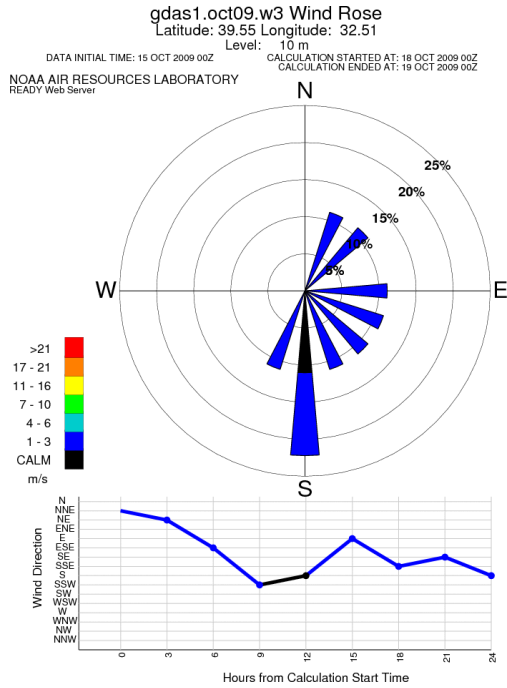
Bu durumun açıklanabilmesi ancak 16, 17, 18 ve 19 Ekim günlerinde kaydedilen rüzgar hızları ile ilişkili olabilir. Güneşe enerjisinin yeterli olduğu Akdeniz enlemlerinde oluşacak CO₂ oluşumu hızlı bir hareket ile Ankara atmosferine taşınmış veya Anadolu üzerinde oluşan CO₂ de yine Ankara atmosferine gelmiş olabilir. Bu tartışmalara destek ancak bu günlere ait rüzgar gülü dağılımına bakılarak verilebilir (Şekil 4.164).



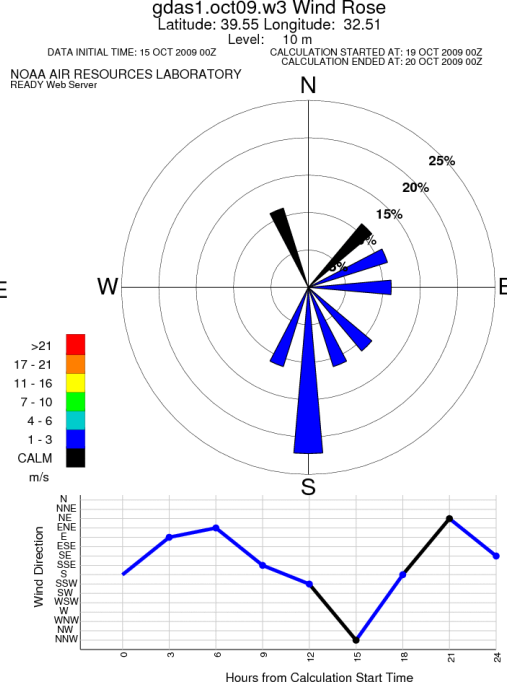
(a) 16 Ekim 2009



(b) 17 Ekim 2009



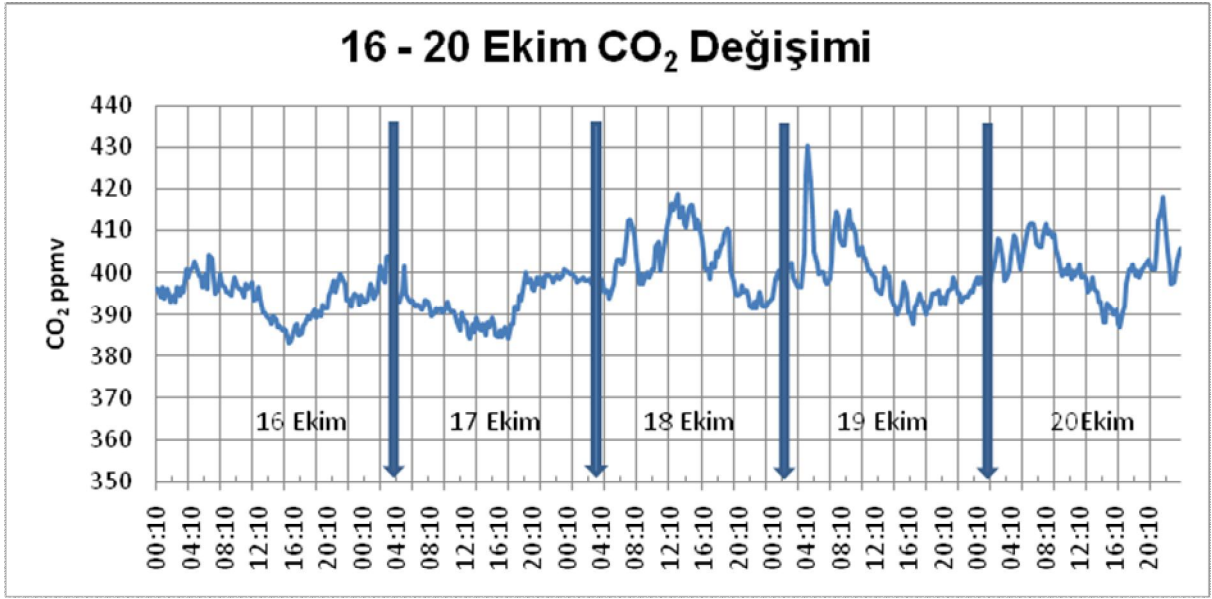
(c) 18 Ekim 2009



(d) 19 Ekim 2009

Şekil 4.164. (a-d) da 16-20 Ekim Tarihleri Arasında İzlenen Rüzgarların Dağılımı Verilmektedir

Aynı anda 16-20 Ekim tarihleri arasında ölçülen CO₂ değerleri de Şekil 4.165'te gösterilmiştir.



Şekil 4.165. 16-20 Ekim 2009 Tarihleri CO₂ Değişimi

Şekil 4.165’da verilen 16-20 Ekim aralığındaki CO₂ değişimlerine bakıldığında CO₂ değişimlerinin 14-15 Ekimde izlenen güneş enerjisinin yeterli olmadığı koşullara benzediği izlenmektedir. 16-17 Ekim toz taşınımı sürecinde rüzgarlar güney ve güneybatı ağırlıklı eserken CO₂ seviyesi azalmıştır. Aynı durum 18 ve 19 Ekim ve çok az da olsa toz taşınım sürecinin devam ettiği 20 Ekim günlerinde de izlenmiştir. Toz taşınımı sürecinde belirgin CO₂ artışlarının izlenmiyor olması Ekim ayında Ankara’da yeterli güneş enerjisinin olmadığını kanıtlamaktadır. Ekim ayının sonuna kadar yoğun bir toz taşınımı izlenmemiştir. Toz taşınımları Akdeniz baseninde veya Güney Doğu Anadolu’da etkili olmuş ancak Ankara atmosferi kuzey kuzeydoğulu rüzgarların etkisinde kalmıştır.

5 TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda bilim tarihinde ilk kez olmak üzere Sahra çöl tozlarının belirli koşullar altında bulut içerisinde güneş enerjisinin de etkisi ile geçirdiği bir dizi reaksiyon sonucunda karbon dioksit oluşturduğu kesin olarak kanıtlanmıştır.

Dolayısı ile şimdiye kadar bilinmeyen bir başka doğal karbon dioksit kaynağının varlığı da gösterilmiş olmaktadır. Bu etki, bilim tarihinde bir ilk olmasına karşın bu kaynak jeolojik geçmişte hep var olmuş ve küresel karbon dioksit bütçesine katkısını yapmıştır. Bu etkinin günümüze kadar fark edilememiş olmasının tek nedeni de karbon dioksit kaynağı olarak zihinlerin sadece ve sadece kirletici kaynaklar olarak belirlediği endüstriyel gazlara yoğunlaşması olmuştur. Uzun dönemli ölçüm yapan izleme istasyonlarında farkına varılmadan gözlemlenen bu etki ise maalesef istatistiksel analiz yöntemlerinin “outlier” olarak hesaplama dışı bıraktığı değerleri oluşturmuş ve bu nedenlerden dolayı da günümüze kadar fark edilememiştir.

Bu çalışmaya esas olan temel çıkış noktası da bilimsel esasları Saydam ve Şenvuya (2002) tarafından ortaya konulmuştur. O tarihten sonra Sahra çöl tozlarının bulut içerisinde gerçekleştirdiği reaksiyon ürünlerinden indirgenmiş demir üzerinde yoğunlaşmış ve bu amaçla çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda Yücekutlu (2005), Yılmaz (2007) ve Ezzati (2009) tarafından çöl tozlarının buğday gelişimi, alg gelişimi üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiş ve her bir çalışma Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından öne sürülen yaklaşımın doğruluğunu bir kez daha kanıtlamıştır. Son senelerde Sahra çöl tozlarının sağlık açısından da etkileri incelenmeye başlanmıştır (Doğanay ve ark., 2009; Rastgeldi ve ark., 2010).

Tüm bu çalışmaların temeli çöl tozlarının bulut içerisinde geçirdiği bir dizi reaksiyon sonucu üretilen indirgenmiş demirin etkisi üzerinde yoğunlaşmıştı. Halbuki indirgenmiş demir oluşma aşamasında ortama bir mol de karbon dioksitin çıktığı bilinmekteydi. Eğer demir ekosistem üzerinde bu kadar etkili olabiliyor ise oluşan karbon dioksitin de sistem üzerinde bir etkisi olması gerekmekte idi. Ancak ilk aşamada oluşumun Sahra toz taşınımı sürecinde ve belirli koşullar olduğu zaman gerçekleştiğini göstermemiz gerekiyordu. Bu çalışmada da bu reaksiyon ürünü olan CO₂'in hangi koşullarda gerçekleştiği toz taşınma episodları bazında gösterilmiştir.

