



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

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKSARAY ATMOSFERİNDE TOPLANAN PARTİKÜL MADDE
ÖRNEKLERİNDE ORGANİK KARBON VE ELEMENTEL
KARBON KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burçak TARHAN

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

AKSARAY, 2022

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 192301005 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Burçak TARHAN tarafından hazırlanan “**AKSARAY ATMOSFERİNDEN TOPLANAN PARTİKÜL MADDE ÖRNEKLERİNDE ORGANİK KARBON VE ELEMENTEL KARBON KONSANTRASYONLARININ BELİRLEMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İsmail ŞİMŞEK

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Güray DOĞAN

Akdeniz Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 04/02/2022

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Burçak TARHAN

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada deneyimleri ile bana yol gösteren ve üzerimde büyük emeği olan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK'a vermiş olduğu destekten dolayı çok teşekkür ederim. Tezimin gerçekleştirilmesinde 2018-067 numaralı proje ile maddi destek sağlayan Aksaray Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için bizimle örneklem cihazını paylaşan AİBÜ Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. FATMA ÖZTÜRK'e teşekkür ederim. Bu çalışma kapsamında örneklem istasyonunun kurulması, filtrelerin hazırlanması, örneklerin toplanması ve analizlerine katkı sağlayan ASÜ Çevre Mühendisliği Bölümü yüksek lisans öğrencisi SELİN YILDIRIM'a teşekkür ederim. Bu süreç boyunca desteklerini esirgemeyen ve beni her zaman cesaretlendiren ailem ve eşim Şadi TARHAN'a teşekkür ederim.

Burçak TARHAN
AKSARAY, 2022

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1.GİRİŞ	1
1.1 Hava Kirliliği.....	2
1.1.1 Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri	2
1.1.2 Tarihte hava kirliliği	3
1.2 Atmosferik Hava Kirliliği Kaynakları	3
1.2.1 Doğal hava kirliliği kaynakları	4
1.2.1.1 Yangınlar	4
1.2.1.2 Volkanlar	4
1.2.1.3 Kum ve toz fırtınaları	4
1.2.2 Antropojenik hava kirliliği kaynakları	5
1.2.2.1 Sanayi kaynaklı hava kirliliği.....	5
1.2.2.2 Trafik kaynaklı hava kirliliği.....	5
1.2.2.3 Isınma kaynaklı hava kirliliği.....	6
1.2.3 Atmosferik hava kirliliğini etkileyen faktörler	6
1.2.3.1 Nüfus artışı	6
1.2.3.2 Meteorolojik olaylar	7
1.2.3.3 Topoğrafik yapı	8
1.3 Atmosferik Hava Kirleticiler	8
1.3.1 Kükürt dioksit (SO ₂)	8
1.3.2 Azot dioksit (NO ₂).....	9
1.3.3 Karbonmonoksit (CO)	9
1.3.4 Ozon.....	9
1.3.5 Kurşun	9
1.3.6 Partikül madde (PM)	10
1.3.6.1 Elementel karbon.....	11
1.3.6.2 Organik karbon.....	11
2.KAYNAK ÖZETLERİ	13
3.MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1 Örneklerin Toplanması	19
3.2 PM Örneklerinin Analizi	23
3.3 İkincil Organik Aerosol (İOA) Hesaplama Yöntemi.....	27
3.4 Koşullu İki Değişkenli Olasılık Fonksiyonu (KİDOF)	28
4.ARAŞTIRMA BULGULARI	30
4.1 Meteoroloji	30
4.2 PM Kütle Konsantrasyonları ve Mevsimsel Dağılımı.....	30
4.3 EK/OK Konsantrasyonları.....	37
4.4 EK/OK Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi	40
4.5 İkincil Organik Aerosol (İOA)	41
4.6 OK/EK Arasındaki Kolerasyon Analizi	43
4.7 EK/OK ve İOA'nın Parçacık Boyutuna Göre Değişimi.....	46
4.8 Rüzgâr Hızı ve Rüzgâr Yönüne Bağlı EK/OK KİDOF Plotları	48

4.9 PM Kompozisyonunda Belirlenen EK/OK Değerlerinin Literatür ile Karşılaştırılması.....	49
5.SONUÇLAR	53
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	64



YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKSARAY ATMOSFERİNDE TOPLANAN PARTİKÜL MADDE ÖRNEKLERİNDE ORGANİK KARBON VE ELEMENTEL KARBON KONSANTRASYONLARININ BELİRLEMESİ

Burçak TARHAN

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

ÖZET

Bu çalışmanın ana amacı yaz ve kış mevsimlerinde Aksaray atmosferinde bulunan partikül madde (PM) kompozisyonunda Organik Karbon (OK) ve Elementel Karbon (EK) bileşenlerinin belirlenmesidir. Bu ana hedef: (1) parçacık boyutuna bağlı olarak OK ve EK kompozisyonun belirlenmesi, (2) yaz ve kış mevsiminde belirlenen PM, OK ve EK kompozisyonun karşılaştırılmasıyla yaz ve kış mevsimi arasında benzerlik ve farklılıkların açığa çıkartılması, (3) EK izleyici yaklaşımı kullanılarak elde edilen sonuçlara göre partikül madde derişimlerdeki ikincil organik partikül yüzdesinin belirlenmesi gibi özel amaçları içermektedir. Yukarıda belirtilen amaçlara ulaşmak için Aksaray’da Ağustos 2019 ve Eylül 2020 tarihleri arasında 13 hafta yaz ve 16 hafta kış periyodlarında haftalık PM örnekleri kaskat örnekleyici ile kuvars filtre üzerinde sekiz farklı parçacık boyutunda toplanmıştır. Toplanan örneklerde EK/OK analizleri yapılmıştır. Ortalama PM₁₀ değeri 28,5 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. EK’nın PM₁, PM₄ ve PM₁₀ fraksiyonlarındaki ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 0,146±0,035, 0,261±0,072 ve 0,313±0,107 µg/m³ olarak belirlenmiştir. OK’nın PM₁, PM₄ ve PM₁₀ fraksiyonlarındaki ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 1,450±0,101, 2,405±0,179 ve 3,280±0,256 µg/m³ olarak bulunmuştur. Örneklem noktasında ortalama kış İOA konsantrasyonları PM₁, PM₄ ve PM₁₀ fraksiyonlarında sırasıyla 2,17 µg/m³, 3,45 µg/m³ ve 4,46 µg/m³ ve yaz İOA konsantrasyonları PM₁, PM₄ ve PM₁₀ fraksiyonlarında sırasıyla 0,32 µg/m³, 0,64 µg/m³ ve 0,11 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. EK kış aylarında ve örneklem genelinde trimodal (üç tepeli) bir dağılım ve yaz aylarında ise bimodal (çift tepeli) bir dağılım göstermiştir. OK ise kış aylarında ve örneklem genelinde trimodal (üç tepeli) bir dağılım ve yaz aylarında bimodal (çift tepeli) bir dağılım göstermiştir. Son olarak İkincil Organik Aerosol (İOA) kış aylarında ve örneklem genelinde trimodal (üç tepeli) bir dağılım göstermiş ve yaz aylarında ise bimodal (çift tepeli) bir dağılım göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaskat İmpaktör, Partikül Madde, Parçacık boyut dağılımı, Elementel Karbon, Organik Karbon

Ocak, 2022; 64 sayfa

M.Sc. THESIS

DETERMINATION OF ORGANIC CARBON AND ELEMENTAL CARBON CONCENTRATIONS IN PARTICULATE MATTER SAMPLES COLLECTED IN AKSARAY ATMOSPHERE

Burçak TARHAN

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ebru KOÇAK

ABSTRACT

The main purpose of this study is to determine the Organic Carbon and Elemental Carbon components in the particulate matter (PM) composition in Aksaray atmosphere in summer and winter seasons. This main objective is: (1) to determine OC and EC composition depending on the particle size, (2) to reveal the similarities and differences between summer and winter seasons by comparing the PM, Organic Carbon and Elemental Carbon composition determined in summer and winter, (3) includes specific purposes such as determining the percentage of secondary organic particles in particulate matter concentrations based on the results obtained using the EC tracer approach. In order to achieve the above-mentioned objectives, weekly PM samples were collected with eight different particle sizes on a quartz filter with a cascade impactor in Aksaray between August 2019 and September 2020, in 13-week summer and 16-week winter periods. EC/OC analysis were made in the collected samples. Average PM₁₀ value was calculated as 28.5 µg/m³. The mean concentration values of PM₁, PM₄ and PM₁₀ fractions of EC were determined as 0.146±0.035, 0.261±0.072 and 0.313±0.107 µg/m³, respectively. The mean concentrations of OC in the PM₁, PM₄ and PM₁₀ fractions were found to be 1.450±0.101, 2.405±0.179 and 3.280±0.256 µg/m³, respectively. The mean winter SOA concentrations at the sampling point were 2.17 µg/m³, 3.45 µg/m³ and 4.46 µg/m³ in the PM₁, PM₄ and PM₁₀ fractions, respectively, and the summer SOA concentrations were calculated as 0.32 µg/m³, 0.64 µg/m³ and 0.11 µg/m³ for PM₁, PM₄ and PM₁₀ fractions, respectively. EC showed a trimodal (three-peaked) distribution in winter and throughout the sample, and a bimodal (double-peaked) distribution in summer. On the other hand, OC showed a trimodal (three-peaked) distribution in winter and throughout the sample, and a bimodal (double-peaked) distribution in summer. Finally, SOA showed a trimodal (three-peaked) distribution in winter and throughout the sample, and a bimodal (double-peaked) distribution in summer.

Keywords: Cascade Impactor, Particulate Matter, Particle size distribution, Elemental Carbon, Organic Carbon

January, 2022: 64 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Örnekleme istasyonu görseli ve harita üzerinde konumu.....	19
Şekil 3.2. Aksaray için aylık ortalama yağış ve 2019 yılı aylık ortalama PM ₁₀ konsantrasyonu.	20
Şekil 3.3. Kaskat impaktör görseli.....	21
Şekil 3.4. ODTÜ Çevre Mühendisliği temiz oda ve filtreler.	22
Şekil 3.5. EK/OK analizörü (SUNSET Lab).	23
Şekil 3.6. Filtre örneğinden analiz için kesilen kısım ve cihaza yerleştirilmesi.	24
Şekil 3.7. EK/OK analizörü iç tasarımın şematik gösterimi.	24
Şekil 3.8. Herhangi bir güne ait örneğin termogramı.	25
Şekil 4.1. Yaz dönemi PM dağılımı.....	33
Şekil 4.2. Kış dönemi PM dağılımı.....	34
Şekil 4.3. Aksaray ilinde COVID-19'un hava kalitesi üzerindeki etkisi.	35
Şekil 4.4. Aksaray hava kalitesi izleme istasyonu PM ₁₀ değerleri ile bu çalışmada elde edilen PM ₁₀ değerlerinin mevsimsel karşılaştırılması.	36
Şekil 4.5. Örnekleme noktasındaki aylık EK ve OK konsantrasyonları.....	41
Şekil 4.6. Mevsimsel ortalama OK/EK ve İOA konsantrasyonları.	42
Şekil 4.7. OK katmanlar arası kolerasyon.	43
Şekil 4.8. EK-katmanlar arası korelasyon.....	45
Şekil 4.9. EK kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.	46
Şekil 4.10. OK kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.....	47
Şekil 4.11. İOA kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.	48
Şekil 4.12. PM ₁ fraksiyonunda bulunan EK için KİDOF plotu.....	49
Şekil 4.13. PM ₁ fraksiyonunda bulunan OK için KİDOF plotu.	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. PM kütle hesabı.	22
Çizelge 3.2. EK/OK analiz esnasında oluşan piklerin sıcaklık ve bekleme süreleri.	26
Çizelge 3.3. Sunset Lab. firmasından temin edilen standart filtrenin analiz sonuçları.	27
Çizelge 4.1. Aksaray iline ait meteorolojik veriler.	30
Çizelge 4.2. Parçacık çapına bağlı olarak EK konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	37
Çizelge 4.3. Parçacık çapına bağlı olarak OK konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	38
Çizelge 4.4. PM ₁ , PM ₄ ve PM ₁₀ fraksiyonunda belirlenen karbon konsantrasyonları.	39
Çizelge 4.5. OK katmanlar arası korelasyon ve P değerleri	44
Çizelge 4.6. EK katmanlar arası korelasyon ve P değerleri.	45
Çizelge 4.7. Bu çalışmada PM ₁ fraksiyonunda belirlenen parametrelerin literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması.	51
Çizelge 4.8. Bu çalışmada PM ₁₀ fraksiyonunda belirlenen parametrelerin literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması.	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
CO	Karbon Monoksit
CO₂	Karbon Dioksit
CH₄	Metan
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EK	Elementel Karbon
EPA	ABD Çevre Koruma Ajansı/ United States Environmental Protection Agency
EUSAAR2	Europen Supersites for Atmospheric Aero _{so} l Research
HKİ	Hava Kalitesi İzleme
H₂S	Hidrojen Sülfür
H₂SO₄	Sülfürik Asit
İOA	İkincil Organik Aerosol
İOK	İkincil Organik Karbon
IMPROVE	Interagency Monitoring of Protected Visual Enviroments
KİDOF	Koşullu İki Değişkenli Olasılık Fraksiyonu
KK	Karbonat Karbon
KOAH	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
KOF	Koşullu Olasılık Fraksiyonu
MnO₂	Manganez Dioksit
NH₃	Amonyak
NIOSH 870	National Institute for Occupational Safety and Health
NO	Azot Monoksit
NO₂	Azotdioksit
NO₃	Nitrat
NO_x	Azot Oksit
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü/Organisation for Economic Cooperation and Development
OK	Organik Karbon
O₃	Ozon
Pb	Kurşun
PES	Performans Evaluation Standart
PM	Partikül Madde
PM₁	Aerodinamik Çapı 1 Mikrometre ve Altındaki Partikül Maddeler
PM_{2,5}	Aerodinamik Çapı 2,5 Mikrometre ve Altındaki Partikül Maddeler
PM₄	Aerodinamik Çapı 4 Mikrometre ve Altındaki Partikül Maddeler
PM₁₀	Aerodinamik Çapı 10 Mikrometre ve Altındaki Partikül Maddeler
SO₂	Kükürt Dioksit
SO₃	Kükürt Trioksit
TK	Toplam Karbon
TOR	Termal Optik Yansıma
VOC	Uçucu Organik Bileşikler/ Volatile Organic Compoud
°C	Santigrat
Δ	Fark

1. GİRİŞ

Hava kirliliği çevreyi ve insan sağlığını etkileyen global bir problemdir. Endüstri devrimi ile etkisini hissettiren ve fosil yakıt kullanımının artışı ile paralel giden hava kirliliği; nüfus artışı, ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar ve trafik emisyonlarının artışı sonucunda küresel ölçekte yaşanan çevre sorunu haline gelmiştir (Alkan, 2018).

PM (partikül madde), atmosferde asılı olarak bulunan katı ve sıvı formdaki, organik ve inorganik parçacıkların birleşimi şeklinde olan, en genel hava kirleticilerinden biridir. Partikül maddeler gözle görülemeyecek kadar küçük partiküllerden, toz ve duman gibi gözle görülebilecek parçacıklara kadar çok geniş bir boyut aralığına sahiptirler. Aerodinamik çaplarına göre sınıflandırılacak olursak; PM₁₀ çapı 10 µm'den, PM₄ çapı 4 µm'den ve PM₁ çapı 1 µm'den küçük olan parçacıklardır (Altunok ve Eskiocak, 2020). Yanma sonucu oluşan partikül maddelerin yapılarının yaklaşık olarak %60'ını OK'nın ve %10'unu ise EK'nın oluşturduğu yapılan birçok akademik çalışmada ortaya konulmuştur (Kılavuz vd., 2017).

OK içeriğinde sayısız organik bileşiği barındıran, yanma kaynaklarından ve bazı uçucu organik bileşiklerin (Volatile Organic Compounds, VOC) fotokimyasal tepkimeleri neticesinde meydana gelen partikül faza yoğunlaşma olayları sonucunda atmosferde ikincil olarak oluşan partikül kirleticilerdir (Arı ve Gaga, 2017). OK birincil kaynaklardan ve ikincil oluşum proseslerinden kaynaklanan birçok bileşik grubunun kompleks bir karışımıdır (Aktaş vd., 2021).

EK, biyokütle veya yakıtların tam yanmaması sonucunda birincil kaynaklardan oluşan bir partikül kirleticidir. EK “Siyah Karbon” olarak da adlandırılır. EK kaynakları hem antropojenik hem de doğal kaynaklardan oluşabilirler (Ölgün, 2018).

Bu çalışma Aksaray Kentinde yapılan ilk atmosferik OK ve EK düzeylerinin belirlenmesi çalışması olmuştur. Yapılan bu çalışma bir pilot çalışma olarak görülmüş ve ileride yapılacak daha kapsamlı çalışmalara ışık tutacağı düşünülmüştür. Çalışma kapsamında toplanan örnekler çeşitli analitik yöntemlerle analiz edilerek atmosferik OK ve EK düzeyleri belirlenmiş ve daha sonra üretilen bu veri setine EK izleyici yaklaşımı kullanılarak partikül madde derişimindeki ikincil organik partikül yüzdesi belirlenmeye çalışılmıştır.

1.1 Hava Kirliliği

Hava kirliliği; tabii olaylar veya antropojenik faaliyetler neticesinde meydana gelen, atmosferin doğal yapısını bozan, konsantrasyonu ve atmosferde kaldıkları süreye bağlı olarak insan sağlığı ile birlikte dünya üzerindeki bütün canlılar üzerindeki etkileri oldukça yüksek olan gaz ve tanecikler olarak tanımlanabilmektedir (Akan ve Morcalı, 2017). Dünyada son yıllarda kirlilik parametrelerin düzenli olarak izlenmesine ve kirletici parametre konsantrasyonların düşürölmesi üzerine çalışmalar yapılmasına rağmen, özellikle büyük metropollerde kirlilik değerleri halen insan sağlığı için zararlı kabul edilecek seviyelerdedir (DSÖ, 1992).

1.1.1 Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri

1980’li yıllara kadar dünyada yaklaşık 1,3 milyar insanın hava kalite standartları kötü olan kirletici emisyon barındıran bölgelerde yaşadığı tespit edilmiştir (DSÖ, 1992). Hava kirliliğinin en önemli etkisi insan sağlığı üzerinedir ve bu etki giderek artan bir tehlike haline gelmektedir. Birçok epidemiyolojik araştırmada, yüksek düzeydeki hava kirliliği ile solunum yolları hastalıkları ve ölüm vakaları arasında istatistiksel ilişkiler olduğu gözlenmiştir (Eğri vd., 1997; Müezzinoğlu, 2000; Uysal, 2002). Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü’ne (OECD) göre 2050 yılında dünyada çevre kirliliği nedeniyle yaşanacak can kayıplarının temel nedenin atmosferik kirlilik olacağı düşünölmektedir. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)’ne göre Dünyada her 10 kişiden 9’u yüksek seviyede hava kirliliğinin etkisi altındadır. İlaveten 2017 yılında yaklaşık 7 milyon insanın hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinden dolayı erken öldüğu tespit edilmiştir (URL-1). DSÖ verilerine göre dünya nüfusunun %91’i hava kalitesinin düşük olduğu bölgelerde yaşamaktadır ve bu kirlilik sebebiyle her yıl 8 milyon insan yaşamını yitirmektedir. Kronik obstrüktif akciğer hastalığından (KOA) kaynaklanan ölümlerin %41’i, diyabetten kaynaklanan ölümlerin %20’si, akciğer kanserinden kaynaklanan ölümlerin %19’u, kalp hastalıklarından kaynaklanan ölümlerin %16’sı, inmeden kaynaklanan ölümlerin %11’i ve alt solunum yollarından kaynaklanan ölümlerin ise %35’i hava kirliliğine bağlanmaktadır (Baysan ve Yavaş, 2020).

1.1.2 Tarihte hava kirliliği

Ülkemizde atmosferik kirlilik özellikle 1950'lerde insanlarda yaşanan sağlık problemleri ile kendini göstermiştir. Amerika da ise 1948'de Pennsylvania'nın Donora kasabesindeki sanayi bölgesinde dört gün süren yoğun sisten sonra 14.000 kişi ciddi sağlık problemleri yaşamış, bu insanların %20'si hayatını kaybetmiştir (Uçar, 1996). Aynı şekilde New York'ta 1963 yılında meydana gelen benzer şekildeki hava kirliliği üç yüz kişinin hayatını kaybetmesine sebep olmuştur (Özdemir, 1997). Avrupa'da ise Londra'da 1911 yılında yüksek seviyedeki hava kirliliğinden ötürü günde 1.150 kişinin hayatını kaybettiği bilinmektedir (Uçar, 1996). 1952 yılında Londra Epidosu ile hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri açıkça görülmüştür. Doğal afet olarak tarihe geçen bu olay dört gün sürmüş ve binlerce kişinin hayatını kaybetmesine sebep olmuştur (Keser, 2002). Yaşanan bu felaketten sonra kirletici emisyonların herhangi bir hava akımı ile kentten uzaklaştırılamaması sebebiyle İngiltere nüfusunun büyük kısmında solunum sistemi rahatsızlıklarına neden olmuş ve 4.000 kişinin hayatını kaybetmesine sebep olmuştur. Yaşanan can kayıplarından sonra 1956 yılında Temiz Hava Yasası yürürlüğe girmiş ve bununla beraber linyit kömürü kullanımında kısıtlamalar getirilmiştir. Bunun neticesinde, Londra'daki atmosferik kirlilik yaklaşık %80 oranında azaltılarak yere düşen güneş ışığı süresinin %70 oranında artışı sağlanmıştır (Özdemir, 1997). Aynı şekilde yürütülen diğer çalışmalara göre; Çin'de her yıl yaklaşık 1,5 milyon insan aynı sebeplerden dolayı hayatını kaybetmektedir (Karbuz, 2016). 1985 yılında Hindistan'ın Bhopal kentinde bir kimya tesisinden havaya karışan gazdan dolayı yaklaşık 4.000 kişi ölmüş, 300 bin kişi ise zehirlenmiştir (Ünal, 1994). Bu örnekler hava kirliliğinin insan sağlığı ve yaşamı için ne kadar ciddi olduğunun bir göstergesidir.

1.2 Atmosferik Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliğine neden olan çok sayıda kirletici parametre bulunmaktadır. Bu kirleticilerin özellikleri ve kirlilik üzerindeki etkilerini sahip oldukları farklı kimyasal yapıları belirlemektedir. EPA (ABD Çevre Koruma Kurumu)'nın belirlediği altı hava kirletici parametresi; Partikül Madde (PM), Kükürt dioksit (SO₂), Karbon monoksit (CO), Ozon (O₃), Azotdioksit (NO₂) ve Kurşun (Pb)'dur (Akyürek vd., 2013).

Hava kirlilik kaynakları; doğal ve antropojenik olmak üzere iki gruba ayrılır. Doğal kaynaklar olarak yangınlar (karbon monoksit), volkanlar (kül, asit buharı, kükürt dioksit, toksikler), kurak bölgelerdeki fırtınalar ile toz bulutları sayılabilir (Kılıç vd., 2014). Antropojenik kaynaklar olarak sanayileşme, ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar ve trafik sayılabilir. Hava kirliliği kaynaklarından anlaşılacağı üzere kirlilik esas olarak insanların yaptığı antropojenik faaliyetlerin bir sonucudur. Ancak, fiziksel çevre faktörleri olan yükseklik, sıcaklık, basınç, rüzgârın hızı ve yönü, havanın kararlılık ve kararsızlık durumu, sıcaklık terselmesi, nem, yağış ve bulutluluk gibi iklimatik faktörler, topoğrafik yapı ve nüfus artışı da hava kirliliğini etkileyen faktörler arasındadır (Şahin, 1989).

