



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**LAPSEKİ'DE ORGANİK KİRLETİCİLERİN HAVA KALİTESİNE
VE ÖLÇÜLEN GÜNCEL OZON SEVİYELERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEZİ HAZIRLAYAN
EKREM YUSUF ULUDAĞ**

**Tez Danışmanı
DOÇ. DR. SİBEL MENTEŞE**

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**LAPSEKİ'DE ORGANİK KİRLETİCİLERİN HAVA KALİTESİNE VE
ÖLÇÜLEN GÜNCEL OZON SEVİYELERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZİ HAZIRLAYAN

Ekrem Yusuf ULUDAĞ

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Sibel MENTEŞE

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL-2020-3262

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Ekrem Yusuf ULUDAĞ tarafından Doç. Dr. Sibel MENTEŞE yönetiminde hazırlanan ve **20/07/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Lapseki’de Organik Kirleticilerin Hava Kalitesine ve Ölçülen Güncel Ozon Seviyelerine Etkisinin Araştırılması**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Sibel Menteşe

.....

Prof. Dr. Burcu ONAT

.....

Dr. Öğr. Üyesi Akın ALTEN

.....

Tez No : 10486489

Tez Savunma Tarihi : 20/07/2022

.....
Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

20/07/2022

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Ekrem Yusuf ULUDAĞ

(Tarih) 20/07/2022

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarımı esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Sibel MENTEŞE, alıŐma sÜresince tÜm zorlukları benimle göğüsleyen annem Hanife Uludağ, Babam Ahmet Uludağ, Abim Mehmet Őevket Uludağ, yüksek lisans öğrencilerinden Müge Aydın ve Lapseki esnafına, sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Ekrem Yusuf ULUDAğ

anakkale, 20/07/2022



ÖZET

LAPSEKİ'DE ORGANİK KİRLETİCİLERİN HAVA KALİTESİNE VE ÖLÇÜLEN GÜNCEL OZON SEVİYELERE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ekrem Yusuf ULUDAĞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Sibel Menteşe

20/07/2022, 98

Lapseki bölgesi, Mekrez ve Çardak olmak üzere 2 tane feribot iskelesi bulunmaktadır. Feribot iskeleleri bölgenin hava kalitesini etkilemektedir. Lapseki'de bulunan hava kalitesi izleme istasyonunda PM₁₀, SO₂, NO₂, NO_x ve O₃ ölçülmektedir. Ancak bölgede doğal ve insan kaynaklı faaliyetlerden kaynaklanan uçucu organik bileşiklerin (UOB) seviyeleri izlenmemektedir. Bu çalışma, bölgede iskeledeki trafikten kaynaklanan UOB türlerinin seviyelerinin belirlenmesi amacıyla pasif, aktif ve kişisel örnekleme metodları kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada özellikle benzin ve mazot gibi yakıtların yanma reaksiyonlarından kaynaklanan BTEX'ler üzerinde yoğunlaşmıştır. Toplanan hava örneklerindeki UOB seviyeleri Gaz Kromatografi cihazında analiz edilmiştir. Analizler sonucunda Lapseki ve Çardak bölgesinde TUOB düzeyleri sırasıyla 54,88 µg/m³ ve 51,60 µg/m³ ve ozon düzeyi 65,51 µg/m³ olarak belirlenmiştir. TUOB ve ozon seviyeleri arasında negatif bir ilişki olduğu ve bu ilişkide hava sıcaklığının etkili olduğu saptanmıştır. İlaveten, bölgede iskeleden kaynaklanan trafiğin BTEX seviyeleri üzerinde etkisi olduğu, ancak ulusal benzen sınır değerini (5µg/m³) aşmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: BTEX, Uçucu Organik Bileşikler, Kara Trafığı, Deniz Trafığı, Lapseki, Çardak, Ozon

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECT OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS ON AIR QUALITY AND MEASURED CURRENT OZONE CONCENTRATION IN LAPSEKİ

Ekrem Yusuf ULUDAG

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Environmental Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Sibel Menteş

20/07/2022, 98

There are 2 ferry piers in Lapseki region, Mekrez and Çardak. Ferry piers affect the air quality of the region. PM₁₀, SO₂, NO₂, NO_x and O₃ are measured at the air quality monitoring station in Lapseki. However, the levels of volatile organic compounds (VOCs) originating from natural and human-induced activities are not monitored in the region. This study was carried out by using passive, active and personal sampling methods in order to determine the levels of VOCs originating from traffic at the pier in the region. The study focuses on BTEXs, which are caused by the combustion reactions of fuels such as gasoline and diesel. The VOC levels in the collected air samples were analyzed in a Gas Chromatography device. As a result of the analyzes, TUOB levels in Lapseki and Çardak regions were determined as 54.88 µg/m³ and 51.60 µg/m³ and ozone levels as 65.51 µg/m³ respectively. It has been determined that there is a negative relationship between TUOB and ozone levels and air temperature is effective in this relationship. In addition, it was observed that the traffic originating from the pier in the region had an effect on BTEX levels, but did not exceed the national benzene limit value (5µg/m³).

Keywords: BTEX, Volatile Organic Compounds, Land Traffic, Sea Traffic, Lapseki, Cardak, Ozone

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
BİRİNCİ BÖLÜM	
GİRİŞ	
1.1. Hava Kirliliği.....	2
1.2. Hava Kirleticileri.....	3
1.2.1. Azot oksitler (NO _x)	4
1.2.2. Kükürt dioksit (SO ₂)	5
1.2.3. Partikül Madde.....	5
1.2.4. Ozon (O ₃)	6
1.2.5. Uçucu Organik Bileşikler.....	7
İKİNCİ BÖLÜM	
KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	
10	
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM	
18	
3.1. Çalışma Alanı.....	18
3.2. Çalışma düzeni.....	18
3.3. Uçucu Organik Bileşiklerin Örneklerinin Toplama ve Analiz Metodu.....	20
3.3.1. Pasif Örnekleme.....	22
3.3.2. Aktif Örnekleme.....	33
3.3.3. Kişisel Örnekleme.....	34
3.4. Hava Kalitesi İstasyonları Verileri.....	36
3.5. Meteorolojik Verileri.....	37
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
ARAŞTIRMA BULGULARI	
39	

4.1.	Pasif Örnekleme Dönemine Ait Sonuçlar.....	39
4.1.1.	Pasif Örnekleme Döneminde Meteorolojik Parametrelerin Zamansal Değişimi	39
4.1.2.	Pasif Örnekleme Dönemine Ait BTX Ve TUOB Analiz Sonuçları Ve Zamansal Değişimi	42
4.1.3.	Pasif Örnekleme Döneminde Ozon Seviyesi Ve UOB Seviyesinin Zamansal Değişimi	47
4.1.4.	Pasif Örnekleme Dönemindeki Hava Kalitesinin Zamansal Değişimi	49
4.1.5.	Pasif Örnekleme Dönemi Analiz Sonuçlarının Hava Kalitesi Ve Meteorolojik Veriler Arasındaki İlişkiler.....	54
4.2	Aktif Örnekleme Dönemine Ait Sonuçlar.....	57
4.2.1.	Aktif Örnekleme Dönemine Meteorolojik Parametrelerin Zamansal Değişimi	57
4.2.2.	Aktif Örnekleme Dönemine Ait UOB Düzeylerinin Zamansal Değişimi	59
4.2.3.	Aktif Örnekleme Döneminde Ozon Ve UOB Seviyelerinin Zamansal Değişimi	62
4.2.4.	Aktif Örnekleme Döneminde Hava Kalitesi İstasyonunda Ölçülen Kirleticilerin Zamansal Değişimi	62
4.1.5.	Aktif Örnekleme Dönemindeki Kirleticilerin Ölçülen Tüm Parametreler ile Olan İlişkileri.....	67
4.3	Kişisel Örnekleme Dönemine Ait Sonuçlar.....	72
4.3.1.	Kişisel Örnekleme Dönemi Meteorolojik Parametrelerin Zamansal Değişimi	72
4.3.2.	Kişisel Örnekleme Döneminde Ölçülen UOB Düzeylerinin Zamansal Değişimi	72
4.3.3.	Kişisel Örnekleme Döneminde Ozon Ve UOB Seviyelerinin Zamansal Değişimi	78
4.3.4.	Kişisel Örnekleme Döneminde Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarında Ölçülen Kirleticilerin Zamansal Değişimi.....	80
4.1.5.	Kişisel Örnekleme Dönemindeki Kirleticilerin birbirleriyle, Meteorolojik Parametreler ve Hava Kalitesi Verileri Arasındaki İstatiksel İlişkiler.....	82

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER 87

KAYNAKÇA.....	91
EKLER	I
Ek-1 Gaz Kramotografisi Çalışma Prensipli Ve Uob'lerin Kaynama Noktaları Ve Gaz Kramotografisi Çıkış Süreleri.....	II
Ek-2 Lapseki Ve Çardak Aktif Ve Kişisel Örnekleme Dönemi Hava Kalitesi İstasyon Verileri.....	IV

