

DIŞ ORTAMDA BİYOAEROSOL SEVİYESİNİ DEĞİŞTİREN ETMENLER

ELHAM AGHLARAI^{1(*)}, Gülen GÜLLÜ¹

¹Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara

ÖZET

Bu çalışmada Ankara’da yer alan 119 istasyonda (dış ortamda) biyoaerosol örnekleme (bakteri ve mantar sayısı, değişimi ve türü) gerçekleştirilmiştir. Örnekleme Ankara’nın değişik semtlerinde 119 istasyonda 2 sene boyunca sonbahar-kış ve ilkbahar-yaz mevsimlerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca dış ortamda sıcaklık, nem, CO, CO₂ seviyeleri otomatik cihazlarla belirlenmiştir. İstatistik analizlerin sonucuna göre, her dört örnekleme dönemi boyunca nem ve sıcaklık seviyeleri arttıkça bakteri ve mantar konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir. Ayrıca, Ankara’da bulunan tüm ölçüm dönemlerinde hakim olan rüzgar yönü kuzeydoğu olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, PM₁₀ ve PM_{2.5} seviyeleri ve Ankara üzerine toz taşınması, bakteri ve mantar seviyelerini etkilemektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Biyoaerosol, Toz taşınması, Bakteri, Mantar.

ABSTRACT

In this study, bioaerosol sampling (number, species and any changes of bacteria and fungi concentration) was carried out in 119 stations (outside) in Ankara. The samples were collected from 119 stations in different districts of Ankara for 2 years in autumn-winter and spring-summer seasons. In addition, temperatures, humidity, CO, and CO₂ levels are determined by automatic monitoring devices. As a result of the statistical analysis, an increase in bacterial and fungal concentration was detected as the levels of humidity and temperature increased for each of the four sampling periods. In addition, the dominant wind direction was determined to be northeast in all measurement periods in Ankara. According to the results concentration of PM₁₀ and PM_{2.5} affected the levels of levels of bacteria and fungi.

KEYWORDS

Bioaerosol, Transport of dust, Bacteria, Fungi.

1. GİRİŞ

Biyoaerosoller bakteri, mantar sporları, virüsler polen ve onların fragmentlerini içeren biyolojik kökenli havadan kaynaklı tüm organik tozların genel adıdır. Organik maddenin mikroplar tarafından parçalanması, insanların değişik aktiviteleri veya atmosferden taşınma sonucunda

(*) e_ghlara@yahoo.com

biyoaerosoller ortaya çıkmaktalar.1850'lerden itibaren hava kirliliği insan hayatını etkileyen en önemli faktör olduğu düşünülmektedir. Günümüzde hava kirleticilerine olan maruziyetinin önemli bir morbidite ve mortalite nedeni olduğu konusundaki kanıtlar gittikçe artmaktadır. Dünyada her yıl hava kirliliğinden yaklaşık 3 milyon insan ölmektedir. Bu değer dünyada bulunan toplam ölüm vakalarının %5'ini oluşturmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

Dış ortam biyoaerosol örnekleme çalışmaları, Ankaranın değişik semtlerinde 119 istasyonda 2 sene boyunca gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sıcaklık, nem, CO, CO₂ seviyeleri otomatik cihazlarla belirlenmiştir. Her istasyonda biyoaerosol ölçen cihazıyla 4 dakika boyunca Plate, Kanlı ve Sabouraud-Antibiyotik agar üzerine hava çekilmiştir. Biyoaerosollerin örnekleme biyoaerosol örnekleme standardı olan NIOSH Method-0800'e uygun olarak ve SKC cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Vakum pompası 28.3 L/dk sabit debi ile 4 dakikalık örnekleme süresinde hava örneklerini impaktör içerisine yerleştirilen besiyerleri üzerine yapılmıştır ve hava debisi, her örneklemenin öncesinde DC-Lite Kalibratör cihazı ile kontrol edilmiştir. İç ortam havasından kaynaklanan bakteri ve mantar seviye ve türlerinin belirlenmesinde steril, hazır besiyerleri, toplam bakteri sayısının tespit edilmesi için, Plate Count agar, bakteri türünün belirlenmesi için, Kanlı agar ve mantarların sayı ve türlerinin tespit edilmesi için Sabouraud-Antibiyotik agar kullanılmıştır. Bu çalışmada yüksek seviyede bakteri ve mantar ölçülen tarihler için toz taşınım durumları Earth System Services web sitesinden incelenerek, Ankara üzerine toz taşınma durumlarını bakteri ve mantar seviyesi ile ilişkilendirilmiştir.

3. SONUÇLAR

Örnekleme yapılan istasyonlarda ölçülen bakteri ve mantarların konsantrasyon ve türleri, incelenmiştir. Ölçülen bakteri ve mantar konsantrasyonu ile meteorolojik değerleri arasında bulunan istatistiksel ilişki incelenmiştir.

3.1. Sıcaklık değerleri ile bakteri ve mantar seviyesinin istatistiksel ilişkisi

Testlerin sonuçlarına göre, her dört örnekleme dönemi boyunca sıcaklık seviyesi 20°C'nin üzerinde olan ortamlarda daha çok miktarda bakteri ve mantar tespit edilmiştir. Ölçülen bakteri ve mantar seviyesi ile sıcaklık değerlerinin arasında ilişki Statgraphics XV.I istatistik paket programı ile incelenmiştir. Verilerin değerlendirilmesi genel olarak %95 güven aralığında yapılmıştır. Testlerin sonuçları ve P değerleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Ölçülen Çevresel Parametrelerin Seviyesi ile Bakteri ve Mantar Seviyesinin İlişkisi

Sıcaklık Seviyesi (°C)					
Mevsim	Biyoaerosol	Faktör	Ortalama CFU/m³	Test	P Değeri
İlkbahar - Yaz	Bakteri	>20°C	267	Anova testi	0.04
		20°C<	147	Varyans testi	0.02
Sonbahar-Kış	Bakteri	>20°C	300	Anova testi	0.04
		20°C<	182		
	Mantar	>20°C	143	Kruskal-Wallis	0.05
		20°C<	91		
Bağıl Nem Seviyesi %					
Mevsim	Biyoaerosol	Faktör	Ortalama CFU/m³	Test	P Değeri
İlkbahar - Yaz	Bakteri	>%30	314	Anova testi	0.013
		%30<	203		
	Mantar	>%30	120	Varyans testi	0.048
		%30<	23		
Sonbahar-Kış	Mantar	>%30	180	Varyans testi	0.00
		%30<	84	Kruskal-Wallis	0.00
CO2 (ppm)					
Mevsim	Biyoaerosol	Faktör	Ortalama CFU/m³	Test	P Değeri
Sonbahar-Kış	Mantar	>400 ppm	136	Anova testi	0.041
		<400 ppm	89		

3.2. Ölçülen bağıl nem değerleri bakteri ve mantar seviyesine etkisi

Bu çalışmada sonbahar-kış döneminde örneklerin %68'inde ve ilkbahar-yaz döneminde %70'inde nem seviyesi kritik seviyenin (%50) üstünde bulunmuştur. Ölçülen bağıl nem değerleri Tablo 1'de görülmektedir. İstatistik analizlerin sonucuna göre, her dört örnekleme dönemi boyunca nem seviyesi arttıkça bakteri ve mantar konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir.