1.2.1 Doğal hava kirliliği kaynakları

1.2.1.1 Yangınlar

Orman yangınları, atmosferde bulunan parçacıkları ve kirlilik konsantrasyonunu doğrudan etkilemektedir. Orman yangınlarında organik maddelerin ve bitki materyallerinin yanmasıyla büyük miktarlarda karbon atmosfere bırakılır bu sebepten dolayı küresel karbon döngüsü ve iklim üzerindeki etkisi oldukça fazladır (TFF, 2002). Ülkemizdeki emisyonların PM₁₀ için %2,1 ve CO içinse %1,7'sini orman yangınları oluşturmaktadır (Elbir, 2019).

1.2.1.2 Volkanlar

Tektonik levhalarda meydana gelen değişimlerin ardından oluşan volkanik kökenli gaz ve partiküler maddeler önemli bir kirlilik kaynağıdır. Volkanik aktiviteler yüksek konsantrasyonlarda SO₂, CO₂ ve PM oluşumuna neden olurlar (Arya, 1999; İncecik, 1994).

1.2.1.3 Kum ve toz fırtınaları

Çöl bölgeleri gibi kurak veya yarı kurak bölgelerden gelen kum ve toz fırtınaları atmosferdeki PM konsantrasyonunu yükselterek solunum yolu hastalıklarına sebep olurlar (Topuz ve Karabulut, 2017).

1.2.2 Antropojenik hava kirliliği kaynakları

1.2.2.1 Sanayi kaynaklı hava kirliliği

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaşanan ve devan eden hızlı ve kontrol edilemeyen ekonomik büyüme kentleşmenin çevresel sorunlarını da ardından getirmektedir. 20. yüzyılda plansız sanayileşme ile çevrenin doğal yapısı hızla bozulmaya başlamıştır. Bu değişim ile ilk karşılaşılan ülke aynı zamanda sanayi devrimini de yapan İngiltere'dir. Kömür madenleri, tekstil imalathaneleri, demiryolları ve tersaneler endüstrinin ne kadar hızlı bir şekilde yayıldığıнын somut göstergesi olmuşlardır. Ülkede meydana gelen bu hızlı sanayileşme ile kentleşmede artış göstermiştir (Guha, 2000). Sanayi tesislerinde enerji kaynağı olarak kömürün kullanılması, endüstri faaliyetleri neticesinde meydana gelen emisyonlar ve üretimde kullanılan kazanların ve bacaların bakımlarının düzenli olarak yapılmaması gibi nedenlerle sanayi kaynaklı hava kirleticiler meydana gelmektedir. Sanayi tesislerinden oluşan kirletici emisyonlar, olumsuz atmosferik koşullar sebebiyle yayılabilirler. Oluşan bu uzun menzilli yayılımın yanı sıra, sanayi tesislerinin yanlış noktalara konumlandırılması, yerleşim bölgelerinin emisyon kaynağının yanı başında kalmasından bölgesel ancak yüksek derişimler de kirlenme şeklinde olmaktadır (Keser, 2002).

1.2.2.2 Trafik kaynaklı hava kirliliği

Kent büyüdükçe, nüfus ve araç kullanım talepleri de artmaktadır. Bu sebeple kullanılan yakıtın miktarı ve trafik emisyonları artış göstermektedir. Bu üç maddenin aynı zamanda artışa geçmesi hava kirliliğinin de artmasıyla sonuçlanmaktadır (URL-3). Araçların hava kirletici emisyonların artmasındaki yeri sayılarının artmasından ziyade, eskimiş motor ve mekanik aksamaları ile yanma sistemlerinin yıpranmasından ötürü yanmanın tam olmamasından, egzoz gazlarında daha fazla kirletici bulunmasındandır. Buna birde sıkça kesintiye uğrayan trafik akışı eklenirse kirlilik konsantrasyonu artması kaçınılmazdır (Engin, 1989). Yer seviyesi ozon kirliliğine neden olan araçlar azot oksitler ve uçucu organik kirleticilerin temel kaynaklarındandır. Yer seviyesi ozonu şehir üzerinde tabaka halinde birikebildiği gibi önemli mesafelere de taşınabilmektedir. Türkiye'de yaz mevsimlerinde yer seviyesi

ozon kirliliğinin artmasının nedeni güneş ışığı ve yüksek sıcaklıktır (Akan ve Morcalı, 2017).

1.2.2.3 Isınma kaynaklı hava kirliliği

Türkiye’de görülen hava kirliliğinin önemli kaynaklarından biride evsel ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardır. Konutlarda ısınmak için tercih edilen kömür ve fueloil gibi yakıtlardan meydana gelen emisyonlar hava kirliliğindeki en önemli parametrelerdendir (Garipağaoğlu, 2015). Isınma kaynaklı oluşan kirlilik yıl içerisinde kış aylarında artmaktadır (TÇSV, 1991). Özellikle kentlerde kış mevsiminde ciddi düzeylere ulaşan hava kirliliği düşük kalite yakıt kullanımı ile ilgilidir (Çakır Sümer, 2014; Türk, 1969). Isınma kaynaklı hava kirliliğinin diğer sebepleri ise yanlış kalorifer ve soba yakma yöntemleri ile kullanılan kalorifer kazanları bakımının periyodik olarak yaptırılmamasıdır (Özdemir ve Boyraz, 2002). Isınma amacıyla kullanılan yakıtların hava kirliliğine sebep olmasının temel sebebi kullanılan fosil yakıtların (fueloil veya kömür) yüksek oranda kükürt ve kül içermesidir. Bu nedenle ısınma sistemlerinde yanma tam anlamıyla gerçekleşmemekte ve kirlilik sorunu ön plana çıkmaktadır (Garipağaoğlu, 2015).

1.2.3 Atmosferik hava kirliliğini etkileyen faktörler

Başlıca hava kirliliği kaynakları antropojenik faaliyetleri sonucu oluşsa da atmosferik olaylar ve topografik özellikler kirletici parametreler üzerinde ciddi etkilere sahiptirler. Topografik ve iklimatik etkiler özellikle kirletici parametrelerin atmosferde kalma süreleri, yayılımları, sağlık üzerindeki etkileri gibi birçok konuda etki sahibidirler.

1.2.3.1 Nüfus artışı

Dünya nüfusu %1’lik bir artış hızına sahiptir ve son rakamlara göre 7.510.705.517’ye ulaşmıştır (URL-2). Nüfusun artmasıyla beraber konut ve kullanılan yakıt miktarında da artış görülmekte bu da kirlilik miktarının artmasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte nüfusun belirli bölgelerde özellikle kentsel alanlarda yığılması kirlilik olayını daha da etkili hale getirebilmektedir. Hem Dünyada hem de ülkemizde endüstrileşmiş bölgelerde nüfusunun arttığı, yığılmaların olduğu bunun neticesinde yeşil alanlar,

doğal hayatın korunması gibi hava kirliliğini azaltacak etkilerin azaldığı görülmektedir (Çiftçi vd., 2013).

1.2.3.2 Meteorolojik olaylar

Atmosferik faaliyetler de hava kirliliğini büyük ölçüde etkileyen faktörlerdendir. Hava kirliliği emisyonlarının, kaynağından çıktıktan sonra atmosferde yayılması, ne kadar uzak mesafelere taşınacağı, havada asılı olarak kalması veya asılı kalma süresi atmosferik olaylarla doğrudan ilişkilidir. Bu meteorolojik olaylar sıcaklık, sis, inversiyon, rüzgâr, nem, yağış ve basınç faktörleridir (Kadıoğlu ve Toros, 1993).

Rüzgâr, atmosferdeki kirletici emisyonların yayılması ve taşınmasında en önemli atmosferik olaylardan biridir (Türkeş, 2017). Bu nedenle hava kirliliği önleme çalışmalarında emisyon oluşan bölgelerde etkili olan rüzgarların; yönü, hızı ve esme sıklığının (frekansı) tam olarak tespit edilmesi en önemli adımlardan biridir (Keser, 2002).

Havadaki nem oranı, konsantrasyon ve yoğunlaşma şartlarına göre sis ve yağış oluşmasına olanak sağlar. Bunlardan atmosferik kirlilik bakımından en önemlisi sistir. Havadaki kirlilik konsantrasyonunun çok olduğu kış aylarında sis oluşumu, SO₃ (kükürt trioksit) ile atmosferdeki su moleküllerinin reaksiyonu sonucunda, canlı hayatı bakımından oldukça tehlikeli olan H₂SO₄ (sülfürik asit) oluşumuna neden olabilmektedir. Ayrıca sis oluşumu güneş ışınlarının yere ulaşmasına mâni olarak radyasyonla geri dönmesine engel oluşturmaktadır. Böylece çanak ve vadi morfolojisindeki bölgelerde meydana gelen inversiyon tabakası ve içeriğindeki kirli hava, sis dağılana kadar ortamda kalmaktadır (Karpuzcu, 1996).

İnversiyon (sıcaklık terselmesi), hava kütlesinde yükseklerle doğru ilerledikçe sıcaklığın sürekli olarak azalması gerekirken bir noktada artıp ardından tekrar azalmaya başlaması olayına denilmektedir. Isınan hava yükselirken içeriğindeki kirleticileri de beraberinde yukarı taşır. Bu hava hareketi aynı zamanda havayı temizler. Sıcaklık terselmesiyle soğuk havanın altta kalmasından dolayı atmosferi temizleyen bu dikey hava hareketi hayli zordur. Bu durumlarda yüzeye daha yakın olan kirleticiler olduğu yerde bu olay kalkıncaya kadar devam etmektedir. Yani, bacalardan çıkan duman yükselmemektedir. Bu ise, oldukça tehlikeli bir kirlenme şeklidir (Toros, 2000).

1.2.3.3 Topoğrafik yapı

Yeryüzü şekillerinin özellikleri kirli havanın yerleşim bölgesi üzerinde kalış süresini etkilemektedir. Yani bu durum direkt bir etki değil fakat mevcut kirliliğin kalıcılık süresini etkilemesi noktasında oldukça önemlidir. Mesela, çömlek ve çukur şeklindeki yerleşim bölgelerinde kirli havanın atmosferde kalma süresi daha uzun olmaktadır. Yükseklikte kirlenmeyi etkileyen önemli bir topoğrafik faktördür. Bilindiği üzere yeryüzünden yukarılara doğru sıcaklık azalmaktadır. Yüksek bölgelerdeki yerleşim alanlarında daha uzun süre soba ve kalorifer yakılmasına bu da kirlilik konsantrasyonunun artmasına neden olur (Çiftçi vd., 2013).

1.3 Atmosferik Hava Kirleticiler

Atmosferik hava kirleticilerinin bir kısmı direkt olarak kaynağından atıldığı şekilde havada bulunurlar. Bunlar birincil kirleticiler olarak isimlendirilir. Diğer bir kısım kirleticiler ise havaya karışan bu birincil kirleticiler maddelerin, atmosferde mevcut diğer bazı kirleticilerle reaksiyona girmesiyle oluşan ikincil kirleticilerdir. Örneğin, bacalardan atılan SO_2 veya bataklıklardan yükselen hidrojen sülfür (H_2S) gazı birincil; sülfid ve sülfat partikülleri ile sülfürik asit sisi ise ikincil kirleticilerdir. Azotlu maddeler de bacadan en çok azot monoksit (NO) veya NH_3 halinde atılırlar da atmosferde azot dioksit (NO_2) veya nitrat formundaki daha kalıcı bileşikler haline dönüşürler (Müezzinoğlu, 2000).

1.3.1 Kükürt dioksit (SO_2)

Kükürt hava kirliliği bakımından önemli bir kimyasal maddedir. Kükürt genellikle katı yakıtların yapısında organik ve inorganik olarak bulunmaktadır. İnorganik kükürt sülfat formunda toprakta bulunur ve organik kükürt ise yakıtın bünyesindeki karbonun yanmasından sonra SO_2 şeklinde atmosfere atılmaktadır (Celia ve Conceicao, 2005; Cowley vd., 1993).

Her yıl çeşitli kaynaklardan yayılan tonlarca SO_2 atmosfere karışmaktadır. Kükürt oksit emisyonlarının büyük kısmı, elektrik üretimi amacıyla katı ve sıvı yakıtlar yakan termik santrallerin emisyonlarından meydana gelmektedir. Bunun gibi yollarla atmosfere salınan SO_2 ile ikincil ürünleri (sülfid ve sülfat) yayılma yoluyla toz

taneciklerine dönüşerek kendi aralarında veya başka taneciklerle birleşerek büyür ve çökelirler (İlkılıç ve Behçet, 2006).

1.3.2 Azot dioksit (NO₂)

Atmosferin %78'i azottan meydana gelmektedir. Azot oksitlerin temel kaynağı hava içerisindeki azottur. Azot oksitler (NO_x) ise atmosferdeki azotun yanma ürünü olarak oluşurlar. Buradan anlaşılacağı üzere azot oksitlerin en önemli kaynakları motorlu taşıt emisyonları ve yakma tesisleridir. Azot oksitler yakıt içindeki azotlu maddelerden olduğu gibi, yüksek sıcaklıkta yakma tesislerinde kullanılan azotun oksijenle birleşmesinden de meydana gelmektedir. Atmosferde kararlı ve kararsız olarak bulunan azot oksitler yanma olaylarından sonra havaya salınan en önemli kirletici emisyonlar olarak bilinmektedir. Azot oksitler arasında NO₂ ve NO en önemli kirletici gazlardır (Heywood, 1988).

1.3.3 Karbonmonoksit (CO)

Renksiz, kokusuz ve havanın ortalama molekül ağırlığına eşit olan CO gazı fosil yakıtların tam yanmamasından, demir-çelik tesislerinden ve petrol rafinelerinden oluşmaktadır. Kaynaklandığı yerin etrafında iyi dağılmayan ve varlığı fark edilemeyen zehirli bir yanma ürünüdür. Aynı zamanda CO atmosferde kolayca yok olmayan bir emisyondur (İlkılıç ve Behçet, 2006).

1.3.4 Ozon

Ozon, atmosferde doğal olarak da bulunan, stratosfer tabakasında en yüksek konsantrasyonlara ulaşan oldukça reaktif bir gazdır. Atmosferde enerji santralleri, rafineriler, kimya fabrikaları gibi antropojenik kaynaklardaki kirleticilerden fotokimyasal süreçler sonucu oluşabilir (Güler vd., 2015). Akciğer işlevlerinde bozulma, kronik maruziyetle akciğerlerde yapısal hasarlara neden olur (Tekbaş, 2010).

1.3.5 Kurşun

Kurşunda diğer ağır metaller gibi az oranda dahi insan için zehirlidir. Kurşun vücuda solunum yoluyla ve beslenme vasıtasıyla girmektedir. Günümüzde kurşunun hava kirliliği üzerindeki etkisinin temel nedeni trafik emisyonlarıdır. 1920'lerden sonra ticari amaçlar için benzine kurşun bileşiminin katılmasına izin verilmesi ve o tarihten

günümüze kadar araç sayılarının artmasıyla motorlu taşıtlarda oluşan kurşun ile birlikte, hava kirliliğindeki etkisi giderek artmıştır. İnsan vücudunda kurşun oranının artması zayıflığa, kansızlığa, sinir sistemi ve böbrekte hatta beyinde tahribata neden olmaktadır (Engin, 1989).

1.3.6 Partikül madde (PM)

Partikül madde (PM), meteorolojik olaylar ve doğal afetler gibi tabi kaynaklardan veya beşerî faaliyetler sonucu oluşan; genellikle aerosol olarak adlandırılan gaz içerisindeki ince katı veya sıvı maddelerin oluşturduğu süspansiyon olarak tanımlanır (Seinfeld ve Pandis, 2006). Birincil olarak doğrudan kaynaktan salınabildiği gibi atmosferde bazı kimyasal reaksiyonlarla ikincil olarak da oluşabilir (Yavuz, 2020). Partikül boyutları değişken olup toz, duman, is gibi bazı partiküller gözle görülebilirken, mikroskopla görülebilen boyutlarda olanları da bulunmaktadır (URL-4). Çapı 2,5 µm'den küçük veya eşit olan parçacıklar (PM_{2,5}) ince partiküller ve çapı 2,5-10 µm arası olanlar ise kaba partiküller olarak bilinirler. PM₁₀ terimi ise çapı 10 µm'den küçük veya eşit olan tüm partikülleri ifade eder. İnce partiküller; ikincil reaksiyonlar sonucu meydana gelen aerosoller (gaz-partikül dönüşümü), yanma ürünlerini, yoğunlaşan organik ve metal buharlarını içerir. Büyük partiküller; genellikle topoğrafik öğeleri, yol ve endüstrilerden kaynaklanan tozları içerir. Partikül maddelerin kaynakları genel olarak, yanma ürünleri, dizel motor emisyonlar, inşaat ve endüstriyel faaliyetler, ikincil aerosoller (amonyak, sülfür ve azot oksitlerinin havada reaksiyonu) polenler ve çeşitli etkilerle atmosfere karışan tozlar olarak sıralanabilir. Partikül maddeler; tanecik boyutları, yoğunluğu, kimyasal bileşimi ve sağlık etkilerine göre çeşitli başlıklarda incelenebilir (Çevre Atlası, 2004; Ertürk, 2002; Eyyapan, 2006; Öztürk, 2007). Partikül madde boyutu ne kadar küçük olursa, havada kalma süresi de o oranda artmaktadır. PM₁₀ havada dakikalar ve saatler süresince kalabilmekte ve daha büyük olan boyutları nedeniyle nispeten daha kısa mesafeler boyunca taşınabilmektedir. PM_{2,5} ise PM₁₀'un aksine atmosferde saatlerce belki haftalarca kalabilmektedir ve daha küçük boyutları olması sebebiyle uzak menzillere kadar taşınabilmektedirler. Ayrıca PM₁₀ henüz yüzeye inmeden rüzgâr tarafından çok uzak mesafelere taşınabilmektedir (Özbeyaz vd., 2016). Partikül maddelerin bilinen en önemli kirlilik belirtileri güneş enerjisi ve görüş mesafesinin düşmesidir. Buna bağlı olarak tarım ürünlerinin rekoltesinin düşmesi, su döngüsü ile sucul ekosistemi etkilemesi, uzak mesafe yayılımları ile deniz ekosistemini etkilemesi, insanlarda solunum yolu rahatsızlıklarına

neden olması ve solunabilir kısımlardaki ağır metaller dolayısıyla toksisite yaratmaları öne çıkmaktadır (Gao vd., 2002; He vd., 2001; Polissar vd., 2001).

Karbonlu aerosoller PM içerisindeki en önemli kimyasal bileşenlerdir. Bu bileşenler temel olarak OK ve EK olarak sınıflandırılırlar (Feng vd., 2009).

1.3.6.1 Elementel karbon

EK'nın kimyasal yapısı saflaştırılmamış grafit benzer ve daha çok fosil yakıtlar gibi karbonlu materyallerin tam yanmamasından kaynaklanır. EK'nın tutunma yapısı nedeniyle iklim üzerindeki etkileri yanında havadaki görüş mesafesini de etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda atmosferdeki EK'nın bölgesel olarak havanın ısınmasına neden olduğu ve buna bağlı olarak hidrolojik çevrimi etkilediği ortaya konmuştur. Öte yandan katalitik özellikleri nedeniyle yüzeyine tutunan diğer kirleticilerin reaksiyona girerek daha zararlı türlere dönüşmesine olanak sağlamakta ve bu nedenle sağlık açısından zararlı etkileri olmaktadır (Bond vd., 2004; Haywood vd., 1997; Myhre vd., 1988; Streets vd., 2003). EK bileşeni, özel yüzey karakteristikleri sebebiyle pek çok organik bileşik için iyi bir adsorpsiyon bölgesi olmasının yanında (Pio vd., 2011), aynı zamanda kararlı yapısı sebebiyle birincil organik emisyonları için de iyi bir izleyicidir (Huang vd., 2006).

1.3.6.2 Organik karbon

Partiküler OK açısından binlerce farklı bileşen içermektedirler. Bu organik bileşenlerin çoğu 20'den fazla karbon atomu içerebilmektedir. Partiküler OK'un çoğunun ince partikül fraksiyonunda olduğuna inanılmaktadır. Los Angeles'da yapılan bir çalışmada organik bileşenlerin yaklaşık %30'unun ince partikül kütlelerinde olduğu belirtilmiştir (Gray vd., 1986). OK atmosferde fotokimyasal tepkimeler sonucunda oldukça çeşitli kimyasal yapılara sahip olabilir (Castro vd., 1999; Hildemann vd., 1996). Güçlü ışık saçma karakteri dolayısıyla hem iklim hem de görüş mesafesi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Saxena ve Hildemann, 1996). OK, oluşum mekanizmalarına göre birincil ve ikincil OK olarak sınıflandırılmaktadır (Jones ve Harrison, 2005; Saylor vd., 2006).

Birincil OK, birincil yanma reaksiyonlarından kaynaklanan ve atmosfere direkt olarak salınan OK fraksiyonu olup bu partiküller OK muhtevasının büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Castro vd., 1999; Strader vd., 1999; Yu vd., 2004).

İkincil OK (İOK) organik karbonların ikinci fraksiyonu olan ikincil organik karbon ise birincil organik karbonlar ile benzer orjinli olup, atmosfere salınan birincil organik karbonların atmosferdeki ozon reaksiyonu gibi çeşitli reaksiyonları sonucu oluşur (Castro vd., 1999; Strader vd., 1999; Yu vd., 2004).



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde partikül madde, EK ve OK hakkında bir çok çalışma yapılmıştır. Çalışmaların bazıları bu bölümde özetlenmiştir.

Arı vd., (2014) Eskişehir Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsünde toplanan günlük PM_{2,5} örneklerinde OK ve EK konsantrasyonları incelenmiştir. Partikül formdaki EK konsantrasyonları kış ve yaz aylarında sırasıyla $2,2 \pm 1,6$ ve $0,9 \pm 0,4$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. OK konsantrasyonları kış ve yaz aylarında sırasıyla 11,2 ve 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerlerindedir. Atmosferik OK/EK oranları kış örneklerinde birincil yanma kaynaklarının etkisiyle ortalama 4,3 iken, yaz örneklerinde bu oranın 1,9'a düştüğü görülmüştür.

Bozkurt vd., (2015) Düzce ilinde yarı kentsel bir bölgeden toplanan PM₁₀ örneklerinde EK derişimleri ve mevsimsel değışimleri analiz edilmiştir. Örnekler kentsel alandan uzak yarı kentsel sayılabilecek Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'de toplanmıştır. 2015 yılı içerisinde yaz ve kış aylarında yüksek hacimli örnekleyiciler ile toplanan PM₁₀ örneklerinde, termal-optik karbon aerosol analizörü kullanılarak EK seviyeleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Düzce'de yarı kentsel bölgede EK seviyelerinin $0,17-1,31$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değıştiğı ve ortalama EK konsantrasyonunun $0,49$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmüştür (PM₁₀'un ortalama %1,5'u). Örneklerdeki EK konsantrasyonlarının mevsimsel farklılıklar gösterdiği ve kış aylarındaki ortalama EK konsantrasyonlarının yaz aylarına oranla yaklaşık olarak 1,5 kat fazla olduğu ortaya konmuştur.