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ar. ort.	Aritmetik ortalama
ATSDR	Toksik maddeler ve hastalık kayıt ajansı
bkz.	Bakınız
BTEX	Benzen, toluen, etilbenzen, ksilen
BTX	Benzen, toluen, ksilen
CAS No	Kimyasal abstrat servis numarası
C _n	n karbonlu bileşik
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbon dioksit
ÇOMÜ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
GC-FID	Gaz Kromatografi-Alev İyonlaşma Dedektörü
Mak	Maksimum
Med	Medyan (ortanca)
µg	Mikrogram
Min	Minimum
MTHM	Marmara Temiz Hava Merkezi
N	Veri Sayısı
NA	Veri Mevcut Değil
Ng	Nanogram
NO	Azot monoksit
NO _x	Azotoksitler
O ₃	Ozon
PAH	Poliaromatik hidrokarbonlar
PM	Partiküler madde
PM ₁₀	On mikronun altındaki partiküler madde
ppb	Milyarda bir
ppm	Milyonda bir
Std	Standart sapma
SO ₂	Kürkürt dioksit
TD	Thermal Desorber
TUOB	Toplam uçucu organik bileşikler
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UOB	Uçucu organik bileşikler
US EPA	Amerika Çevre Koruma Ajansı
vb.	Ve benzeri
%	Yüzdelik

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Çanakkale Boğazı'ndan aylık olarak geçen gemi sayısı	1
Tablo 2	Atmosfer kompozisyonu (Hacim/Hacim)	3
Tablo 3	Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği kapsamında 2020-2022 yılları arasında geçerli olan kava kirletici sınır değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4
Tablo 4	Pasif örnekleme periyotları	22
Tablo 5	Lapseki ve Çanakkale hava kalitesi izleme istasyonu tarafından ölçülen kirletici parametreleri	36
Tablo 6	Lapseki ve Çardak'ta yer alan pasif örneklere ait BTX ve TUOB konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	42
Tablo 7	Pasif örnekleme dönemine ait BTX ve TUOB düzeylerinin Lapseki meteorolojik verileri arasındaki korelasyon ^a	55
Tablo 8	Pasif örnekleme döneminde ölçülen BTX ve TUOB düzeylerinin Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen hava kirletici düzeyleri arasındaki korelasyon ^a	56
Tablo 9	Pasif örnekleme dönemine ait BTX ve TUOB düzeylerinin Çanakkale hava kalitesi ölçüm istasyon verileri arasındaki korelasyon ^a	57
Tablo 10	Merkez ve Çardak'tan toplanan aktif hava örneklerindeki UOB konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	60
Tablo 11	Aktif örnekleme döneminde Lapseki'de ölçülen hava basıncı ile ölçülen diğer parametreler arasındaki korelasyonlar (* $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$)	68
Tablo 12	Aktif örnekleme döneminde Lapseki'de ölçülen bağıl nem ile ölçülen diğer parametreler arasındaki korelasyonlar (** $p<0,01$, *** $p<0,001$)	69
Tablo 13	Aktif örnekleme döneminde Lapseki'de ölçülen sıcaklık ile ölçülen diğer parametreler arasındaki korelasyonlar (* $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$)	70
Tablo 14	Aktif örnekleme döneminde toplanılan hava örneklerindeki UOB ve ölçülen diğer parametreler arasındaki ilişkiler	70
Tablo 15	Lapseki ve Çardak iskele güzergahlarından toplanan kişisel hava örneklerindeki UOB konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	73
Tablo 16	Kişisel örnekleme döneminde Lapseki'de ölçülen bağıl nem ile diğer parametrelerin korelasyonu (* $p<0,5$, *** $p<0,001$)	83
Tablo 17	Kişisel örnekleme döneminde Lapseki'de ölçülen hava basıncı ile diğer parametrelerin korelasyonu (* $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$)	83
Tablo 18	Kişisel örnekleme döneminde Lapseki'de ölçülen rüzgar hızı ile diğer parametrelerin korelasyonu (** $p<0,01$, ** $p<0,001$)	84
Tablo 19	Kişisel örnekleme döneminde örnekleme zamanı ile diğer	85

Tablo 20	parametrelerin korelasyonu (* $p<0,05$, *** $p<0,001$) Kişisel örnekleme dönemimde toplanılan hava örneklerindeki UOB ve ölçülen diğer parametreler arasındaki ilişkiler ^a ($r>0,3$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$)	85
Tablo 21	Türkiye, Dünya üzerindeki benzer çalışmalarının ve bu çalışmaya ait BTX ve TUOB sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	88
Tablo 22	Aktif ve Kişisel örnekleme BTEX ve TUOB analiz sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Difüzyon kapaklı örnekleme tüpü	19
Şekil 2	Dijital rotametre	20
Şekil 3	Lapseki bölgesi pasif tüp konumları	23
Şekil 4	Çardak bölgesi pasif tüp konumları	23
Şekil 5	L1 pasif örnekleme noktasının konumu	25
Şekil 6	L2 pasif örnekleme noktasının konumu	25
Şekil 7	L3 pasif örnekleme noktasının konumu	26
Şekil 8	L4 pasif örnekleme noktasının konumu	26
Şekil 9	L5 pasif örnekleme noktasının konumu	27
Şekil 10	L6 pasif örnekleme noktasının konumu	27
Şekil 11	L7 pasif örnekleme noktasının konumu	28
Şekil 12	L8 pasif örnekleme noktasının konumu	28
Şekil 13	L9 pasif örnekleme noktasının konumu	29
Şekil 14	C1 pasif örnekleme noktasının konumu	30
Şekil 15	C2 pasif örnekleme noktasının konumu	31
Şekil 16	C3 pasif örnekleme noktasının konumu	31
Şekil 17	C4 pasif örnekleme noktasının konumu	32
Şekil 18	C5 pasif örnekleme noktasının konumu	32
Şekil 19	C6 pasif örnekleme noktasının konumu	33
Şekil 20	Lapseki iskele	34
Şekil 21	Çardak iskele	34
Şekil 22	Lapseki iskelesi kişisel örnekleme rotası	35
Şekil 23	Çardak iskelesi kişisel örnekleme rotası	36
Şekil 24	Hava sıcaklığı ve nem ölçer (Testo 174H)	38
Şekil 25	Pasif örnekleme periyotlarına göre ortalama sıcaklık (°C) seviyelerinin değişimi ($p<0,001$)	39
Şekil 26	Pasif örnekleme periyotlarına göre ortalama bağıl nem (%) seviyesinin değişimi ($p<0,001$)	40
Şekil 27	Pasif örnekleme periyotlarına göre ortalama rüzgar hızının (m/sn) değişimi ($p<0,001$)	40
Şekil 28	Lapseki'de pasif örnekleme (Haziran – Kasım 2020) aylık rüzgar gülleri	41
Şekil 29	Pasif örnekleme noktalarındaki ortalama benzen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,01$)	43
Şekil 30	Pasif örnekleme noktalarındaki ortalama toluen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p>0,05$)	44
Şekil 31	Pasif örnekleme noktalarındaki ortalama ksilen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,001$)	44
Şekil 32	Pasif örnekleme noktalarındaki ortalama TUOB konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,05$)	45
Şekil 33	Pasif örnekleme döneminde ortalama benzen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)	46
Şekil 34	Pasif örnekleme döneminde ortalama toluen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p>0,05$)	46
Şekil 35	Pasif örnekleme döneminde ortalama ksilen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p>0,05$)	47

Şekil 36	Pasif örnekleme döneminde ortalama TUOB konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,05$)	47
Şekil 37	Lapseki bölgesinde pasif örnekleme döneminde ölçülen BTX, TUOB ve ozon seviyelerinin zamansal değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	48
Şekil 38	Çardak bölgesinde pasif örnekleme döneminde ölçülen BTX, TUOB ve ozon seviyelerinin zamansal değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49
Şekil 39	Pasif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)	50
Şekil 40	Pasif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama SO_2 konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)	51
Şekil 41	Pasif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)	51
Şekil 42	Pasif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)	52
Şekil 43	Pasif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama SO_2 konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)	52
Şekil 44	Pasif örnekleme döneminde Çanakkale Merkez hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama NO_2 konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)	53
Şekil 45	Pasif örnekleme döneminde Çanakkale Merkez hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama NO_x konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)	53
Şekil 46	Pasif örnekleme dönemindeki Çanakkale Merkez bölgesindeki ortalama ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)	54
Şekil 47	Aktif örnekleme dönemine ait ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerlerinin zamansal değişimi ($p<0,001$)	58
Şekil 48	Aktif örnekleme dönemine ait ortalama bağıl nem (%) değerinin zamansal değişimi ($p<0,001$)	58
Şekil 49	Aktif örnekleme dönemine ait ortalama rüzgar hızının (m/sn) zamansal değişimi ($p<0,05$)	59
Şekil 50	Lapseki-Merkez ve Çardak iskele örnekleme noktalarında aktif olarak toplanan hava örneklerinin saatlik ortalama BTEX seviyelerinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal değişimi	61
Şekil 51	Lapseki-Merkez ve Çardak iskele örnekleme noktalarında aktif olarak toplanan hava örneklerinin toplandığı hafta içi ve hafta sonu günlerine göre ortalama BTEX seviyelerinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal değişimi	62
Şekil 52	Aktif örnekleme döneminde BTEX, TUOB ve ozon seviyelerinin saat aralıklarına göre ortalama konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi	63
Şekil 53	Aktif örnekleme döneminde BTEX, TUOB ve ozon seviyelerinin ölçüm periyotlarına göre ortalama konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi	64