Bilim dünyasını yanılgıya iten bir başka olayın da bu tez kapsamında olay bazında incelenen koşulların bir havuza atılması ve her şeyi ortalama değerler olarak ele almak arzusundan ileri gelmektedir. Sahra toz taşınımı sürekli bir olgu değildir ve etkili olan meteorolojik koşullar sürecinde gerçekleşebilen episodik olaylardır. Her bir sistemin bir başka sisteme benzerliği diye bir yaklaşım kesinlikle yoktur. Yerden kalktıktan sonra üç boyutlu bir sistem halinde hareket eden toz kümesinin içerisindeki karmaşa sistem içerisindeki reaksiyon sürecini sürdüren güneş enerjisinin de etkisi ile daha da karmaşık hale gelmektedir. Karmaşık yapıların çözümlenmesi de modeller yardımı ile yapılmata ve süreçler ana tema bozulmadan olabildiğince basitleştirilerek sayısallaştırılmaktadır. Bu çalışma sonrasında da esasları ortaya konulan bulut içi reaksiyon zinciri sayısallaştırılmalı ve “fuzzy logic” yaklaşımı ile her bir olay sürecinde oluşan CO₂ incelenmeli ve bu oluşuma etki eden nedenlere her bir olay sonrasında daha da bilimsel olarak yaklaşılmalı ve süreç tanımlanmalıdır.

Bu çalışma sonunda ortaya konulan esaslara göre güneş enerjisinin yeterli olmadığı dönemlerde bölgeyi etkileyen çöl kökenli tozların CO₂ bütçesine herhangi bir katkısı yoktur. Veya varsa bile bu katkı güneş enerjisinin yeterli olmadığı dönemlerde gereksinim duyulan fosil yakıtları ile ısınma nedeni ile ortadan kalkmaktadır.

Kasım Aralık ve Ocak dönemlerinde izlenen Sahra toz taşınımı olayları sürecinde CO₂ seviyesinde herhangi bir değişimin olmaması bu kanıya ulaşmamızı sağlamıştır. Bu dönem içerisinde ayrıca örnekleme noktamıza Batı ve Orta Akdeniz bölgelerinden, Avrupa ve Batı Anadolu’dan gelen hava akımları sürecinde o ayın en düşük CO₂ seviyeleri izlenmiştir. Bu aylarda izlenen en düşük seviyeler ortalama 390 ppmv seviyesinde olmuştur. Bu seviye daha önceden de bahsedildiği gibi İsviçre Jungfraujoch da yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama Şubat ayı değerleri kadardır. Bu ortalama değerlerin izlenmesi ölçüm cihazımızın da olması gerektiği gibi çalıştığını gösteren bağımsız bir değerlendirme de olmaktadır.

Ankara izleme noktasına fosil yakıtların ısınma ve enerji amaçlı kullanıldığı aylar olan Aralık Ocak ve Şubat döneminde batı, kuzey batı ve kuzey’den gelen hava akımları her zaman o ayın en düşük CO₂ değerlerinin ölçüldüğü süreçler olmuştur. Uzun mesafe taşınimleri bir kenara koyduğumuz da dahi örnekleme noktasına kuzeyden gelen hava akımları en azından Ankara ilinin ısınma amaçlı kullandığı yakıtlardan çıkan kirleticileri istasyonumuza taşınması ve CO₂ seviyesini yükseltmesi gerekirken

izlenen durum hiç böyle olmamıştır. CO₂ artışı sadece ve sadece tabakalaşmanın olduğu süreçlerde izlenen bir olgu olarak karşımıza çıkmıştır.

Bu kesin yargılara ulaşmak için daha önceden gün bazında yapılan toz taşınma olayları ve karbon dioksit değişimleri toplu olarak alınmıştır.

Günümüze kadar enverziyon ile doğal olarak eşleştirilen CO₂ birikimlerinin sadece kış ayları sürecinde geçerli olduğu bu çalışmada bir kez daha ortaya konulmuştur. Bu elbette bilinen bir gerçektir. Kış döneminde ölçülen CO₂ ortalaması Kasım ayında 403ppmv, Aralık ayında 406 ve Ocak ayında 411 ppmv olarak ölçülmüştür. Tuzson ve ark., (2011) tarafından İsviçrenin 3580 metre yüksekliğinde yapılan ölçümler kış döneminde “background” CO₂ seviyesini 390 ppmv olarak belirlemiştir. Troposforde yapılan bu ölçümler ile Ankarada yapılan kış ölçümleri uyumludur.

Sahra tozu taşınımı kış ayları sürecinde de devam eden bir olaydır ve bu çalışma döneminde de defalarca izlenmiştir. Ancak toz taşınım sürecinde güneş enerjisinin yeterli olmadığı Kasım Aralık Ocak aylarında CO₂ seviyesinde bulut içi reaksiyonlara atıf yapılabilecek bir artış kaydedilmiş aksine Sahra tozu taşınımı sürecinde ortalama CO₂ seviyesinde azalmalar dahi izlenmiştir.

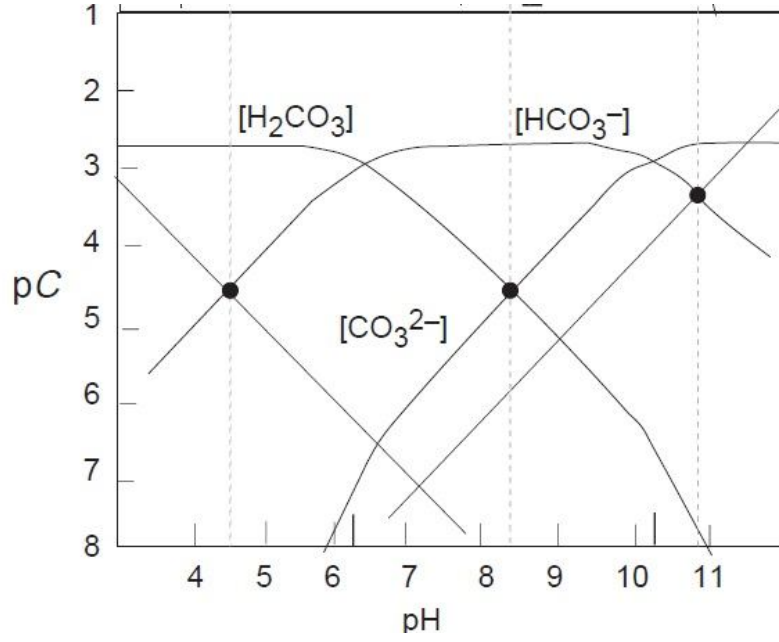
Şubat ayı ortaları halk arasında “Cemre” olarak tanımlanan güneş enerjisinin belirli bir eşik değeri aştığı dönem olarak bilinmektedir. Ankara’da izlenen kararlılık ve CO₂ değişimine istatistiksel olarak bakıldığında ve Şubat ayı “Cemre öncesi” ve “cemre sonrası” olarak tanımlandığında cemre sonrasında enverziyon ile CO₂ seviyesi değişiminin negatif eğime geçtiği yani enverziyonun olmadığı süreçlerde CO₂ seviyesinin arttığı izlenmiştir. Bu bilinen atmosferik koşullara uygun bir davranış şekli değildir. Hava akımı yoksa kirlilik birikim gösterir ama hava akımı varsa oluşan kirlilik dağılır veya seyrelir yani ölçüm aleti bu değişimi bir azalma olarak kaydeder. Ama “cemre sonrası” durum tam ters bir davranış sergilemektedir.

Şubat ayında gözlemlenen ilk Sahra tozu taşınımı ile tezin amaçları doğrultusunda oluşması beklenen CO₂ artışı kaydedilmiştir. Şubat ayına “background” seviyelerinden başlayan CO₂ değişimi 9-11 Şubat döneminden itibaren güneyli hava akımlarının etkisi ile artmaya başlamıştır. Bu CO₂ artışı tezin amaçlarında belirtilen reaksiyon dizinine uygun ilk artış olmuştur.

Rüzgarların güneyli yönlerden esmesi ile Sahra kaynaklı toz taşınımı süregelmiş ve 17 ve 18 Şubat günlerinde net bir şekilde kanıtlanan Sahra toz taşınımı tezin amaçlarında belirtildiği gibi gündüz saatlerinde artış göstermiştir. Şubat ayı sürecinde yeşil bitki örtüsünün ve etrafımızı saran denizlerde de aşırı bir klorofil değişiminin olmaması, ısı kaynaklarının geçen aylardan daha farklı olmaması ve eğer olacak ise tedricen artan sıcaklıklar ile daha az kullanılıyor olması nedeni ile olası bir CO₂ artışını bunlar harici bir kaynağa bağlamak için en ideal bir ay olmaktadır. Özetle Şubat ayının başlaması ile birlikte enverziyon ile olan ilişkinin terse dönmesi ve toz taşınımı süreçlerinde CO₂ artışları izlenmeye başlanmıştır ve bu bilim tarihinde bir ilk tir.

Şubat ayının 20-21 günlerinde yine Sahra üzerinden gelen bir başka toz taşınımı olayı kaydedilmiş benzer yoğunlukta ve neredeyse aynı hat boyunca toz gelmesine rağmen CO₂ değişimleri günüz saatlerinde 17-18 Şubat tarihlerinde izlenen seviyelere ulaşamamıştır. Bu beklenmedik durum karşısında 17-18 Şubat ve 20-21 Şubat toz taşınım süreçlerinde tozun geldiği yöndeki meteorolojik koşulların da incelenmesi gereği ortaya çıkmıştır. Yapılan incelemelerde 17-18 şubat dönemi toz taşınımı döneminde hava akımının geldiği yolda yağışın olmadığı veya sadece Anadolu'nun kuzeyinde olduğu görülmüştür. 20-21 Şubat toz taşınımı döneminde ise yağışın Afrika'dan başlayıp Anadolu'ya kadar uzandığı görülmüştür.

Şekil 4.104 ve Şekil 4.105'te verilen ve 17-18 Şubat toz taşınımı sürecinde kaydedilen yağış rejimi ile 20-21 Şubat sürecinde kaydedilen yağış rejimi tamamen farklıdır. 17-18 Şubat döneminde Akdeniz üzerinde herhangi bir yağış kaydedilmemişken 20 ve 21 Şubat toz taşınımı sürecinde Akdeniz'de yoğun yağışlar izlenmiştir. Sahra tozu taşıyan yağışların pH değerinin arttığı ve bu nedenle de asit yağmurlarını engellediği bilinen bir gerçektir (Loye Pilot ve ark.,1986; Rogora ve ark., 2004).