Ertürk vd., (2015) Kütahya bölgesinde kentsel ve kırsal alanlardaki PM boyutları ve eser element konsantrasyonları incelenmiştir. Ölçümler, yaz mevsimini temsil eden ağustos ayında, onar günlük periyotlarla iki farklı istasyonda gerçekleştirilmiştir. Kentsel istasyon Kütahya şehir merkezine, yarı kentsel istasyon ise termik santrallerin etkisinin inceleneceğı düşünölen Tavşanlı ilçesinin Göbel bölgesine yerleştirilmiştir. Her iki istasyonda da farklı boyutlardaki PM örnekleri yüksek hacimli kaskat impaktör ile toplanmıştır. Genel olarak topoğrafik yapıdan kaynaklı elementlerin konsantrasyonları daha büyük boyutlarda, beşerî kaynaklı elementlerin konsantrasyonları ise daha küçük boyut aralıklarında yüksek bulunmuştur. Kentsel istasyonda ölçölen PM konsantrasyonları kırsal istasyonda ölçölen

konsantrasyonlardan yüksek bulunmuş, ayrıca özellikle trafikten kaynaklanan elementlerin de bu istasyonda yüksek konsantrasyonlarda oldukları tespit edilmiştir.

Öztürk vd., (2015) Bolu kent merkezinde kurulu olan istasyonda Aralık 2014 ve Şubat 2015 tarihleri arasında kaba (PM_{10}) ve ince ($PM_{2,5}$) örnekleri toplamışlardır. Örnekler Thermo Partisol örnekleyici kullanılarak kuvars filtreler üzerinde toplanmış ve toplanan örneklerde elementel, organik ve toplam karbon (sırasıyla EK, OK ve TK) konsantrasyonları belirlenmiştir. $PM_{2,5}$ fraksiyonunda ölçülen OK, EK ve TK konsantrasyonlarının sırasıyla $59,9 \pm 50,4$, $5,92 \pm 4,79$, $65,8 \pm 54,9 \mu g/m^3$ olarak ölçülmüştür. Kirletici kaynaklarını belirlemek amacıyla üretilen veri setine faktör analizi uygulanmıştır. İnce fraksiyonda toprak, petrol ve odun-kömür yakılmasından kaynaklı olan emisyonlar ana kirletici kaynakları olarak bulunmuştur.

Aktaş vd., (2016) $PM_{2,5}$, OK ve EK seviyeleri, İstanbul'da yoğun araç trafiğine sahip bir noktada Mart ve Mayıs 2016 döneminde incelemiştir. Ayrıca aynı nokta 2016 yılı Mayıs ve Haziran aylarında ölçüm istasyonu yanına ağaçlar dikildikten sonra yeniden incelenmiştir. Ağaçlar dikilmeden önceki ortalama ince partikül madde değeri, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Avrupa Birliği (AB) sınır değerlerinin üzerinde olan $33,1 \pm 8,2 \mu g/m^3$ olarak ölçülmüştür. Bu çalışmanın yapıldığı dönemde OK ve EK konsantrasyonlarının ortalaması $6,5 \pm 3,7 \mu g/m^3$ ve $2,3 \pm 1,5 \mu g/m^3$ olarak bulunmuş, ağaçların dikiminden sonra ise ince partikül madde ortalama değeri $25,3 \pm 4,5 \mu g/m^3$ 'e düşmesine rağmen hala DSÖ ve AB sınır değerlerinin üzerindedir. Bu dönemde ortalama OK ve EK konsantrasyonları ise sırasıyla $6,7 \pm 4,1 \mu g/m^3$ ve $2,6 \pm 0,8 \mu g/m^3$ olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, yoğun araç trafiğinin olduğu mega şehirlerde $PM_{2,5}$ seviyesine yol kenarına dikilen ve partikül tutma özelliğine sahip ağaçların olumlu etkisinin olduğu gözlenmiştir. Ancak, OK ve EK konsantrasyonlarında, çok daha küçük boyutları nedeniyle anlamlı bir değişim görülmemiştir.

Arı, (2016) 2013 ve 2014 yılları arasında Eskişehir Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsünde toplanan örneklerle ince partiküllerdeki hava kirliliği bileşenlerinin konsantrasyonları analiz edilmiştir. OK ve EK konsantrasyonları kullanılarak toplam aerosolün ikincil kısmı farazi olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler sonucunda genel olarak kış mevsiminde ısınmaya bağlı olarak partikül madde, OK ve EK'da artış gözlemlenmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği noktada organik ince partiküllerin en önemli kaynağının %26'lık bir payla evsel ısınma olduğu, bunu sırasıyla yer tozu,

ikincil organik partiküller ve endüstri emisyonlarının takip ettiği yapılan pozitif matris faktörizasyonu analiziyle belirlenmiştir. EK izleyici yaklaşımı ile $PM_{2,5}$ kütlesine ikincil OK katkısı belirlenmiş ve ince mod aerosolün yaklaşık %11'inin ikincil olduğu hesaplanmıştır.

Koçak, (2017) Ankara'da kentsel ve yarı kentsel iki noktadan günlük (24 saat süre ile) olarak toplanan $PM_{2,5}$ örneklerinde OK ve EK ölçümleri yapılmıştır. Toplanan örneklerde GCMS tekniği kullanılarak 53 adet organik bileşiğin konsantrasyonları ölçülmüştür. Türkiye'de ilk defa bu kadar büyük bir EK/OK veri seti oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre AU (Ankara Üniversitesi) istasyonu için sırasıyla EK, OK, İOA ortalama değerleri 2,30, 10,44 ve 13,59 $\mu g/m^3$; ODTU istasyonu için sırasıyla EK, OK, SOA ortalama değerleri 0,85, 5,40 ve 7,49 $\mu g/m^3$ olarak kaydedilmiştir. EK derişiminin AU istasyonundaki yaz ve kış değerleri 2,17, 5, 2,48 $\mu g/m^3$, EK'nın ODTÜ istasyonundaki ortalama yaz ve kış değerleri ise 0,72, 1,04 $\mu g/m^3$ olarak bulunmuştur. OK derişimlerinde, EK derişimlerinde olduğu gibi, kış aylarında daha yüksek olduğu görülmüştür. Hafta içi ve hafta sonu EK-OK dağılımları incelendiğinde, her iki istasyonda da hafta içinde ölçülen derişimlerin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Ölgün, (2019) Kütahya ili şehir merkezi ve kırsalında günlük kaba ve ince partikül örnekleri toplamıştır. Her iki istasyonda da düşük hacimli (16,7 L/dak) örnekleyici kullanılarak, 37 mm çapındaki kuvars filtreler üzerine toplanmıştır. Kuvars filtreler üzerine toplanan PM örneklerinde EK ve OK fraksiyonları Termal/Optik yöntemle çalışan Sunset marka OK/EK analizörü kullanılarak NIOSH 870 metodu ile tayin edilmiştir. Kütahya şehir merkezinde $PM_{2,5}$ için OK ve EK konsantrasyonlarının medyan değerleri sırasıyla 11,07 $\mu g/m^3$ ve 2,31 $\mu g/m^3$ olarak bulunmuştur. PM_{10} örneklerindeki OK ve EK konsantrasyonlarının medyan değerleri sırasıyla 2,6 $\mu g/m^3$ ve 0,2 $\mu g/m^3$ olarak hesaplanmıştır. Tavşanlı Göbel kırsalında $PM_{2,5}$ için OK ve EK konsantrasyonlarının ortanca değerleri sırasıyla 3,79 $\mu g/m^3$ ve 0,33 $\mu g/m^3$. Kırsal istasyondaki kaba partikül örneklerinde OK ve EK konsantrasyonlarının ortanca değerleri sırasıyla 2,52 $\mu g/m^3$ ve 0,09 $\mu g/m^3$ olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde özellikle $PM_{2,5}$ fraksiyonunda OK ve EK değerleri artış göstermiştir.

Uluslararası kaynaklarda EK ve OK'nın derişimlerindeki mevsimsel değişimler ile kirlilik kaynakların özelliklerinin analiz edilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Ho vd., (2001) de Hong Kong'da $PM_{2,5}$ ve PM_{10} da karbonlu aerosol seviyelerini ve varyasyonlarını belirlemek için numuneleri kış (Kasım 2000- Şubat 2001) ve yaz (Haziran 2001- Ağustos 2001) boyunca üç izleme istasyonunda (yol kenarı, kentsel ve bölgesel ortamları temsil eden) yüksek hacimli örnekleyiciler ile toplanmıştır. En yüksek OK ve EK konsantrasyonları yol kenarında, en düşük ise bölgesel ölçekte olduğu görülmüştür. OK ve EK sırasıyla $26,9 \pm 0,5 \mu g/m^3$ ve $25,6 \pm 0,1 \mu g/m^3$ olduğu analiz edilmiştir. Hong Kong'da karbonlu aerosolün ana kaynağının motorlu araç emisyonları olduğu tespit edilmiştir. Bölgesel ölçekteki istasyonda OK, biyogenik kökenli ikincil organik aerosollerle tutarlı olarak, yol kenarlarındaki ve kentsel alanlardakilerden daha yüksekti.

Cao vd., (2002) Çin'de Pearl River Delta bölgesinde dört şehirde (Hong Kong, Guangzhou, Shenzhen ve Zhuhai) yaz ve kış örnekleri toplamışlardır. $PM_{2,5}$ ve PM_{10} örnekleri kuvars filtreleri ile toplanarak IMPROVE protokolü izleyerek termal optik yansıma (TOR) yöntemi ile analiz edilmiştir. $PM_{2,5}$ da ortalama OK ve EK konsantrasyonları $9,2$ ve $4,1 \mu g/m^3$, PM_{10} 'da $12,3$ ve $5,2 \mu g/m^3$ olduğu görülmüştür. Günlük ortalama OK, EK, $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonlarının kış aylarında yaz aylarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Zhang vd., (2006) bahar aylarında, kuzeydoğu Çin'de yarı kurak bir bölge olan Tongyu'da günlük partikül madde ($PM_{2,5}$) aerosol örnekleri toplamışlardır. OK ve EK konsantrasyonları, filtre numunelerinde bir termal/optik karbon analizörü ile belirlenmiştir. $PM_{2,5}$ 'daki ortalama OK ve EK konsantrasyonları sırasıyla $14,1 \pm 8,7$ ve $2,0 \pm 1,3 \mu g/m^3$ olduğu analiz edilmiştir. İlkbahar mevsiminde OK ve EK arasında iyi bir korelasyon gözlemlenmiş bu da OK ve EK'nın benzer kaynaklardan oluşabileceğini akla getirmiştir. Yüksek EK/OK oranı, biyokütle yakmanın muhtemelen bu bölgedeki başlıca OK kaynaklarından biri olduğunu göstermiştir. Tongyu'da $PM_{2,5}$ içindeki tahmini İOK konsantrasyonları $26,1 \mu g/m^3$ (ortalama, $5,9 \mu g/m^3$) olarak hesaplanmıştır. OK ve $PM_{2,5}$ kütlesindeki İOA yüzdeleri sırasıyla %42 ve %2,1 idi. Toz fırtınası dönemlerindeki İOK konsantrasyonları, toz fırtınası olmayan dönemlerdekinden daha yüksekti; bu aerosol parçacıklarının uzun mesafeli taşınması sırasında gaz-parçacık dönüşümünü içeren kimyasal reaksiyon süreçlerinin meydana geldiğini göstermiştir.

Ji vd., (2013) Pekin’de Mart 2013 ve Şubat 2014 EK ve OK konsantrasyonları $PM_{2,5}$ örneklerinde yarı-sürekli termal optik analizcisi ile saatlik olarak ölçülmüştür. EK ve OK konsantrasyonları sırasıyla $14 \pm 11,7 \mu g/m^3$ ve $4,1 \pm 3,2 \mu g/m^3$ aralığındaydı. Bu çalışmada gözlemlenen konsantrasyonlar, son on yıldaki diğer raporlarından daha düşüktü; ancak konsantrasyonlar, Kuzey Amerika ve Avrupa'daki çoğu mega kentten bildirilenlerden daha yüksekti. Bu bulgular, hava kalitesini iyileştirmek için katı kontrol önlemlerinin uygulanmasına rağmen OK ve EK'nın yüksek seviyelerde kaldığını göstermektedir. OK ve EK konsantrasyonları, Pekin'de sonbahar ve kış aylarında yüksek değerlere ancak ilkbahar ve yaz aylarında düşük değerlere sahip güçlü bir mevsimsellik sergilemiştir. Günlük OK ve EK döngüleri, birincil emisyonlar, birikimler ve düşük sınır tabakası yükseklikleri nedeniyle gece ve sabah daha yüksek değerlerle karakterize edilmiştir. Yıllık ortalama biyokütle yakma oranının toplam OK konsantrasyonuna katkısı %18,4’tür, bu da biyokütle yakmanın Pekin'de önemli bir kirlilik faktörü olduğunu göstermektedir.

Peng vd., (2014) de Çin’in Beibei Bölgesi'ndeki atmosferik karbonlu aerosollerin kirleticili özelliklerini araştırmak için, kademeli aerosol örnekleri Mart 2014'ten Şubat 2015'e kadar sürekli olarak toplanmıştır. OK ve EK, DRI 2001A karbon analizörü ile incelenmiştir. Sonuçlar, ince partiküldeki yıllık ortalama OK ve EK konsantrasyonlarının $16,3 \pm 7,6 \mu g/m^3$ ve $1,8 \pm 0,7 \mu g/m^3$ olduğunu ve kaba partiküllerde sırasıyla $25 \pm 9,6 \mu g/m^3$ ve $3,2 \pm 1,2 \mu g/m^3$ olduğunu göstermiştir. Bir yandan, ince partiküllerde kaba partiküllere göre daha fazla mevsimsel OK konsantrasyon dağılımı görülmüştür. Üstelik OK hem ince hem de kaba partiküller için rüzgâr hızı ile önemli ölçüde pozitif korelasyon gösterirken, kaba partiküller bağıl nem ile negatif korelasyon göstermiştir. Öte yandan hem ince hem de kaba partiküllerde, EK konsantrasyonlarının daha mevsimsel bir dağılım sergilediğini ve ince partiküldeki EK, sıcaklıkla önemli ölçüde negatif korelasyon gösterdiğini analiz etmişlerdir.

Hama vd., (2018)’de beş Kuzey-Batı Avrupa şehri boyunca (Amsterdam, Antwerp, Leicester, Lille ve Wijk aan Zee) PM_{10} numuneleri toplamıştır. Nisan 2013'ten Mayıs 2014'e kadar toplanan örneklerde PM_{10} kaynakları, atmosferik konsantrasyonlarının mekânsal ve mevsimsel değişimleri araştırılmıştır. Parçacık kütlelerini yeniden yapılandırmak için, belirlenen bileşenler şu şekilde yedi sınıfa ayrılmıştır; mineral toz,

organik madde, EK, eser elementler, deniz tuzu, ikincil inorganik aerosol ve monosakkaritler. Yapılan analizlerde PM_{10} 'un ana bileşenleri ikincil inorganik aerosol, ardından endüstriyel olarak etkilenen bir bölgede mineral toz ve deniz tuzu olduğu görülmüştür. İkincil inorganik aerosol, Amsterdam, Antwerp, Leicester, Lille ve Wijk aan Zee'de sırasıyla %36, %35, %32, %36 ve %32 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, ikincil aerosollerin, biyokütle yakmanın ve trafik emisyonlarının Kuzey-Batı Avrupa'daki en önemli PM_{10} kaynakları olduğunu göstermiştir.

Siciliano vd., (2018)'de İtalya'nın kıyı kırsal bölgesi olan Apulia bölgesinde Eylül 2015'ten Ekim 2015'e kadar günlük PM_{10} ve 6 saatlik $PM_{2,5}$ örnekleri toplamışlardır. PM_{10} numunelerinde, OK 1,06 ila 18,32 $\mu g/m^3$ arasında değişmiştir ve EK 0,41 $\mu g/m^3$ ortalama değerler almıştır. $PM_{2,5}$ numunelerinde, OK ortalama $3,5 \pm 2,8 \mu g/m^3$ konsantrasyonla 0,54 ila 12,91 $\mu g/m^3$ arasında değişmiştir ve EK 0,11 ila 0,85 $\mu g/m^3$ arasında değerler alarak ortalama $0,35 \pm 0,18 \mu g/m^3$ değerlerindedir. Her iki parametre içinde en yüksek değerler hava kütlesi Avrupa'dan geldiğinde ve Sahra Tozu olayları gerçekleştiğinde kaydedilmiştir. Sonuçlar, OK ve EK'nın gece saatlerinde daha yüksek konsantrasyonlar sergilediğini göstermektedir bu da kararlı atmosferin ve daha düşük tepkime koşullarının hava kirleticilerinin birikmesi için önemli roller oynadığını ve yarı uçucu organik bileşiklerin yoğunlaşmasını veya adsorpsiyonun desteklediğini gösterir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Örneklerin Toplanması

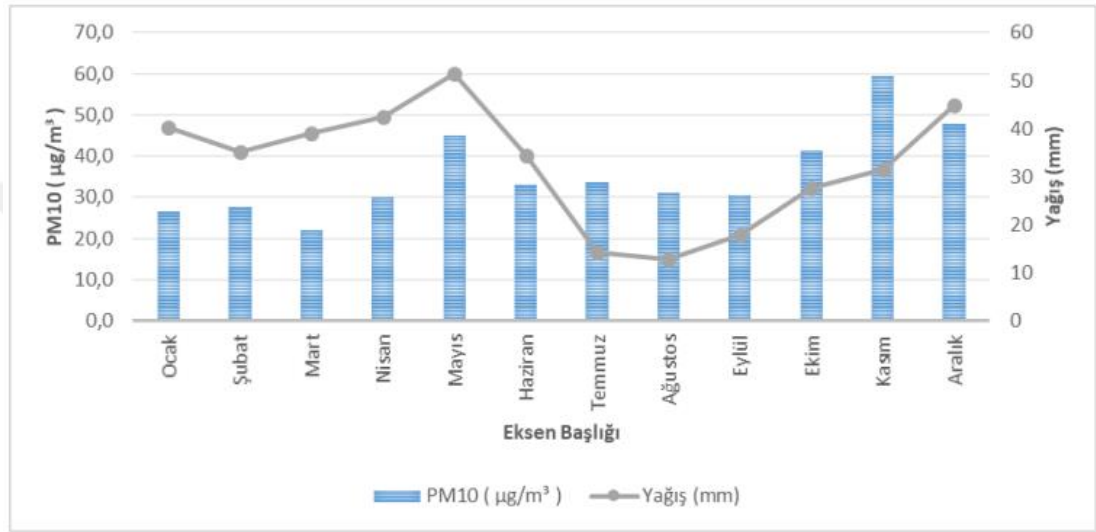
Bu çalışma Aksaray Üniversitesi Kampüsünde seçilen bir bölgede konumlandırılan istasyonda EK ve OK analiz çalışmalarının yapılabilmesi adına partikül fazda toplanan aerosollerini içermektedir. İstasyon üniversite kampüs sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.1). Örneklem istasyonunun konumlandırıldığı bölgenin yerleşim yerine mesafesinin 5-8 km, sanayi bölgesine uzaklığının 8 km olması ayrıca kampüs sınırları içinde olması sebebi ile ulaşım, güvenlik, elektrik gibi hususlarda kolaylık sağlandığı için bu bölge tercih edilmiştir. Kampüsün batı yakasından E-90 karayolu geçmektedir. Konumu sebebi ile Aksaray ilini açıkça temsil edeceği düşünülmüştür.



Şekil 3.1. Örneklem istasyonu görseli ve harita üzerinde konumu.

Bu kirletici parametrelerinin mevsimsel ve meteorolojik açıdan değerlendirilebilmesi için yaz ve kış sezonunda örneklem yapılması hedeflenmiştir. 4 yaz ve 4 kış ayı olmak üzere toplam örnek süresi 8 ay olarak hedeflenmiştir. Yağış oranlarına göre yıl yaz ve kış olmak üzere ikiye bölünmektedir. Yağış miktarının %60-80'ni kış geri kalan aylar ise yaz ayları olarak kabul edilmektedir (Güllü vd., 1998). Aksaray ili için 89 yıllık aylık ortalama yağış miktarları Şekil 3.2.'de verilmiştir. Şekil 3.2.'den de görülebileceği gibi Aksaray ili için yağışlar Ekim ayında artışa geçmekte ve bu artış mayıs ayının son günlerine kadar devam etmektedir. Ağustos 2019'un son haftası

örnekleme periyodu başlatılmış ve Şubat 2020'nin ilk haftası da dahil edilerek yazdan iki hafta, kıştan da on yedi haftalık örnek toplanmıştır. Daha sonra yaşanan COVID-19 salgın döneminde filtre teminindeki aksaklıklardan dolayı bu tezin de destekçisi olan BAP 2018-067 No'lu proje 6 ay durdurulmak zorunda kalınmış, örnek toplamaya Temmuz 2020'nin 3. Haftasında tekrar başlanmış ve Eylül 2020'nin son haftası da dahil edilerek örnekleme periyodu sonlandırılmıştır. Toplamda 13 hafta yaz ve 16 hafta da kış dönemi örneği toplanmıştır.



Şekil 3.2. Aksaray için aylık ortalama yağış ve 2019 yılı aylık ortalama PM₁₀ konsantrasyonu.

Örneklerin toplanması için sekiz katmandan oluşan (9,0-10,0 µm, 5,8-9,0 µm, 4,7-5,8 µm, 3,3-4,7 µm, 2,1-3,3 µm, 1,1-2,1 µm, 0,65-1,1 µm, 0,43-0,65 µm) kaskat impaktör (Thermo Fisher Scientific Inc., ABD) kullanılmıştır (Şekil 3.3). Örnekleme hızı 28.3 L/dk hava akımına göre tasarlanmıştır. Örneklerin toplanması için 81 mm çapında kuvars (PALL) filtreler kullanılmıştır. Toplamda her sette 8 örnek alınmıştır. Örneklerin çapı her katmana göre değişmekte ve yukarıdan aşağıya doğru azalmaktadır. PM örnekleri kuvars filtreler üzerinde toplanmıştır. Örneklerde toplanan partikül maddenin miktarına bağlı olarak haftalık ya da 10'ar günlük periyotlarla örnekleme gerçekleştirilebilmektedir. Ancak Koçak (2018)'in çalışması dikkate alınarak, PM₁₀ değerlerinin son bir yılda (2017-2018) hem kış hem de yaz aylarında limit değerlerini ortalama %50 civarında geçtiği sonucu ile bir haftalık örnekleme yeterli olacağı düşünülmüştür.



Şekil 3.3. Kaskat impaktör görseli.

PM örnekleri 81 mm çapında kuvars filtreler üzerinde toplanmıştır. Çalışmada kuvars filtrelerin tercih edilmesindeki sebepler hem filtrelerin karbon içeriğinin düşük olması hem de nemi diğer filtrelerden daha az tutmasıdır. Kuvars filtreler, yapılarında bulunan kirleticileri uzaklaştırmak için de kullanılmadan önce 550°C’de dört saat boyunca kül fırınında yakılmıştır. Kül fırınında yakılan filtreler örneklemeden önce ve örneklemeden sonra ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü’nde yer alan temiz odada sabit nem (40 ± 5) ve sıcaklıkta ($20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$) bekletilerek tartım için hazır hale getirilip, örneklerin boş ve dolu ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 3.4). Tartım sonuçları arasındaki farktan partikül madde kütlesi hesaplanmıştır. Daha sonra örnekler 3/4 çeyrek ve 1/4 olacak şekilde iki parçaya ayrılmış ve her parçanın ağırlığı ayrı ayrı belirlenmiştir. Filtrelerde EK/OK analizleri Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nde yapılmıştır. Analizler ile ilgili ayrıntılı bilgi tezin ilerleyen bölümlerinde verilmiştir. Tartılan filtreler analiz süresine kadar -21°C’de derin dondurucuda saklanmıştır.