3.3. Ölçülen CO₂ değerleri bakteri ve mantar seviyesine etkisi

Sonbahar-kış dönemi boyunca ortalama CO₂ seviyesi 970 ppm ve ilkbahar-yaz dönemi boyunca 796 ppm ölçülmüştür. İstatistik analizlerin sonucuna göre, sonbahar-kış dönemi boyunca ortamında CO₂ seviyesi arttıkça mantar konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir (Tablo 1).

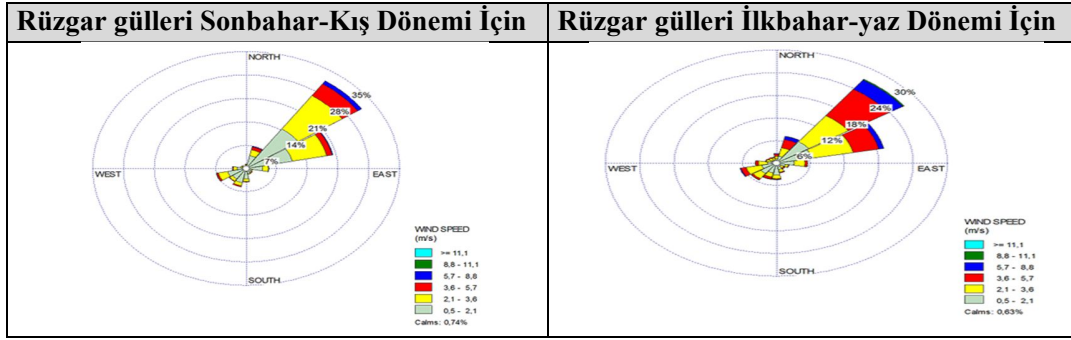
3.4. Rüzgar hızı ve yönü

Örnekleme dönemlerinde Ankara'da bulunan Meteoroloji istasyonlarından saatlik rüzgar hızı ve yönü temin edilmiştir. Sonuçlara göre, Ankara'da bulunan tüm ölçüm dönemlerinde hakim olan rüzgar yönü kuzeydoğu olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre, rüzgar hızı ilkbahar-yaz döneminde 2.80 m/s ve sonbahar-kış döneminde 2.70 m/s gözlenmiştir.

3.5. Ankara'ya ait mevsimsel rüzgar gülleri

Hakim rüzgar yönü kuzeydoğu tespit edilmiştir. Ankara bölgesinde ilkbahar-yaz ve sonbahar-kış dönemlerine ait olan rüzgar gülleri Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Ankara'ya Ait Olan Mevsimsel Rüzgar gülleri

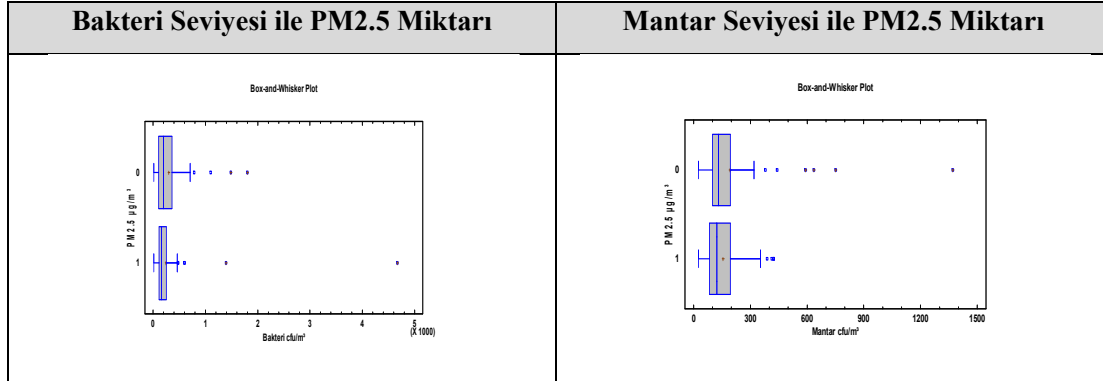


3.6. PM10 Seviyesinin bakteri ve mantar miktarına etkisi

PM10 seviyesi $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerinde bulunan örneklerde ortalama bakteri seviyesi $283 \text{ CFU}/\text{m}^3$ ve mantar seviyesi $202 \text{ CFU}/\text{m}^3$ ve PM10 seviyesi $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında bulunan örneklerde ortalama bakteri seviyesi $250 \text{ CFU}/\text{m}^3$ ve mantar seviyesi $141 \text{ CFU}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Yapılan testlerin sonuçlarına göre; PM10 seviyesi yüksek olduğu örneklerde daha fazla miktarda bakteri ve mantar bulunmuştur. Testlerin sonuçları ve P değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. PM10 ile Bakteri ve Mantar Miktarlarının İstatistiksel İlişkisi

Biyoaerosol	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ortalama CFU/m^3	Test	P Değeri
Bakteri	$> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	283	Varyans testi	0.00
	$< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	250		
Mantar	$> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	202	Varyans testi	0.03
	$< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	141	Anova Testi	0.02
			Kruskal-Wallis	0.04



Şekil 2. PM10 Seviyesi ile Bakteri ve Mantar Konsantrasyonunun Kutu Bıyık Grafiği

0: PM10 seviyesi $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerinde bulunmuştur.

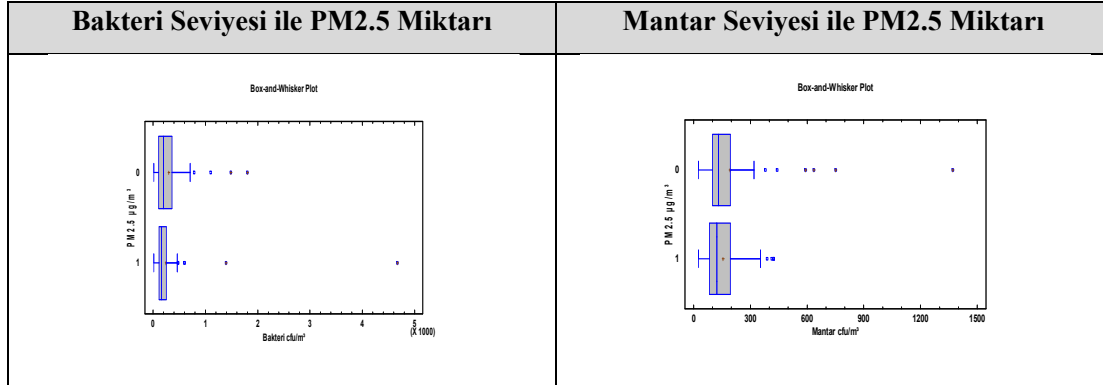
1: PM10 seviyesi $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında bulunmuştur.