Şekil 54	Aktif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi istasyonunda ölçülen ortalama PM _{2,5} seviyesinin örnekleme saatlerine göre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p>0,05$)	65
Şekil 55	Aktif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi istasyonunda ölçülen ortalama ozon seviyesinin örnekleme saatlerine göre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,001$)	66
Şekil 56	Aktif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi istasyonunda ölçülen ortalama NO ₂ seviyesinin örnekleme saatlerine göre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,05$)	66
Şekil 57	Aktif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi istasyonunda ölçülen ortalama NO _x seviyesinin örnekleme saatlerine göre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,01$)	67
Şekil 58	Kişisel örnekleme dönemine ait ortalama rüzgar hızının (m/sn) zamansal değişimi ($p<0,05$)	72
Şekil 59	Lapseki ve Çardak iskele güzergahlarından toplanan kişisel hava örneklerinin ortalama BTEX konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) saatlik değişimi	74
Şekil 60	Lapseki ve Çardak iskele güzergahlarından hafta içi ve hafta sonu günlerde toplanan kişisel hava örneklerinin ortalama BTEX konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi	75
Şekil 61	Lapseki ve Çardak iskelelerinde feribot kuyruğundaki sayımı yapılan araba sayıları ($p<0,001$)	76
Şekil 62	Lapseki ve Çardak iskelelerinde feribot kuyruğundaki sayımı yapılan diğer araç (araba hariç diğer taşıtlar) sayıları ($p<0,001$)	76
Şekil 63	Lapseki ve Çardak iskelelerinde feribot kuyruğundaki sayımı yapılan toplam araç sayıları ($p<0,001$)	77
Şekil 64	Örnekleme gününe göre feribot kuyruğundaki sayımı yapılan araba sayıları ($p<0,01$)	77
Şekil 65	Örnekleme gününe göre feribot kuyruğundaki sayımı yapılan diğer araç (araba hariç diğer taşıtlar) sayıları ($p<0,05$)	78
Şekil 66	Örnekleme gününe göre feribot kuyruğundaki sayımı yapılan toplam araç sayıları ($p<0,01$)	78
Şekil 67	Kişisel örnekleme dönemi BTEX, TUOB ve ozon seviyelerinin saat aralıklarına göre ortalama konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi	80
Şekil 68	Kişisel örnekleme dönemi BTEX, TUOB ve ozon seviyelerinin zaman periyotlarına göre ortalama konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi	79
Şekil 69	Lapseki hava kalitesi verilerinin kişisel örnekleme saatlerine göre ortalama ozon konsantrasyon seviyesinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,001$)	81
Şekil 70	Çanakkale - merkez hava kalitesi verilerinin kişisel örnekleme saatlerine göre ortalama NO ₂ konsantrasyon seviyesinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,05$)	81
Şekil 71	Çanakkale - merkez hava kalitesi verilerinin kişisel örnekleme saatlerine göre ortalama NO _x konsantrasyon seviyesinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,05$)	82

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Çanakkale, Ege denizi ve Marmara denizini birbirine bağlayan bir boğaza sahip olması nedeniyle ulusal ve uluslararası deniz yolu taşımacılığı için önemli bir su yolu hattıdır. Çanakkale boğazından 2020 yılında toplamda 42.036 adet gemi geçmiş olup, gemi geçiş sayılarının aylara göre dağılımları Tablo 1’de verilmiştir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020). Ayrıca Çanakkale ili Avrupa ve Asya kıtasında bulunan toprak parçaları arasında iki yönlü olarak sefer yapan arabalı feribotlar nedeniyle yoğun bir karasal ve deniz ulaşım hattına sahiptir.

Tablo 1

Çanakkale Boğazı’ndan aylık olarak geçen gemi sayısı

Aylar	Geçiş yapan gemi sayısı
Ocak	3,625
Şubat	3,391
Mart	3,585
Nisan	3,490
Mayıs	3,378
Haziran	3,202
Temmuz	3,466
Ağustos	3,387
Eylül	3,582
Ekim	3,836
Kasım	3,585
Aralık	3,509
<i>Toplam (yıllık)</i>	<i>42,036</i>

Çanakkale İline bağlı olan Lapseki ilçesinin merkezinde ve Çardak beldesinde birer tane feribot iskelesi bulunmakta olup, Ege/Marmara-İç Anadolu bölgelerinden gelen/giden araçların Çanakkale bölgesine geliş-gidiş hattı üzerinde bulunmaktadır. Özellikle yaz mevsiminde karasal trafik, yerel ve yabancı turistlerden dolayı da artmaktadır. Yoğun olarak kullanılan ulaşım hatları nedeniyle bölgede deniz ve kara trafiği kaynaklı olarak hava kalitesinin olumsuz olarak etkilenmesi muhtemeldir. Lapseki bölgesinde T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’na bağlı ve Marmara Temiz Hava Merkezi tarafından kurulan bir hava kalitesi izleme istasyonu bulunmaktadır. İstasyonda sürekli

olarak PM_{2.5}, NO_x, ozon ve SO₂ ölçülmekte olup; UOB ölçümü ise yapılmamaktadır. İlâveten, Lapseki ve yakın civarında UOB düzeyleri daha önce farklı zamanlarda yapılan az sayıda çalışmada değerlendirilmiştir (Mentese ve Bas, 2020).

UOB bileşiklerinin insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. UOB türlerinden özellikle reaktif olanları NO_x'ler ile fotokimyasal reaksiyonlara girerek ikincil olarak yeryüzü seviyesindeki ozonun oluşumuna ve dolaylı olarak ise fotokimyasal smog (isli duman) oluşumuna neden olmaktadır (Astuti vd., 2015).

Çalışma alanı, Lapseki'nin Merkez ve Çardak Beldesinde bulunan arabalı feribot iskeleleri ile bu iskelelerin geliş-gidiş istikametleri göz önünde bulundurularak farklı noktalardan seçilmiştir ve iskele bölgelerinin hava kirliliği üzerindeki etkisinin/katkısının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla pasif, aktif ve kişisel örnekleme metotları kullanılarak hava kirletici kaynaklarının potansiyel yoğunluğu açısından "sıcak-nokta" olarak nitelendirilebilecek feribot iskelelerinde sırada bekleyen kişiler/araç sürücüleri ile genel bölge halkının maruz kaldığı UOB ve ozon seviyelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

1.1. Hava Kirliliği

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte üretim ve tüketim maddelerine olan ihtiyaçların artmasıyla birlikte üretim proseslerinin değişmesi ve üretim-tüketim maddelerinin taşınması için kullanılan kara, hava ve deniz taşımacılığının etkisiyle hava kompozisyonunda meydana gelen değişimler hava kirliliğine yol açabilmektedir.

Hava kirliliği, atmosferin Tablo 2'de verilen doğal kompozisyonunu etkileyen fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik ajanlar tarafından kirlenmesidir (WHO, 2021).

Tablo 2

Atmosfer kompozisyonu (Hacim/Hacim)

Bileşen	%
N ₂	78,1
O ₂	20,9
Ar	0,93
CO ₂	0,034

(Astuti vd., 2015)

Hava kirliliğini oluşturan kirleticiler kaynaklarına göre doğal ve insan kaynaklı olarak ortaya çıkabilmektedir. İnsan kaynaklı kirleticiler genel olarak motorlu araçlar, endüstriyel faaliyetler ve ısınmadan kaynaklı olarak havaya salınan maddelerdir. Yanardağlar, okyanus fitoplantonları, orman yangınları, fermantasyon gibi anaerobik çürümeler, oksijenin ultra viyole (UV) ışınları ile reaksiyonları ve bir çok bitki türünden (özellikle iğne yapraklı ve okaliptus ağaçlarından) salınan kirletici türleri doğal hava kirletici kaynaklarına örnek olarak verilebilir (Astuti vd., 2015).

Trafik, dünya üzerindeki bütün ülkelerin hava kirliliği yüküne giderek artan oranda katkıda bulunmaktadır. Günümüzde üretim sektöründeki gelişmeler ile üretilen ve insan hayatını kolaylaştıran ürünlerin ülkeler arasında ve ülkeler içinde marketlere dağıtımı ile rutin ulaşım ilaveten insanların tatil dönemlerinde şehir içi ve/veya şehirlerarası seyahati hava kirliliği üzerindeki yükünü arttırmaktadır (Mentese ve Akca, 2020). Araçlarda kullanılan yakıtların (benzin, LPG, dizel vb.) yanma reaksiyonları ve benzin istasyonlarındaki buharlaşma gibi olayların sonucunda NO, NO₂, SO₂, O₃, PM ve UOB türleri oluşarak hava ortamına salınmaktadır (Mozaffar vd., 2020; Mentese ve Akca, 2020; Na, 2006).

1.2. Hava Kirleticileri

Hava kirleticileri doğal ve/veya insani faaliyetler sonucunda insan sağlığına ve çevreye zarar veren bileşiklerdir. Trafikten kaynaklanan baskın kirleticiler NO_x, partiküler madde, ozon ve UOB'lerdir. 06.06.2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazete'de

yayımlanarak yürürlüğe giren ‘‘Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’’ kapsamında hava kalitesini etkileyen SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀ ve benzen kirleticilerinin kısa ve uzun vadeli olarak belirlenmiş olan sınır değerleri Tablo 3’de verilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008).