Şekil 3.4. ODTÜ Çevre Mühendisliği temiz oda ve filtreler.

Kaskat impaktörün örnekleyici olarak tercih edilmesinin başlıca nedenlerinden biri parçacık boyut dağılımı ile sonuçları değerlendirebilmektir. Bu sebeple PM_{10} , PM_4 ve PM_1 kütleleri hesaplanmış ve değerlendirilmeler bu başlıklar altında toplanmıştır. Hesaplamalarda Aryal vd. (2013) tarafından kullanılan yöntem takip edilmiştir. Bu metotta dokuz fraksiyon için kaskat impaktörden toplanan partiküllerin analizi her katmanın teorik çarpma eğrisi diyagramına dayandırılmıştır. Ayrıntılı PM kütle fraksiyonu hesaplaması Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. PM kütle hesabı.

Katman sayısı	Toplanan aralık (μm)	Kütle	Formül
0	9,0-10,0	m1	$PM_{10}=m8+m7+m6+m5+m4+m3+m2+0,76*m1$
1	5,8-9,0	m2	
2	4,7-5,8	m3	
3	3,3-4,7	m4	$PM_4=m8+m7+m6+m5+0,86*m4+0,16*m3$
4	2,1-3,3	m5	
5	1,1-2,1	m6	
6	0,65-1,1	m7	$PM_1=m8+m7+0,44*m6$
7	0,43-0,65	m8	

3.2 PM Örneklerinin Analizi

Bu çalışmada kuvars filtreler üzerinde toplanan PM örneklerinde EK/OK analizleri Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nde Sunset Lab. (Oregon, ABD) bulunan “termal-optik karbon aerosol analizörü” kullanılarak yapılmıştır. Analizörün fotoğrafı Şekil 3.5’de sunulmuştur.

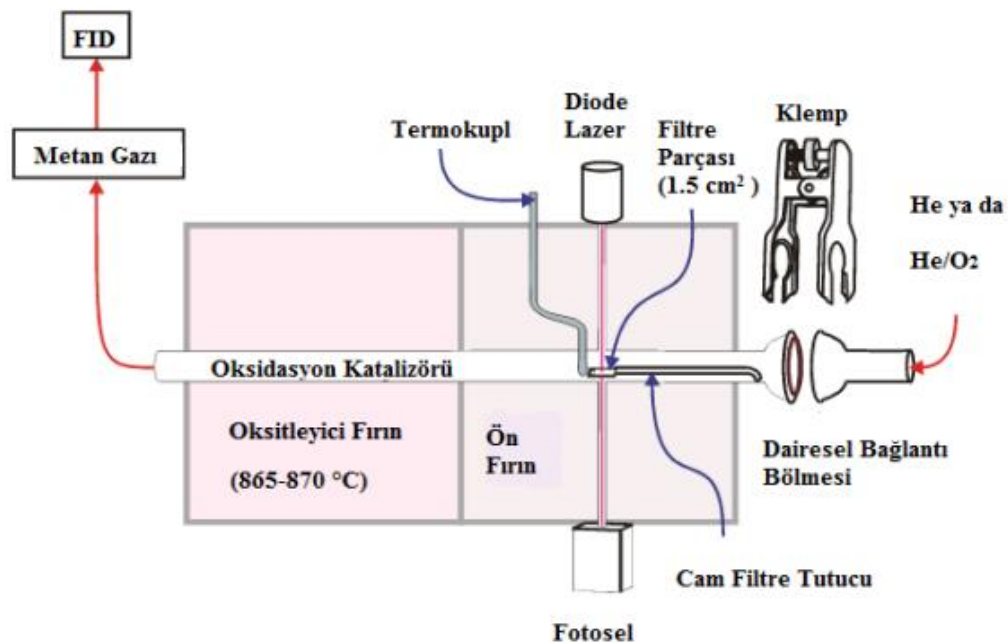


Şekil 3.5. EK/OK analizörü (SUNSET Lab).

Toplanan örneklerde OK ve EK analizi için filtre üzerinden 1,5 cm² alanında parçalar Şekil 3.6’da gösterildiği üzere kesilmiş, cihazın cam örnek küreğine yerleştirilmiş ve daha sonra cam kürek cihaz içerisine sürülerek analiz başlatılmıştır. Şekil 3.7’de EK/OK cihazının iç tasarımı şematik olarak gösterilmektedir.



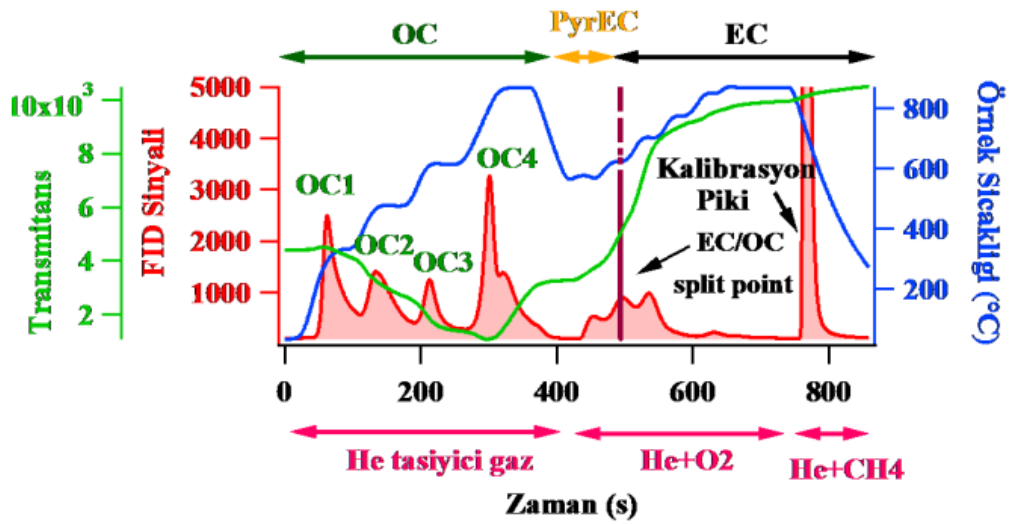
Şekil 3.6. Filtre örneğinden analiz için kesilen kısım ve cihaza yerleştirilmesi.



Şekil 3.7. EK/OK analizörü iç tasarımın şematik gösterimi.

Bu yöntemde standart büyüklükte ($1,5 \text{ cm}^2$) kesilen PM yüklü kuvars filtreler kuvars fırına yerleştirilmektedir. Fırının içine gönderilen helyum gazı fırının sıcaklığını 870°C 'ye çıkarmakta, artan sıcaklıkla örnekten desorbe olan organik bileşikler piroliz ürünlerine dönüşerek manganez dioksit (MnO_2) yükseltgen fırına hareket etmektedir. MnO_2 fırında hareket eden karbon fragmanları burada CO_2 gazına dönüşmektedir. Yükseltgen ortamdan helyum gazıyla süpürülen CO_2 hidrojen gazı ile karışmaktadır. Daha sonra bu karışım ısıtılmış nikel katalizde CH_4 gazına dönüşmekte ve alevli

iyonlaşma dedektörü (FID) ile örnekte bulunan karbon tayin edilmektedir. Kuvars örnekleme fırınında ilk basamak tamamlandıktan sonra fırının içerisindeki sıcaklık 550°C'ye düşürülmekte ve fırından bu kez helyum/oksijen taşıyıcı gaz karışımı akmaktadır. Bu yükseltgen gaz karışımıyla ikinci bir sıcaklık sıçramasıyla örnekte bulunan EK'da filtreden okside olarak MnO₂ fırına hareket etmektedir. Daha sonra EK da OK gibi FID detektörle tayin edilmektedir. Şekil 3.8'de toplanan örneklerden birine ait bir termogram sunulmuştur. Tipik bir termogramda dört adet OK piki (OK1, OK2, OK3 ve OK4) ve altı adet de EK piki (EK1, EK2, EK3, EK4, EK5 ve EK6) bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Herhangi bir güne ait örneğin termogramı.

EK ve OK piklerinin birbirinden ayrıldığı nokta cihazda otomatik olarak belirlenmekte ve "Split Point" olarak ifade edilmektedir. Termogramda en son pik kalibrasyon piki olup, CH₄ gazının iç standart olarak cihaza verilmesiyle oluşmaktadır. Mevcut çalışmada cihazda bulunan protokollerden NIOSH 870 (National Institute for Occupational Safety and Health) seçilmiş olup cihazın yazılımında ayrıca NIOSH 5040, IMPROVE (Interagency Monitoring of Protected Visual Environments), (Birch ve Cary, 1996; Chow vd., 2001) EUSAAR2 (European Supersites for Atmospheric Aerosol Research) protokolleride bulunmaktadır. Bu protokollerin hepsi ölçüm sonuçlarını "TK = OK+EK" olarak vermektedir. Analizörde farklı protokoller kullanıldığında her protokolün takip ettiği sıcaklık programı farklı olduğundan elde edilen EK sonuçları birbirinden farklı olmaktadır (Chow vd., 2001). Bu çalışmada kullanılan NIOSH 870 protokolüne ait sıcaklık programı Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. EK/OK analiz esnasında oluşan piklerin sıcaklık ve bekleme süreleri.

Analiz Basamakları	Gaz	Bekleme süresi (s)	Bekleme Sıcaklığı (°C)
OK1	He	60	310
OK2	He	60	475
OK3	He	60	615
OK4	He	90	870
	He	Soğuma 50	
EK1	He /O ₂	45	550
EK2	He /O ₂	45	625
EK3	He /O ₂	45	700
EK4	He /O ₂	45	775
EK5	He /O ₂	45	850
EK6	He /O ₂	120	870

EK/OK analizleri sırasında OK₄ pikinin diğer OK piklerine göre yüksek olması, örneğin yapısında karbonat karbon (KK) varlığını göstermekte ve OK konsantrasyonunun bu nedenle düzeltilmesi gerekmektedir. Bu örnekler HCl buharına maruz bırakılarak tekrar analiz edilmiştir. Bu amaçla OK₄ pikinin yüksek olduğu örneklerden 1,5 cm² alanında filtre parçaları kesilmiş ve kesilen parçalar bir petri kabı içerisinde filtrenin biraz uzağına iki damla (yaklaşık 150 µL) HCl ilave edilerek üç saat boyunca bekletilmiştir. HCl buharına maruz bırakılan filtre örnekleri tekrar EK/OK analizörü ile analiz edilmiş ve analiz sırasında OK₄ pikinin kaybolduğu ya da nispeten HCl buharına maruz bırakılmadan önceki değerine göre azaldığı filtrelerde manuel entegrasyon yapılarak karbonat karbon düzeltilmesi yapılmıştır.

Cihazda günlük analizlerden önce cihazın içerisinde herhangi bir kontaminasyonun olup olmadığını ve cihazın doğru okuduğunu anlamak için bir takım rutin analizler belirlenmiştir. Bunlar arasında öncelikle cihaz hiç örnek konulmadan boş çalıştırılmakta ve cihazın negatif değer okuduğundan emin olunmaktadır. Boş şahit kuvars filtre analiz edilmekte ve okunan değer 0,5 µg/cm² değerinden az olduğundan emin olunmaktadır. Bilinen miktarda sükröz çözeltisi şahit kuvars filtre üzerine enjekte edilerek bu standart da yine örneklerle aynı protokol kullanılarak analiz edilmekte ve doğruluk hesaplanmaktadır. Bu şekilde en az üç sükröz standardı

okutulup tekrarlanabilirlik değerinin %5'in altında doğruluk değerin de %10'un altında olduğundan emin olunduktan sonra toplanan PM örneklerinin analizlerine başlanmaktadır.

Bu proje kapsamında Sunset Lab. firmasından temin edilen PES (Performans Evaluation Standart) standart filtrede yapılan analizlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla birlikte örneklerin de analiz edildiği NIOSH 870 protokolü kullanarak analiz edilmiş ve sonuçlar aşağıda Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Sunset Lab. firmasından temin edilen standart filtrenin analiz sonuçları.

Örnek	OK	EK	TK	EK/TK
	($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	oranı
PES standart (Sunset Lab.)	5,74±0,39	12,82±0,74	18,55±1,13	0,69
PES standart (BAİBÜ) 1	6,51±0,43	14,09±0,80	20,6±1,23	0,68
PES standart (BAİBÜ) 2	6,16±0,41	14,02±0,80	20,18±1,21	0,69
PES standart (BAİBÜ) 3	6,11±0,41	14,01±0,80	20,13±1,21	0,70
Ortalama	6,26	14,04	20,30	0,69
Standart Sapma	0,22	0,04	0,26	0,01
Doğruluk (%)	9,13	9,55	9,44	0,11
Tekrarlanabilirlik (%)	3,48	0,31	1,27	0,95

Standart filtrenin analizinde doğruluğun %10'nun ve tekrarlanabilirliğinde %5'in altında kaldığı Çizelge 3.3'de görülmektedir.

3.3 İkincil Organik Aerosol (İOA) Hesaplama Yöntemi

OK atmosfere fosil yakıt kullanımı, biyokütle yakılması gibi doğrudan birincil kaynaklardan salındığı gibi (birincil organik aerosol) (Allen ve Russell, 2004; Alves ve Pio, 2005; Hu vd., 2010; Sioutas vd., 2007; Wang vd., 2005; Kim vd., 2012), atmosferde bulunan antropojenik ve biyojenik kaynaklı uçucu organik bileşiklerin fotokimyasal reaksiyonu (Fuzzi vd., 2006; Kroll ve Seinfeld, 2008) ve gaz moleküllerinin partikül maddeye dönüşüm reaksiyonu ile de oluşmakta (Yu vd., 2004) ve bu OK türü ikincil organik aerosol (İOA) olarak adlandırılmaktadır. Literatürde ikincil organik aerosolün (İOA) miktarını tespit etmek için birkaç metot kullanılmıştır.

Bu çalışmada bunlar arasından "EK İzleyici Metodu" (Gray vd.,1986; Turpin vd., 1991; Strader vd., 1999; Cabada vd., 2004; Yu vd., 2004; Chu, 2005) kullanılmıştır.

Bu yöntemde çalışmada belirlenen OK/EK oranları en düşükten en yüksek değere doğru sıralanmakta ve her mevsim için veri setinde en düşük olanın alınması ile $(OK/EK)_{\text{Birincil}}$ belirlenmektedir. Daha sonra bu oran Denklem 3.2’de yerine konularak OK_{birincil} hesaplanmakta ve Denklem 3.1’de toplam OK’dan OK_{birincil} çıkartılarak İOA hesaplanmaktadır.

$$OK_{\text{ikincil}} = OK_{\text{Toplam}} - OK_{\text{Birincil}} \quad (3.1)$$

$$OK_{\text{Birincil}} = EK \times (OK/EK)_{\text{Birincil}} \quad (3.2)$$

Bu çalışmada yukarıda verilen bu metodoloji takip edilerek PM_{10} , PM_4 ve PM_{10} fraksiyonları için İOA hesabı ayrı ayrı yapılmış ve sonuçlar sırasıyla bu raporda tartışılmıştır.

3.4 Koşullu İki Değişkenli Olasılık Fonksiyonu (KİDOF)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden örneklerin toplandığı günlere ait veriler (rüzgâr hızı ve yön) temin edilmiştir. Sıradan Koşullu Olasılık Fonksiyonu (KOF), ölçülen konsantrasyonun belirli bir rüzgâr sektörü için belirlenmiş bir eşik ölçütünü aşma olasılığını tahmin etmektedir (Ashbaugh vd., 1985).

$$KOF = m_{\Delta\theta} / n_{\Delta\theta} \quad (3.3)$$

Burada $\Delta\theta$, her bir rüzgâr sektörünü, $n_{\Delta\theta}$, rüzgâr sektörü $\Delta\theta$ ’den esen tüm saatlik rüzgâr sayısını ve $m_{\Delta\theta}$, ise belirlenen eşik konsantrasyonu geçerek rüzgâr sektörü $\Delta\theta$ ’den esen saatlik rüzgâr sayısını temsil etmektedir. Koşullu iki değişkenli olasılık fonksiyonu (KİDOF), sıradan KOF’u ve rüzgâr hızı verilerini üçüncü bir değişken olarak birleştirir. Kirlenici konsantrasyonu, sadece rüzgâr yönü sektörlerinden ziyade rüzgâr yönü ve rüzgâr hızı aralıkları ile tanımlanan hücrelere tahsis edilir.

$$KİDOF = m_{\Delta\theta, \Delta u} / n_{\Delta\theta, \Delta u} \quad (3.4)$$

Burada $m_{\Delta\theta, \Delta u}$ belirlenen eşik konsantrasyonu geçerek rüzgâr sektörü $\Delta\theta$ ’den Δu rüzgâr hızı aralığında esen saatlik rüzgâr sayısını temsil etmektedir. $n_{\Delta\theta, \Delta u}$ ise rüzgar yönü-hızı aralığındaki tüm saatlik rüzgar sayısını belirtir. İki değişkenli fonksiyon, kaynakların yapısı hakkında daha fazla veri elde etmemize olanak verir çünkü farklı kaynak tipleri farklı rüzgâr hızı bağımlılıklarına sahip olabilir. Bu nedenle üçüncü bir

değişkenin kullanımı ele alınan kaynağın türü hakkında daha fazla bilgi sağlayabilir. Üçüncü değişken rüzgâr hızından bağımsız sıcaklık gibi radyal bir yaklaşım sağlayacak başka bir değişken de olabilir. İki değişkenli polar çizimler bir kirlenici konsantrasyonunun rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü ile birlikte polar koordinatlarında nasıl değiştiğini gösterir. Polar çizimler emisyon kaynağının nasıl yayıldığını tespit etmek ve özel parametrelerin kaynaklarının reaksiyonlarını belirlemek için oldukça yararlı bir metottur. Rüzgâr yönü, rüzgâr hızı ile birlikte farklı emisyon kaynaklarını ayırtmak için kullanılacak bir yöntemdir. KİDOF plotları R-openair programı ile hazırlanmıştır (Uria-Tellaetxe ve Carslaw, 2014).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Meteoroloji

Kentsel alanlarda kirlilik derişimlerini etkileyen birçok unsur bulunmaktadır. Bunlar; direk olarak kaynağından atmosfere yayılan kirleticilerin konsantrasyonlar, emisyon kaynağının niteliğı (noktasal, çizgisel, yüksekliğı, zamana bağılı değışimi), kimyasal döngüleri ve depolama oranı vb. olarak sıralanabilir. Bunlara ilave olarak kirletici emisyonların seyrelme kapasitelerine etki eden atmosferin termodinamik durumu da oldukça önemlidir. Kış aylarında sıcaklıkta yaşanan azalmalarla bilhassa kentsel alanlarda ısınmaya duyulan ihtiyaç artar ve bu nedenle fosil yakıtlarda da artış görülür. Bununla birlikte atmosferdeki emisyon kaynakları da artış gösterir. Örnekleme filtrelerinin toplandığı zaman zarfında örnekleme yapılan bölgedeki meteorolojik şartlar izlenmiş, Aksaray iline ait veriler Aksaray Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Temin edilen veriler Çizelge 4.1'de görölmektedir. Örneklerin toplandığı süre zarfında ortalama sıcaklık 15,3°C olarak belirlenmiştir. Örneklemenin kış dönemi sıcaklığı minimum -13,8°C'ye kadar düşmüş ve yaz dönemi maksimum sıcaklık 38,1°C'ye kadar yükselmiştir. Rüzgâr hızının 6,1 m/s'ye kadar yükseldiğı saptanmıştır. Örneklerin toplandığı istasyonda baskın rüzgâr yönünü yapılan KİDOF çalışması ile kuzey yönleri olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Aksaray iline ait meteorolojik veriler.