3.7. PM2.5 seviyesinin bakteri ve mantar miktarına etkisi

Yapılan ANOVA Table ve Variance Check testlerin sonuçlarına göre; ölçülen mantar seviyesi ile PM2.5 seviyesinin arasında istatistiksel ilişki tespit edilmiştir. Dış ortamda PM2.5 seviyesi $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerinde bulunan günlerde ortalama bakteri seviyesi $326\text{ CFU}/\text{m}^3$ ve mantar seviyesi $194\text{ CFU}/\text{m}^3$ ve PM2.5 seviyesi $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında bulunan günlerde ortalama bakteri seviyesi $230\text{ CFU}/\text{m}^3$ ve mantar seviyesi $170\text{ CFU}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Testlerin sonuçları ve P değerleri Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. PM2.5 ile Bakteri ve Mantarlarının İstatistiksel İlişkisi

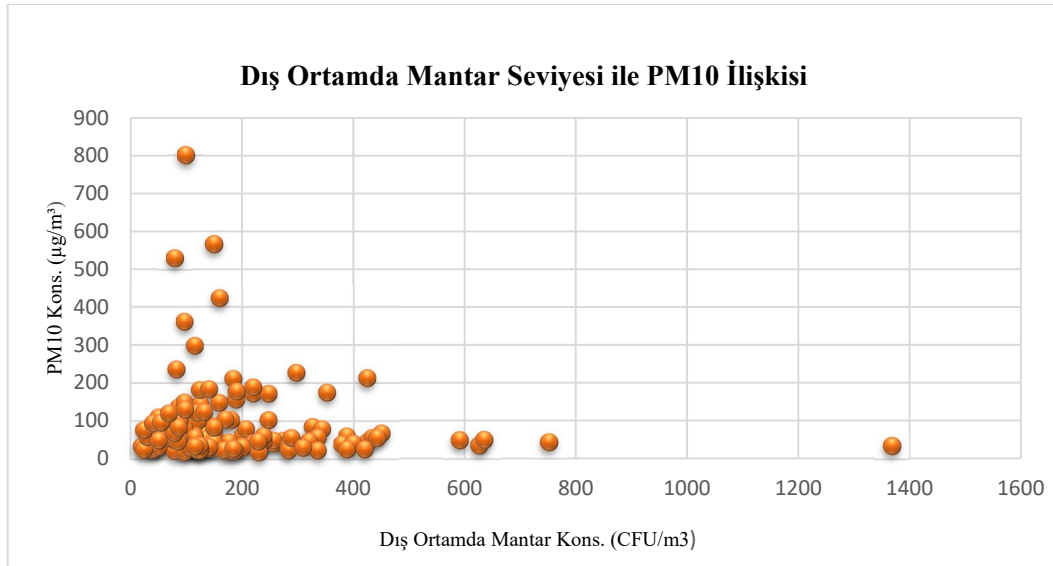
Biyoaerosol	PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ortalama CFU/m^3	Test	P Değeri
Bakteri	$> 25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	326	Variance Check	0.03
	$< 25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	230	Anova Table	0.02
Mantar	$> 25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	194	Variance Check	0.04
	$< 25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$	170		



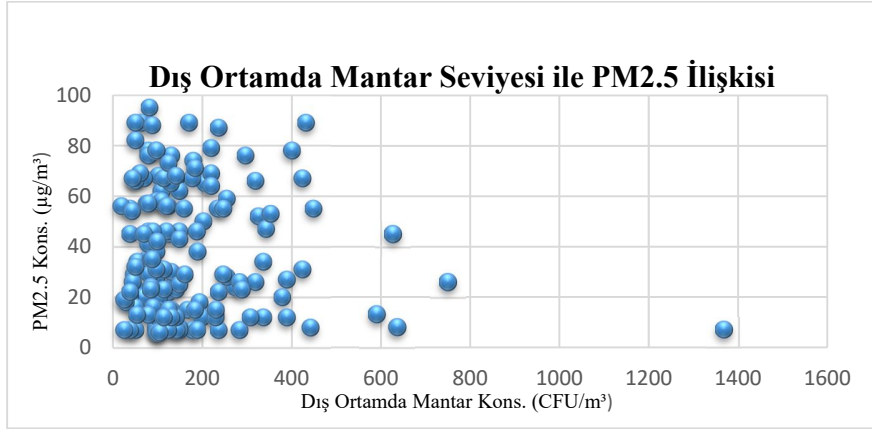
Şekil 3. PM2.5 Seviyesi ile Bakteri ve Mantar Konsantrasyonunun Kutu Bıyık Grafiği

- 0: PM2.5 seviyesi $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerinde bulunmuştur.
1: PM2.5 seviyesi $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında bulunmuştur.

Şekil 4'den görülebileceği gibi, örnekleme dönemleri boyunca ölçülen mantar seviyeleri ile dış ortamda ölçülen PM10 düzeyleri arasında ilişki tespit edilmiştir. Bazı örneklerde artan PM10 seviyesi ile yüksek mantar düzeyleri gözlenirken, bazı örneklerde artan mantar düzeylerinin PM10 düzeyinden bağımsız olarak arttığı tespit edilmiştir. Bu durum gözlenen mantar seviyesinin bir kısmının Ankara üzerine taşınan partikül madde ile ilgili olabileceğini gösterdiği düşünülmektedir. Benzer durum, dış ortamda gözlenen mantar konsantrasyonu ile PM2.5 seviyesi arasında gözlenmemiştir (Şekil 5).