Şekil 5.1. pH ve Karbonat İlişisini Gösteren Çizelge

Bilindiği üzere yukarıda verilen karbonat dengesi çizelgesinde pH değeri atmosferdeki CO_2 'in hangi halde bulunacağını tarif eden en önemli parametredir. Dolayısı ile toz taşınımı sürecinde oluşan yağış ve bunun bazik karakterde olması oluşan CO_2 nin ya HCO_3^- veya az da olsa CO_3 olarak bulunmasına neden olacak ve böylece tezin amaçları doğrultusunda atmosferde CO_2 oluşacak olsa bile bu yer ölçümlerine yansımayacaktır.

20-21 Şubat tarihinde bu nedenlerden dolayı yer seviyesindeki CO_2 artışı olmadığı düşünülmektedir. Ancak bu yağmur suyunda artması gereken bikarbonat ve karbonat verileri ile desteklenmelidir. Bu çalışmada yapılmamış olsa da Rogora ve ark., (2004) tarafından yürütülen çalışmalarda İtalya'da kaydedilen Sahra tozu içeren bazik karakterli yağmurların toplam yağışların sadece %3-17'sini meydana getirmelerine karşın senelik toplam kalsiyum ve bikarbonatın %70-100'ünü taşıdığını göstermişlerdir. Yağmur suyunun bikarbonat açısından bu kadar zenginleşebilmesi tezin amaçları doğrultusunda oluşan CO_2 'in bikarbonat olarak yağmur suyuna geçmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu veriler bize bundan sonra yapılacak çalışmalarda nelerin de CO_2 ile birlikte incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

Yaz döneminde ise yeşil bitki örtüsündeki değişim ve gün ışığının en uzun sürelerle ulaşması nedeni ile Sahra'dan gelen bir hava akımının yaratacağı CO_2 sinyali ile bitki örtüsünün neden olduğu CO_2 artık iç içe girmektedir.

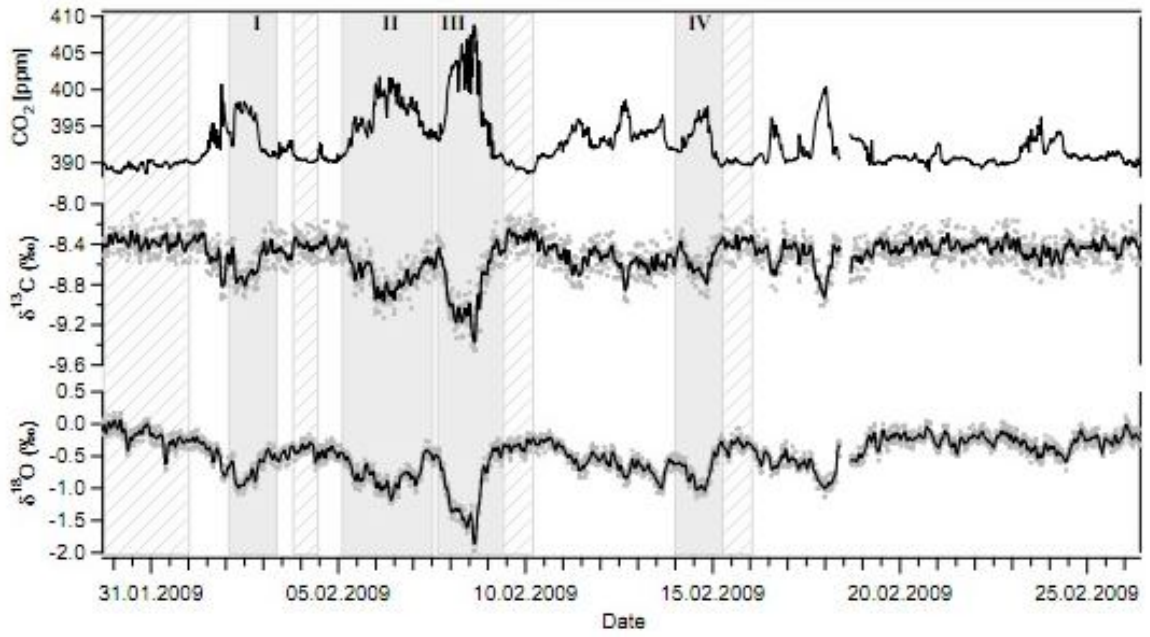
Yaz aylarında etken olmaya başlayan diğerk bir faktör de güneş enerjisinin artması nedeni ile giderek daha kuzeye çekilmeye başlayan bulutluluk oranı nedeni ile olmakta ve toz bulut güneş enerjisi üçgenindeki bir ayak ortadan kalkmaktadır.

Toz taşınımı sürecinde bulut içerisindeki reaksiyon zincirinin yeterli güneş ışığı ile desteklenmesi halinde atmosferdeki CO₂'in artabileceği defalarca bahsedildiği üzere bilim tarihinde ilk kez bu tez kapsamında ele alınmaktadır. En son teknolojik ürün olan (Quantum Cascade Laser Based Absorption Spectrometer - QCLAS) kullanılarak saniye mertebesindeki çözünürlükle ölçüm yapan İsviçre-Jungfrauoch izleme istasyonunda Şubat 2009 da yapılan ölçümler (Tuzson ve ark., 2011) tarafından yayınlanmıştır.



Şekil 5.2 İsviçre-Jungfrauoch İzleme İstasyonu

Bu yayında Şubat ayının seçilmesine özel önem verildiği belirtilmektedir. Şubat ayında hem fotosentezin hem de respirasyonun en düşük seviyede olduğu ve dolayısı ile kirletici sinyalleri üzerinde en az etkisinin olabileceği bir dönem olduğu vurgulanmaktadır. Bir başka neden de o ay içerisinde farklı yönlerden hava akımlarının olduğunun da bilinmesi nedeni ile Şubat ayına özel bir önem verilmiş ve Tuzson ve ark. (2011) yayınında sadece bu aya ait veriler tartışılmıştır.

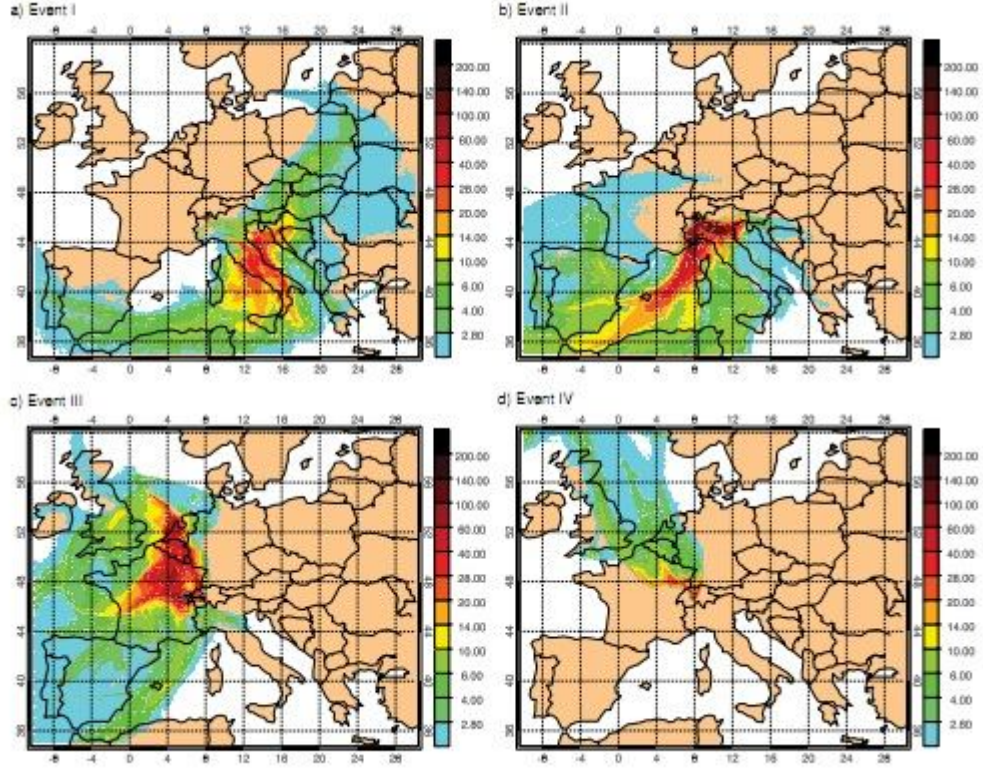


Şekil 5.3. İsviçre-Jungfraujoch Şubat 2009 Verileri

Tuzson ve ark. (2011) Şekil 5.3'de I, II, III ve IV olarak belirtilen gölgeli alanların belirgin kirlilik hadiseleri (distinct pollution events), taramalı alanların ise troposferik “background” hadiseleri olduğunu söylemektedir.

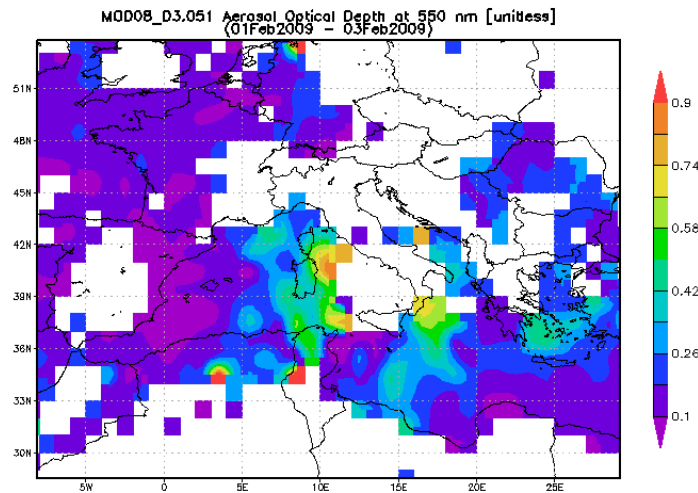
Tuzson ve ark., (2011) yukarıda bahsedilen I, II, III ve IV numaralı CO₂ artışlarına neden olan hava akımlarının kaynaklarının da geri izleme tekniği ile hesaplandığını ve Şekil 5.3'de verilen dağılımların bulunduğunu göstermişlerdir.