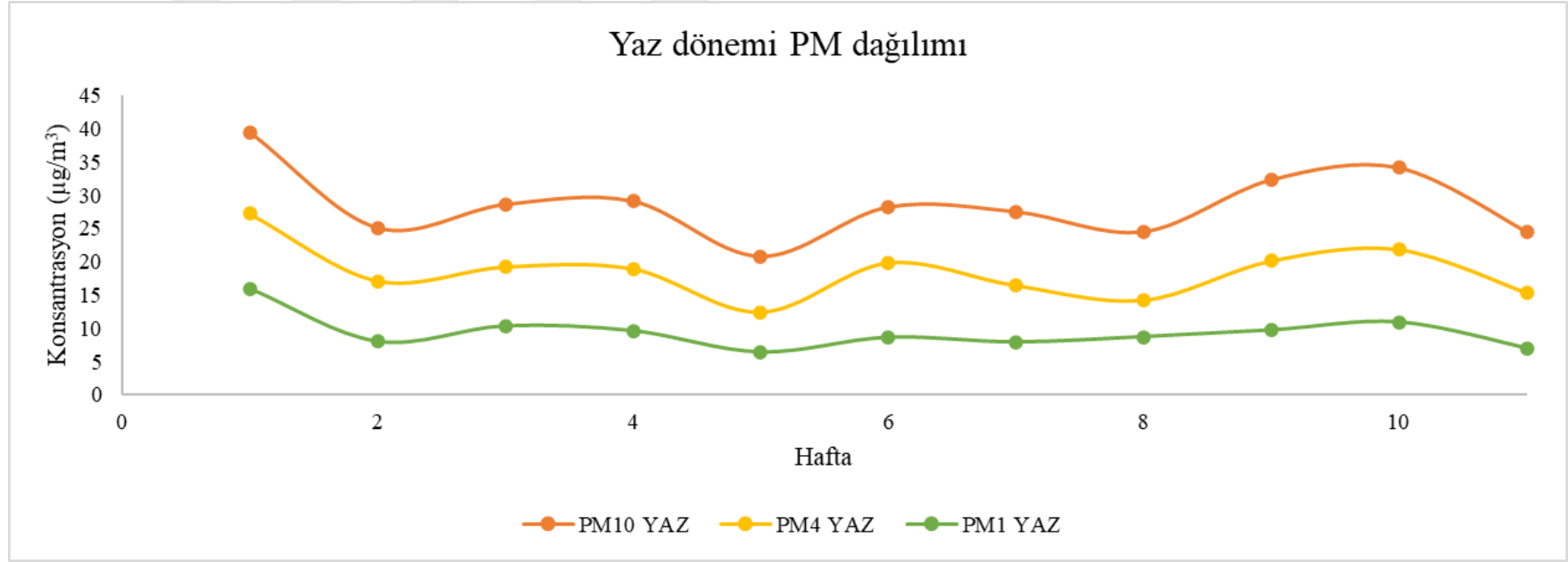
	Örnekleme			Yaz			Kış		
	Ort.	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.	Ort.	Min.	Mak.
Sıcaklık (°C)	15,3	-13,8	38,1	23,5	7,3	38,1	7,0	-13,8	28,7
Nem (%)	49,3	7,0	96,0	36,0	7,0	86,0	62,7	13,0	96,0
Rüzgâr hızı (m/s)	1,8	0,0	6,1	2,0	0,0	6,1	1,5	0,0	5,7

4.2 PM Kütle Konsantrasyonları ve Mevsimsel Dağılımı

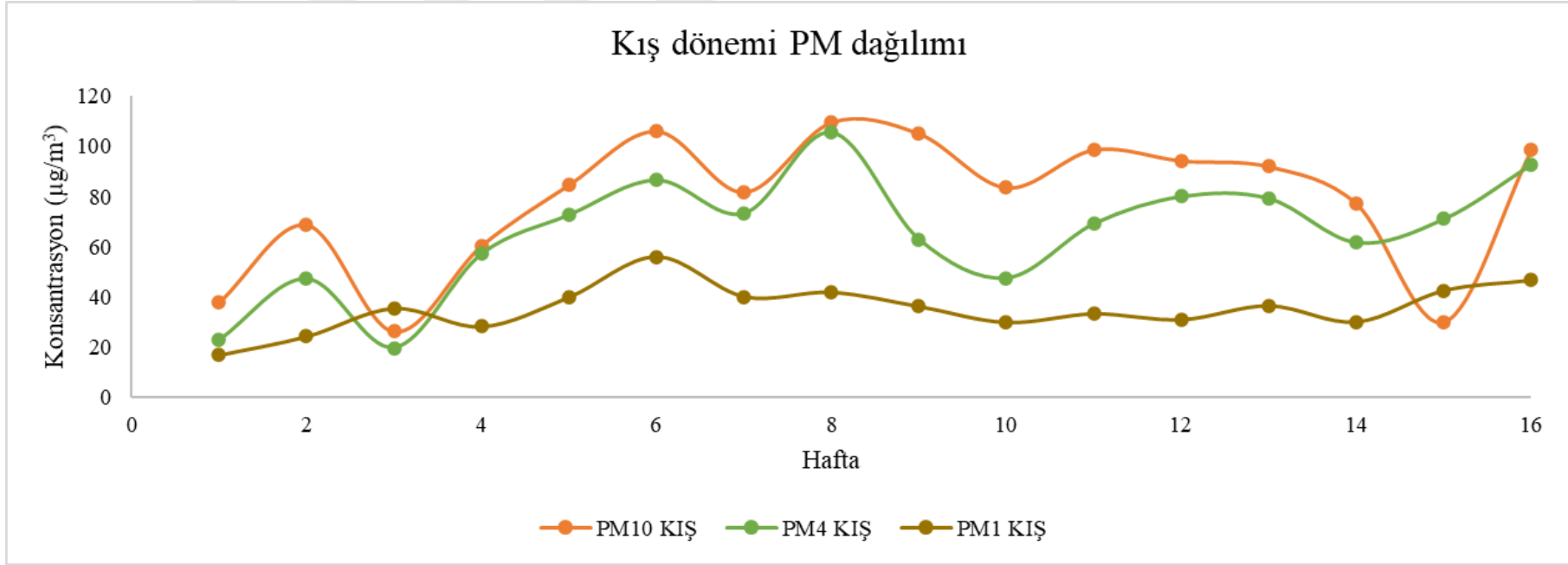
Bu çalışmada kaskat impaktörün örnekleyici olarak tercih edilmesindeki başlıca nedenlerden biri parçacık boyut dağılımı ile sonuçları değerlendirebilmektir. Ayrıca çalışmada hem partikül madde konsantrasyonları hem de partikül maddenin kimyasal oluşumunda belirlenen parametrelerin konsantrasyon değerleri PM₁₀, PM₄ ve PM₁ olarak değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda Aryal vd. (2013) tarafından uygulanan teknik kullanılmıştır. Bu noktada en önemli konu örnekleme filtreleri üzerinde toplanan partiküllerin gravimetrik analizlerinin hatasız olmasıdır. Bu nedenle

şartlandırma işlemleri en hassas şekilde yapılmış, ilk ve son şartlandırma arasındaki kütle farkı (μg) rnekleme süresince sistemden geçen hava miktarına (m^3) bölünerek konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır. PM_{10} , PM_4 ve PM_1 değerleri için Aryal vd. (2013) tarafından kullanılan hesaplama metodolojisi kullanılmıştır. Aryal vd. (2013) Tisch marka bir kaskat impaktör kullanmışlardır. Kullandıkları impaktör bu çalışmada kullanılan impaktör ile aynı debide örnek toplamaktadır. Bu çalışmada her basamakta birden fazla parametre analiz edildiği için sonuçların bu metodoloji kullanarak üç farklı fraksiyon (PM_{10} , PM_4 ve PM_1) ile sunulmasının daha doğru olduğu dşnlmştır. Partiküllerin konsantrasyonlarının partikül madde boyutuna göre varyasyonları incelenmiştir. şekil 4.1’de yaz döneminde toplanan örneklerin partikül madde dağılım grafiği sunulmuştur. Hafta 1 20.08.2019’da başlamış Hafta 11 30.09.2020’de sonlanmıştır. Son iki haftanın örneklerinde partikül madde sonuçları (-) hesaplandığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Ortalama PM_{10} değeri $28,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. PM boyutlandırılması incelendiğinde PM_{10} ’dan PM_1 ’e doğru azalma trendi net bir şekilde grlmektedir. AB’de kirletici parametreler arasında olan PM_{10} sınır değeri 24 saatlik ortalama $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kabul edilmiştir. Türkiye’de ise Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine göre PM_{10} sınır değeri AB’de olduğu gibi 24 saatlik ortalama $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmiştir. Yaz döneminde toplanan filtrelerin değerlerinde herhangi bir sınır değer aşımı olmamıştır. Kış periyoduna ait partikül madde dağılımı şekil 4.2’de grlmektedir. Hafta 1 07.10.2019’da başlamış Hafta 16 20.01.2020’de sonlanmıştır. Ortalama PM_{10} değeri $81,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. PM boyutlandırılmasına bakıldığında PM_{10} ’dan PM_1 ’e doğru azalma trendi net bir şekilde grlmektedir. Her iki mevsim sonuçları değerlendirildiğinde, hesaplanan tüm partikül madde boyutlarında kış periyodu ortalamalarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun en önemli unsurlarının kış mevsiminde artan kirletici emisyonların ve olumsuz atmosfer koşullarının (rn. daha düşük karışım yüksekliği vb.) olduğu öngörülmektedir. Ayrıyeten yaşanan COVID-19 salgın döneminde yaz periyodu antropojenik faaliyetlerin azalmasıyla partikül madde konsantrasyonlarında azalma olduğunu dşnlmektedir. Bu çalışmadan bağımsız olarak COVID-19 salgın döneminde virüsün yayılmasını engellemek amacıyla getirilen sokağa çıkma yasakları çerçevesinde Aksaray İli’nde yaşanan üç ana kapanma periyotlarındaki (23-26 Nisan, 1-3 Mayıs ve 23-26 Mayıs) PM_{10} ve SO_2 konsantrasyonları ile 2018-2019 yılındaki veriler karşılaştırılması şekil 4.3’de verilmiştir. 2018-2019 yılları ortalama değerleri

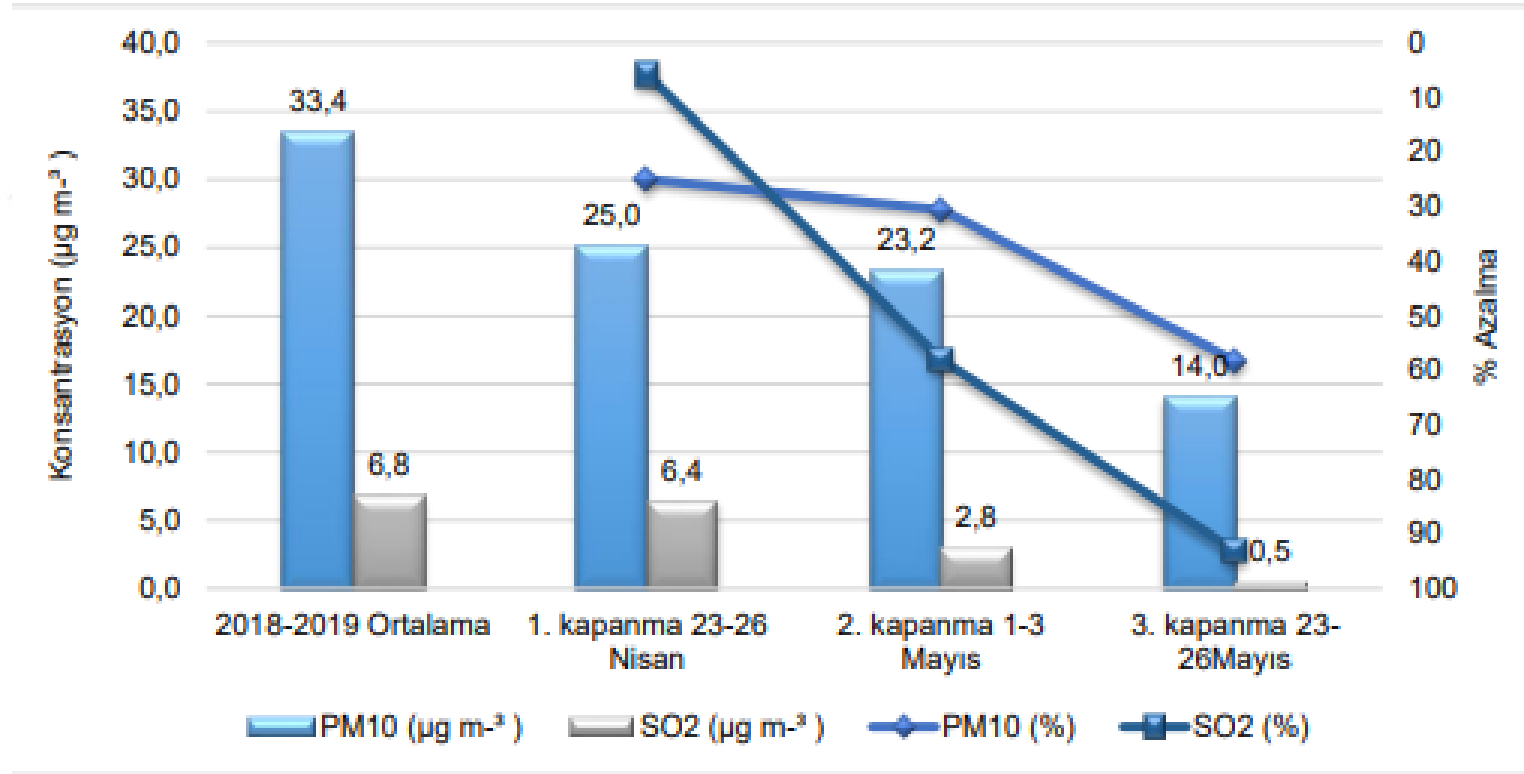
kapanma dönemindeki konsantrasyonlar karşılaştırıldığında çok ciddi azalmalar kaydedilmiştir. PM₁₀ ve SO₂ için birinci kapanma döneminde sırasıyla %25,1 ve %5,7, ikinci kapanma döneminde sırasıyla %30,6 ve %58,1 ve 3. kapanma döneminde sırasıyla %58,2 ve %93,0 oranında azalmalar görülmüştür. Aksaray Hava Kalitesi İzleme (HKİ) İstasyonu ile bu çalışmada elde edilen PM₁₀ konsantrasyonlarının mevsimsel karşılaştırılması Şekil 4.4’de verilmiştir. Aksaray HKİ istasyonu şehir merkezine konumlandırılmış ve kentsel olarak nitelendirilmektedir. Bu iki veri seti arasındaki fark Şekil 4.4’de net bir şekilde görülmektedir. Beklenenin aksine her iki mevsimde de bu tez çalışmasında elde edilen konsantrasyonlar HKİ konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak Aksaray Organize Sanayi Bölgesi’nde başlatılan inşaatlar, fabrikalarda oluşan emisyonların rüzgâr ile taşınımı veya boş toprak arazilerde meydana gelen kum ve toz taşınımları olduğu düşünülmektedir.



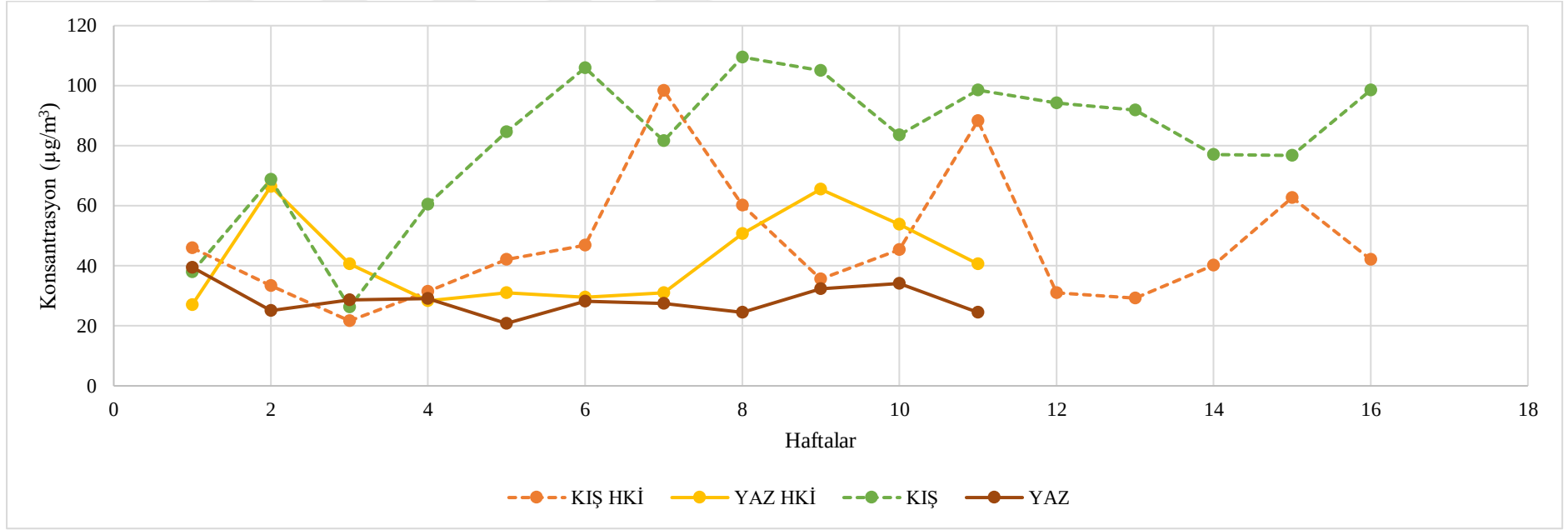
Şekil 4.1. Yaz dönemi PM dağılımı.



Şekil 4.2. Kış dönemi PM dağılımı.



Şekil 4.3. Aksaray ilinde COVID-19'un hava kalitesi üzerindeki etkisi.



Şekil 4.4. Aksaray hava kalitesi izleme istasyonu PM₁₀ değerleri ile bu çalışmada elde edilen PM₁₀ değerlerinin mevsimsel karşılaştırılması.

4.3 EK/OK Konsantrasyonları

Sunset Lab. EK/OK analizörü ile toplanan PM örnekleri analiz edilmiş ve EK ve OK konsantrasyonlarının her parçacık boyunda belirlenen değeri Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de ve PM₁, PM₄ ve PM₁₀ fraksiyonlarında belirlenen karbon türlerine ait konsantrasyon değerleri ise Çizelge 4.4’de sunulmuştur. Çizelge 4.2’den de görülebileceği gibi EK konsantrasyonunun tüm parçacık çaplarında gözlemlendiğini söylemek mümkündür.

Çizelge 4.2. Parçacık çapına bağlı olarak EK konsantrasyonu (µg/m³).

Tarih	Parçacık çapı (µm)							
	>9,0	5,8-9,0	4,7-5,8	3,3-4,7	2,1-3,3	1,1-2,1	0,65-1,1	0,43-0,65
20.08.2019	0,031	0,028	0,014	0,024	0,046	0,051	0,024	0,019
30.09.2019	0,081	0,062	0,033	0,039	0,029	0,032	0,031	0,016
7.10.2019	0,043	0,030	0,017	0,022	0,031	0,031	0,034	0,017
14.10.2019	0,028	0,067	0,040	0,019	0,030	0,032	0,078	0,031
21.10.2019	0,044	0,029	0,153	0,018	0,604	0,037	0,024	
28.10.2019		0,078	0,039	0,029	0,035	0,066	0,018	0,014
4.11.2019	0,033	0,037	0,021	0,028	0,029	0,039	0,020	0,029
11.11.2019	0,028	0,027	0,025	0,018	0,020	0,035	0,015	0,033
18.11.2019	0,029	0,022	0,025	0,024	0,020	0,018	0,021	0,018
25.11.2019	0,017	0,019	0,013	0,011	0,018	0,123	0,060	0,274
2.12.2019	0,013	0,016	0,012	0,012	0,056	0,154	0,062	0,224
9.12.2019	0,018	0,021	0,016	0,111	0,012	0,347	0,064	0,022
16.12.2019	0,018	0,020	0,018	0,017	0,021	0,225	0,089	0,282
23.12.2019	0,005	0,005	0,015	0,006	0,009	0,285	0,027	0,072
30.12.2019	0,011	0,009	0,009	0,008	0,013	0,207	0,033	0,029
6.01.2020	0,016	0,018	0,010	0,014	0,014	0,234	0,027	0,097
13.01.2020	0,020	0,022	0,017	0,014	0,017	0,760	0,087	0,357
20.01.2020	0,016	0,018	0,016	0,018	0,023	0,642	0,045	0,539
22.07.2020	0,006	0,007	0,003	0,004	0,004	0,005	0,004	
29.07.2020	0,005	0,004	0,006	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004
5.08.2020	0,004	0,005	0,002	0,004	0,004	0,003	0,003	
12.08.2020	0,004	0,003	0,002	0,004	0,002	0,005	0,008	0,003
19.08.2020	0,006	0,006	0,007	0,005	0,004	0,004	0,003	0,004
26.08.2020	0,006	0,005	0,006	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003
2.09.2020	0,014	0,005	0,009	0,003	0,003	0,005	0,003	0,004
9.09.2020	0,006	0,006	0,005	0,003	0,002	0,004	0,003	0,003
16.09.2020	0,005	0,005	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,004
23.09.2020	0,005	0,005	0,003	0,006	0,005		0,004	0,004
30.09.2020	0,054	0,002		0,004	0,003	0,002	0,003	0,004
7.10.2020	0,006	0,003	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003

Çizelge 4.3. Parçacık çapına bağlı olarak OK konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tarih	Parçacık çapı (μm)							
	>9,0	5,8-9,0	4,7-5,8	3,3-4,7	2,1-3,3	1,1-2,1	0,65-1,1	0,43-0,65
20.08.2019	0,511	0,369	0,281	0,324	0,339	0,386	0,359	0,434
30.09.2019	1,278	0,919	0,503	0,575	0,486	0,426	0,330	0,834
7.10.2019	0,780	0,631	0,389	0,423	0,523	0,467	0,332	1,607
14.10.2019	0,615	1,389	0,713	0,405	0,541	0,452	0,655	0,360
21.10.2019	1,009	0,596	0,125	0,363	0,116	0,438	0,386	
28.10.2019		0,581	0,255	0,392	0,426	1,188	0,522	0,796
4.11.2019	0,599	0,544	0,437	0,435	0,448	1,136	0,674	3,001
11.11.2019	0,504	0,487	0,514	0,422	0,391	1,051	0,796	1,199
18.11.2019	0,413	0,361	0,340	0,402	0,334	2,083	1,027	3,550
25.11.2019	0,264	0,283	0,227	0,255	0,303	1,030	0,421	2,739
2.12.2019	0,218	0,252	0,217	0,213	2,219	0,873	0,338	1,781
9.12.2019	0,324	0,286	0,348	0,482	0,256	1,044	0,328	0,369
16.12.2019	0,259	0,253	0,239	0,220	0,257	1,082	0,407	2,513
23.12.2019	0,173	0,506	0,248	0,189	0,185	0,713	0,245	0,420
30.12.2019	0,228	0,229	0,207	0,234	0,220	0,696	0,268	0,356
6.01.2020	0,266	0,251	0,195	0,232	0,267	0,816	0,235	0,514
13.01.2020	0,268	0,273	0,212	0,207	0,257	1,989	0,337	1,525
20.01.2020	0,239	0,370	0,236	0,309	0,280	2,323	0,269	1,811
22.07.2020	0,255	0,225	0,168	0,155	0,203	0,182	0,172	
29.07.2020	0,286	0,175	0,154	0,141	0,126	0,134	0,107	0,115
5.08.2020	0,486	0,295	0,211	0,212	0,233	0,435	0,232	
12.08.2020	0,167	0,126	0,114	0,132	0,132	0,185	0,153	0,192
19.08.2020	0,164	0,122	0,244	0,114	0,106	0,138	0,101	0,113
26.08.2020	0,178	0,136	0,125	0,107	0,146	0,121	0,127	0,114
2.09.2020	0,263	0,141	0,140	0,114	0,120	0,136	0,108	0,130
9.09.2020	0,177	0,151	0,153	0,110	0,098	0,218	0,106	0,127
16.09.2020	0,170	0,135	0,123	0,110	0,130	0,124	0,116	0,110
23.09.2020	0,205	0,212	0,131	0,163	0,140		0,127	0,127
30.09.2020	0,400	0,135	0,123	0,141	0,126	0,113	0,119	0,145
7.10.2020	0,213	0,143	0,122	0,112	0,165	0,140	0,123	0,147

Örnekleme dönemi boyunca toplanan örneklerde belirlenen EK'nın parçacık çapına ve zamana bağlı olarak değişimi Çizelge 4.2'de sunulmuştur. EK'ye benzer şekilde OK'nın da tüm parçacık çaplarında gözlemlendiği Çizelge 4.3'den de açıkça görülebilmektedir.

Karbon türlerinin PM_{10} , PM_4 ve PM_{10} fraksiyonlarındaki konsantrasyonlarına ait değerler Çizelge 4.4'de verilmiştir. EK'nın PM_{10} , PM_4 ve PM_{10} fraksiyonlarındaki ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla $0,146 \pm 0,035$, $0,261 \pm 0,072$ ve $0,313 \pm 0,107$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. PM_{10} fraksiyonunda belirlenen EK'nın %46'sının PM_{10} fraksiyonunda olduğu sonucu bu ortalama konsantrasyon değerlerinden çıkartılabilir. OK'nın PM_{10} , PM_4 ve PM_{10} fraksiyonlarındaki ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla $1,450 \pm 0,101$, $2,405 \pm 0,179$ ve $3,280 \pm 0,256$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. PM_{10} fraksiyonundaki OK'nın da yaklaşık olarak %44'ünün PM_{10} fraksiyonunda bulunan

OK'dan kaynaklandığı söylenebilir. EK ve OK açısından bu değerleri dikkate alarak her iki karbon türünün antropojen kaynaklardan atmosfere salındığını söylemek mümkündür.

Çizelge 4.4. PM₁, PM₄ ve PM₁₀ fraksiyonunda belirlenen karbon konsantrasyonları.