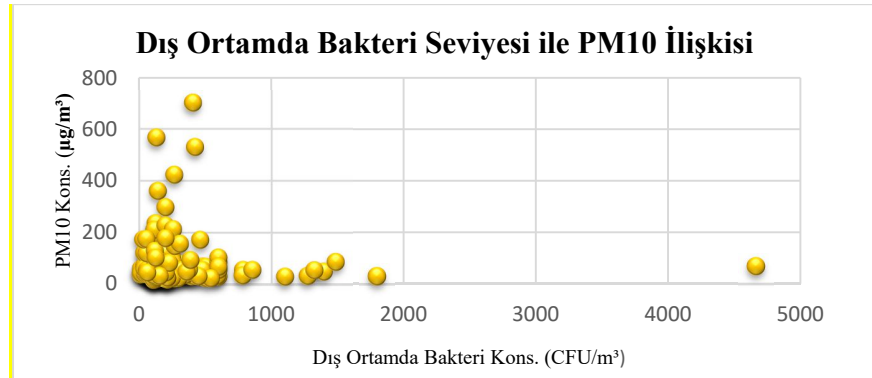


Şekil 4. Ölçülen Mantar Seviyesi ile PM10 İlişkisi

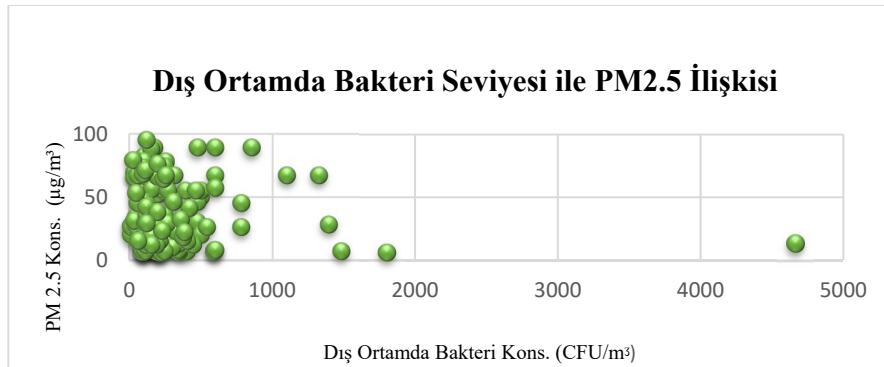


Şekil 5. Ölçülen Mantar Seviyesi ile PM2.5 İlişkisi

Benzer şekilde, bütün örnekleme dönemleri boyunca ölçülen bakteri seviyelerinin kısmen Ankara üzerine PM10 taşınması ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Dış ortamda PM10 seviyesinin artması bakteri konsantrasyonunun artmasına sebep olmaktadır (Şekil 6). Ayrıca dış ortamda ölçülen bakteri konsantrasyonu ile PM2.5 seviyesi arasında bir ilişki bulunmamıştır (Şekil 7).



Şekil 6. Ölçülen Bakteri Seviyesi ile PM10 İlişkisi



Şekil 7. Ölçülen Bakteri Seviyesi ile PM2.5 İlişkisi

3.8. Toz değerlerinin bakteri ve mantar seviyelerine etkisi

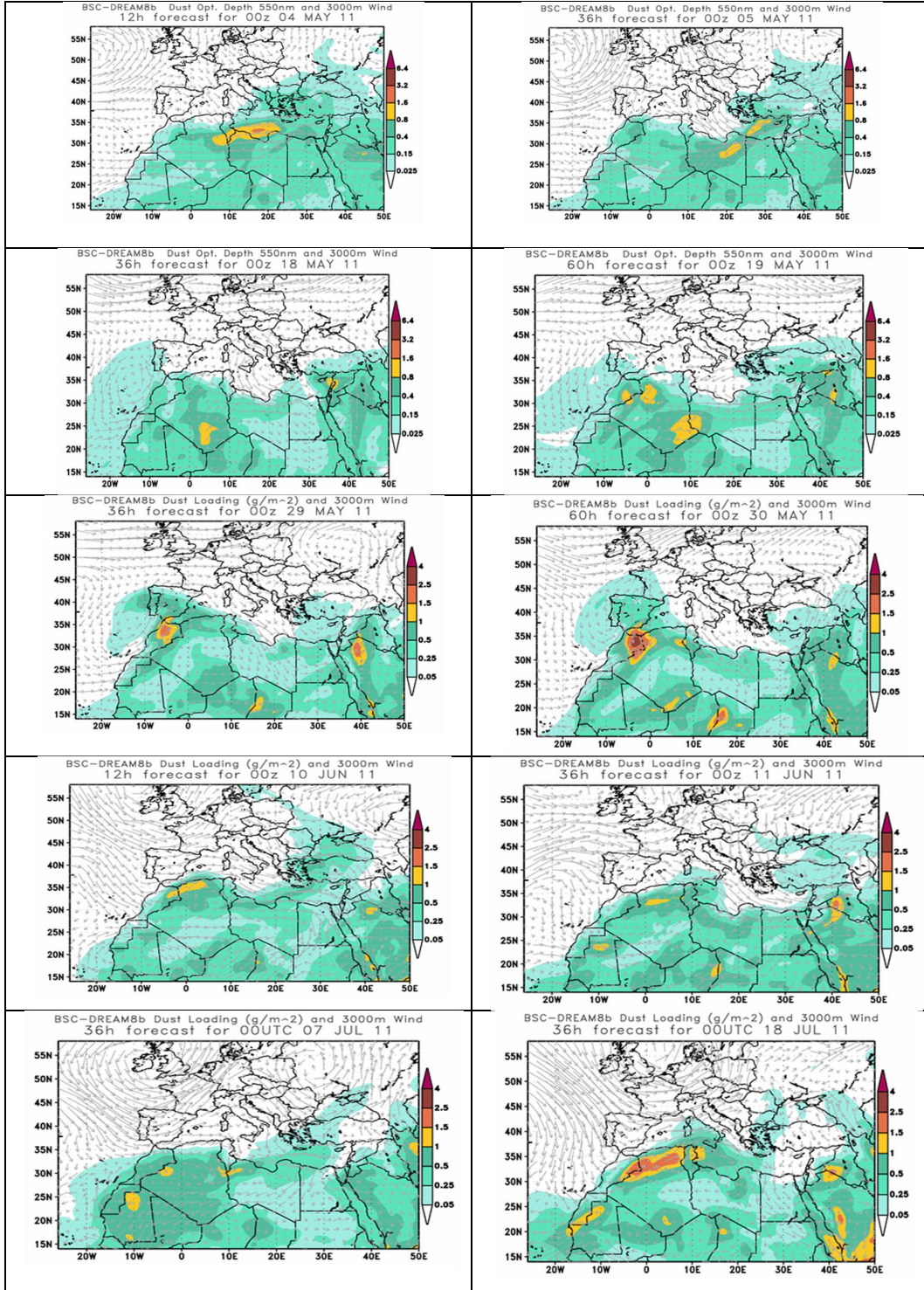
Bu çalışmada yüksek seviyede bakteri ve mantar ölçülen tarihler için toz taşınım durumları Earth System Services web sitesinden incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toz taşınması Ankara üzerine en çok ilkbahar-yaz döneminde gerçekleşmiştir ve ilkbahar-yaz dönemi boyunca 200 CFU/m³'ün üzerinde ölçülen bakteri ve mantar seviyesinin %55'i ve sonbahar-kış döneminde %35'i bulunan toz taşınmasından etkilenmektedir. Bakteri ve mantar seviyesi ile taşınan toz ilişkisi Tablo 5'de görülmektedir.