Tablo 3

Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği kapsamında 2020-2022 yılları arasında geçerli olan kava kirletici sınır değerleri (µg/m³)

Kirletici	Ortalama süre	Sınır değer (µg/m ³)		
		2020	2021	2022
SO ₂	Saatlik	350	350	350
	24 Saatlik	125	125	125
	Yıllık	20	20	20
NO ₂	Saatlik	200+40	200+30	200+20
	Yıllık	40+8	40+6	40+4
NO _x	Yıllık	30	30	30
PM ₁₀	24 Saatlik	50	50	50
	Yıllık	40	40	40
Benzen	Yıllık	5+1	5	5

(T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008)

1.2.1. Azot oksitler (NO_x)

Azot monoksit (NO) ve azot dioksitlerin (NO₂) genellikle azot oksitler (NO_x) olarak değerlendirilmekte olup, çoğunlukla fosil yakıtların yanması ile meydana gelmektedir. Bakteriler tarafından atmosfere salınan Nitröz oksit (N₂O) troposfer ve stratosfer tabakalarında bulunan oksijen atomları ile reaksiyona girerek azot oksit (NO) oluşumuna neden olur. Oluşan azot oksitler ozon ile tepkimeye girerek azot dioksit ve oksijen atomu oluşumuna neden olur (Davis ve Cornwell, 2008). NO_x’ler sadece havadaki azot miktarına bağlı olarak değil, aynı zamanda yanma reaksiyonunda hava-yakıt oranına bağlı olarak oluşmaktadır. Yüksek yanma sıcaklıkları ve zengin oksitlenme koşulları genellikle yanma

reaksiyonlarında NO_x oluşumunu destekler (EEA, 2022). Azot oksitler, soluma yoluyla akut toksisitesi yüksektir ve 10 dakika boyunca 10 ppm'lik düzeyine maruz kalan kişide öksürük göğüs ağrısı, köpüklü balgam ve nefes almada zorluk; 10-20 ppm düzeyinde maruziyette gözleri hafif derecede tahriş eder; yüksek düzeylerde maruziyette ise cilt, göz ve mukoza zarları için aşındırıcıdır (Wexler vd., 2005).

1.2.2. Kükürt dioksit (SO₂)

Kükürt dioksit (SO₂), renksiz ve yanıcı olmayan keskin kötü bir kokuya sahip bir gazdır. SO₂, önemli bir hava kirleticisi olarak sınıflandırılır. Gözleri, mukoza tabakalarını ve solunum yollarını tahriş eder ve yüksek düzeyde SO₂'ye maruz kalınması kalp durmasına neden olur (Wexler vd., 2005).

Havdaki SO₂, genellikle kükürt içerikli yakıtların (özellikle kömür) yanma reaksiyonu sonucunda oluşur. Volkanik patlamalar ile havaya salınan gazlar da SO₂ bulunmaktadır. Kükürt dioksit ayrıca asit yağmurlarında majör katkıya sahip olan sülfirik aside (H₂SO₄) dönüşerek ekosistemi dolaylı olarak etkilemektedir (Cooper vd., 2001).

1.2.3. Partikül Madde (PM)

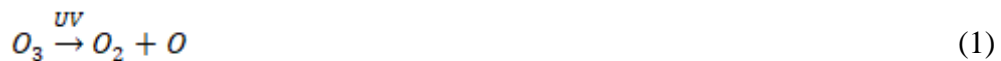
Partikül madde; kurum, toz, duman ve/veya sıvı tanecikleri gibi havadaki katı partikül maddeler olup, aerodinamik çaplarına göre kategorize edilirler. Partikül maddelerin boyutları havada taşınmaları veya hava ortamından uzaklaştırılmaları ile solunum sistemi içinde birikimleri açısından önemli bir gösterge olarak kullanılır. Partikül maddeler çaplarına göre farklı şekilde sınıflandırılmaktadır ve yaygın olarak PM₁₀ (çapı 10 µm'den küçük olan partiküller), PM_{2,5} (çapı 2,5 µm'den küçük olan partiküller) ve PM_{0,1} (çapı 0,1 µm'den küçük olan partiküller) olarak ifade edilir. PM'ler araçlardan kaynaklanan yanma reaksiyonlarından; araçların fren, tekerlek gibi mekanik aksamlarından hava ortamına salınmaktadır ve seviyeleri kaynak yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik

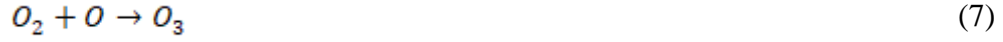
göstermektedir (Bukowiecki vd., 2010). Partikül maddelere maruz kalınması sonucunda solunum yolu ve kardiyovasküler hastalıklar meydana gelebilir (Fugas ve Valić, 1968).

1.2.4. Ozon (O₃)

Ozon, üç oksijen atomunun birbiri ile bağ kurması ile meydana gelen reaktif bir gazdır. Ozonun bulunduğu yere göre (stratosfer ve troposfer) zararlı veya yararlı olarak sınıflandırılabilir (Seinfeld ve Pandis, 2006). Havadaki kirleticilerin güneş ışınları ile reaksiyona girerek ikincil kirletici ozon ve kimyasal duman oluşumuna neden olmaktadır (Wei vd., 2014). Smog, havadaki kirleticilerin sürekliliği ve yüksek düzeylerde olmasına bağlı olarak herhangi bir çevrede oluşabilir ve hava sıcaklığı ve rüzgarın yatay ve dikey hareketleri smog oluşumunda etkisi olduğu bilinmektedir (Rani vd., 2011). Araçların egzozlarından kaynaklanan kirleticiler ve fosil yakıtların yanması sonucunda oluşan hava kirleticileri smog oluşumuna neden olabilmekte ve ilaveten ozon oluşumuna da katkı sağlamaktadır (Chaichan vd., 2018).

(1) reaksiyonuna göre, troposferde, güneşten gelen radyasyon orada bulunan ozonu O₂ ve atomlarına ayırır. (2) reaksiyonu ile ayrılan oksijen atomu, OH radikalini oluşturmak için su buharı ile tepkimeye girer. (3) reaksiyonu ile çeşitli kaynaklardan troposfere salınan NO_x, UOB ve karbon monoksit (CO) antropojenik girişimini (R) başlatır. (4) reaksiyonu ile UOB veya CO, OH ile tepkimeye girerek RO₂ bileşiklerini oluşturur. (5) reaksiyonunda RO₂, çeşitli kaynaklardan salınan NO ile ozon oluşumundan sorumlu olan birincil gaz NO₂ bileşimini oksitlemeye yardımcı olur. (6) reaksiyonunda NO₂ fotolitik olarak NO ile oksijen atomunu oluşturur ve (7) reaksiyonunda oluşan bu oksijen atomu ve O₂ tepkimeye girerek ozonu oluşturur (Sharma vd., 2017).





Fotokimyasal reaksiyonların güneş ışınları ve sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşmesi nedeniyle ozon oluşumu yaz mevsimlerinde ve hatta gün içerisinde sıcaklığın en yüksek olduğu zamanlarda artmaktadır (Chaichan vd., 2018; Santos ve Azevedo, 2021). Yeryüzü ozonu oluşumunda, sıcaklığın yanı sıra trafikteki araçlara bağlı olarak havaya salınan kirletici seviyesinin değişimine paralel olarak seviyesinde değişiklik olmaktadır (Chaichan vd., 2018). Ozon, kısa süreli maruziyetlerde boğaz, burun ve gözlerin mukoza zarlarında kuruluğa, hafif ila orta derecede maruz kalma durumunda üst solunum yolu semptomlarına ve göz tahrişine neden olur ve ayrıca ozon astımı şiddetlendirebilir ve pnömoni ve bronşit gibi solunum yolu hastalıklarına yatkınlıkları artırabilir (Wexler vd., 2005).

1.2.5. Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

Uçucu organik bileşikler (UOB), yüksek buhar basıncına ve standart çevre sıcaklığında ve basıncında kolayca buharlaşabilen organik kimyasallardır. UOB'ler, 50-260 °C kaynama noktasına organik kirleticilerdir (Wexler vd., 2005) ve genellikle yanabilir özelliğe sahiptir. UOB'ler kaynama noktalarına göre çok uçucu organik kirleticiler (<0'da 50-100 °C), uçucu organik bileşikler (50-100'den 240-260 °C) yarı uçucu organik bileşik olmak (240-260'dan 380-400 °C) üzere 3 gruba ayrılır (Wexler vd., 2005). UOB grubunda yer alan bileşiklerden hava kalitesi açısından önem arz edenleri genellikle BTEX (benzen, toluen, etilbenzen, *m,p*-ksilen, *o*-ksilen ve stiren), organik solventler, spreyleyler, yakıtlar (benzin, LPG vb.) ile petrol distilasyonu gibi organik bileşikler için kullanılır. UOB'ler doğal olarak bazı ağaç ve bitki türü tarafından hava ortamına salınabilmektedir. UOB'ler çeşitli nedenlerden dolayı insan sağlığı ve çevre için olumsuz etkilere yol açabilmektedir

(Fugas ve Valić, 1968). Hava ortamındaki UOBlerin antropojenik kaynakları; yakıtların tam yanmaması sonucunda oluşmaktadır (Nowak, 2019). Ayrıca UOB'ler, boya ve diğer solventler, aerosol spreyleyler, pestisitler, printer, inşaat malzemeleri gibi bir çok kaynaktan havaya salınabilirler (Davis ve Cornwell, 2008; Fugas ve Valić, 1968).