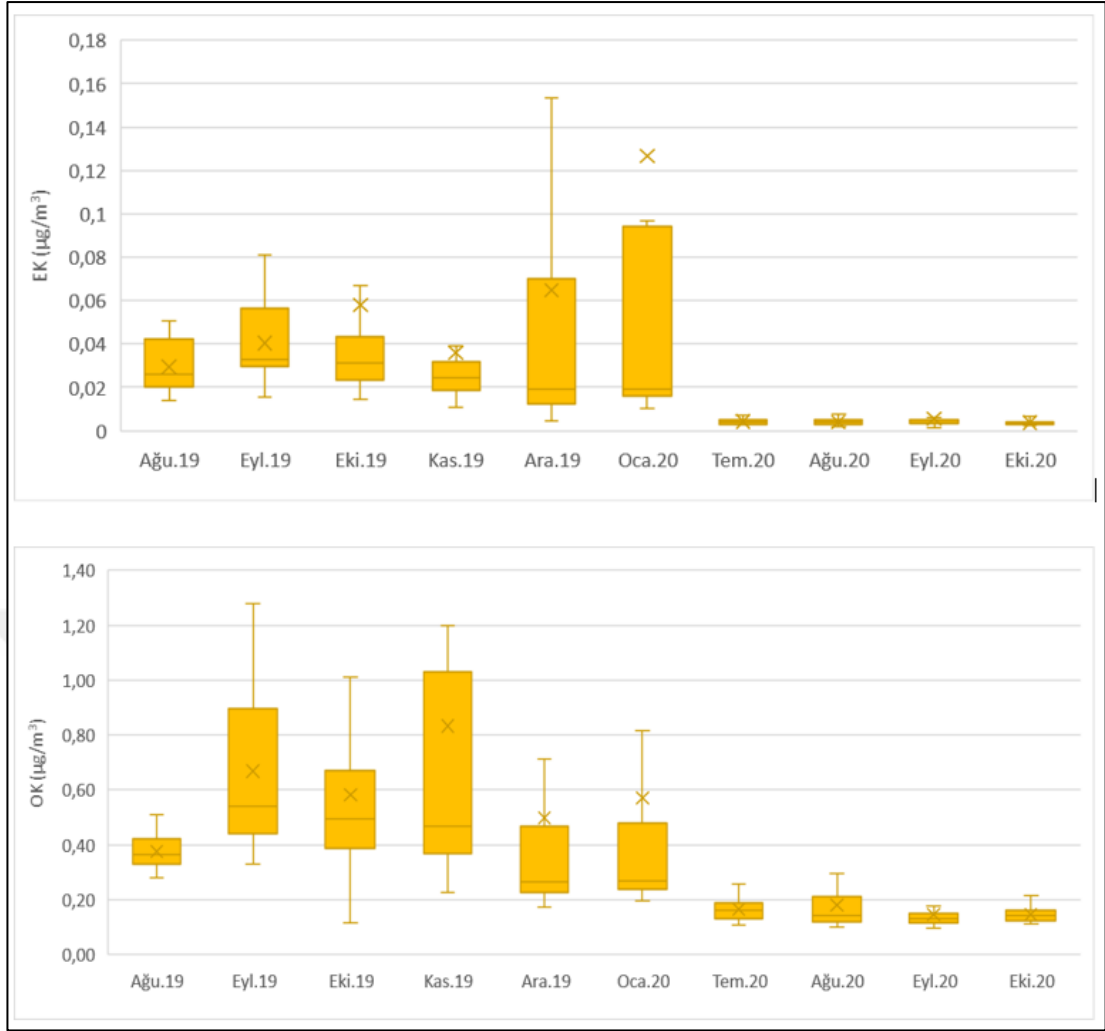
Tarih	EK (µg/m ³)			OK (µg/m ³)		
	PM ₁	PM ₄	PM ₁₀	PM ₁	PM ₄	PM ₁₀
20.08.2019	0,065	0,163	0,229	0,962	1,841	2,881
30.09.2019	0,061	0,147	0,305	1,351	2,650	5,044
7.10.2019	0,065	0,135	0,216	2,144	3,354	4,964
14.10.2019	0,123	0,194	0,319	1,214	2,471	4,982
21.10.2019	0,040	0,704	0,897	0,579	1,271	2,790
28.10.2019	0,061	0,164	0,279	1,841	3,311	4,161
4.11.2019	0,066	0,144	0,228	4,175	5,703	7,131
11.11.2019	0,064	0,123	0,195	2,458	3,883	5,244
18.11.2019	0,047	0,102	0,170	5,493	7,395	8,411
25.11.2019	0,389	0,488	0,532	3,613	4,748	5,458
2.12.2019	0,354	0,508	0,546	2,504	5,430	6,060
9.12.2019	0,239	0,544	0,608	1,157	2,468	3,359
16.12.2019	0,470	0,634	0,686	3,396	4,487	5,168
23.12.2019	0,224	0,400	0,423	0,978	1,765	2,637
30.12.2019	0,153	0,290	0,316	0,930	1,775	2,383
6.01.2020	0,227	0,386	0,427	1,108	2,064	2,713
13.01.2020	0,778	1,236	1,289	2,737	4,320	5,003
20.01.2020	0,867	1,268	1,314	3,102	4,986	5,780
22.07.2020	0,006	0,017	0,033	0,252	0,717	1,299
29.07.2020	0,008	0,016	0,029	0,282	0,629	1,171
5.08.2020	0,004	0,013	0,023	0,423	1,116	1,988
12.08.2020	0,013	0,021	0,029	0,427	0,794	1,161
19.08.2020	0,008	0,020	0,036	0,275	0,595	1,062
26.08.2020	0,009	0,020	0,034	0,294	0,620	1,011
2.09.2020	0,010	0,020	0,044	0,298	0,615	1,089
9.09.2020	0,008	0,017	0,031	0,329	0,668	1,097
16.09.2020	0,009	0,017	0,029	0,281	0,595	0,978
23.09.2020	0,008	0,018	0,030	0,254	0,555	1,056
30.09.2020	0,007	0,015	0,058	0,313	0,644	1,206
7.10.2020	0,009	0,018	0,028	0,332	0,691	1,115
Min.	<i>0,004</i>	<i>0,013</i>	<i>0,023</i>	<i>0,252</i>	<i>0,555</i>	<i>0,978</i>
Mak.	<i>0,867</i>	<i>1,268</i>	<i>1,314</i>	<i>5,493</i>	<i>7,395</i>	<i>8,411</i>
Ort.	<i>0,146</i>	<i>0,261</i>	<i>0,313</i>	<i>1,450</i>	<i>2,405</i>	<i>3,280</i>

4.4 EK/OK Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi EK ve OK konsantrasyonları kış mevsiminde daha yüksek, yaz mevsimindeyse daha düşük kaydedilmiştir. Benzer mevsimsel farklılıklar Türkiye'de ve Türkiye'ye yakın Avrupa Ülkelerinde daha önce yapılan çalışmalarda gözlenmiştir (Koçak vd., 2015; Paraskevopoulou vd., 2014). Kış aylarında nispeten daha yüksek OK gözlemlenmesinin nedenlerinden biri artan emisyonlarla ilgili olabilir (Huang vd., 2006; Zhao vd., 2013). Düşük atmosferik sıcaklık nedeniyle mevcut partiküller üzerinde düşük buhar basıncına sahip uçucu organik bileşiklerin yoğunlaşması da kış aylarında PM'de artan OK seviyelerinin nedeni olabilir. Gaz halindeki organikleri yakalamak için PM örneklemelerde denuder kullanılmadığında, kış dönemi örneklemelerde kuvars filtrelerde OK artışı ayrıca Öztürk ve Keleş (2016) tarafından pozitif bir hata payı olarak belirtilmiştir.

Ayrıca, kışın sıcaklık düşüşü ile atmosferik karışım yüksekliğinin azalması, sınır tabakası içinde kirleticilerin birikmesine neden olur. Sonuç olarak, kışın artan kirletici seviyeleri, bu mevsimde azalan karışım yüksekliği ve daha yavaş rüzgar hızı nedeniyle kötü dağılım koşullarına da bağlanabilir.

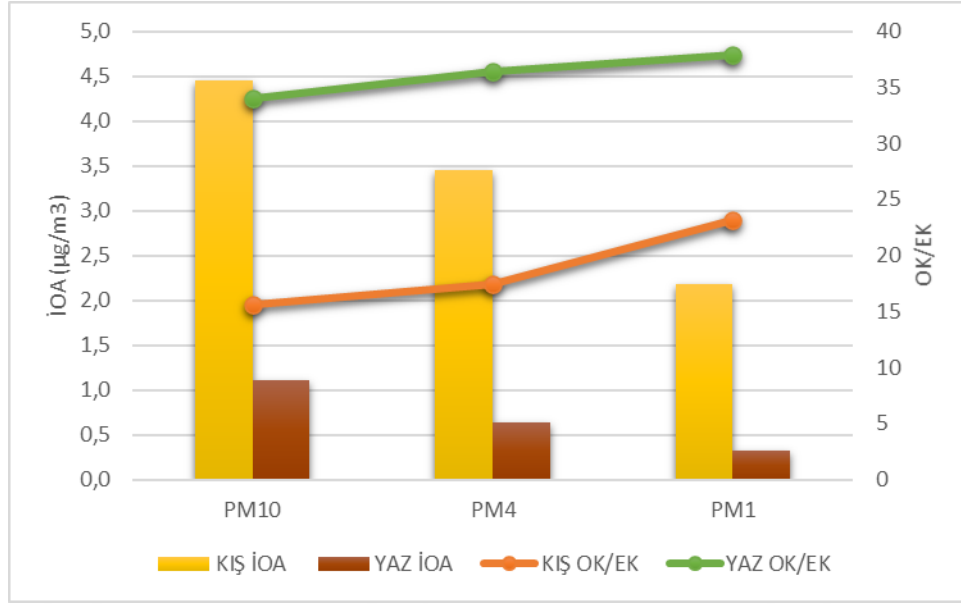
Ayrıyeten yaşanan COVID-19 salgın süresince yaz dönemi antropojenik faaliyetlerdeki düşüşle tıpkı PM'de olduğu gibi Temmuz 2020 ve sonrası örneklemelerde EK ve OK konsantrasyonlarında da bir azalma kaydedilmiş ve Şekil 4.5'de de açıkça gözükmemektedir.



Şekil 4.5. Örnekleme noktasındaki aylık EK ve OK konsantrasyonları.

4.5 İkincil Organik Aerosol (İOA)

PM₁, PM₄ ve PM₁₀ fraksiyonları için daha önce ayrıntıları “3.3 İkincil Organik Aerosol Hesalama Yöntemi” bölümünde verilen hesaplama yöntemi takip edilerek ikincil organik aerosol değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 4.6’da sunulmuştur. EK, OK’dan daha kararlıdır. Yine de araştırmacılar, EK ve OK konsantrasyonları arasında önemli bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. 2.0’den yüksek OK/EK oranları, örneklenen alanda ikincil kirletici oluşumunun var olduğunu gösterir.

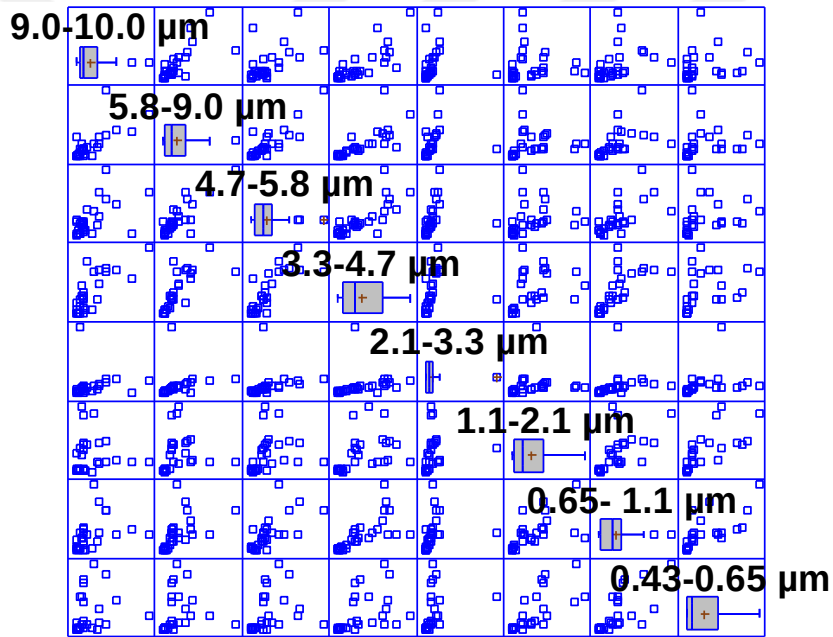


Şekil 4.6. Mevsimsel ortalama OK/EK ve İOA konsantrasyonları.

Şekil 4.6'de sunulan OK/EK oranları incelendiğinde her iki mevsim için değerlerin 2'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bölgede ikincil bir organik aerosol oluşumunun olduğu açıktır. Denklem kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, örnekleme noktasında ortalama kış İOA konsantrasyonlarının PM₁, PM₄ ve PM₁₀ fraksiyonlarında sırasıyla 2,17 µg/m³, 3,45 µg/m³ ve 4,46 µg/m³ olduğunu ve yaz İOA konsantrasyonlarının PM₁, PM₄ ve PM₁₀ fraksiyonlarında sırasıyla 0,32 µg/m³, 0,64 µg/m³ ve 0,11 µg/m³ olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlara göre İOA konsantrasyonunun, OK ve EK konsantrasyonlarına benzer şekilde, yaza kıyasla kışın da daha yüksek olduğunu göstermektedir. Atmosferik İOA oluşumu, hidrokarbon emisyonlarının miktarına ve fotokimyasal reaksiyonların olasılığına bağlıdır (Offenberg vd., 2011). Atmosferde İOA oluşumuna neden olan ikincil reaksiyonlar, yaz aylarında artan sıcaklık değerleri nedeniyle daha kolay gerçekleşir. Öte yandan, kışın fotokimyasal reaksiyonlar oluşmadığı için ikincil kirlilik oluşumu sınırlıdır (Na vd., 2004). Ayrıca, gaz halindeki öncüler, düşük sıcaklıklarda yoğunlaşma nedeniyle ikincil partikül kirleticilere dönüştürülebilir. Bu nedenle, kış aylarında daha yüksek hidrokarbon emisyonları durumunda İOA oluşumu devam edebilir. Kış aylarında yüksek İOA konsantrasyonları, ısınma amaçlı kömür, doğal gaz ve biyokütle yanması sonucu öncü gaz konsantrasyonunun artması ve bölgenin topografyası ve meteorolojik koşullarına bağlı olarak meydana gelen termal inversiyonun sıklıkla meydana gelmesi ile açıklanabilir.

4.6 OK/EK Arasındaki Kolerasyon Analizi

OK ve EK verileri kullanılarak katmanlar arası çoklu değişken analizi gerçekleştirilmiştir. şekil 4.7 ve şekil 4.8’de katmanlar arası OK ve EK korelasyonları sunulmuştur. Çizelge 4.5 ve izelge 4.6, her bir değişken çifti arasındaki Pearson arpım moment korelasyonları gösterilmektedir. Bu korelasyon katsayıları -1 ile +1 arasında değişir ve değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ler. Ayrıca parantez içinde, her bir katsayıyı hesaplamak için kullanılan veri değeri çiftlerinin sayısı gösterilmektedir. Tablonun her bir yerindeki nc sayı, tahmin edilen korelasyonların istatistiksel önemini test eden bir P değeridir. 0,05’in altındaki P değerleri, %95,0 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı korelasyonları gösterir.

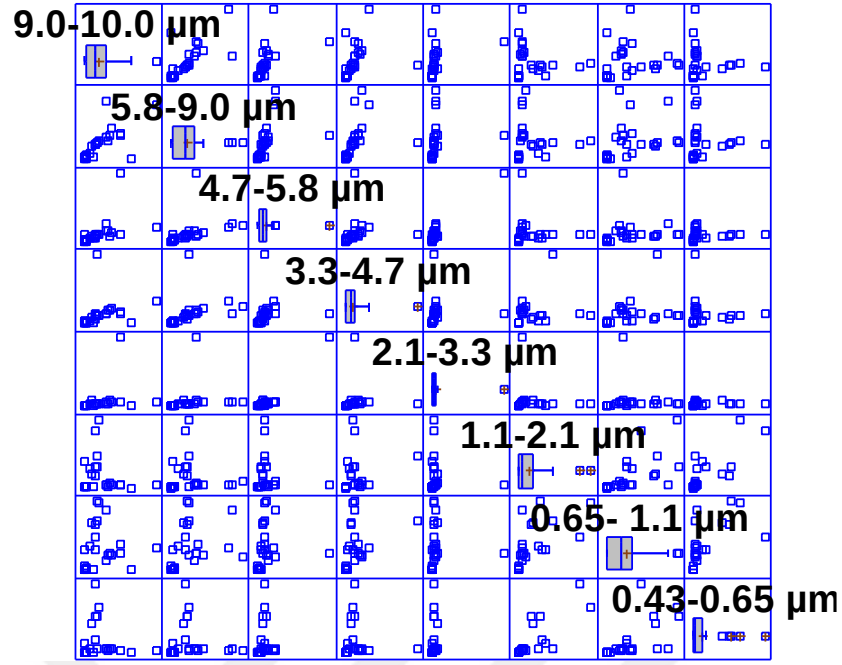


şekil 4.7. OK katmanlar arası korelasyon.

Çizelge 4.5. OK katmanlar arası korelasyon ve P değerleri.

	9,0-10,0 µm	5,8-9,0 µm	4,7-5,8 µm	3,3-4,7 µm	2,1-3,3 µm	1,1-2,1 µm	0,65- 1,1 µm	0,43-0,65 µm
*9,0-10,0 µm		0,7093	0,5454	0,7656	0,0921	-0,0295	0,3746	0,1835
**		(29)	(29)	(29)	(29)	(28)	(29)	(26)
***		0,0000	0,0022	0,0000	0,6347	0,8814	0,0453	0,3696
5,8-9,0 µm	0,7093		0,8451	0,7321	0,2055	0,1387	0,5439	0,1553
	(29)		(30)	(30)	(30)	(29)	(30)	(27)
	0,0000		0,0000	0,0000	0,2761	0,4729	0,0019	0,4392
4,7-5,8 µm	0,5454	0,8451		0,7817	0,2546	0,2548	0,6894	0,2999
	(29)	(30)		(30)	(30)	(29)	(30)	(27)
	0,0022	0,0000		0,0000	0,1745	0,1823	0,0000	0,1286
3,3-4,7 µm	0,7656	0,7321	0,7817		0,2278	0,4330	0,7109	0,4359
	(29)	(30)	(30)		(30)	(29)	(30)	(27)
	0,0000	0,0000	0,0000		0,2260	0,0190	0,0000	0,0230
2,1-3,3 µm	0,0921	0,2055	0,2546	0,2278		0,1821	0,2535	0,3132
	(29)	(30)	(30)	(30)		(29)	(30)	(27)
	0,6347	0,2761	0,1745	0,2260		0,3443	0,1765	0,1117
1,1-2,1 µm	-0,0295	0,1387	0,2548	0,4330	0,1821		0,6090	0,7195
	(28)	(29)	(29)	(29)	(29)		(29)	(26)
	0,8814	0,4729	0,1823	0,0190	0,3443		0,0005	0,0000
0,65- 1,1 µm	0,3746	0,5439	0,6894	0,7109	0,2535	0,6090		0,7064
	(29)	(30)	(30)	(30)	(30)	(29)		(27)
	0,0453	0,0019	0,0000	0,0000	0,1765	0,0005		0,0000
0,43-0,65 µm	0,1835	0,1553	0,2999	0,4359	0,3132	0,7195	0,7064	
	(26)	(27)	(27)	(27)	(27)	(26)	(27)	
	0,3696	0,4392	0,1286	0,0230	0,1117	0,0000	0,0000	

Çizelge 4.5’de sunulan OK korelasyon sonuçları göstermektedir ki kaba partiküller (9,0-10,0 µm, 5,8-9,0 µm, 4,7-5,8 µm, 3,3-4,7 µm, 2,1-3,3 µm) kendi aralarında ve ince partiküller de (1,1-2,1 µm, 0,65- 1,1 µm, 0,43-0,65 µm) kendi aralarında yüksek korelasyon göstermektedir.



Şekil 4.8. EK katmanlar arası korelasyon.

Çizelge 4.6. EK katmanlar arası korelasyon ve P değerleri.

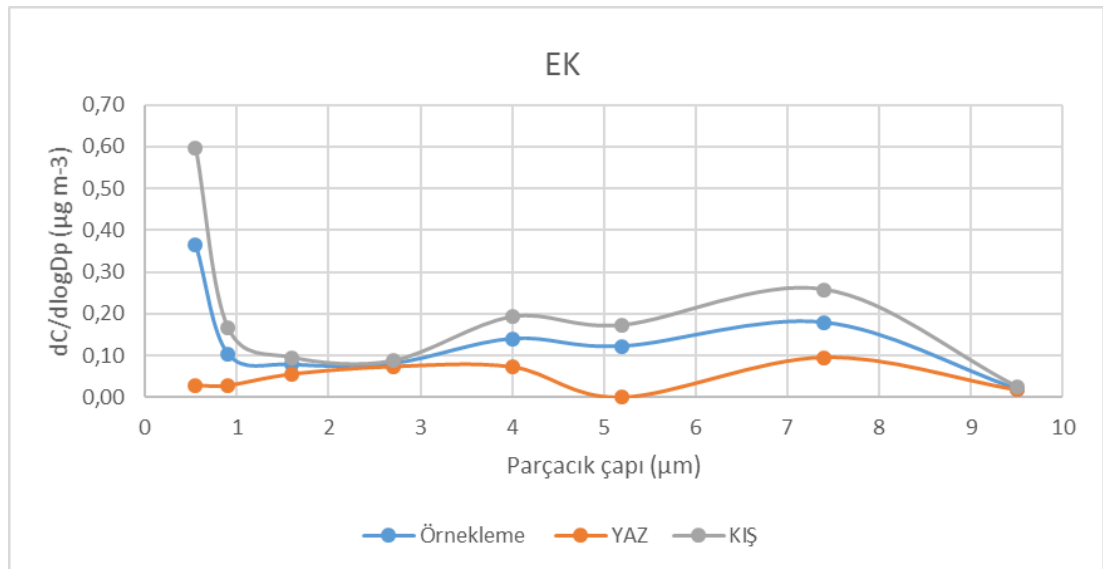
	9,0-10,0 µm	5,8-9,0 µm	4,7-5,8 µm	3,3-4,7 µm	2,1-3,3 µm	1,1-2,1 µm	0,65- 1,1 µm	0,43-0,65 µm
9,0-10,0 µm		0,7005	0,5229	0,3312	0,3131	-0,0870	0,1813	-0,0696
		(29)	(28)	(29)	(29)	(28)	(29)	(26)
		0,0000	0,0043	0,0792	0,0982	0,6599	0,3466	0,7356
5,8-9,0 µm	0,7005		0,4308	0,4131	0,1765	0,0095	0,3911	0,0014
	(29)		(29)	(30)	(30)	(29)	(30)	(27)
	0,0000		0,0197	0,0233	0,3508	0,9612	0,0326	0,9944
4,7-5,8 µm	0,5229	0,4308		0,1714	0,9486	-0,0384	0,1578	0,0810
	(28)	(29)		(29)	(29)	(28)	(29)	(26)
	0,0043	0,0197		0,3741	0,0000	0,8461	0,4137	0,6940
3,3-4,7 µm	0,3312	0,4131	0,1714		0,0545	0,2620	0,4085	-0,0152
	(29)	(30)	(29)		(30)	(29)	(30)	(27)
	0,0792	0,0233	0,3741		0,7747	0,1698	0,0250	0,9401
2,1-3,3 µm	0,3131	0,1765	0,9486	0,0545		-0,0604	0,0492	0,2803
	(29)	(30)	(29)	(30)		(29)	(30)	(27)
	0,0982	0,3508	0,0000	0,7747		0,7556	0,7965	0,1567
1,1-2,1 µm	-0,0870	0,0095	-0,0384	0,2620	-0,0604		0,6404	0,8037
	(28)	(29)	(28)	(29)	(29)		(29)	(26)
	0,6599	0,9612	0,8461	0,1698	0,7556		0,0002	0,0000
0,65- 1,1 µm	0,1813	0,3911	0,1578	0,4085	0,0492	0,6404		0,6476
	(29)	(30)	(29)	(30)	(30)	(29)		(27)
	0,3466	0,0326	0,4137	0,0250	0,7965	0,0002		0,0003
0,43-0,65 µm	-0,0696	0,0014	0,0810	-0,0152	0,2803	0,8037	0,6476	
	(26)	(27)	(26)	(27)	(27)	(26)	(27)	
	0,7356	0,9944	0,6940	0,9401	0,1567	0,0000	0,0003	

OK ile benzer şekilde Çizelge 4.6’da sunulan EK korelasyon sonuçları göstermektedir ki kaba partiküller (9,0-10,0 μm , 5,8-9,0 μm , 4,7-5,8 μm , 3,3-4,7 μm , 2,1-3,3 μm) kendi aralarında ve ince partiküller de (1,1-2,1 μm , 0,65- 1,1 μm , 0,43-0,65 μm) kendi aralarında yüksek korelasyon göstermektedir.