Tablo 5. Biyoaerosol Seviyesi ile Toz İlişkisi

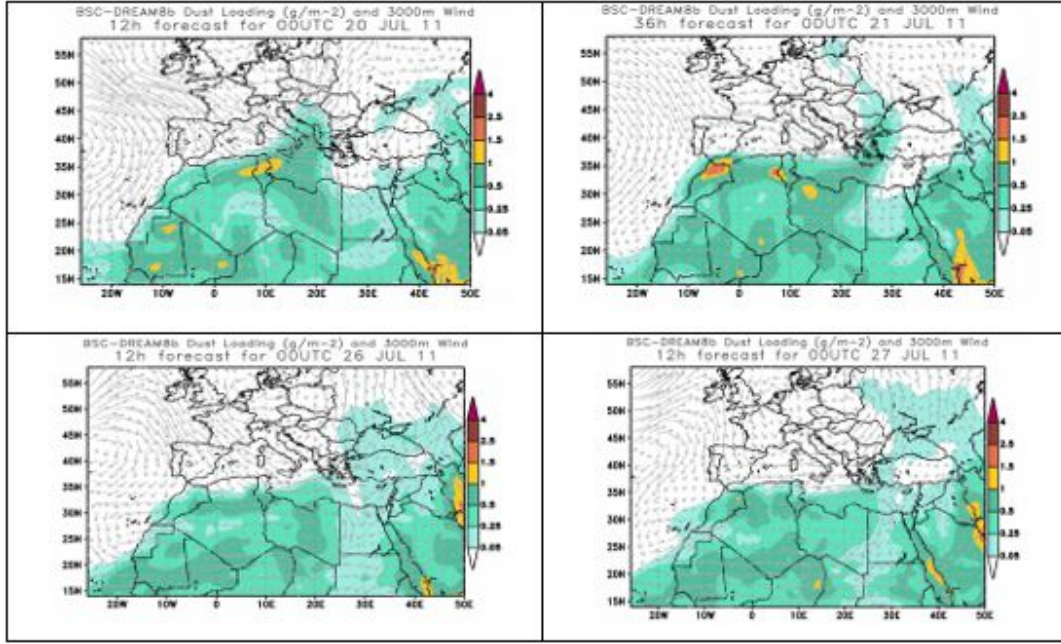
Dönem	Tarih	İstasyon Sayısı (Dış Ortam)	Biyoaerosol Seviyesi 200 CFU/m ³ 'ü Aşan İstasyon Sayısı (Yüzdesi)	Dış Ortamda Toz'la ilişkili olan İstasyon Sayısı (Yüzdesi)
Birinci (İlkbahar-Yaz)	16.04.2011 26.07.2011	119	64 (%54)	21(%33)
İkinci (Sonbahar-Kış)	24.10.2011 28.12.2011	94	42 (%45)	4 (%10)
Üçüncü (İlkbahar-Yaz)	19.04.2012 11.07.2012	86	36 (%42)	28 (%78)
Dördüncü (Sonbahar-Kış)	28.11.2013 26.01.2014	67	27 (%40)	17 (%63)
Tüm Örneklem Dönemleri İçin		366	169 (%46)	70 (%41)

3.9. Birinci örneklem dönemi boyunca Ankara üzerine toz taşınması ve bakteri ve mantar seviyesine etkisi

Her 4 dönem boyunca Ankara'yı etkileyen hakim rüzgar kuzeydoğu rüzgarıdır. Fakat uydu fotoğraflarından ve Ankara üzerine toz taşınımı takip ederek, tüm örneklem dönemleri boyunca 200 CFU/m³'ün üzerinde ölçülen bakteri ve mantar seviyesinin %41'i toz taşınmasından etkilendiği tespit edilmiştir. Sahra'dan taşınan çöl tozları Ankara üzerinde biyoaerosol seviyesini özellikle ilkbahar-yaz döneminde etkilemektedir. Birinci örneklem döneminde alınan toplam 119 örnekten %54'ünde bakteri ve mantar seviyesi 200 CFU/m³'ün üzerinde bulunmuştur. Ayrıca dış ortamda yüksek seviyede bakteri ve mantara sahip olan istasyonların %33'ü ortaya gelen toz taşınmasından etkilenmektedir. Birinci örneklem dönemi boyunca, bakteri ve mantar ile PM2.5 ve PM10 seviyeleri arasında ilişki bulunmamıştır. 2011 yılının Nisan ayının 28 ve 29'unda dış ortamda yüksek miktarda bakteri ve mantar ölçülmüştür. PM2.5 ve PM10 seviyeleri ortalama olarak 40 µg/m³'ün üzerinde ölçülmüştür. Bu tarihler için uydu fotoğraflarını incelediğimizde, Ankara üzerinde yoğun bir toz taşınması görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, bulunan bakteri ve mantar seviyesini Ankara üzerine taşınan toz etkilemektedir. Aynı şekilde Mayıs ayının 4, 5, 18, 19, 27, 28, 29, 30. günlerinde ölçülen yüksek seviyede bakteri ve mantar dış ortamdaki toz taşınması ile ilişkili olduğu sonucu elde edilmiştir. Uydu fotoğraflarını incelediğimizde birinci örneklem döneminin haziran ayının 9, 10 ve 11'inde ve Temmuz ayının 6, 7, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 ve 27'sinde Ankara üzerinde toz taşınması görülmektedir. Ayrıca bu tarihlerde dış ortamda yüksek miktarda bakteri ve mantar ölçülmüştür. Uydu fotoğraflarından örnekler Şekil 8'de görülmektedir.



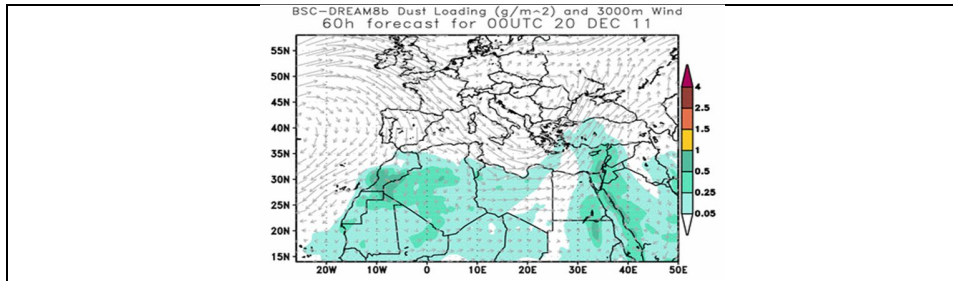
Şekil 8. Birinci Örneklem Dönemi Boyunca Ankara Üzerinde Toz Taşınımı



Şekil 8. Birinci Örneklem Dönemi Boyunca Ankara Üzerinde Toz Taşınımı(devamı)

3.10. İkinci örneklem dönemi boyunca Ankara üzerine toz taşınımı ve bakteri ve mantar seviyesine etkisi