Şekil 5.4'te Şekiller üzerinde kırmızı olarak işaretlenen yerler olası CO₂ kirleticiler olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.4. Şekiller Üzerinde Kırmızı Olarak İşaretlenen Yerler Olası CO₂ Kirletici Kaynakları Görüntüleri

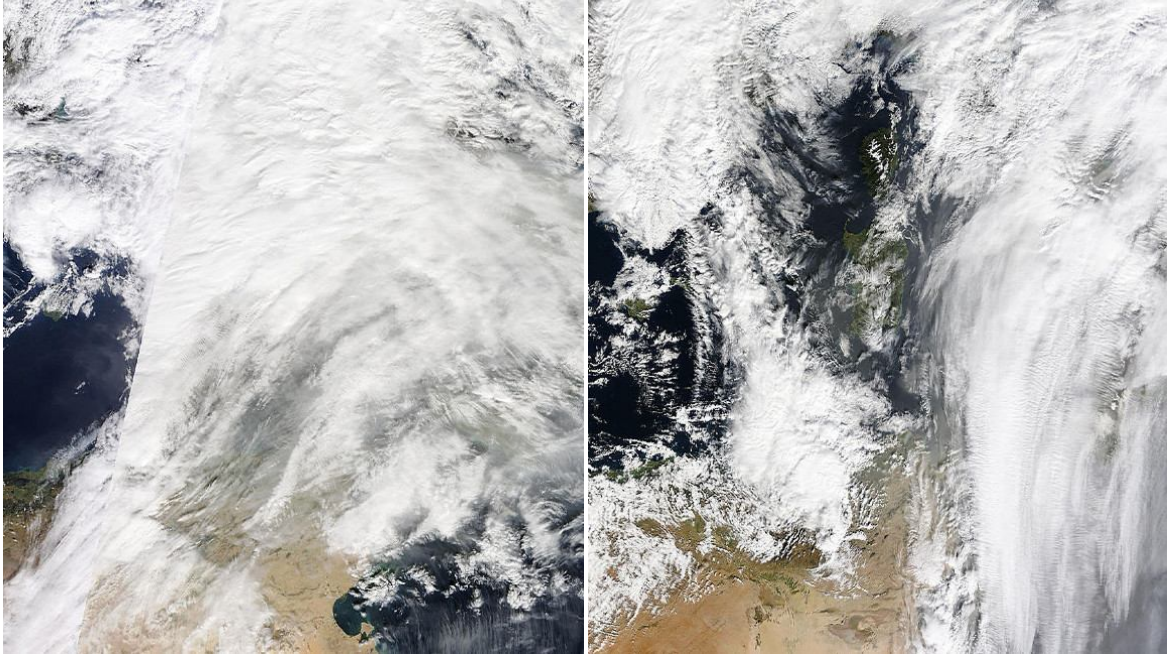
I numaralı episot nedeni ile 1 Şubat'ta CO₂ artışı “background” seviyeden farklılaşmaya başlamış ve 2 Şubat günü tepe noktaya ulaşmış 3 Şubat 2009 öğlen saatlerinde de etkisini kaybetmiştir. 1-3 Şubat 2009 dönemine ait üç günlük verilere toplu olarak bakıldığında;



Şekil 5.5. 1-3 Şubat 2009 Toz Dağılımı. Tozlu Bölgeler Yeşil, Sarı ve Kırmızı Renkli Alanlar, Beyazlar ise Bulutla Kaplı Bölgelerdir.

Sahra çölünden çıkan tozların İtalya-Polonya istikametinde dağıldığı ancak bulutluluk nedeni ile kıta Avrupa üzerinde tam olarak izlenemediği görülmektedir.

2 ve 3 Şubat 2009 tarihli uydu verisi ise Sahradan İtalya istikametinde toz çıkışını ve sistemin doğuya doğru hareket edişini kesin olarak ortaya koymaktadır.



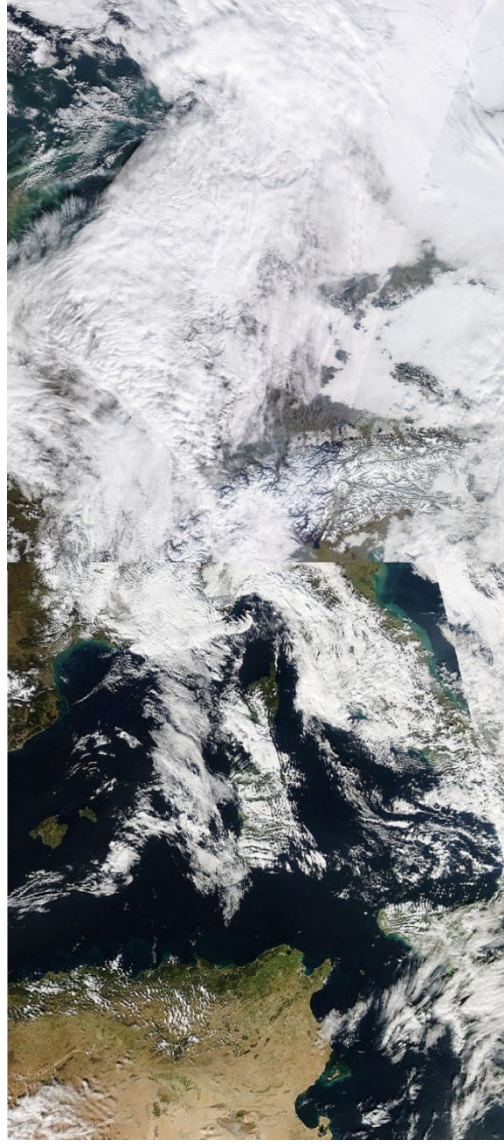
2 Şubat 2009

3 Şubat 2009

Şekil 5.6. 2-3 Şubat 2009 MODIS Uydu Görüntüleri

Dolayısı ile daha güney enlemlerden oluşan hava akımlarının taşıdığı ve bulut içerisinde tezin amaçları doğrultusunda oluşması beklenen reaksiyon zincirini sürdürecektir güneş enerjisinin de olduğu hava akımları Jungfraujoch izleme istasyonunda CO₂ seviyesindeki artışa neden olmuştur. Bu etki bilinmediği için Tuzson ve ark. (2011) artışı Po Vadisindeki endüstriyel faaliyetler olarak açıklamışlardır.

4 Şubat 2009 günü “background” seviyelere geri dönen CO₂ ölçümleri sürecinde elde edilen uydu verisi de Şekil 5.7’de verilmiştir.

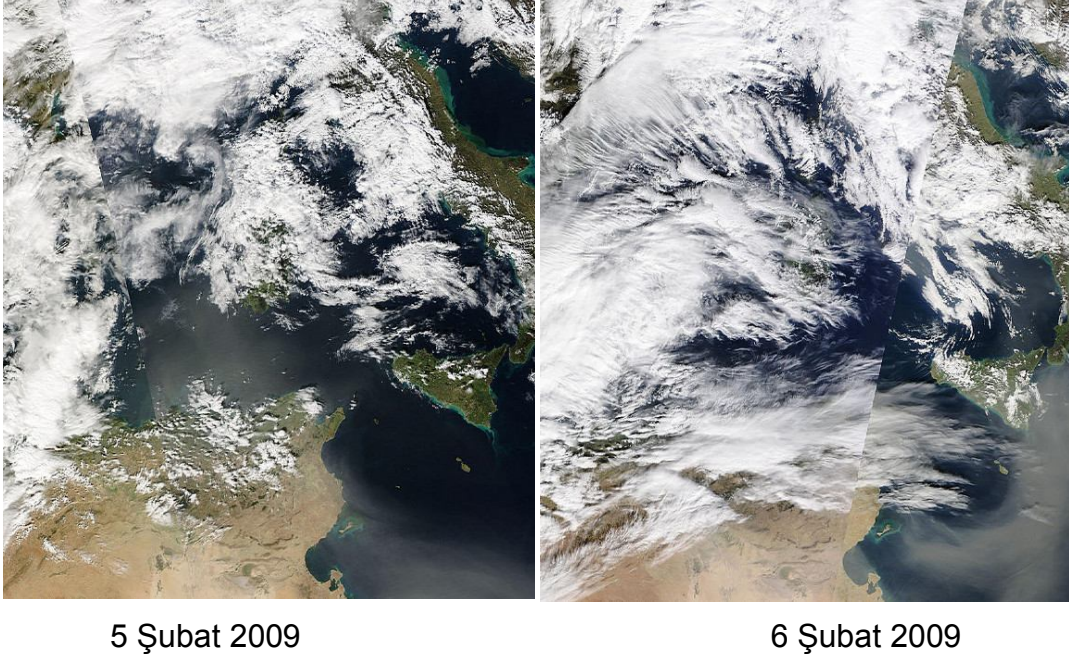


Şekil 5.7. 4 Şubat 2009 Tarihli Uydu Verisi

4 Şubat tarihli uydu verisi toz geçişinin ardından gelen kuzeyli hava akımları nedeni ile Kuzey Avrupa'dan gelen hava akımlarının tüm Avrupayı ve Akdeniz basenini etkilediği izlenmektedir. Bir başka değişle Junfraujcoh izleme istasyonuna gelen hava akımları en azında Almanya gibi bir sanayi ülkesi üzerinden geçerek gelmiş ancak buna rağmen CO₂ ölçümleri” background” seviyesine geri dönmüştür.