4.7 EK/OK ve İOA’nın Parçacık Boyutuna Göre Değişimi

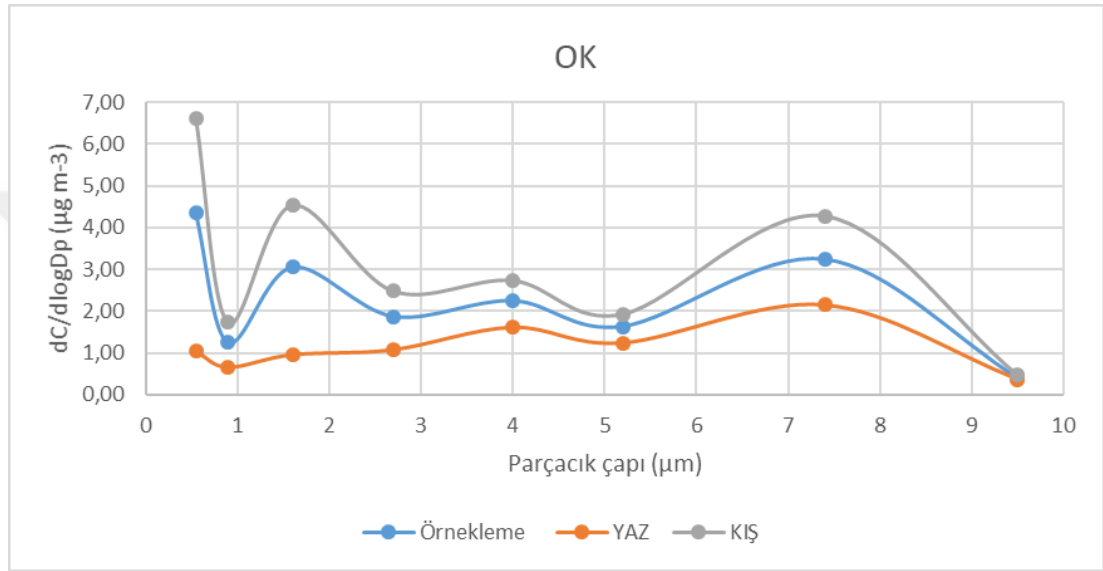
Bu çalışmada sekiz katmandan oluşan kaskat impaktör ile farklı boyutlardaki partikül madde örnekleri toplanmış ve bu örnekler de EK ve OK incelemeleri yapılarak bir veri seti oluşturulmuştur. Ayrıca EK izleyici metodu kullanılarak İkincil Organik Aerosol miktarları da hesaplanmıştır. Böylece farklı fraksiyonlarda EK/OK ve İOA konsantrasyon değişimlerini değerlendirebilme fırsatı bulunmuştur. Parçacık boyutuna göre değişim örnekleme boyunca ve mevsime bağlı değişimin değerlendirilmesi için yaz ve kış periyotları olacak şekilde üç farklı başlık altında şekillerde değerlendirilmiştir.

EK’nın parçacık boyutuna bağlı değişimi Şekil 4.9’da sunulmuştur. Buna göre EK kış aylarında ve örnekleme genelinde trimodal (üç tepeli) bir dağılım göstermiştir. Yaz aylarında ise bimodal (çift tepeli) bir dağılım göstermiştir. Durum yaz ve kış ayları açısından incelendiğinde kış aylarında EK konsantrasyonunun yaza göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



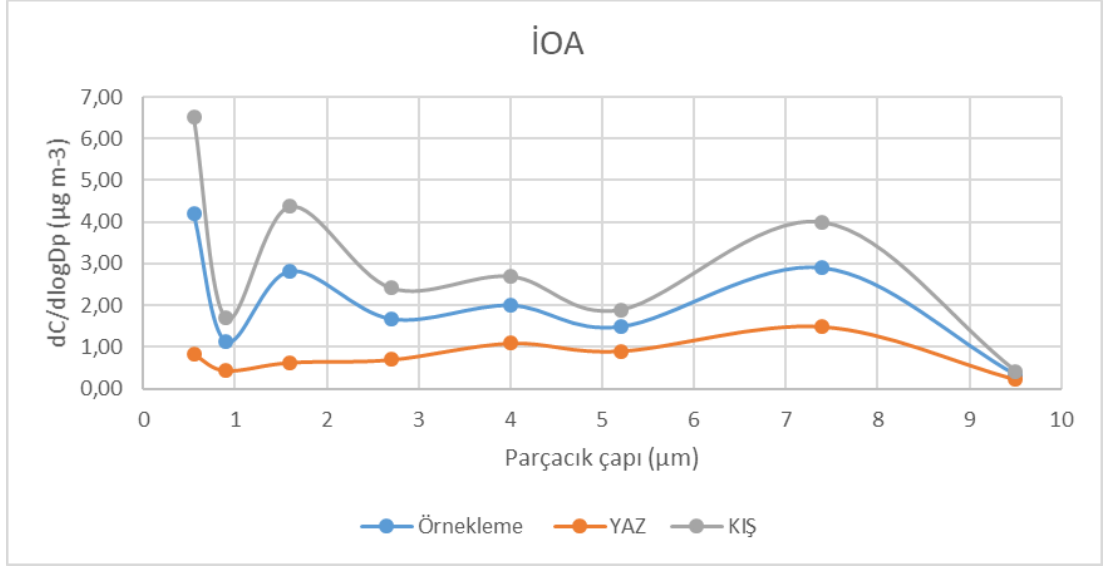
Şekil 4.9. EK kütlesel konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.

OK'nın parçacık boyutuna bağlı değişimi Şekil 4.10'da sunulmuştur. Buna göre OK kış aylarında ve örnekleme genelinde trimodal (üç tepeli) bir dağılım göstermiştir. Bunlar ultra ince, ince ve kaba parçacık boyutlarında gözlemlenmiştir ve ultra ince parçacık boyutunda pik yapmıştır. Yaz aylarında ise yine ultra ince ve kaba parçacıklarda olmak üzere bimodal (çift tepeli) bir dağılım göstermiştir. Durum yaz ve kış ayları açısından incelendiğinde kış aylarında EK konsantrasyonuna benzer şekilde OK konsantrasyonlarının da yazıya göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.10. OK kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.

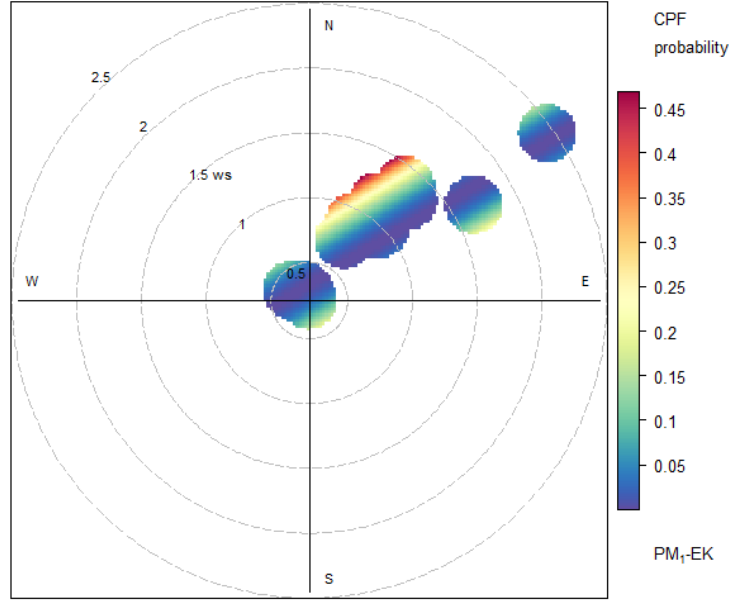
İOA'nın parçacık boyutuna bağlı değişimi Şekil 4.11'de sunulmuştur. Buna göre İOA kış aylarında ve örnekleme genelinde trimodal (üç tepeli) bir dağılım göstermiş ve ultra ince parçacık boyutunda pik konsantrasyona ulaşmıştır. Yaz aylarında ise ultra ince ve kaba parçacık boyutlarında bimodal (çift tepeli) bir dağılım göstermiştir. Durum yaz ve kış ayları açısından incelendiğinde kış aylarında İOA konsantrasyonunun da yazıya göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.11. İOA kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.

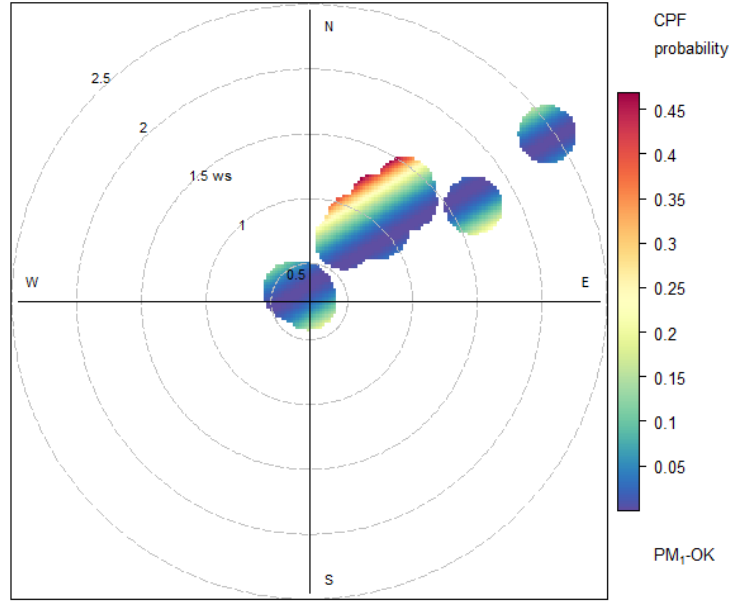
4.8 Rüzgâr Hızı ve Rüzgâr Yönüne Bağlı EK/OK KİDOF Plotları

Farklı parçacık boyutlarında toplanan PM örneklerinden EK ve OK analizleri yapılmış ve sonrasında elde edilen veri setinden PM_{10} , PM_4 ve PM_1 fraksiyonları için EK ve OK kütle konsantrasyonları hesaplanmıştır. “Koşulu İki Değişkenli Olasılık Fonksiyonu (KİDOF)” başlıklı 3.4 kısmında detaylarına yer verildiği şekilde KİDOF plotları her fraksiyon için hazırlanmıştır. Ancak tüm katmanlar için benzer plotlar elde edildiğinden bu başlık altında PM_1 fraksiyonuna ait KİDOF plotları verilmiştir. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de verildiği üzere artan katkı oranlarının KKD yönlerinden gelen 1,0-1,5 m/s gibi düşük hızlı rüzgarlarla ilişkili olduğunu görülmektedir. Bu da lokal bir kirliliği yansıtmaktadır. İstasyonunun Kuzeyinde yer alan şehir merkezi düşünüldüğünde de bu durum açıklanabilir.



CPF (0.12 to 0.87)

Şekil 4.12. PM₁ fraksiyonunda bulunan EK için KİDÖF plotu.



CPF (2.1 to 5.5)

Şekil 4.13. PM₁ fraksiyonunda bulunan OK için KİDÖF plotu.

4.9 PM Kompozisyonunda Belirlenen EK/OK Değerlerinin Literatür ile Karşılaştırılması

Bu çalışma ile ilk kez Aksaray için PM kompozisyonunda EK/OK açısından incelenmiştir. Bu parametrelerin sekiz farklı fraksiyonda incelenmesi çok ayrıntılı bir veri seti üretilmesini sağlamıştır. Hava kalitesi izleme çalışmalarında üretilen veri

setinin literatürde verilen değerlerle karşılaştırması, söz konusu izleme çalışmasının gerçekleştirildiği bölgenin genel hava kalitesi profili hakkında kaba da olsa bir bilgi sağlamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada elde edilen veriler ile literatürde yapılan çalışmalar karşılaştırılmıştır. Yapılan bu kıyaslamalarda karşılaşılan en önemli sorun kaskat impaktörle gerçekleştirilen çalışmaların hem ülkemizde hem de dünyada çok nadir olmasıdır. Bu sebeple üretilen veri seti için PM_1 ve PM_{10} fraksiyonunda elde edilen değerler dikkate alınarak söz edilen kıyaslamalar yapılmıştır. PM_1 fraksiyonu için yapılan karşılaştırılma incelendiğinde (Çizelge 4.7), bu çalışma sonucu elde edilen OK ve EK değerlerinin dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan çalışmalarla kıyaslanabilir seviyelerde olduğu sonucuna varılmıştır. Yüksek OK değerleri kış mevsiminde gaz fazında olan organik bileşiklerin partikül fazında yoğunlaşmalarına ve buna ek olarak özellikle kış aylarında artan evsel ısınma kaynaklı emisyonlara bağlanmaktadır. Kentsel özellik gösteren İspanya ve Çin’de yürütülen çalışmalarda elde edilen yüksek OK değerlerinin sebeplerinin bunlar olabileceği düşünülmektedir. En düşük EK değerleri de yine kırsal özellik gösteren istasyonlarda elde edilmiştir. Bu çalışma sonucu elde edilen EK değeri Girit’te yapılan çalışma ile yakın sonuçlar vermiştir. Bu ve literatürde gerçekleştirilen diğer çalışmalarda PM_{10} fraksiyonunda belirlenen parametrelere ilişkin sonuçlar Çizelge 4.8’de sunulmuştur. Jain vd. (2018) ve Dinoi vd. (2017) tarafından sırasıyla Hindistan ve İtalya’da kentsel ve yarı-kentsel bölgelerde gerçekleştirilen çalışmalarda en yüksek OK değerleri elde edilmiştir. Kalan diğer çalışmalarda elde edilen OK değerlerinin ise birbirleriyle yakın olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen EK değeri ise en yakın Hollanda’nın Amsterdam şehrinde yapılan çalışma ile yakın sonuçlar vermiştir. $OK/EK > 2.0$ ise, OK’nın hem birincil hem de ikincil kaynaklardan katkıda bulunduğu ve daha yüksek bir oranın da İOA açısından daha yüksek katkı sağladığı düşünülmektedir (Cao vd., 2004). Bu bağlamda, bu çalışma dahil olmak üzere OK/EK oranlarının 2,08-12,2 aralığında olduğu ve bu durumun da OK’nın EK’ya göre daha baskın olduğunu ve İOA oluşumunun da potansiyel oluşturduğu sonucuna varılabilmektedir.

Çizelge 4.7. Bu çalışmada PM₁ fraksiyonunda belirlenen parametrelerin literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması.
(OK ve EK değerleri µg/m³ cinsinden verilmiştir)

Şehir Ülke İstasyon tipi Parametre	Bu çalışma Türkiye Kentsel	Girit ¹ Yunanistan Kırsal	Salento Üniv. ² İtalya Yarı-kentsel	Barselona ³ İspanya Kentsel	Katowice ⁴ Polanya Trafik	Jilin ⁵ Çin Kentsel	Wajima ⁶ Japonya Kırsal
OK	1,450	1,839	3,6	4,3	5,57	3,68-17,03	0,02-2,51
EK	0,146	0,268	1,5	1,8	0,89	0,58-7,70	0,004-0,451

¹Koulouri vd. (2008), ²Perrone vd. (2014), ³Perez vd. (2008), ⁴Roogula-Kowloska (2015), ⁵Li vd. (2019), ⁶Zhang vd. (2021)

Çizelge 4.8. Bu çalışmada PM₁₀ fraksiyonunda belirlenen par ametrelerin literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması.
(OK ve EK değerleri µg/m³ cinsinden verilmiştir)

Şehir Ülke İstasyon tipi Parametre	Bu çalışma Türkiye Kentsel	Delhi¹ Hindistan Kentsel	Apulia Bölgesi² İtalya Kırsal	Naples³ İtalya Kentsel	Lecce⁴ İtalya Yarı-kentsel	Darjeeling⁵ Hindistan Yarı-kentsel	Amsterdam⁶ Hollanda Kentsel	Leicester⁷ İngiltere Kentsel
OK	3,280	25,62	5,0	12,8	10,7	5,4	3,02	3,39
EK	0,313	12,07	0,41	2,3	1,5	2,6	0,58	0,95

¹Jalin vd. (2008), ²Siciliano vd. (2018), ^{3,4}Dinoi vd. (2017), ⁵Rai vd. (2020), ^{6,7}Hama vd. (2018)

5. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında Aksaray'da Ağustos 2019-Eylül 2020 tarihleri arasında 13 hafta yaz ve 16 hafta kış mevsiminde haftalık PM örnekleri toplanmıştır. Örnekleme için sekiz katmandan oluşan (9,0-10,0 μm , 5,8-9,0 μm , 4,7-5,8 μm , 3,3-4,7 μm , 2,1-3,3 μm , 1,1-2,1 μm , 0,65-1,1 μm , 0,43-0,65 μm) kaskat impaktör (Thermo Fisher Scientific Inc., ABD) kullanılmıştır. Toplanan örnekler 2 parçaya bölünmüş, parçalardan ilkinde PAHlar (TUBİTAK 119Y017) ve ikinci parçasında (ASÜ BAP 2019-006) ile EK/OK analizleri yapılmıştır. PM'nin kimyasal kompozisyonunda belirlenen parametrelerin konsantrasyon değerleri PM_{10} , PM_4 ve PM_1 olarak ifade edilmiştir. Ortalama PM_{10} değeri $28,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Partikül madde boyutlandırmasına incelendiğinde ise PM_{10} 'dan PM_1 'e doğru bir azalma trendi net şekilde görülmüştür. EK'nin PM_1 , PM_4 ve PM_{10} fraksiyonlarındaki ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla $0,146 \pm 0,035$, $0,261 \pm 0,072$ ve $0,313 \pm 0,107 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. OK'nın PM_1 , PM_4 ve PM_{10} fraksiyonlarındaki ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla $1,450 \pm 0,101$, $2,405 \pm 0,179$ ve $3,280 \pm 0,256 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Mevsimsel değişimlerine bakıldığında ise EK ve OK konsantrasyonlarının kış aylarında daha yüksek, yaz aylarında ise daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca yaşanan COVID-19 salgın döneminde yaz dönemi antropojenik faaliyetlerindeki azalmayla Temmuz 2020 ve sonrası örnekleme dönemlerinde PM, EK ve OK konsantrasyonlarında bir azalma kaydedilmiştir. OK/EK oranları incelendiğinde ise hem kış hem de yaz mevsimi için değerlerin 2'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bölgede ikincil bir organik aerosol oluşumunun olduğu sonucuna varılmıştır. Örnekleme noktasında ortalama kış İOA konsantrasyonları PM_1 , PM_4 ve PM_{10} fraksiyonlarında sırasıyla $2,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $3,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $4,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve yaz İOA konsantrasyonları PM_1 , PM_4 ve PM_{10} fraksiyonlarında sırasıyla $0,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $0,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Parçacık boyutuna göre değişimler incelendiğinde ise, EK kış aylarında ve örnekleme genelinde trimodal (üç tepeli) bir dağılım ve yaz aylarında ise bimodal (çift tepeli) bir dağılım göstermiştir. OK ise kış aylarında ve örnekleme genelinde trimodal (üç tepeli) bir dağılım ve yaz aylarında bimodal (çift tepeli) bir dağılım göstermiştir. Son olarak İOA kış aylarında ve örnekleme genelinde trimodal (üç tepeli) bir dağılım göstermiş ve yaz aylarında ise bimodal (çift tepeli) bir dağılım göstermiştir. EK ve OK'nın sadece yaz aylarında korelasyon gösterdiğini ortaya konulmuştur ($p < 0,05$). EK ve OK arasında PM_{10} , PM_4

ve PM_1 seviyelerinde üst düzeyde bir korelasyon ($R = 0,88$, $R=0,83$, $R=0,89$) yaz döneminde elde edilmiştir. Kış döneminde ise bu korelasyon düşüş göstermiştir. Sırasıyla PM_{10} , PM_4 ve PM_1 için R değerleri 0,0046, 0,0178 ve 0,0618 olarak belirlenmiştir. EK ve OK arasındaki bu zayıf-orta ilişkiler, ana kaynaklarının farklı olduğunu, ancak EK'nın bir dereceye kadar birincil OK yayan kaynaklardan da yayıldığını göstermektedir.



KAYNAKLAR

- Akif, A. R. I. ve Gaga, E. O., 2017. Eskişehir’de PM_{2,5} derişimlerine ikincil organik aerosol katkısının belirlenmesi, 7. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Antalya, 509-521.
- Aktaş, M., Özdemir, H., Çeker, A. O., Özcan, H. K. ve Demir, G., 2021. Yol kenarlarındaki ağaçların trafik kaynaklı karbon aerosolleri üzerindeki etkisi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 27, 479-488.
- Akyürek, Ö., Arslan, O. ve Karademir, A., 2013. SO₂ ve PM₁₀ hava kirliliği parametrelerinin CBS ile konumsal analizi: Kocaeli örneği, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.
- Alkan, A., 2018. Hava kirliliğinin ciddi boyutlara ulaştığı kentlere bir örnek: Siirt, Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7, 2, 641-666.
- Allen, D. T. ve Russell, M., 2004. Seasonal and spatial trends in primary and secondary organic carbon concentrations in southeast Texas, Atmospheric Environment, 38, 3225-3239.
- Altunok, A. ve Eskiocak, M., 2020. Trakya’da partiküler madde kirliliği ve mortalite ilişkisinin değerlendirilmesi, Turkish Journal of Public Health, 18, 3, 124-132.
- Alves, C. A. ve Pio, C. A., 2005. Secondary organic compounds in atmospheric aerosols Speciation and formation mechanisms, Journal of the Brazilian Chemical Society, 16, 1017-1029.
- Arya, S. Pal., 1999. Air Pollution Meteorology and Dispersion, New York Oxford University Press, 1-25.
- Aryal, R., Kim, A., Lee, B. K., Kamruzzaman, M. ve Beecham, S., 2013. Characteristics of atmospheric particulate matter and metals in industrial sites in Korea, Environment and Pollution, 2, 4, 10.
- Ashbaugh, L. L., Malm, W. C. ve Sadeh, W. Z., 1985. A residence time probability analysis of sulfur concentrations at Grand Canyon National Park, Atmospheric Environment 1967, 19, 8, 1263-1270.
- Bayram, H., Dörtbudak, Z., Fişekçi, E. F., Kargın, M. ve Bülbül, B., 2006. Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri, dünyada, ülkemizde ve bölgemizde hava kirliliği sorunu paneli ardından, Dicle Tıp Dergisi, 33, 2, 105-112.
- Baysan, C. ve Yavaş, S. P., 2020. Covid-19 ve hava kirliliği; karantina boyunca ne oldu?, ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi, 5, 35-46.
- Birch, M. E. ve Cary, R. A., 1996. Elemental carbon-based method for monitoring occupational exposures to particulate diesel exhaust, Aerosol Sci Technol 25, 3, 221-241.