Benzen

Benzen, 80,1 °C kaynama noktasına ve 0,8756 g/cm³ yoğunluğa sahip renksiz, uçucu ve kolay alevlenebilir bir aromatik hidrokarbon türüdür (Lyon, 2018). Havadaki benzen konsantrasyonu, doğal (yanardağ patlamaları, orman yangınları vb.) ve/veya endüstriyel kaynaklardan (kömür yanması, yakıt yanması, motorlu araçların egzozları, sigara, çeşitli kimyasalların üretimi vb.) salınım nedeniyle artmaktadır. Benzene kısa süreli maruziyet (5-10 dk), konsantrasyonuna bağlı olarak, bilinç kaybı, uyuşukluk, baş dönmesi, hızlı kalp atışı hızı, cilt ve gözlerde tahriş, kasılmalar, mide tahrişi, kusma, koma ve ölüme yol açmakta olup; kronik olarak benzene uzun süreli maruz kalan bir kişide anemi ve zamanla bağışıklık sisteminin zayıflaması nedeniyle kansere yol açmasına ilaveten; insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı Dünya Sağlık Örgütü Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından 1979'dan bu yana kanserojen olarak sınıflandırılmıştır (IARC, 1979; EPA, 2007).

Toluen

Toluen, 110,6 °C kaynama noktasına ve 0,8623 g/cm³ yoğunluğuna sahip renksiz ve kolayca anlaşılabilen kokuya sahip bir aromatik bileşiktir (National Library of Medicine, 2021). Toluen, ham petrolün ve tolu ağacının yapısında doğal olarak bulunmaktadır. Ayrıca, boya, oje, lastik, tiner yapımında ve benzen, naylon, plastik, trinitrotoluen vb. yapımında da tolüen kullanılmaktadır. Maruz kalınan zamanın uzunluğu, sıklığı, konsantrasyonu, genetik ve yaşa bağlı olarak toluene maruz kalan kişilerde maruziyet devam ettikçe baş ağrısı, bilinç kaybı, uyuklama ve baş dönmesi gibi etkileri göstermektedir. Maruziyetin bitmesiyle beraber etkiler azalmakta veya tamamen geçmektedir; ancak solunum ve dolaşım sistemine giren tolüen nihayetinde ölüme yol

açabilir. Toluen, sinir ve beyin sistemine zarar verebilir. Ayrıca hamile insanların maruz kalması sonucunda yeni doğan bebeklerde mental yeteneklerde ve büyümede sorunlara neden olabilir (EPA, 2017).

Ksilenler

Ksilen, 3 farklı izomeri bulunan (*o*-, *m*-, *p*-) bir aromatik hidrokarbon türüdür. Ksilen; boya, mürekkep gibi ürünlerde inceltici, boya temizleyici vb. olarak kullanılmakta olup, aynı zamanda boya, parfüm, böcek ilaçları ve ilaç endüstrilerinde kullanılmaktadır. Çalışma alanları dışında ksilen maruziyeti benzin istasyonları, rafineri, kimyasal tesisleri ve araçlardan havaya salınarak deri ve ağız yolu ile insan vücuduna nüfuz edebilir. Yapılan çalışmalarda havadaki ksilenlerin %60'ının deneklerin akciğerindeki kan dolaşımına emildiği görülmüştür (Wexler vd., 2005). Vücutta emilen ksilen, canlı vücudunda birçok dokuya, özellikle lipit bakımından zengin organlara dağılmaktadır. Ksilenin kimyasal değişimi karaciğerde ve akciğerde meydana gelmekte, burada *o,m,p*-toluik asitler ve/veya metil hippürik asit olarak değiştiği, böylece idrarla kolayca atıldığı bulunmuştur (Wexler vd., 2005).

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ülkemizde ve dünyanın farklı yerlerinde havadaki ozon düzeyi ile UOB kompozisyonunun belirlenmesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar arasından, mevcut teze konu olan yöreye yakın ve tez konusuna benzer olarak gerçekleştirilen güncel çalışmaların bir kısmına ait özet bilgi aşağıdaki gibi sunulmaktadır.

Bursa bölgesinde C₂-C₁₂ arasındaki UOB'lerin kaynaklarını ve düzeylerini araştırmak amacıyla 2 farklı dönemde (14 Eylül-6 Kasım 2005 ve 17 Mart-10 Mayıs 2006) hava örnekleri toplanmıştır. Yapılan analizler ışığında bölgede 112 çeşit UOB türü gözlenmiş olup; yıllık, hafta içi-sonu ve mevsimlik olarak UOB'lerin değişim gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca bölgede UOB kaynağı olarak sadece trafik değil, asfaltın da katkısı olduğu düşünülmektedir (Yurdakul vd., 2018).

2018 yılında 4 farklı mevsimde Çanakkale Boğazı çevresinin UOB seviyelerinin belirlenmesi için aktif ve pasif hava örneklerinin 5'i Avrupa kıtası ve 7'si Asya kıtası olmak üzere toplamda 12 noktada yapılmıştır. Çalışmanın hedef UOB türleri parafinler ve aromatik hidrokarbonlardır. Çalışmada, trafik ve şehir bölgelerine yakın olan kısımlarda UOB seviyelerinin diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Mentese ve Bas, 2020). Çanakkale İli'ne bağlı Merkez ve Kilitbahir ilçelerinde 2018 yaz sezonunda yoğun trafik olan ve olmayan zamanlarda aktif örnekleme metoduyla gerçekleştirilen başka bir çalışmada, iskele ve araç trafiğinin bölgedeki hava kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Buna göre, trafiğin hava kalitesi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu gözlenmiştir (Mentese ve Akca, 2020). Çanakkale İline bağlı Çan, Lapseki ve Merkez bölgelerinde ısınma, endüstri, karasal ve deniz trafiğinin kaynaklanan kirleticilerin meteorolojik parametreler ile olan ilişkisi başka bir çalışmada incelenmiştir (Mentese ve Selcuk, 2022). Araştırma bölgelerinde hava kirlilik düzeyleri arasında yıllık bazda farklılıklar olduğu ve meteorolojik parametrelerin etkisinin olduğu saptanmıştır (Mentese ve Selcuk, 2022).

Düzce ilinde inorganik ve organik kirleticilerin mevsimsel ve mekânsal konsantrasyonları pasif örnekleme metodu kullanılarak belirlenmiştir. Araştırmada 23 kentsel bölgede, 17 endüstriyel bölgede ve 10 kırsal bölgede olmak üzere toplamda 50 adet örnekleme noktası belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarının ışığında kış mevsiminde araç trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde kirletici konsantrasyonları yüksek gözlenmiştir. Ancak, en yüksek ozon düzeylerine yaz mevsiminde rastlanmıştır (Bozkurt vd., 2018).

İstanbul ilinde bulunan Ambarlı limanı ile Avcılarda bulunan Hava Kalitesi İzleme istasyonu verileri kullanılarak Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yapılan ölçülen $PM_{2.5}$, PM_{10} , SO_2 , CO , NO ve NO_2 düzeylerinin Avrupa Birliği ve ulusal hava kalitesi sınırı değerlerinin altında olduğu görülmüştür (Ulugencoglu ve Alcarin, 2020).

Giresun'da doğal gaz ve kömür kullanımından kaynaklanan kirletici seviyeleri arasındaki farklılık araştırılmıştır. Bu amaçla, 8 istasyon belirlenmiş ve 48 adet hava örneği farklı türlerde aktif karbonlar kullanılarak (odun, kömür, cevizi bazlı) pasif örnekleme metodu kullanılarak toplanmıştır. Araştırmanın sonucunda, bölgede örnekleme yapılan istasyonlar arasında, mevsimler arasında ve kullanılan aktif kömürler açısından fark olmadığı görülmüştür (Elkaya ve Türkmen, 2020).

Endüstri ve ulaşım bölgesi olan İskenderun körfez bölgesinde deniz taşıtlarından kaynaklanan kirleticilerin miktarı AIS data kullanılarak öngörülme çalışılmıştır. Sonuç olarak, bölgedeki deniz taşımacılığında kaynaklanan kirletici düzeyinin olumsuz etkisinin olduğu; liman bölgesinden 1 km mesafede karasal trafik ve endüstri gibi diğer kirletici kaynaklar ile beraber insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisinin olacağı belirlenmiştir (Tokuslu, 2021).

Samsun İline bağlı Tekkeköy ilçesinde trafikte bulunan araç türü, araç hızı, motor gücü gibi teknik özelliklere bağlı olarak meydana gelen kirleticilerin farklılıkları belirlenmek istenmiştir. Araştırmada MATLAB programlama dili kullanılarak yapılan

hesaplamalarda kirletici salınımı arasında araçların türüne bağlı olarak ve kullanım esnasındaki hız düzeyine bağlı olarak farklılık olduğu bulunmuştur (Kaya, 2019).

Bolu'da BTEX, kükürt dioksit, ozon ve azot oksitlerin ormanlık alanlar ile kentsel ve yerel alanlarda düzeyleri, zamansal ve mevsimsel olarak araştırılmıştır. Ormanlık alanlarda ozon miktarının diğer bölgelere göre yüksek olduğu, BTEX ve azot oksit konsantrasyonlarının şehir merkezlerinde daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Dörter vd., 2022).

Çin'in Pearl nehir deltası bölgesinde yerel kaynaklardan oluşan UOB envanteri çıkarılmıştır. Bölgede ozon oluşturma potansiyeli yüksek 10 tür: izopren, *m,p*-ksilen, toluen, etilen, propen, *o*-ksilen, 1,2,4-trimethylbenzen, 2-methyl-2-büten, 1-büten ve α -pinen'dir. Bu bileşikler UOB emisyonlarının %35,9'unu oluşturmakta olup, %64,1 ozon oluşturma potansiyeli bulunmaktadır. UOB oluşumunun şehirsal bölge tabanlı olduğu, özellikle araçlardan, endüstrilerden ve UOB üretimi ile ilgili işlerden kaynaklandığı belirtilmektedir (Zheng vd., 2009).