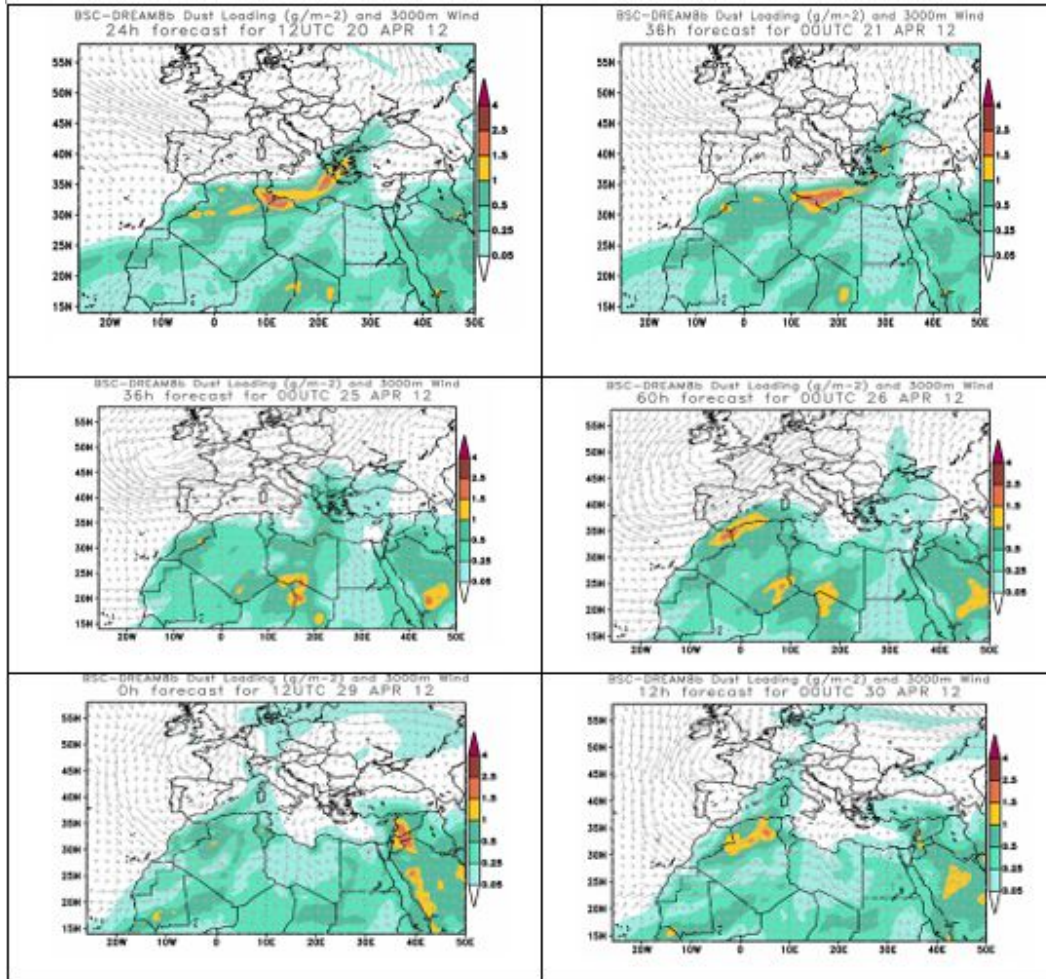
İkinci örneklem döneminde, 94 örnekten, % 45'inde bakteri ve mantar seviyesi 200 CFU/m³'ün üzerinde bulunmuştur. Ayrıca yüksek bakteri ve mantar seviyesine sahip olan istasyonların %10'ü dış ortamda bulunan toz taşınmasından etkilenmektedir. Uydu fotoğraflarına baktığımızda Ekim ayında yüksek seviyede bakteri ve mantar ölçülen tarihlerle ilgili Ankara üzerinde toz taşınması görülmüştür. 2011 yılının Kasım ayının 23 ve 24'ünde ve Aralık ayının 20'sinde dış ortamda yüksek miktarda bakteri ve mantar ölçülmüştür. PM2.5 ve PM10 seviyeleri ortalama olarak 40 µg/m³'ün üzerinde ölçülmüştür. Bu tarihler için uydu fotoğraflarını incelediğimizde Ankara üzerinde yoğun bir toz taşınımı görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, dış ortamda bulunan bakteri ve mantar seviyesini bölge üzerine taşınan toz etkilemektedir. Uydu fotoğrafları ve Ankara üzerinde toz taşınması Şekil 9'da görülmektedir.



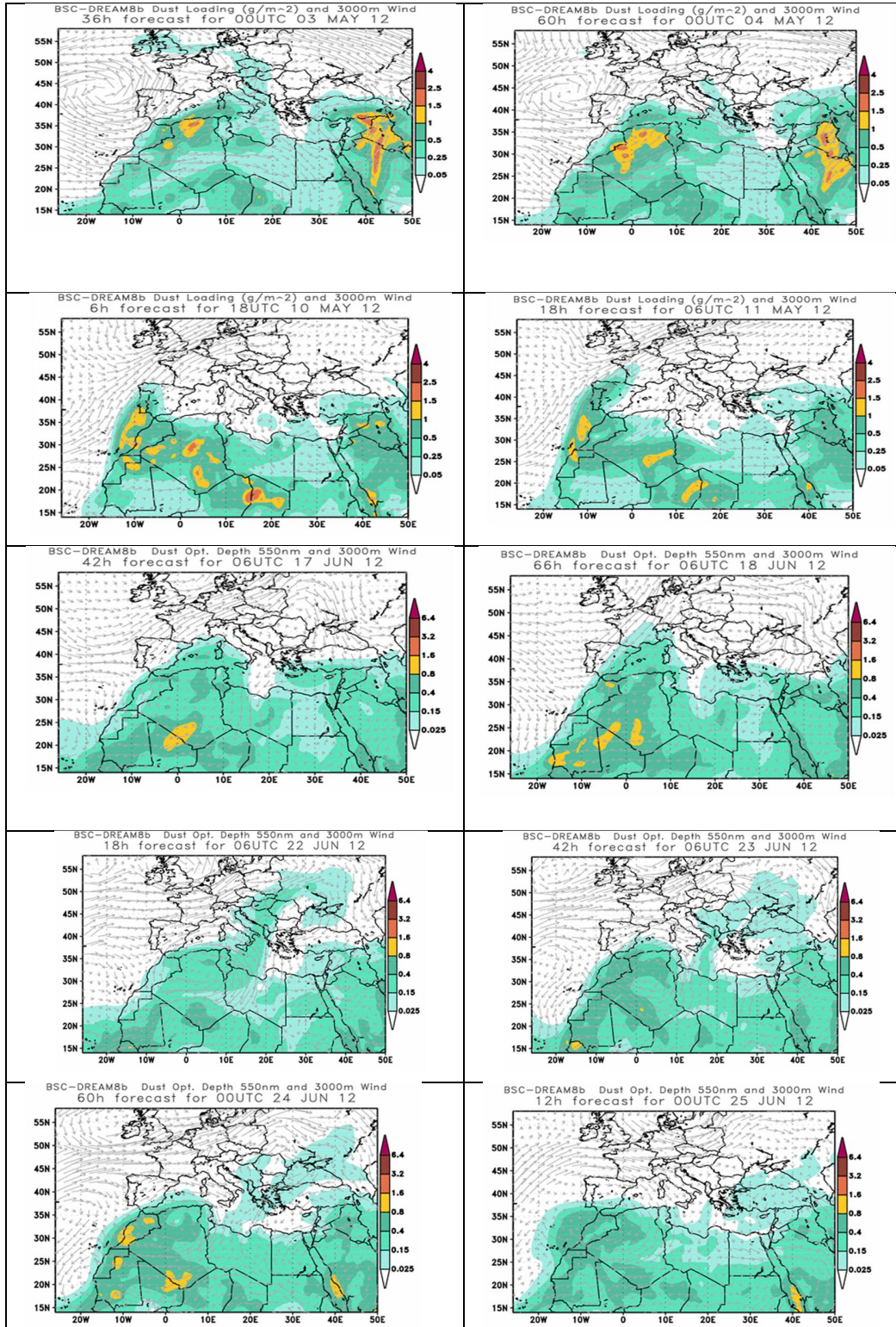
Şekil 9. İkinci Örneklem Dönemi Boyunca Ankara Üzerinde Toz Taşınımı