- Blanchard, C. L., Shaw, S. L., Edgerton, E. S. ve Schwab, J. J., 2019. Emission influences on air pollutant concentrations in New York state: II PM_{2.5} organic and elemental carbon constituents, *Atmospheric Environment*, 3, 100039.
- Bond, T. C., Street, D. G., Yarber, K. F., Nelson, S. M., Woo, J. H. ve Klimont, Z., 2004. A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 109.
- Cabada, J. C., Pandis, S. N., Subramanian, R., Robinson, A. L., Polidori, A. ve Turpin, B., 2004. Estimating the secondary organic aerosol contribution to PM_{2.5} using the EC tracer method, *Aerosol Science & Technology*, 38, 140-155.
- Cao, J. J., Lee, S. C., Ho, K. F., Zou, S. C., Fung, K., Li, Y., Watson, J. G. ve Chow, J. C., 2004. Spatial and seasonal variations of atmospheric organic carbon and elemental carbon in Pearl River Delta Region, China, *Atmospheric Environment*, 38, 4447-4456.
- Castro, L. M., Pio, C. A., Harrison, R. M. ve Smith, D. J. T., 1999. Carbonaceous aerosol in urban and rural European atmospheres: estimation of secondary organic carbon concentrations, *Atmospheric Environment*, 33, 2771-2781.
- Celia, A. A. ve Conceicao, A. F., 2005. Effects air pollution on emergency admissions for chronic obstructive pulmonary diseases in Oporto, Portugal, *International Journal of Environment and Pollution*, 23, 1, 42-64.
- Chow, J. C., Watson, J. G., Crow, D., Lowenthal, D. H. ve Merrifield, T., 2001. Comparison of IMPROVE and NIOSH carbon measurements, *Aerosol Sci Technol* 34, 1, 23-34.
- Chu, S. H., 2005. Stable estimate of primary OC/EC ratios in the EC tracer method, *Atmospheric Environment*, 39, 1383-1392.
- Cowley, L. T., Jeune, A. L. ve Lange, W. W., 1993. Effect of fuel composition including aromatics control on emissions from a range of heavyduty diesel engines, *Institution Mechanical Engineers, Second Seminar, MEP*, 225-244.
- Çakır Sümer, G., 2014. Hava kirliliği kontrolü: Türkiye’de hava kirliliğini önlemeye yönelik yasal düzenlemelerin ve örgütlenmelerin incelenmesi, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 13, 37-56.
- Çiftçi, Ç., Dursun, Ş., Levend, S. ve Kunt, F., 2013. Topoğrafik yapı, iklim şartları ve kentleşmenin Konya’da hava kirliliğine etkisi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1, 1, 19-24.
- Dinoi, A., Cesari, D., Marinoni, A., Bonasoni, P., Riccio, A., Chianese, E. ve Contini, D., 2017. Intercomparison of carbon content in PM_{2.5} and PM₁₀ collected at five measurement sites in Southern Italy, *Atmosphere*, 8, 12, 243.

- Eğri, M., Güneş, G., Pehlivan, E. ve Genç, M., 1997. Son beş yıllık dönemde Malatya il merkezinde hava kirliliği eğiliminin incelenmesi, İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 4, 375-379.
- Elbir, T., 2019. Türkiye’de 1988-2017 yılları arasında gerçekleşen orman yangınlarından kaynaklanan hava kirletici emisyonların envanteri, İklim Değişikliği ve Çevre, 4, 2, 23-31.
- Engin, N., 1989. Hava Kirlenmesi, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası, 47, 1-4, 79-88.
- Ertürk, F., 2002. Hava kirliliği ve kontrolü ders notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Evyapan, F., 2006. Türkiye’de hava kirliliği sorunu ve solunum sistemi sağlığı üzerine etkileri, Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Pamukkale.
- Feng, Y. L., Chen, Y. J., Guo, H., Zhi, G. R., Xiong, S. C., Li, J., Sheng, G. Y. ve Fu, J. M., 2009. Characteristics of organic and elemental carbon in PM_{2.5} samples in Shanghai, China, Atmospheric Research, 92, 434–442.
- Fuzzi, S., Andreae, M. O., Huebert, B. J., Kulmala, M., Bond, T. C., Boy, M., Doherty, S. J., Guenther, A., Kanakidou, M., Kawamura, K., Kerminen, V. M., Lohmann, U., Russell, L. M. ve Poschl, U., 2006. Critical assessment of the current state of scientific knowledge, terminology, and research needs concerning the role of organic aerosols in the atmosphere, climate, and global change, Atmospheric Chemistry and Physics, 6, 2017-2038.
- Gao, Y., Nelson, E. D., Field, M. P., Ding, Q., Li, H., Sherrell, R. M., Gigliotti, C. L., Van Ry, D. A., Glenn, T. R. ve Eisenreich, S.J., 2002. Characterization of atmospheric trace elements on PM_{2.5} particulate matter over the New York-New Jersey Harbor Estuary, Atmospheric Environment, 36, 1077-1086.
- Garipağaoğlu, N., 2011. Türkiye ortam sorunları coğrafyası: hava-su-toprak ekosistemleri açısından, Yeditepe.
- Garipağaoğlu, N., 2015. Türkiye ortam sorunları coğrafyası, Yeditepe Yayınları, İstanbul.
- Gray, H. A., Cass, G. R., Huntzicker, J. J., Heyerdahl, E. K. ve Rau, J. A., 1986. Characteristics of atmospheric organic and elemental carbon particle concentrations in Los Angeles, Environmental Science & Technology, 20, 6, 580-589.
- Grivas, G., Cheristanidis, S. ve Chaloulakou, A., 2012. Elemental and organic carbon in the urban environment of Athens. Seasonal and diurnal variations and estimates of secondary organic carbon, Sci Total Environ, 414, 535–545.
- Guha, R., 2000. Environmentalism: a global history, longman, USA.

- Güler, Ç. ve Akın, L., 2015. Halk sağlığı temel bilgiler 3, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 670-748.
- Güllü, G. H., Ölmez, I., Aygün, S. ve Tuncel, G., 1998. Atmospheric trace element concentrations over the eastern Mediterranean Sea: factors affecting temporal variability, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 103, D17, 21943-21954.
- Hama, S. M., Cordell, R. L., Staelens, J., Mooibroek, D. ve Monks, P. S., 2018. Chemical composition and source identification of PM₁₀ in five North Western European cities, *Atmospheric Research*, 214, 135-149.
- Haywood, J. M., Roberts, D. L., Slingo, A., Edwards, J. M. ve Shine, K. P., 1997. General circulation model calculations of the direct radiative forcing by anthropogenic sulfate and fossil-fuel soot aerosol, *Journal of Climate*, 10, 7, 1562-1577.
- He, K., Yang, F., Ma, Y., Zhang, Q., Yao, X., Chan, C. K., Cadle, S., Chan, T. ve Mulawa, P., 2001. The characteristics of PM_{2.5} in Beijing, China, *Atmospheric Environment*, 35, 4959- 4970.
- Heywood, J. B., 1988. Internal combustion engine fundamental, Mc Graw-Hill Book Comp., New York.
- Hildemann, L. M., Rogge, W. F., Cass, G. R., Mazurek, M. A. ve Simoneit, B. R. T., 1996. Contribution of primary aerosol emissions from vegetation-derived sources to fine particle concentrations in Los Angeles, *Journal of Geophysical Research*, 101, 19541-19549.
- Hu, D., Bian, Q. J., Lau, A. K. H. ve Yu, J. Z., 2010. Source apportioning of primary and secondary organic carbon in summer PM_{2.5} in Hong Kong using positive matrix factorization of secondary and primary organic tracer data, *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 115, 27.
- Huang, X., He, L., Hu, M. ve Zhang, Y., 2006. Annual variation of particulate organic compounds in PM_{2.5} in the urban atmosphere of Beijing, *Atmos Environ*, 40, 14, 2449–2458.
- Huang, L., Brook, J. R., Zhang, W., Li, S. M., Graham, L., Ernst, D., Chivulescu, A. ve Lu, G., 2006. Stable isotope measurements of carbon fractions (OC/EC) in airborne particulate: a new dimension for source characterization and apportionment, *Atmospheric Environment*, 40, 2690-2705.
- İlkılıç, C. ve Behçet, R., 2006. Hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkisi, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 66-72.
- İncecik, S., 1994. Hava kirliliği, *Teknik Üniversite Matbaası*, 26-41.

- Jain, S., Sharma, S. K., Mandal, T. K. ve Saxena, M., 2018. Source apportionment of PM₁₀ in Delhi, India using PCA/APCS, UNMIX and PMF, Particuology 38, 107-118.
- Jones, A. M. ve Harrison, R. M., 2005. Interpretation of particulate elemental and organic carbon concentrations at rural, urban and kerbside sites, Atmospheric Environment, 39, 7114-7126.
- Kadıoğlu, M. ve Toros, H., 1993. Şehirleşmenin Türkiye'de iklime etkisi, Türk Devletleri Arasında 2. İlmî Birliği Konferansı, Almalı, Kazakistan, 241- 246.
- Karbuş, İ., 2016. Tekirdağ'da hava kirliliğine coğrafi bakış, International Journal of Social Science, 44, 369-370.
- Karpuzcu, M., 1996. Çevre kirlenmesi ve kontrolü, Kubbealtı Neşriyatı, 28, İstanbul.
- Keser, N., 2002. Kütahya'da hava kirliliğine etki eden topografik ve iklimik faktörler, Marmara Coğrafya Dergisi, 5, 69-98.
- Kılavuz, S. A., Bozkurt, Z. ve Öztürk, F., 2017. Düzce'de yarı kentsel bir bölgede atmosferik PM₁₀ aerosollerinde elementel karbon seviyelerinin incelenmesi, 7. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Antalya, 47-58.
- Kılıç, A., Kum, S., Ünal, A. ve Kındap, T., 2014. Marmara bölgesindeki hava kirliliğinin modellenmesi, kirlilik azaltımı ve maruziyet analizi, BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, 16, 1, 27-46.
- Kim, W., Lee, H., Kim, J., Jeong, U. ve Kweon, J., 2012. Estimation of seasonal diurnal variations in primary and secondary organic carbon concentrations in the urban atmosphere: EC tracer and multiple regression approaches, Atmospheric Environment, 56, 101-108.
- Koçak, M., Mihalopoulos, N., Tutsak, E., Theodosi, C., Zampas, P. ve Kalegeri, P., 2015. PM₁₀ and PM_{2.5} composition over the central black sea: origin and seasonal variability, Environ Sci Pollut R, 22, 18076– 28092.
- Koulouri, E., Saarikoski, S., Theodosi, C., Maarkaki, Z., Gerasopoulos, E., Kouvarakis, G., Makela, T., Hillamo, R. ve Mihalopoulos, N., 2008. Chemical composition and sources of fine and coarse aerosol particles in the Eastern Mediterranean, Atmospheric Environment, 42, 6542-6550.
- Kroll, J. H. ve Seinfeld, J. H., 2008. Chemistry of secondary organic aerosol: formation and evolution of low-volatility organics in the atmosphere, Atmospheric Environment, 42, 3593-3624.
- Li, N., Han, W., Wei, X., Shen, M. ve Sun, S., 2019. Chemical characteristics and human health assessment of PM₁ during the chinese spring festival in changchun, northeast china, Atmospheric Pollution Research, 10, 6, 1823-1831.

- Lim, H. J. ve Turpin, B. J., 2002. Origins of primary and secondary organic aerosol in Atlanta: results of time-resolved measurements during the Atlanta supersite experiment, *Environ Sci Technol*, 36, 4489– 4496.
- Liu, D., Vonwiller, M., Li, J. vd., 2018. Fossil and non-fossil sources of organic and elemental carbon aerosols in Beijing, Shanghai and Guangzhou: seasonal variation of carbon source, *Atmospheric Chemistry and Physics Discuss*, 1–29.
- Morcalı, M. H. ve Akan, D. S., 2017. Kahramanmaraş hava kirliliği kaynaklarının izlenmesi ve belirlenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20, 2, 105-115.
- Müezzinoğlu, A., 2000. Hava kirliliği ve kontrolünün esasları, *Dokuz Eylül Yayınları*, İzmir.
- Myhre, G., Stordal, F., Restad, K. ve Isaksen, I. S., 1998. Estimation of the direct radiative forcing due to sulfate and soot aerosols, *Tellus B*, 50, 5, 463-477.
- Na, K., Sawant, A. A., Song, C. ve Cocker, D. R., 2004. Primary and secondary carbonaceous species in the atmosphere of Western Riverside County, California, *Atmospheric Environment*, 38, 9, 1345–1355.
- Offenberg, J. H., Lewandowski, M., Jaoui, M. ve Kleindienst, T. E., 2011. Contributions of biogenic and anthropogenic hydrocarbons to secondary organic aerosol during 2006 in research Triangle Park, NC, *Aerosol Air Qual Res*, 11, 99–108.
- Ölgün, P., 2018. Şehir ve kırsal atmosferlerde organik karbon ve elementel karbon ilişkisinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, BAİBÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özbeyaz, A., Tufaner, F. ve Demirci, Y., 2016. Partikül madde ile ilişkili görüntüleri kullanarak hava kirliliği tahminine ait bir model tasarımı, *1st International Mediterranean Science and Engineering Congress*, Adana, 969-975.
- Özdemir, M. A. ve Boyraz, Z., 2002. Elâzığ şehir merkezinde hava kirliliğini doğuran nedenler ve kirlilik parametrelerinin zaman içindeki değişimine coğrafi bir yaklaşım, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 8, 7, 163-182.
- Özdemir, Ş., 1997. Temel ekoloji bilgisi ve çevre sorunları, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi*, Ankara, 235.
- Öztürk, M., 2007. Partikül madde kirliliğinin insan sağlığı üzerinde etkisi, *Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara.
- Pandis, S. N., Harley, R. A., Cass, G. R. ve Seinfeld, J. H., 1992. Secondary organic aerosol formation and transport, *Atmospheric Environment*, 26, 13, 2269–2282.
- Perez, N., Pey, J., Querol, X., Alastuey, A., Lopez, J. M. ve Viana, M., 2008. Partitioning of major and trace components PM_{10} - $PM_{2,5}$ - PM_1 at an urban site Southern Europe, *Atmospheric Environment*, 42, 1677.

- Perrone, M. R., Dinoi, A., Becagli, S. ve Udisti, R., 2013. Chemical composition of PM₁ and PM_{2.5} at suburban site in southern Italy, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 94, 2, 127-150.
- Pio, C., Cerqueira, M., Harrison, R. M., Nunes, T., Mirante, F., Alves, C., Oliveira, C., Sanches de la Campa, A., Artinano, B. ve Matos, M., 2011. OC/EC ratio observed in Europe: rethinking the approach for apportionment between primary and secondary organic carbon, *Atmospheric Environment*, 45, 6121-6132.
- Polissar, A. V., Hopke, P. K. ve Poirot, R. L., 2001. Atmospheric aerosol over vermont: chemical composition and sources, *Environmental Science and Technology*, 35, 4604-4621.
- Qi, M., Jiang, L., Liu, Y. vd., 2018. Analysis of the characteristics and sources of carbonaceous aerosols in PM_{2.5} in the Beijing, Tianjin, and langfang region, China, *Int J Environ Res Public Health*, 15, 1483.
- Rai, A., Mukherjee, S., Chatterjee, A., Choudhary, N., Kotnala, G., Mandal, T. K. ve Sharma, S. K., 2020. Seasonal variation of OC, EC, and WSOC of PM₁₀ and Their CWT analysis over the Eastern Himalaya, *Aerosol Science and Engineering*, 4, 1, 26-40.
- Ram, K. ve Sarin, M. M., 2010. Spatio-temporal variability in atmospheric abundances of EC, OC and WSOC over Northern India, *J Aerosol Sci*, 41, 88-98.
- Rogula-Kozłowska, W., 2015. Chemical composition and mass closure of ambient particulate matter at acrossroads and a highway in Katowice, Poland, *Environment Protection Engineering*, 41, 15-29.
- Saxena, P. ve Hildemann, L. M., 1996. Water-soluble organics in atmospheric particles: a critical review of the literature and application of thermodynamics to identify candidate compounds, *Journal Of Atmospheric Chemistry*, 24, 57-109.
- Saylor, R. D., Edgerton, E. S. ve Hartsell, B. E., 2006. Linear regression techniques for use in the EC tracer method of secondary organic aerosol estimation, *Atmospheric Environment*, 40, 7546-7556.
- Seinfeld, J. H. ve Pandis, S. N., 2006. Atmospheric chemistry and physics from air pollution to climate change, 2nd edition, John Wiley and Sons Inc., New Jersey.
- Siciliano, T., Siciliano, M., Malitesta, C., Proto, A., Cucciniello, R., Giove, A. ve Genga, A., 2018. Carbonaceous PM₁₀ and PM_{2.5} and secondary organic aerosol in a coastal rural site near Brindisi (Southern Italy), *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 24, 23929-23945.
- Sioutas, C., Ning, Z., Geller, M. D., Moore, K. F., Sheesley, R. ve Schauer, J. J., 2007. Daily variation in chemical characteristics of urban ultrafine aerosols and inference of their sources, *Environmental Science & Technology*, 41, 6000-6006.

- Strader, R., Lurmann, F. ve Pandis, S. N., 1999. Evaluation of secondary organic aerosol formation in winter, *Atmospheric Environment*, 33, 4849-4863.
- Streets, D. G., Bond, T. C., Carmichael, G. R., Fernandes, S. D., Fu, Q., He, D. ve Yarber, K. F., 2003. An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108.
- Stull, R. B., 1988. An introduction to boundary layer meteorology (Vol. 13), Springer Science & Business Media.
- Şahin, C., 1989. Hava kirliliği ve hava kirliliğini etkileyen doğal çevre faktörleri, Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu Coğrafya Araştırmaları Dergisi, 1, 1, 27.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004. Türkiye Çevre Atlası, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- TÇSV. (Türkiye Çevre Sorunları Vakfı), Türkiye'nin Çevre Sorunları 91, Ankara, TÇSV Yayını, 1991.
- Tekbaş, Ö. F., 2010. Çevre Sağlığı, Gülhane Askeri Tıp Akademisi Basım Evi, Ankara, 5, 143-156.
- TFF, 2002. Temperate forest foundation, eco-link, linking social, economic, and ecological issues, *Fire Ecology*, 12, 1.
- Topuz, M. ve Karabulut, M., 2017. Eylül 2015 Hatay çöl tozu taşınımı değerlendirmesi, *Electronic Turkish Studies*, 12, 3, 565-580.
- Toros, H., 2000. İstanbul'da asit yağmurları kaynakları ve etkileri, Doktora Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Turpin, B. J. ve Huntzicker J. J., 1991. Secondary formation of organicaerosol in the Los Angeles Basin: A descriptive analysis of organic and elemental carbon concentrations, *Atmospheric Environment*, 25, 207-215.
- Türk, H. S., 1969. Türk hukukuna göre hava kirlenmesi, Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 3, 26, 115-130.
- Türkeş, M., 2017. Genel klimatoloji, Kriter Yayınları, İstanbul.
- Uçar, A., 1996. Şanlıurfa'da hava kirliliği ve kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, HRÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Uria-Tellaetxe, I. ve Carslaw, D. C., 2014. Conditional bivariate probability function for source identification, *Environmental Modelling and Software*, 59, 1-9.
- Uysal, İ., 2002. Çanakkale'de 1991-2001 yılları arasında hava kirliliği sorunu, *Ekoloji*, 11, 45, 18-23.

- Ünal, I., 1994. Çevre, islam ve insan, Gençlik Yayınları, 15-20.
- Wang, J., Hoi, S. S. H., Ma, S. vd., 2016. Characterization of PM_{2.5} in Guangzhou, China: uses of organic markers for supporting source apportionment, Sci Total Environ, 550, 961–971.
- Wang, X. M., Carmichael, G., Chen, D., Tang, Y. ve Wang, T., 2005. Impacts of different emission sources on air quality during March 2001 in the Pearl River Delta, PR Dregion, Atmospheric Environment, 39, 5227-5241.
- Wen, W., Ma, X., Tang, Y., Wei, P., Wang, J. ve Guo, C., 2020. The impacts of meteorology on source contributions of air pollution in winter in beijing, 2015–2017 changes, Atmos Pollut Res, 11, 11, 1953–1962.
- World Health Organization, 1992. Urban air pollution in megacities of the World, Oxford: Blackwell, UK, 7-13.
- Yavuz, C. I., 2020. Kentsel alanda hava kirliliği: hava kirliliği izleme ağı ankara istasyonlarının beş yıllık PM₁₀ ölçüm verilerinin incelenmesi, Sağlık ve Toplum, 3, 96-102.
- Yu, S., Dennis, R. L., Bhawe, P. V. ve Eder, B. K., 2004. Primary and secondary organic aerosols over the United States: estimates on the basis of observed organic carbon (OC) and elemental carbon (EC), and air quality modeled primary OC/EC ratios, Atmospheric Environment, 38, 5257–5268.
- Yu, J. Z., Tung, J. W. T., Wu, A. W. M., Lau, A. K. H., Louie, P. K. K. ve Fung, J. C. H., 2004. Abundance and seasonal characteristics of elemental and organic carbon in Hong Kong PM₁₀, Atmospheric Environment, 38, 1511-1521.
- Zhang, H., Zhang, L., Yang, L., Zhou, Q., Zhang, X., Xing, W. ve Tang, N., 2021. Impact of COVID-19 outbreak on the long-range transport of common air pollutants in KUWAMS, Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 69, 3, 237-245.
- Zhao, P., Dong, F., Yang, Y., He, D., Zhao, X., Zhang, W., Yao, Q. ve Liu, H., 2013. Characteristics of carbonaceous aerosol in the region of Beijing, Tianjin, and Hebei, China, Atmospheric Environment, 71, 389–398.
- URL-1 < [9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action \(who.int\)](#)>, Erişim tarihi: 30.11.2021.
- URL-2 < <https://www.nufusu.com/dunya-nufusu> >, Erişim tarihi: 31.10.2021.
- URL-3 < <https://www.temizhavahakki.com/> >, Erişim tarihi: 31.10.2021.
- URL-4 < [Particulate Matter \(PM\) Basics | US EPA](#) >, Erişim tarihi: 02.12.2021.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Burçak TARHAN

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği
Bölümü, 2013-2018

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim
Dalı, 2019-

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Ankara ASKİ Karaköy Atık Su Arıtma Tesisi/Yaz Stajı
2. Mercedes-Benz Türk Aksaray Fabrikası/Yaz Stajı
3. Akay Çevre ve Belgelendirme Hiz. Mad. Haritacılık Danışmanlık San. Tic. LTD.
ŞTİ. (Ekim 2019-Devam Etmekte)