Havadaki UOB ile ozon ve ikincil organik aerosollerin oluşumu üzerindeki etkilerin karakterize edilebilmesi için 2018 yılının yaz mevsiminde, Çin'in Nanjing şehrinin çevresinde bulunan seçilmiş bir yerleşim alanında 89 çeşit UOB türü ve atmosferde bulunan ozon, azot oksit, karbondioksit ve kükürt oksit gibi gazların saatlik konsantrasyonları ölçülmüştür. Şehirde hava kalitesi üzerinde trafiğin önemli bir etken olduğu ve bölgedeki ozon miktarının ulusal ve uluslar arası ozon sınır değerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. TUOB konsantrasyonu 35 ± 21 ppmv ve UOB/NO_x oranı 8:1 olarak bulunmuştur. Ayrıca, NO_x seviyesinin ozon oluşturma potansiyelinin UOB'den daha fazla olduğu ve NO_x konsantrasyonunun azaltılması durumunda yeryüzü ozon miktarında önemli bir etkiye yol açacağı düşünülmektedir (Mozaffar vd., 2020).

Çin'in Beijing kentinin kırsal kesiminde bulunan bir petrol rafinerisinin bulunduğu bölgeden çalışma alanını temsil etmesi amacıyla iki farklı nokta belirlenmiştir. Yer

seviyesindeki ozonunun günlük ortalama ve maksimum düzeyleri 64 ve 145,5 ppm; NO_x saatlik ortalama için NO₂ ve NO düzeyleri sırasıyla 20,5-46,1 ve 1,8,-6,4 ppm aralıklarında görülmüştür. Ayrıca arka plan olarak seçilen örnekleme bölgesinden toplanan örneklerde 51 çeşit UOB türüne rastlanmış olup, bu türlerin %60 ± %4,3 oranında alkan, %21,1 ± %5,5 oranında alken ve %18,9 ± %3,9 oranında aromatik bileşiklerden oluştuğu görülmüştür. Rafineri çevresinde zamansal ve mekânsal UOB karışımı seviyelerinden kaynaklı güçlü fotokimyasal reaksiyonlar oluştuğu görülmüştür (Wei vd., 2014).

Kore'nin Seul şehrinde 1997 - 1999 yılları arasında 21 ay boyunca trafikten ve evaporatif emisyonlardan kaynaklanan C₆-C₉ aromatik hidrokarbonların 24 saatlik örnekler toplanarak GC/MS ile konsantrasyonları belirlenmiştir (Na vd., 2005). Aromatik hidrokarbonların konsantrasyonunun mevsimsel olarak kış boyunca yüksek ve yaz boyunca düşük olduğu belirlenmiştir. UOB'lerin ortalama %58'nin araçlardan kaynaklı olduğu, ancak yaz aylarında evaporatif emisyonların daha fazla oluştuğu gözlemlenmiş olup, evaporatif emisyonların ozon oluşturma potansiyelinin araçlardan kaynaklı oluşuma göre %40 daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Ksilen'in ozon oluşumunda büyük bir rol oynadığı, benzenin ise ozon oluşturma potansiyelinin düşük olduğu bulunmuştur (Na vd., 2005). Kore'nin Seul şehrinde bulunan Sangdo tüneline gerçekleştirilen çalışmada, tünelde araçların yakıt tüketiminden kaynaklanan UOB miktarları ve bu miktarların tünelin girişi ve tünelin ortasındaki konsantrasyonu karşılaştırılmıştır (Na, 2006). Tünelde giriş kısmını ve tünelin iç kısmını temsil eden iki nokta seçilmiştir. Propan; Seul atmosferinde en çok karşılaşılan UOB türü olduğu için konsantrasyonların kıyaslanmasında seçilmiştir. Giriş kısmından toplanan örneklerdeki propan konsantrasyonunun, orta kısımdan toplanan örneklerle kıyasla ortalama %60 daha yüksek olduğu görülmüştür. Dış havanın tünelin içerisindeki havaya etkisinin %30-67 arasında değişmekte olduğu (ortalama %55) ve orta kısımdan 1,5 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Dış havanın tünel içindeki havaya sürekli bir etki yarattığı ve dış ortam havasının ayrı tutularak tünel içinde egzoz gazlarından dolayı oluşan gazların bileşimlerinin daha rahat izlenebileceği düşünülmektedir (Na, 2006).

İtalya'nın güneyinde bulunan Canosa di Puglia kentinin 12 noktasında UOB'ler izlenerek ana kaynağı belirlenmek istenmiştir (Bruno vd., 2008). Radiello difüzyon

örnekleyici kullanılmış olup, örnekleme noktaları belirlenirken şehrin trafik yoğunluğuna ve şehrin mimarisine dikkat edilmiştir. UOB'ler arasında BTEX gurubunun konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, günlük benzen ve toluen konsantrasyonlarının şehir merkezinde bulunan dar ve yüksek binalı yolların kirliliğın dağılmasına izin vermemesinden dolayı yüksek olduğu ve trafik kökenli oldukları anlaşılmıştır (Bruno vd., 2008). İtalya'nın Napoli şehrinde iki tünel geçişinin yakınında BTEX konsantrasyonlarını belirlemek için aktif örnekleme metoduyla hava örnekleri toplanmıştır (Murena, 2007). İki noktasından alınan örneklerde benzen düzeyleri. Avrupa Birliğı tarafından çalışmanın yapıldığı dönemde geçerli olan sınırı değer olan 10 µg/m³'ü aştığı, diğer kirleticilerin de konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmüştür (Murena, 2007).

Kopenhag'da trafik yoğunluğunun önemli olduğu ve hava kirliliğinin oluştuğı bölgelerle sınırlandırılmış bir çalışmada, Danimarka operasyonel cadde kirliliğı modeli kullanılarak hava kirliliğinin bina yapısına, cadde şekline ve meteorolojik parametrelere bağılı olarak değışimi araştırılmıştır (Berkowicz vd., 1996). Rüzgârın tersi yönündeki hava kirliliğinin, rüzgâr yönüne göre daha yüksek olduğu; ancak cadde ölçümlerinin ölçüm yapılan caddeyi temsil ettiği ve şehri temsil etmediğı belirlenmiştir (Berkowicz vd., 1996).

Cezayir'de havada bulunan C₆-C₁₆ düzeylerinin belirlendiğı bir çalışmada, bölgeyi temsil etmesi için yol, şehir için arka plan ve yarı kırsal alan olmak üzere üç nokta belirlenmiştir (Kerbachi vd., 2006). BTEX'ler ve aromatik hidrokarbonların gözlendiğı çalışmada, yol seviyesinde toluen ve benzen seviyelerinin sırasıyla 39 ve 27 µg/m³ olduğu ve benzen'in sıklıkla 40 µg/m³'ten yüksek olduğu gözlenmiştir. Cezayir'de hava kalitesinde aromatik hidrokarbonların yüksek seviyelerde olmasının nedeninin trafik olduğu belirtilmiştir (Kerbachi vd., 2006).

Irak Bağdat'ta Mohammad Al-Qasim otoyolunun bulunduğu bölgede araçlardan, kamyonlardan, otobüslerden, yerel jeneratörlerden ve ağır üretim ekipmanlarından kaynaklanan hava kirliliğinin düzeylerini belirlemek amacıyla 24 saat boyunca hava örnekleri toplanmıştır (Chaichan vd., 2018). Hava kirliliğinin kamu işlerinin başlama ve

bitiş zamanlarında yüksek olduğu gözlenmiştir. Irak petrolünün sülfür içeriğinin yüksek olması nedeniyle bazı yerlerde sülfür bileşiklerinin insan sağlığına ciddi bir tehdit edebilecek düzeyde olduğu gözlenmiştir. Çalışmanın sonucunda Irak hükümetinin ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılması için çok fazla efor sarf etmesi gerektiği vurgulanmıştır (Chaichan vd., 2018).

İspanya'nın Bilboa kentinde 1993, 1994, 1995 ve 1996 yılları kapsayacak şekilde uzun dönem ozon seviyesindeki değişim izlenmiştir (Ibarra-Berastegi vd., 2001). Kentin içinde belirlenmiş üç noktadan alınan hava ölçümleri, uzun dönemdeki ozonun değişiminde trafikten kaynaklanan NO_x ve UOB'nin konsantrasyonlarındaki değişimlerin önemli bir etkiye sahip olduğu ve Bilboa'daki ölçümlerin yapıldığı lokasyonlarda %81 ila %99,6 arasında trafiğe bağlı olarak günlük değişimlerin olduğu görülmüştür (Ibarra-Berastegi vd., 2001). İspanya'nın kuzeyinde bulunan bir şehirde 2006 Haziran'dan 2007 Haziran ayına kadar bir yıllık süre içerisinde 40 noktada pasif örnekleme yöntemiyle havadaki UOB ve NO₂ konsantrasyonları ölçülmüştür (Parra vd., 2009). Yakın mesafelerde havada bulunan UOB ve NO₂ seviyelerinde yüksek farklılıkların olduğu; bu durumun ana nedeninin trafik olduğu belirtilmiştir. Yaz aylarında UOB ve NO₂ konsantrasyonlarının düşük olmasının nedeni olarak trafik yoğunluğunun az olması ve güneş radyasyonunun artması gösterilmiştir. Bölgede benzen ve NO₂ seviyesinin Avrupa Birliği sınır değerlerinin üstünde olduğu belirlenmiştir (Parra vd., 2009).