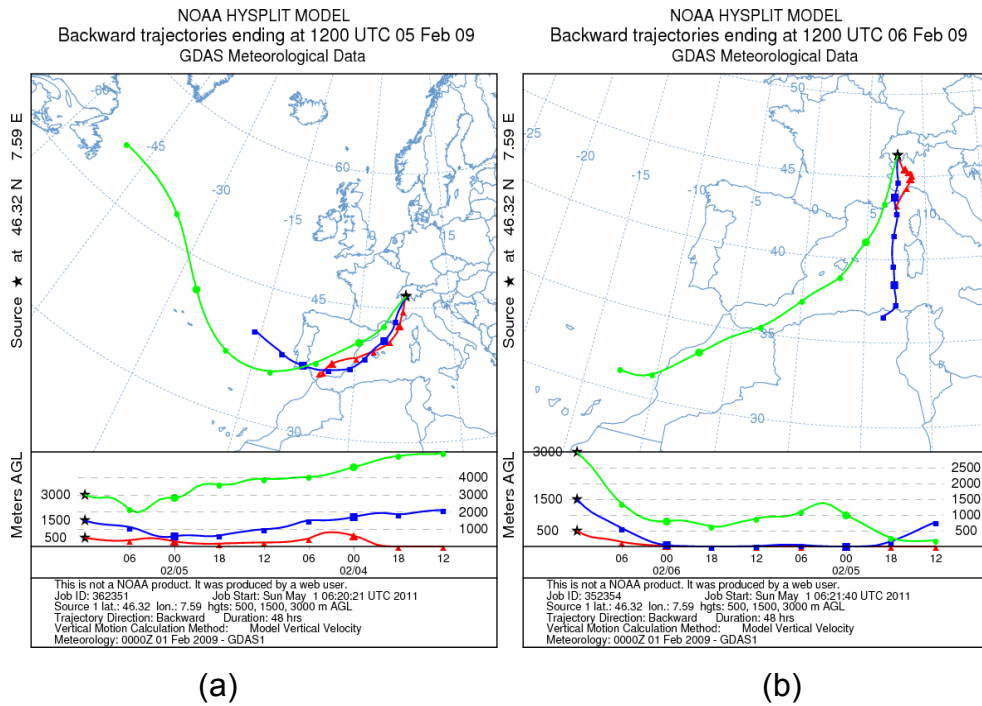
Tuzson ve ark. (2011) tarafından II numaralı episot olarak verilen ve 5 Şubat 2009 tarihinde başlayan CO₂ artışına neden olarak yine Akdeniz baseni ve Kuzey İtalya Po vadisi yeniden potansiyel kaynak olarak gösterilmiştir.

Halbuki 5 Şubat tarihinde Şekil 5.9'da gösterilen uydu verisinden de izleneceği gibi yeni bir toz taşınımı olayı başlamıştır.



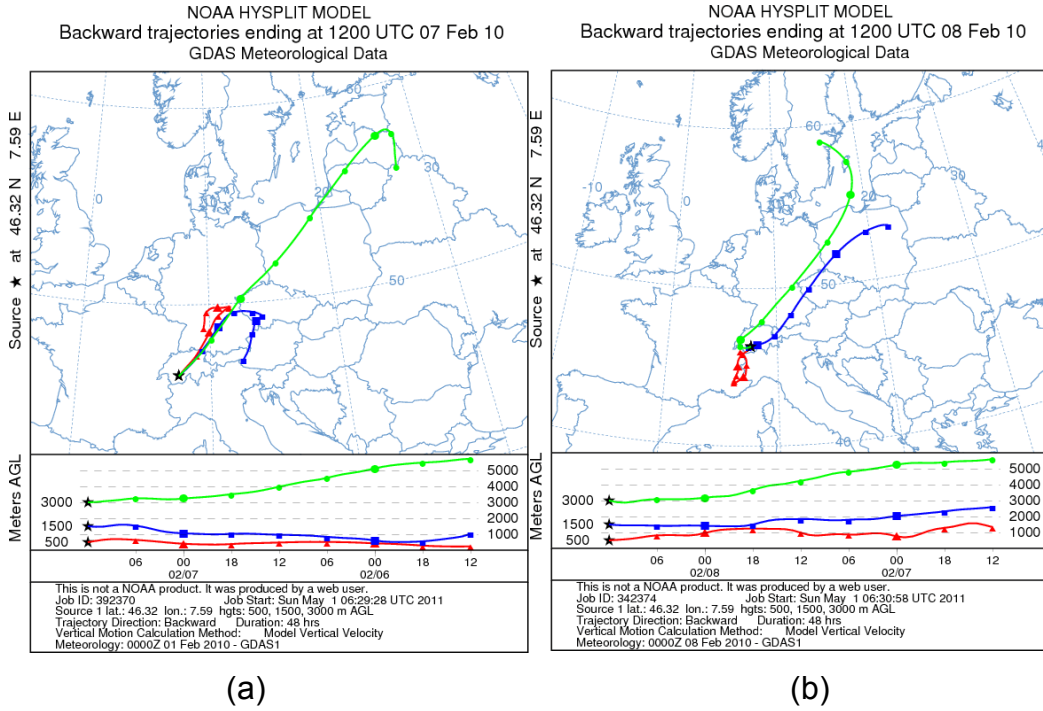
Şekil 5.8. 5-6 Şubat 2009 MODIS Uydu Görüntüleri

Junfraujoch merkez olarak yapılan geri izleme metotları ile izleme noktasına gelen hava akımlarının 5 ve 6 Şubat 2009 tarihlerinde Şekil 5.10 a ve b'de gösterildiği gibi Sahra kaynaklı olduğu da görülmektedir.



Şekil 5.9. (a) 5 Şubat 2009, (b) 6 Şubat 2009 Tarihli Geri İzleme Grafikleri

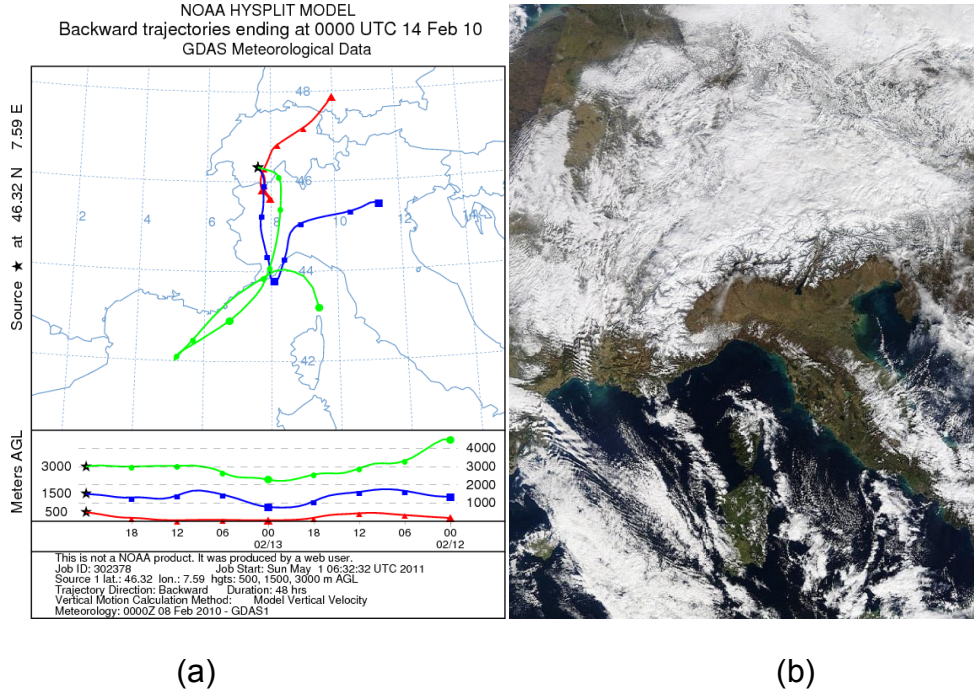
Jungraujcoh izleme noktasında kaydedilen CO₂ seviyesi 7 Şubat tarihinde kısa süreli de olsa yeniden “background” seviyesine dönmüştür. Şekil 5.10 a ve b’de gösterilen 7 ve 8 Şubat 2009 tarihinde izleme noktasına gelen hava akımlarına bakıldığında şu durum görülmektedir.



Şekil 5.10. (a) 7 Şubat 2010, (b) 8 Şubat 2010 Tarihli Geri İzleme Grafikleri

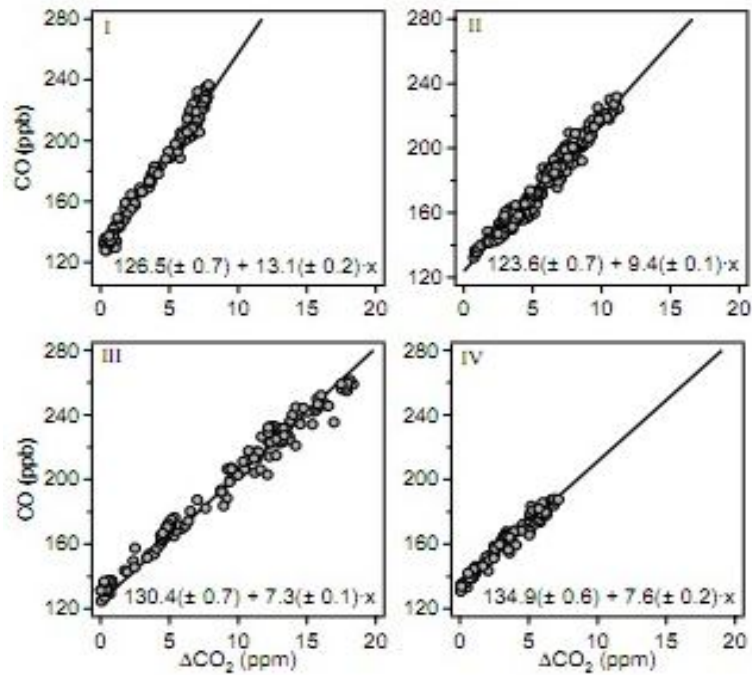
Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’de gösterilen hava akımları Jungraujcoh izleme noktasına ulaşınca atmosferdeki CO₂ seviyesi bu sefer özellikle 500 ve 1500 metre yükseklikte hava akımlarının kısa olması yani tabakalaşma ihtimalinin yüksek olması ve yerel ısınma kaynaklı fosil yakıtların kullanılması nedeni ile artmıştır.

Tuzson ve ark. (2011) tarafından IV numaralı episot için de kirlilik kaynak olarak gösterilmiştir. Şekil 5.12a’da gösterilen geri izleme teknikleri de izleme noktasına ulaşan hava akımlarının kaynağının hem kuzey hem de güney yönlerden geldiği ve dolayısı ile her yönden gelen kirlilik kaynakları nedeni yükseldiği Şekil 5.12 b’de ise atmosferde toz olmadığı izlenmekte ve verilerin de bunu doğruladığını göstermektedir.