3.11. Üçüncü örnekleme dönemi boyunca Ankara üzerine toz taşınımı ve bakteri ve mantar seviyesine etkisi

Üçüncü örnekleme döneminde alınan toplam 86 örnekten, %42'inde bakteri ve mantar seviyesi 200 CFU/m³'ün üzerinde bulunmuştur. Ayrıca yüksek bakteri ve mantar seviyesine sahip olan istasyonların %78'ı ortaya gelen toz taşınmasından etkilenmektedir. 2012 yılının Nisan ayının 20, 21, 24, 25, 26, 27, 29 ve 30'unda ve Mayıs ayının 1, 2, 3, 4, 10, 11, 16, 18 ve 19'unda dış ortamda yüksek miktarda bakteri ve mantar ölçülmüştür. Bu tarihler için uydu fotoğraflarını incelediğimizde Ankara üzerinde yoğun bir toz taşınması görülmektedir. Ayrıca üçüncü örnekleme döneminin Haziran ayında Ankara üzerinde çok miktarda toz taşınması görülmektedir. Haziran ayının 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24 ve 25'inde dış ortamda yüksek miktarda bakteri ve mantar ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, dış ortamda bulunan bakteri ve mantar seviyesini Ankara üzerine taşınan toz etkilemektedir. Uydu fotoğrafları ve Ankara üzerinde toz taşınması Şekil 10'da görülmektedir.



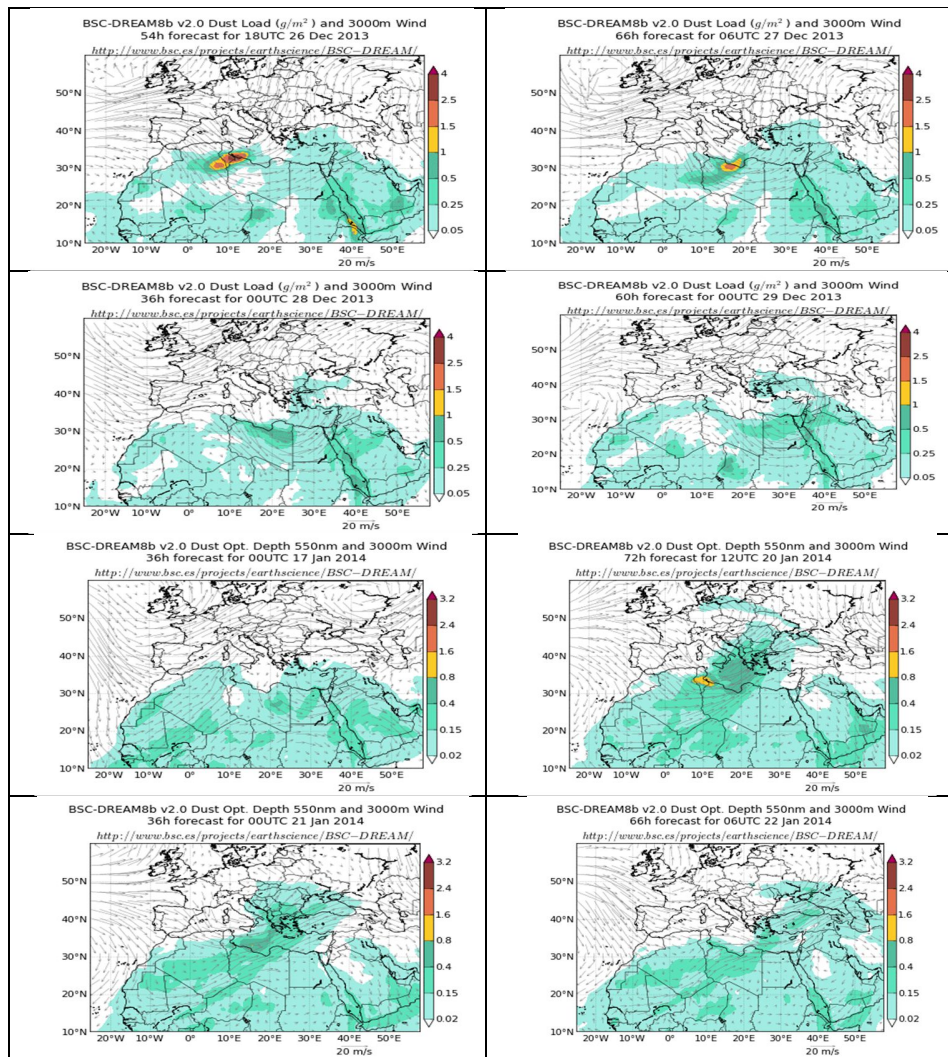
Şekil 10. Üçüncü Örnekleme Dönemi Boyunca Ankara Üzerinde Toz Taşınımı



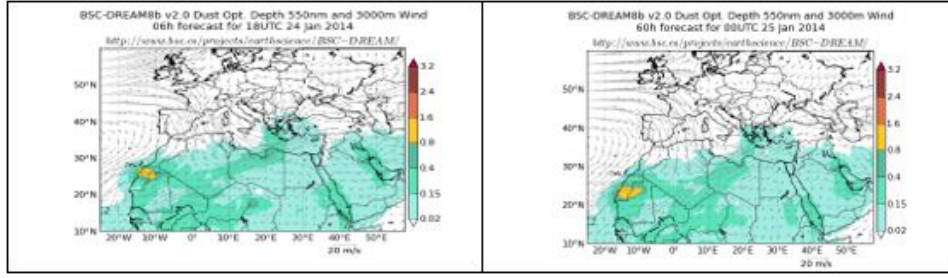
Şekil 10. Üçüncü Örneklem Dönemi Boyunca Ankara Üzerinde Toz Taşınımı (devamı)