Nijerya'nın Obrikum Omoku ve Elele-Alimini şehirlerinin hava kalitesi ve meteorolojik parametreleri bir yıl boyunca ayda bir gün olarak sekiz noktada takip edilmiştir (Joseph ve Ideriah, 2021). Eylül ve Ocak ayları arasında hava kalitesi indeksi düşük olarak gözlenmiş; NO₂, SO₂, CO, PM_{2,5} ve PM₁₀ için maksimum konsantrasyonlar sırasıyla 68, 612, 138, 165 ve 137 ppm olarak bulunmuştur. SO₂, CO, PM_{2,5} ve PM₁₀ seviyelerinin üçüncü istasyonda DSÖ'nün sınır değerlerini aştığı belirtilmiştir. UOB düzeyi, bütün istasyonlarda toksik seviyelerin altında olduğu görülmüştür. Petrol endüstrisi tarafından gaz alevlenmesinin (flare yakılması) ve bölgedeki halkın kirliliğe neden olan diğer uygulamalarını en aza indirmeleri tavsiye edilmiştir (Joseph ve Ideriah, 2021). Nijerya'da yoğun trafiğe sahip büyük bir şehir olan Lagos'ta hava kirliliği düzeyleri

araştırılmıştır (Baumbach vd., 1995). Bölgedeki hava kirliliğinin temel nedeni olarak trafik yoğunluğu ve trafik sıkışıklığı gösterilmiştir. Özellikle otobüs duraklarının yoğun olduğu pazar alanı ve çevresinde insanların yüksek düzeyde hidrokarbon içerikli hava soludukları görülmüştür (Baumbach vd., 1995).

Yunanistan'ın Chania şehrinde trafik yoğunluğu ile oluşan BTEX düzeylerinin belirlenmesi için şehrin birçok kısmında belirlenen noktalarda hava örnekleme yapılmıştır (Pilidis vd., 2005). Benzen konsantrasyonunun AB direktifinde (2000/69) yer alan sınır değeri aştığı, benzen'in trafik yoğunluğu ile ilişkili iken; toluen/benzen/ksilen oranlarının mevsimsel olarak meteorolojik parametrelere bağlı olduğu görülmüştür (Pilidis vd., 2005).

Beyrut'ta 25 trafik polisi ve 23 polis memurunun maruz kaldığı benzen ve 1,3-butadien konsantrasyonunun belirlenmesi için seçilen kişilere kişisel örnekleme cihazları verilmiştir (Borgie vd., 2014). Beyrut'ta bulunan polislerin benzen maruziyetlerinin; Prag, Bangkok, Bologna ve Yunanistan'da yapılan çalışmalara katılan polislere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. İlaveten, trafik polislerinin diğer polis memurlarına göre daha fazla 1,3-butadien ve benzene maruz kaldığı; kanser gibi hastalıkların oluşma riskinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Borgie vd., 2014).

Amerika, Los Angeles'da ozonun oluşumuna hafta sonunun etkisi araştırılmıştır (Gao ve Niemeier, 2007). Ozon dinamiğinin; zaman, taşıma aktivitelerinin büyüklüğü ve birincil ozon öncülleri ile yakından bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Trafik akışının araç türü ve şehirdeki konuma bağlı olarak haftanın günlerine göre istatistiksel olarak önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Gao ve Niemeier, 2007).

Güney Amerika kıtasında Cracas, Quito, Santiago, Sao Paulo şehirleri ve Asya kıtasında Bangkok ve Manila şehirlerinde UOB düzeyleri araştırılmıştır (Gee ve Sollars, 1998). Benzen 5-18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve toluen düzeylerinin 15-186 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralıklarında değişmiştir. Güney Amerika şehirlerinin UOB düzeylerinin, Asya'daki şehirlere göre düşük olduğu

belirlenmiştir (Gee ve Sollars, 1998). Peru'nun Trujillo kentin şoför, gazete satıcısı, trafik polisi ve benzin istasyonu görevlilerinden oluşan 58 kişilik deney grubunun trafik kaynaklı PM_{2,5}, CO ve UOB maruziyetleri belirlenmiştir (Han vd., 2005). Tam bir vardiya süresince olan kirletici maruziyeti göz önünde bulundurulduğunda; en yüksek CO maruziyeti gazete satıcılarında ortalama 11,9 ppm ve en düşük ofis çalışanlarında ortalama 2 ppm olarak; en yüksek PM_{2,5} maruziyeti (161 ppm) otobüs şoförlerinde ve ofis çalışanlarında ise 65 ppm olarak; ve en yüksek BTEX maruziyeti ise (toplam >600 ppm) benzin istasyonu çalışanlarında görülmüştür (Han vd., 2005). Rio de Janerio kentinde araçlardan kaynaklanan yeryüzü ozonu oluşum seviyesi araştırılmıştır (Santos ve Azevedo, 2021). Çalışmada şehirde bulunan Rebouças tüneline hava örnekleri toplanmıştır. Sonuç olarak, mono-aromatik bileşiklerin yüksek ozon oluşturma potansiyeline sahip olduğu; propen'in izlenen TUOB'ler arasında ozonun oluşumundan %27 oranında ve majör düzeyde sorumlu olduğu belirlenmiştir (Santos ve Azevedo, 2021).

Endüstriyel bir Fransız şehir olan Dunkerque'de UOB düzeyleri araştırılmıştır (Roukos vd., 2009). Çalışmada 6 kimyasal ailesine bağlı toplam 174 UOB türü tanımlanmış olup; dört gruba endüstriyel ve kentsel kirletici kaynakların etkisi olduğu görülmüştür. BTEX seviyelerinin haritası çıkarıldığı çalışmada, yüksek benzen ve toluen konsantrasyonlarına Kuzey Dunkerque'nin iki sanayi tesisinin katkısı olduğu gösterilmiştir. Benzen ve toluen dağılımları arasındaki farklılıklara meteorolojik parameterelerin etkisi olduğu belirtilmiştir (Roukos vd., 2009).

Hindistan'ın Delhi Şehrinde 2016-2017 yılları arasında 3 farklı bölge BTEX seviyelerinin belirlenmesi amacıyla 4 saatlik gece ve gündüz olmak üzere ölçümler gerçekleştirilmiş ve BTEX konsantrasyonlarının ozon oluşturma potansiyelleri karşılaştırılmıştır (Mehta vd., 2020). Ozon oluşturma potansiyelleri düşükten yükseğe doğru, sırasıyla etilbenzen *o*-ksilen, *m,p*-ksilen, toluen ve benzen olarak belirlenmiş; mevsime bağlı olarak ise muson, kış, yaz ve muson sonrası dönemler olarak bulunmuştur (Mehta vd., 2020).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çanakkale, Marmara bölgesinde bulunan, Asya ve Avrupa kıtalarında kara parçaları olan, Çanakkale boğazı ile Marmara ve Ege Denizlerinin birbirine bağlandığı bir geçiş noktasıdır. Lapseki, Çanakkale ilinin Asya kıtasında yer alan ve denize kıyısı olan bir ilçesidir. Bu ilçede Merkez iskele (Lapseki feribot iskelesi) ve Çardak iskele olmak üzere 2 iskele aktif olarak kullanılmaktadır. Asya ve Avrupa kıtaları arasında ulaşım sağlanması amacıyla iskelelerde arabalı feribot seferleri yapılmaktadır. Ayrıca, Lapseki ilçesi Çanakkale ve Ege denizi kıyılarındaki diğer tatil yöreleri için bir geçiş güzergahı olarak kullanılmaktadır ve uluslararası ve ulusal gemi taşımacılığında Çanakkale Boğazı önemli bir rol oynamaktadır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020; Gestaş, 2022). Ağır tonajlı araçların Çanakkale iskelesi yerine, Lapseki ve Çardak iskelelerini kullanması zorunlu kılınmıştır (Gestaş, 2022). Lapseki bölgesi meyve ve sebzeçilik ağırlıklı olmak üzere, tarım ve orman arazileri bakımından zengin bir bölgedir (Lapseki Belediyesi, 2022).

3.2. Çalışma düzeni

Yapılan çalışmada Lapseki iskeleleri civarındaki hava kirleticilerin kompozisyonlarını noktasal bazda incelemek amacıyla pasif, aktif ve kişisel olmak üzere 3 farklı örnekleme metodu kullanılmıştır.

Pasif örnekleme, 22.06.2020-03.11.2020 tarihleri arasında Lapseki-Merkez ve Çardak Beldesindeki iskele bölgelerinde yer alan Lapseki Merkez konumunda 9 noktada ve Çardak konumunda 6 nokta ile 1 arka plan olmak üzere toplam 16 örnekleme noktasından alınan toplam 119 adet hava örneği toplanmıştır. Hava örnekleri örnekleme

noktalarını en iyi şekilde temsil etmeleri için yerden en az 1,5 metre yukarıda ve tüpün çevresel etmenlerden (rüzgar vb.), böcek ve tozdan etkilenmemesi için difüzyon kapakları kullanılarak (Şekil 1) araziye yerleştirilmiştir. Ortalama 16 günde bir örnekleme tüpleri değiştirilerek hava örnekleri sonrasında UOB içeriği açısından analiz edilmiştir.