Şekil 5.11. (a) 14 Şubat 2009 Tarihli Geri İzleme, (B) 14 Şubat Tarihli Uydu Görüntüsü

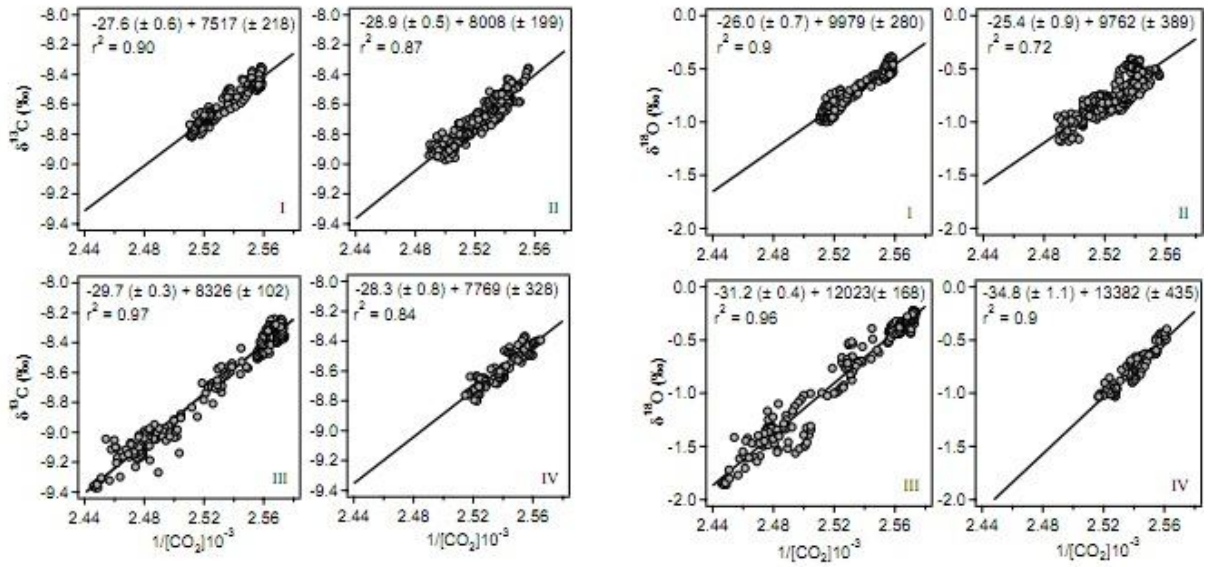
Her ne kadar bu çalışma CO dağılımı hakkında bir fikir öne sürecektir değilse de Jungfraujoch'ta yapılan izlemelerde CO ölçümleri de yapılmıştır. Elde CO ve CO₂ arasındaki ilişkiyi gösteren eğriler Şekil 5.12'te gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Jungfraujoch İzleme Noktasında Şubat 2009 CO ve CO₂ Arasındaki İlişki

Şekil 5.12'den de görüleceği üzere Sahra taşınımı sürecinde elde edilen I ve II numaralı şekillerdeki eğim 126 ve 123 değerlerini taşıırken, kirlilikten kaynaklandığını gösterdiğimiz CO₂ episotlarına ait III ve IV numaralı şekillerdeki eğim 130 ve 134 değerlerindedir. Bunun ne anlama geldiği hakkında bir yorum yapmak durumunda değiliz. Ancak Sahra toz taşınımı sürecinde elde edilen eğimler ve de özellikle örnekleme değerlerinin kümeleşmelerindeki benzerlik dikkate değerdir.

Junfraojcoh izleme noktasında ayrıca CO₂ ve O₂ izotopları da ölçülmüş ve bu dört episod için ayrı ayrı hesaplanmıştır.



Şekil 5.13. Jungfraujoch İzleme Noktasında Şubat 2009 C ve O₂ Arasındaki İlişki

Saatlik ortalama değerler olarak elde edilen bu Keeling dağılımları hakkında da yorum yapma olanağımız yoktur ancak Sahra tozu taşınımı sürecinde elde edilen I ve II numaralı episotlardaki dağılımların benzerliği veya diğer kirlilik dönemlerine göre farklılığı da Şekil 5.13'te görülmektedir.

Elde edilen tüm veriler toplu olarak ele alındığında şu kesin sonuçlara ulaşmak mümkündür. Sahra tozları uzun mesafeli taşınım süreçlerinde bulut içerisinde belirli koşulların sağlanması koşulu ile CO₂ üretmektedir. Bu olgu diğer izleme istasyonları tarafından da kaydedilmekte ancak Sahra çöl tozlarının bulut içerisinde neden olduğu reaksiyon dizini bilinmediği için mutlaka bir kirlilik kaynağı yaratılmaktadır.

Bu bilim dünyasında şimdiye kadar bilinen bir kaynak değildir ve bu tez kapsamında gösterilmiş olan bir ilk tir. Bir sene süresince sürdürülen çalışmalar bulut içerisinde CO₂ oluşumunu kesin olarak göstermiştir.

Genellikle fosil yakıtları ve şehirlerde yaşayan insanların her türlü faaliyetleri sonucunda oluşan ve ölçüm cihazlarında yükselmeye neden olan CO₂ artışı sadece ve sadece tabakalaşma dönemlerinde izlenen geçici bir süreçtir.

Toz taşınımı, bulut içi reaksiyonlar ve yeterli güneş enerjisi olması durumunda CO₂ oluşumunun karbonat dengesini de destekleyebileceği ve bunun kontrolünün de yağış oluşumu ile ilgili olduğu da izlenmiştir.

Kuvvetli hava akımları özellikle de kuzeyli hava akımları Ankara atmosferinde ölçülen CO₂ seviyesini 390 ppmv ortalama değerlere kadar geriletmektedir. Bu değer Jungfraujoch da ölçülen değerler ile de uyumlu bir düzeydedir.

Teknolojinin ulaştığı en son izleme yöntemleri kullanılarak yapılan izleme ölçümlerinin de kirlilik olarak tariflediği episotların aslında Sahra toz taşınımı sürecinde elde edildiği de gösterilmiştir.

Dolayısı ile çöl kökenli tozların bulut içerisinde CO₂ oluşumuna neden olabileceği gerçeği ve bu oluşumun küresel CO₂ bütçesi üzerindeki yeri öncelikle belirlenmelidir. Çöl alanlarının küresel anlamda dağılım göstermesi diğer çöllerdeki potansiyel oluşumların da incelenmesini gerektirmektedir.

Bu doğal oluşum tespit edilmeden Kyoto gibi anlaşmalar ile küresel CO₂ bütçelerini regüle etmeye çalışmanın bir anlamı da olmayacaktır. Çünkü her ne yapılsa yapılsın küresel CO₂ bütçesi bulut içerisindeki bu oluşumun etkileri küresel anlamda saptanmadan sağlıklı bir CO₂ bütçesi elde etmenin olanağı yoktur.

Bölgemiz için Sahra tozu taşınımı süreçlerinde yükselen CO₂ seviyesinin ekosistemin diğer parçaları üzerindeki etkileri de detaylı olarak incelemeye alınmalıdır.

İnsan sağlığı üzerindeki etkileri de işin başka yönüdür. Oksijen/Karbon dioksit oranlarının gün içerisinde ve ani değişimi elbette insan sağlığı üzerinde de etkilidir ve şimdiye kadar bilinmeyen bu olgunun da incelenmesi gerekmektedir.

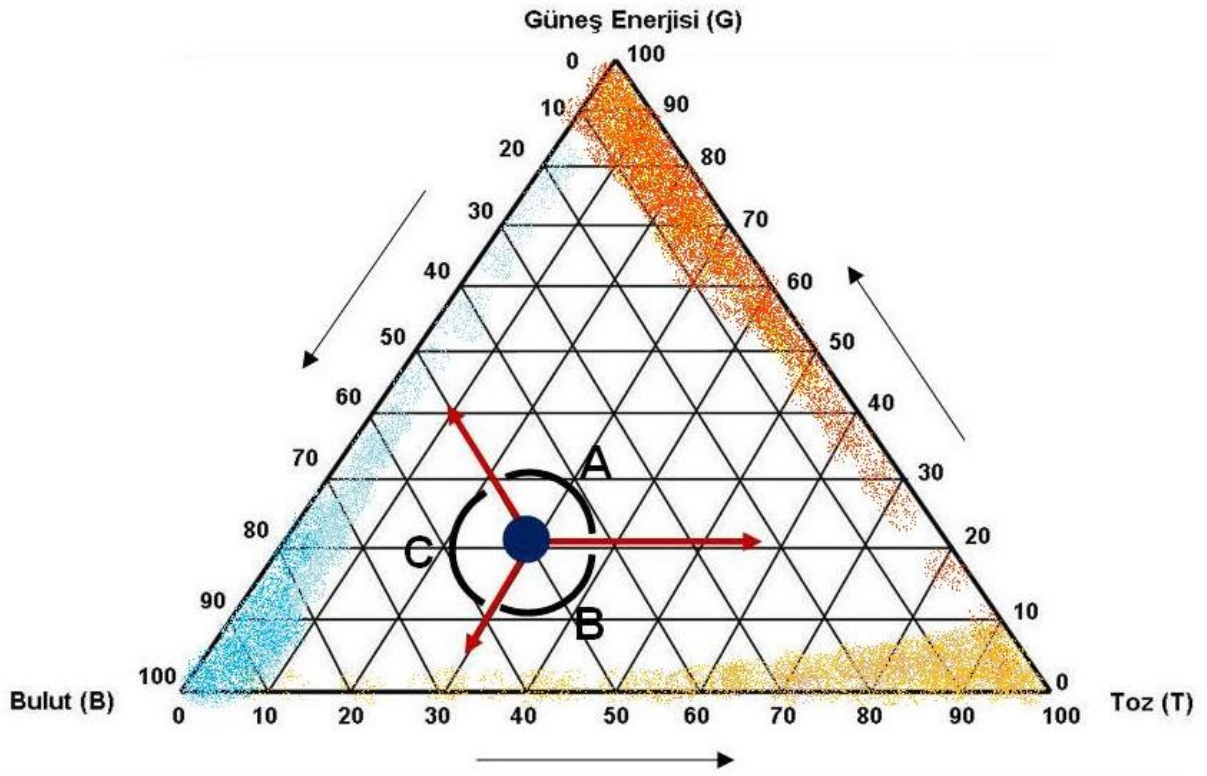
Bunlar akla gelen ilklerdir ve eminiz ki bu tez sonrasında CO₂ dengeleri tamamen değişmek zorundadır ve bu etkinin öncelikle ve küresel anlamda incelenmesi de şarttır.