3.12. Dördüncü örnekleme dönemi boyunca Ankara üzerine toz Taşınımı ve bakteri ve mantar seviyesine etkisi

Dördüncü örnekleme döneminde alınan toplam 67 örnekten, %40'ında bakteri ve mantar seviyesi 200 CFU/m³'ün üzerinde bulunmuştur. Ayrıca yüksek bakteri ve mantar seviyesine sahip olan istasyonların %63'ü dış ortamda ortaya gelen toz taşınmasından etkilenmektedir. 2013 yılının Kasım ayının 27'si ve Aralık ayının 2, 3, 26, 27, 28, 29, 30 ve 31'inde dış ortamda yüksek miktarda bakteri ve mantar ölçülmüştür. Bu tarihler için uydu fotoğraflarını incelediğimizde Ankara üzerinde yoğun bir toz taşınması görülmektedir. Ayrıca 2014 yılının Ocak ayının 16, 17, 20, 21, 22, 24, 25 ve 26'sında dış ortamda yüksek bakteri ve mantar ölçülmüş ve uydu fotoğraflarında Ankara üzerine toz taşınımı tespit edilmiştir. Uydu fotoğrafları ve Ankara üzerinde toz taşınması Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 11. Dördüncü Örnekleme Dönemi Boyunca Ankara Üzerinde Toz Taşınımı



Şekil 11. Dördüncü Örneklem Dönemi Boyunca Ankara Üzerinde Toz Taşınımı (devamı)

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Elde edilen sonuçlara göre ilkbahar-yaz dönemi boyunca sıcaklık seviyesi sonbahar-kış dönemine göre, daha yüksek olduğu için bakteri ve mantar seviyesi daha yüksek ölçülmüştür ve sıcaklık seviyesi 20°C'nin üzerinde olan ortamlarda daha çok miktarda bakteri ve mantar tespit edilmiştir. Ayrıca nem seviyesi arttıkça bakteri ve mantar konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir. Sonbahar-kış dönemi boyunca ortamında CO₂ seviyesi arttıkça mantar konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir. Ankara'da bulunan tüm ölçüm dönemlerinde hakim olan rüzgar yönü kuzeydoğu olarak belirlenmiştir. PM₁₀ seviyesinin yüksek olduğu örneklerde daha fazla miktarda bakteri ve mantar bulunmuştur. Dış ortamda gözlenen bakteri ve mantar seviyesi ile PM_{2.5} düzeyleri arasında bir ilişki tespit edilememiştir. Benzer şekilde, bütün örneklem dönemleri boyunca ölçülen bakteri seviyelerinin kısmen Ankara üzerine PM₁₀ taşınması ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toz taşınması Ankara üzerine en çok ilkbahar-yaz döneminde gerçekleşmiştir ve bu dönem boyunca 200 CFU/m³'ün üzerinde ölçülen bakteri ve Sahra'dan taşınan çöl tozları Ankara üzerinde biyoaerosol seviyesini etkilemektedir. Sonuç olarak dış ortamda gözlenen bakteri ve mantar seviyesinin bir kısmının Ankara üzerine taşınan uzun mesafeli toz taşınımı ile ilgili olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Ahmet Soysal, Yücel Demiral, Indoor Air Pollution, 2007.
- 5.Ulusal hava kirliliği ve kontrolü sempozyumu, Ankara, 25-27 Ekim, 2010.
- Hava kirlenmesi araştırmaları ve denetimi kirlenmesi araştırmaları ve denetimi Türk milli komitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, pp. 25-27,2010.
- M. Gomzi, Indoor air and respiratory health in preadolescent children, Atmospheric Environment, vol. 33, pp. 4081-4086, 1999.
- Eray Yurtseven, İki farklı coğrafi bölgedeki ilköğretim okullarında iç ortam havasının insan sağlığına etkileri yönünden değerlendirilmesi, 2017.
- Sibel menteşe, İç ortam biyolojik kirliliğin mekansal değişimi ve dış ortamın etkisi, 2012.

- Kalogerakis et al., Human Exposure to Pollutants via Dermal Absorption and Inhalation, 2005.
- Sibel Menteşe, Bina ve dekorasyon malzemelerinin iç hava kalitesine etkisi, 12. Ulusal tesisat mühendislik kongresi, 2015.
- Rüknettin Küçükçalı, Yüksek yapılarda tesisat ve pratik bilgiler, 1999.
- Feyza Erdoğan, Arzu Özkara, S. Elif Korcan, Yavuz Bağcı, Hüseyin Dural, Ekstrelerinin Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 2002.
- Gülizar Çakır Sümer, Hava kirliliği kontrolü: Türkiye’de hava kirliliğini önlemeye yönelik yasal düzenlemelerin, 2014.
- Türkiye’nin hava kirliliği ve iklim değişikliği sorunlarına sağlık açısından yaklaşım, Sağlık bakanlığı temel sağlık hizmetleri, Genel Müdürlüğü, Eylül, Ankara, 2010.
- Firouz demir yaşamış, Çevresel ölçüt ve standartlar, 29-42, 1994.
- Halk sağlığı uzmanları derneği Türkiye halk sağlığı raporu, 2012.
- 16. Ulusal halk sağlığı kongre kitabı, Halk sağlığı uzmanları derneği, Antalya, 2013.
- Dilşad Akal, İç ortam hava kirliliği ve çalışanlara olumsuz etkileri, 2013.
- Türkiye Sağlık Raporları, 2010.
- Menteşe ve Güllü, İç ortam biyolojik kirliliğin mekansel değişimi ve dış ortamın etkisi, 2006.
- Eskişehir il çevre durumu raporu, T.C. Eskişehir valiliği çevre ve şehircilik il müdürlüğü, 2011.
- Case Study: Health effects of traffic-related air pollution in a small community, 2015.
- Marcel Sabin Popa, Binalarda mantar kontrolü ve rutubet problemleri, 2005.
- Sevda Hatun Altın, İç ortam hava kirliliğinin doğurabileceği sağlık etkileri, Aralık, 2015.
- Türkiye’nin hava kirliliği ve iklim değişikliği sorunlarına sağlık açısından yaklaşım, Sağlık bakanlığı temel sağlık hizmetleri, Genel Müdürlüğü, Eylül, Ankara, 2010.
- <http://www.wikipedia.org>
- Rachel I. Adams and Seema Bhangar, et al., Chamber Bioaerosol Study: Outdoor air and human occupants as sources of indoor airborne. Microbes, 2015