Sera gazları ve etkilerinin her geçen sene meydana geçen aşırı meteorolojik olayların ana nedeni olarak öne sürüldüğü günümüzde bu doğal kaynağın boyutları tespit edilmeden Kyoto gibi uluslararası ve yaptırımını olan anlaşmaların kolaylıkla uygulanamayacağı ve eğer yaptırımlara başlanması halinde dahi bu doğal kaynak nedeni ile atmosferdeki karbon dioksit gazının etkilerinin ortadan kalkmayacağı bir gerçektir.

Bu yaklaşımımız geçmişte yaşanan küresel iklim değişikliği dönemlerinde izlenen karbon dioksit gazlarının değişimleri ile desteklenmektedir.

Son olarak çöl tozu, bulut, güneş ışığı bağlantısının açıklamak ve ileride kurulacak modeller için basit bir temel oluşturmak için Finetti diyaramı yaklaşımı tartışılmıştır. Bu yaklaşımda eşkenar üçgen içerisinde kenarlara eşit açı ile bakan bir nokta tezimizde CO₂ konsantrasyonunu göstermektedir. Ancak bu nokta istenir ise çöl tozu bulut etkileşimi sonrasında meydana gelen reaksiyon ürünlerinden olan Fe(II) ve CO₂* için de kullanılabilir.

Finetti diyagramında eşkenar üçgenin tepe noktaları Güneş Enerjisi(G), Bulut(B) ve Toz(T) olarak belirlenmiştir. Tez kapsamında tartışıldığı gibi reaksiyon ürünlerinin oluşması bu üç bağımsız etkene bağılı olarak yürümektedir.



Şekil 5.14. Finetti Diyagramı

Finetti diyagramında her zaman aşağıdaki koşullar sabittir;

$$\left\{ \begin{array}{l} A^{\wedge} = B^{\wedge} = C^{\wedge} \\ \text{Güneş Enerjisi} = (G) , \text{Toz} = (T) , \text{Bulut} = (B) \\ G: [0,100] , T: [0,100] , B: [0,100], \\ \text{Güneş Enerjisi} (G) \neq \text{Bulut} (B) \\ \text{Güneş Enerjisi} \uparrow \Rightarrow \text{Bulut} \downarrow \text{ ve } \text{Güneş Enerjisi} \downarrow \Rightarrow \text{Bulut} \uparrow \end{array} \right.$$

Bu şartlara göre;

$$\text{Güneş Enerjisi} (G) + \text{Toz} (T) + \text{Bulut} (B) = 100$$

$$(G) + (T) + (B) = 100$$

Finetti yaklaşımında birinci ekstrem koşul olarak kış dönemi ele alınmıştır;

Güneş enerjisinin en düşük olduğu Aralık ayında seviyenin 0 ve 10 arasında değişeceği varsayılmıştır;

Güneş Enerjisi: 0, Toz miktarı: 40 ve Bulut miktarı: 60 = 100 (1)

Güneş Enerjisi: 10, Toz miktarı: 20 ve Bulut miktarı: 70 = 100 (2)

Güneş Enerjisi: 10, Toz miktarı: 30 ve Bulut miktarı: 60 = 100 (3)

Bu üç senaryo tüm kış mevsimini temsil edebilmektedir ve bu dönemde en önemli parametre güneş enerjisi olmaktadır.

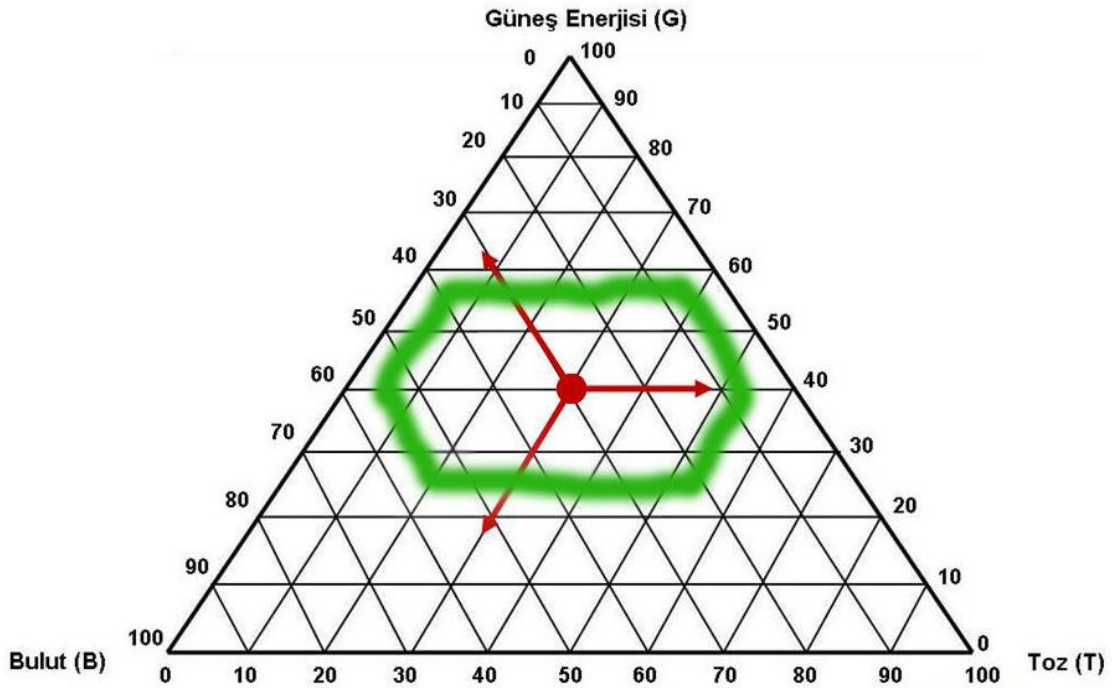
Güneş enerjisinin en yüksek olduğu yaz dönemi için ise yine üç senaryo üretilebilir. Bu dönemde de bulut reaksiyon dizini için en önemli parametre olmaktadır ve bulutun da 0 ile 10 arasında değiştiği varsayılmaktadır.

Buna göre;

Güneş Enerjisi: 50, Toz miktarı: 40 ve Bulut miktarı: 10 = 100 (1)

Güneş Enerjisi: 60, Toz miktarı: 30 ve Bulut miktarı: 10 = 100 (2)

Güneş Enerjisi: 80, Toz miktarı: 20 ve Bulut miktarı: 0 = 100 (3)



Şekil 5.15. İlkbahar ve Sonbahar Dönemleri İçin Finetti Diyagramı Örneği

Şekil 5.15'te toz bulut ve güneş enerjisinin en ideal buluşma dönemleri olan ilk ve sonbahar ayları için tasarlanan bir yaklaşım gösterilmektedir.

Bu aylarda da güneş enerjisi eşik değerin üzerindedir ve yeterli seviyededir. Sahra tozlarının taşınımı ve bu süreçte bulutların da var olduğu bilinmektedir. Dolayısı ile; Güneş enerjisinin, bulutlanma ve tozun 30-50 arasında değiştiği çeşitli senaryolar üretmek mümkündür.

Bulut içi reaksiyonun stokiyometresinin bilindiği ve Finetti yaklaşımı ile de basit bir model oluşturmanın mümkün olduğu bu yaklaşıma bir de “z” boyutunun eklenmesi ile sistemin davranışları hakkında yeterli bilgi birikimi sağlanabilir.

Küresel anlamda toz bulut ve yer seviyesindeki güneş enerjisi dağılımlarının da modele girdi olarak verilmesi ile küresel anlamda modellerin geliştirilmesi bundan sonraki aşama olmalıdır.

Ayrıca ölçümlerin sadece CO₂ ile sınırlı olmaması ve en azından yağmur suyunda karbonat ve bikarbonatın da ölçülmesi modelleri destekleyecek ek bilgilerin kısa zamanda derlenmesine de olanak tanıyacaktır. Ayrıca bu izlemelerin sistematik bir ağ içerisinde yapılması da şarttır. Bu yaklaşım bize aynı sistemin gün içerisindeki davranışları hakkında da bilgi verecektir. Tek istasyonla izleme aynı sistemin gece gündüz davranışları hakkında bilgi edinilmesini olanaksız kılmaktadır.

Ayrıca bulut içerisindeki CO₂ oluşumunun laser ışığı yardımı ile de izlenebilmesi için küresel anlamda işbirliği gerekmektedir. Bu amaçla LIDAR (Light Detection And Ranging) sistemleri rahatlıkla devreye alınabilir. Günümüze kadar sadece antropojenik kaynaklar sorumlu tutulduğu için bulut içerisindeki oluşumu fark edilemeyen edilse bile yorumlanamayan karbon dioksitin LIDAR yardımı ile Sahradan kaynaklanan hava akımları içerisinde birkaç istasyon tarafından izlenmesi sistemin dinamikleri hakkında kısa zamanda yeterli bilgi verecektir. İstasyonların Sahra toz taşınımının karasal kaynaklar üzerinden geçmeden izlenmesi kirlilik tartışmalarını da ortadan kaldıracığı için Anadolu için Akdeniz sahil kesiminde, diğer Akdeniz ülkeleri için de yine Akdeniz sahil kesimlerinde kurulması kaynağın davranışları hakkında daha kolay bilgi edinmemizi de sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Bonasoni, P., Evangelisti, F., Giovanelli, G., Calzolari, F., Colombo, T., Santaguida, R., Tubertini, O., Bettoli, M. G., Tositti, L., Tesi, G., Corazza, E., 1997. Mt. Cimone Observatory: Baseline Station for The Measurement of Gaseous Substances and Radioactive Tracers in The Atmosphere, *J Environ Pathol Toxicol Oncol*, 16(2-3), 239-44.
- Colombo, T., Santaguida, R., Capasso, A., Calzolari, F., Evangelisti, F., and Bonasoni, P., 2000. Biospheric Influence on Carbon Dioxide Measurements In Italy, *Atmospheric Environment*, Volume 34, Issues 29-30, , Pages 4963-4969.
- Etheridge, D.M., Steele, L.P., Langenfelds, R. L., and Francey, R. J., 1996. Natural and Anthropogenic Changes in Atmospheric CO₂ Over The Last 1000 Years From Air In Arctic Ice And Firn. *J. Geophys. Res.* 101, 4115-28.
- Ezzati, R., 2009. Atmosferik Taşınım Giren Değişik Kaynaklı Toprakların Bitki Gelişimine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Griffin, D. W., Garrison V. H., Herman, J. R., and Shinn, E. A., 2001. African Desert Dust in The Caribbean Atmosphere: Microbiology and Public Health, Volume 17, Number 3, DOI: 10.1023/A:1011868218901, p. 203-213.
- Griffin, D. W., 2007. Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health, U.S. Geological Survey, St. Petersburg, Florida-33701, p. 459-477.
- Griffin, D.W., 2004. Terrestrial Microorganisms At An Altitude Of 20,000 M In Earth's Atmosphere, United States Geological Survey, Center for Coastal and Watershed Studies, Petersburg, FL 33701, USA, Volume 20, Number 2, p. 135-140.

- Griffin, D.W., Kubilay, N., Koçak, M., Graya, M. A., Borden, T. C., and Shinn, E. A., 2007. Airborne Desert Dust and Aeromicrobiology over the Turkish Mediterranean Coastline, Center for Coastal and Watershed Studies, U.S. Geological Survey, Petersburg, FL 33701, USA, p. 4050-4062.
- Griffin, D.W, Kellogg, Ch. A., and Shinn, E. A., 2001. Dust In The Wind: Long Range Transport Of Dust in the Atmosphere and Its Implications for Global Public and Ecosystem Health Global Change & Human Health, - Springer, Volume 2, Number 1, p. 20-33, DOI: 10.1023/A:1011910224374.
- Griffin, D.W, Kellogg, Ch. A., 2004. Dust Storms and Their Impact on Ocean and Human Health: Dust in Earth's Atmosphere, EcoHealth, Volume 1, Number 3, p. 284-295, DOI: 10.1007/s10393-004-0120-8.
- Griffin, D.W, Kellogg, Ch. A, Garrison, V. H., and Shinn, E. A., 2002. The Global Transport of Dust. Am. Sci. 90: p. 228-235.
- Griffin, D.W., Kellogg, Ch. A., Garrison, V. H. , Lisle, J. T., Borden, T. C., and Shinn E. A., 2003. African Dust in the Caribbean Atmosphere. Aerobiologia 19: p.143–157.
- Griffin, D. W., Westphal, D. L., and Gray, M. A., 2006. Airborne Microorganisms In The African Desert Dust Corridor Over The Mid-Atlantic Ridge, Ocean Drilling Program, Leg 209. Aerobiologia 22: p. 211-226.
- Griffin, D.W., Kellogg, Ch. A., Garrison, V. H. , Lisle, J. T., Borden, T. C., and Shinn E. A., 2003, Atmospheric Microbiology in the Northern Caribbean During African Dust Events, Center for Coastal and Watershed Studies, US Geological Survey, St. Petersburg, FL 33701, USA; 2Volunteer, p. 143-157.
- Griffin, D. W., Kellogg, Ch. A., and, 2006. Aerobiology and the Global Transport of Desert Dust, US Geological Survey, Petersburg, FL 33701, USA.
- Griffin, D.W., Shinn, E.A., Seba, D. B., 2003. Atmospheric Transport Of Mold Spores in Clouds Of Desert Dust., U.S. Geological Survey, St. Petersburg, Florida 33701, USA. 58(8): p.498-504.

- Italian Air Force, General Office of Meteorology, CAMM Mt. Cimone, 2000. Via Delle Ville 100, 41029, Sestola (Modena), Consiglio Nazionale Delle Ricerche - ISAO Institute, Via Gobetti 101, 40129, Bologna, Italy.
- Jickells, T. D., An, Z. S., Andersen, K. K., Baker A. R., Bergametti G., Brooks N., Cao J. J., Boyd P. W., Duce R. A., Hunter K. A., Kawahata H., Kubilay N., la Roche J., P. S. Liss, Mahowald N., Prospero J. M., Ridgwell A. J., Tegen, I., and Torres, R., 2005, Global Iron Connections Between Desert Dust, Ocean Biogeochemistry and Climate, Vol. 308 no. 5718 p. 67-71 DOI: 10.1126/science.1105959.
- Kwaasi, A. A., Parhar, R. S., Al-Mohanna F. A., Harfi, H. A., Collison, K. S., and Al-Sedairy, S. T., 1998. Aeroallergens and Viable Microbes In Sandstorm Dust. Potential Triggers of Allergic and Nonallergic Respiratory Ailments, Allergy 53: p. 255-265.
- Lorius, C., Jouzel, J., and Raynaud, D., 1993. The Ice Core Record: Past Archive of the Climate and Signpost to the Future. in: Antarctica And Environmental Change, Oxford Science Publications. pp 27-34.
- Loye-Pilot, M. D., Martin, J. M., and Morelli J., 1986. Influence Of Saharan Dust on the Rain Acidity and Atmospheric Input to the Mediterranean, Nature 321, p. 427- 428, Doi: 10.1038/321427a0.
- Lüthi, D., Le Floch M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J. M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K., Stocker T. F., 2008. High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000-800,000 Years Before Present Nature, Vol. 453, No. 7193, p. 379-382, Doi: 10.1038/nature06949.
- Maier, R. M., Drees, K. P., Neilson, J. W, Henderson, D. A., Quade, J., and Betancourt J. L., 2004. Microbial Life in the Atacama Desert, Science 306: p.1289-1290.

- Martinez-Garcia, A., Rosell-Mele, A., Geibert, W., et al., 2009. Links Between Iron Supply, Marine Productivity, Sea Surface Temperature, and CO₂ Over the Last 1.1 Ma, *Paleoceanography* Volume: 24 Article Number: PA1207.
- NASA Climate Change Gallery, 2009. Olivia Rose-Innes, EnviroHealth Editor, Health24, (Keeling Diagram)
- Navarro-Gonzalez, R., Rainey, F. A., Molina P., Bagaley, D. R., Hollen B. J., de la Rosa J., Small, A. M., Quinn, R. C., Grunthaner, F. J., Caceres L., Gomez-Silva, B., and McKay, C. P., 2003. Mars-Like Soils in the Atacama Desert, Chile, and the Dry Limit of Microbial Life. *Science* 302: p. 1018-1021.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, 2011. http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/domec/domec_epica_data.html.
- Rogora, M., Mosello, R. and Marchetto, A., 2004. Long-Term Trends in the Chemistry of Atmospheric Deposition in Northwestern Italy: the Role of Increasing Saharan Dust Deposition. *Tellus B*, 56: p.426-434, Doi: 10.1111/j.1600-0889.2004.00114.x
- Saydam, A.C. and Senyuva, H.Z., 2002. Deserts: Can They Be Potential Suppliers of Bioavailable Iron? *Geophysical Research Letters*, 29 (11), 10.1029/2001GL013562.
- Sirignano, C., Neubert, R. E. M., Rödenbeck, C., and Meijer, H. A. J., 2010. Atmospheric Oxygen And Carbon Dioxide Observations From Two European Coastal Stations 2000–2005: Continental Influence, Trend Changes and APO Climatology *Atmos. Chem. Phys.*, 10, p. 1599-1615, Doi:10.5194/acp-10-1599.
- Sturm, P., Leuenberger, M., and Schmidt, M. 2005, Atmospheric O₂, CO₂ and δ¹³C Observations From the Remote Sites Jungfraujoch, Switzerland, and Puy de Dôme, France *Geophysical Research Letters*, VOL. 32, L17811, p. 4, Doi:10.1029/2005GL023304.

- Tuzson, B., Henne, S., Brunner, D., Steinbacher, M., Mohn, J., Buchmann, B., and Emmenegger, L., 2011. Continuous Isotopic Composition Measurements Of Tropospheric CO₂ At Jungfraujoch (3580 M A.S.L.), Switzerland: Real-Time Observation Of Regional Pollution Events, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 1685-1696, Doi:10.5194/acp-11-1685.
- Verrecchia, P., Braissant, O., And Cailleau, G., 2006. The Oxalate-Carbonate Pathway in Soil Carbon Storage: The Role of Fungi and Oxalotrophic Bacteria, Gadd G.M., (Ed.) Cambridge University Press, Pp. 289-310.
- Valentino, F.L., Leuenberger, M., Uglietti, C., Sturm, P., 2008. Measurements and Trend Analysis of O₂, CO₂ and Delta13 C of CO₂ From The High Altitude Research Station Junfgraujoch, Switzerland--A Comparison With the Observations From the Remote Site Puy De Dôme, France. *Sci Total Environ.* 1;391(2-3):203-10.
- Xu, Sh., Zhao, X., Li, Y., Zhao, L., Yu, G., Sun, X., and Cao, G., 2005. Diurnal And Monthly Variations Of Carbon Dioxide Flux in an Alpine Shrub on the Qinghai-Tibet Plateau, *Chinese Science Bulletin*, Volume 50, Number 6, 539-543, DOI: 10.1007/BF02897478.
- Yılmaz, G., 2007, Değişik Toprak Kökenli Doal Besin Ortamlarının Spirulina Üretimine Etkilerinin Kesikli Reaktörler Kullanılarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yücekutlu, A. N., 2005, Sahra Tozunun Elementer Bileşiminin Bazı Buğday Çeşitlerinin Büyüme Parametreleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

INTERNET KAYNAKLARI

<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>

<http://disc.gsfc.nasa.gov/mairs/visualization/mairs-monthly-param>

<http://www.dmi.gov.tr/tahmin/enverziyon-yerlesim-merkezleri.aspx>

<http://forecast.uoa.gr>

<http://geonetwork4.fao.org/firemap>

<http://www.google.com/earth/index.html>

<http://www.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>

<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/onlineprod/drought/xmgr.html>

<http://rapidfire.gsf.nasa.gov>

http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgibrs/seawifs_browse.pl

<http://www.wetterzentrale.de/klima/index.html> adresinden 1961-1990

<http://wind.met.fu-berlin.de>