Şekil 1. Difüzyon kapaklı örnekleme tüpü

Aktif örnekleme; Lapseki ve Çardak iskelelerindeki havadaki UOB seviyelerinin belirlenmesi amacıyla 16/07 - 24/10 2020 tarihleri arasında gün içindeki trafik değişimleri de göz önünde bulundurularak haftada 2 gün (Perşembe ve Cumartesi) iskelelerin hemen önünden gerçekleştirilmiştir. Aktif hava örnekleri Lapseki’de sabah (08:30 - 9:00), öğle (11:30 - 12:00 ve/ya 14:00 - 14:30) ve akşam (16:00 - 16:30) olmak üzere üç periyotta; Çardak’ta sabah (10:00 - 10:30) ve akşam (17:00 - 17:30) olmak üzere 2 periyotta alınmıştır. Çalışma kapsamında, 153 aktif hava örneği her iki iskelenin önünden toplanarak analiz edilmek üzere laboratuvara getirilmiştir.

Kişisel hava örnekleme ise; iskelede feribot kullanacaklar için sıra bekleyen yaya ve araçlardaki kişilerin UOB maruziyet düzeylerinin belirlenmesi amacıyla 16/07 – 24/10 2020 tarihleri arasında gün içindeki trafik değişimleri de göz önünde bulundurularak haftada 2 gün (Perşembe ve Cumartesi) boyunca iskelelerden her iki yöne doğru olan yol boyunca yaklaşık 30 dk’lık bir yürüyüş güzergahı boyunca (yaklaşık 2,15 km) gerçekleştirilmiştir. Kişisel hava örnekleri Lapseki’de sabah (09:00-9:30), öğle (12:00-12:30) ve akşam (14:30-15:00) olmak üzere 3 periyotta; Çardak’ta sabah (10:30-11:00) ve

akşam (17:30-18:00) olmak üzere 2 periyotta alınmıştır. Çalışma kapsamında 130 kişisel hava örneği toplanmıştır ve analiz için laboratuvara getirilmiştir.

3.3. Uçucu Organik Bileşiklerin Örneklerinin Toplama ve Analiz Metodu

Çalışma kapsamındaki hedef UOB türlerinin adsorpsiyon verimi açısından önerilen Tenax TA ve Carbograph 1TD sorbentlerini içeren çelikten yapılmış termal desorber tüpleri içerisine hava örnekleri toplanmıştır. Pasif örneklerde yerçekiminin etkisiyle UOB türleri sorbentler içerisinde tutunurken; aktif ve kişisel örnekleme metotlarında düşük akışlı hava pompaları içerisinde sabit akış ile hava örnekleri toplanmıştır. Aktif ve kişisel örneklemede, örnekleme pompalarının debisi dijital Rotametre ile (Şekil 2) sabit 86,89 ml/dk akış hızında 30 dk'lık süreler ile yerden 1,5 m yükseklikte olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 2. Dijital rotametre

Aktif ve kişisel hava örnekleme ve analiz metodu olarak US EPA TO17 metoduna (EPA, 2017) dikkate alınmıştır.

Belirlenen zaman aralıkları ile toplanan hava örnekleri aktif karbon ve silika jel ile dolu olan özel taşıma kaplarına konularak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (ÇÖMÜ) Çevre Mühendisliği Bölümü enstrümantel analiz laboratuvarına getirilerek, mümkün olan en kısa sürede Termal Desorber/Gaz Kromatografisinde analiz edilmiştir. UOBlerin

konsantrasyonlarını ve türleri belirlemek amacıyla standart solüsyon olarak UOB karışımı (VOC mix-1, Dr. Erhensofer, Almanya) ve toplam uçucu organik bileşiklerin hesabı için parafin karışımı (piano paraffin mix, Supelco) kullanılmıştır. Hedef UOB bileşiklerinin kaynama noktalarına göre tür ve miktar tayini kullanılan standart solüsyonlardan elde edilen çok-noktalı kalibrasyon sonuçlarına göre yapılmıştır. Thermal desorber ve GC çalışma prensibi ile UOB bileşiklerinin kaynama noktaları ve gaz kromatografisindeki çıkış süreleri, sırasıyla Ek Tablo 1 ve Ek Tablo 2’de verilmiştir. Toplam uçucu organik bileşikler (TUOB); C₆ ile C₁₆ arasında bulunan kromatogramda gözlenen tüm bileşiklerin toluen-eşdeğeri miktarının toplamını temsil etmektedir (Mølhøve vd., 1997).

Çalışmada, pasif örneklerde hedef türler benzen, toluen ve ksilenler ile TUOB iken; aktif ve kişisel örneklerde ise parafinler, halojenli bileşikler, aromatik hidrokarbonlar ile TUOB düzeyleri kalibrasyon denklemleri kullanılarak ($r^2 > 0,99$) toplanan örnekleme tüplerindeki hava hacmine göre hesaplanmıştır ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). 06.06.2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren HKDYY’ye göre (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008) UOB türleri arasında sadece benzen için sınır değeri belirlenmiştir (yıllık olarak değeri $< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Pasif olarak toplanan hava örneklerindeki hedef UOB düzeyleri Fick’in 1. Difüzyon kanuna göre denklem (8) uyarınca kütleli ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) olarak hesaplanmıştır (ISO 16017-2, 2003):

$$C = \frac{M_a - M_b}{q \cdot t} \quad (3.1)$$

C: hava örneğindeki UOB türünün kütleli konsantrasyonu, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

M_a: UOB türünün örnekteki kütlesi, μg

M_b: UOB türünün şahit örnekteki kütlesi, μg

q: difüzyon alım hızı, m^3/dk

t: maruziyet süresi, dk

3.3.1. Pasif Örnekleme

Lapseki Merkez ve Çardak bölgesinin hava kalitesini temsil edebilmek amacıyla Merkez’de 9, Çardak’ta 6 ve bir adet arka plan noktası olmak üzere toplamda 16 noktadan 16/07 ila 03/11 2020 tarihleri arasında 8 örnekleme periyodu boyunca pasif örnekler toplanmıştır. Örnekleme periyotları Tablo 4’de verilmiştir. Örnekleme noktaları; özellikle şehrin en yoğun kullanılan Çanakkale - Bursa yolu üzerinde ve şehrin içinde bulunan iskelelerine göre seçilmiş olup, Lapseki-Merkez ve Çardak’ta yer alan pasif örnekleme noktaları sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4’de verilmiştir.

Tablo 4

Pasif örnekleme periyotları

Periyot No	Tarih Aralıkları
1	22.06.2020 – 13.07.2020
2	13.07.2020 – 04.08.2020
3	04.08.2020 – 17.08.2020
4	17.08.2020 – 09.09.2020
5	09.09.2020 – 21.09.2020
6	21.09.2020 – 05.10.2020
7	05.10.2020 – 19.10.2020
8	19.10.2020 – 03.11.2020



Şekil 3. Lapseki bölgesi pasif örnekleme noktalarının konumları



Şekil 4. Çardak bölgesi pasif örnekleme noktalarının konumları

L1 noktası (Şekil 5) ve L8 noktası (Şekil 12) Çanakkale - Bursa otoyolu üzerinde olup, şehirde trafiğin en çok olduğu yol üzerindeki örnekleme noktalarıdır ve şehre giriş ve çıkışlar bu yol üzerinden olmaktadır. L1 noktasının hemen altında bir kıraathane ve hemen yan tarafında bir market bulunmaktadır. L8 noktası ise yol kenarının olmasının yanı sıra ağaçların yoğun olduğu bir alandadır.

L2 noktası (Şekil 6) ve L3 noktası (Şekil 7) Lapseki Merkez bölgesinin araç trafiğinin yoğun olmadığı, ancak Lapseki ve Marmara Denizi arasında bulunan noktalardır.

L2 noktasının hemen arkasında Lapseki Sağlık ocağı ve hemen yakınında bir akarsu bulunmaktadır. L3 noktası ise Lapseki’de halkın günlük zamanını geçirdiği bir çay bahçesi bulunmaktadır.

L4 noktası (Şekil 8), L5 noktası (Şekil 9) ve L6 noktası (Şekil 10) Çanakkale - Bursa yolu ve bölgeye gelen araçların gelip gitmesini sağlayan arabalı feribot iskelesinin şehir içindeki yola bağlantı noktaları ve aynı zamanda iskeleye gidiş noktalarıdır. L4 noktası iskele kullanan araçların çıkış noktasının olmasının yanında bir taksi durağı bulunmaktadır. L5 noktası bölgedeki bankanın bahçesinde olup, Lapseki otogar bölgesine yakın konumdadır. Lapseki iskele giriş güzergahında bulunan L6 noktası ise bir kafenin balkon kısmında yer almaktadır. L7 noktası (Şekil 11) Lapseki iskelesinin Çanakkale - Bursa otoyolu ile bağlandığı nokta olmasıyla birlikte, şehre giriş ve çıkış yapılan aynı zamanda bölgenin en işlek yolu üzerinde seçilmiş olan noktadır. L7 noktası öğretmenevinin çay bahçesi amacıyla kullanılan bahçe tarafında bir lamba üzerinde bulunmaktadır. L9 noktası (Şekil 13) Lapseki merkez bölgesinden kırsal alanlara doğru uzanan bir hatta ve Çanakkale - Bursa yoluna çok uzak olmayan bir nokta olarak seçilmiştir. L9 noktası Lapseki’de bulunan bir tarlanın yanında bulunan elektrik direği üzerinde konumlandırılmıştır.



Şekil 5. L1 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 6. L2 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 7. L3 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 8. L4 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 9. L5 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 10. L6 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 11. L7 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 12. L8 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 13. L9 pasif örnekleme noktasının konumu

C1 noktası (Şekil 14) ve C3 noktası (Şekil 16) Çanakkale - Bursa yolu üzerindedir ve Çardak bölgesine giriş ve çıkışlar bu noktaların olduğu yerlerden yapılmaktadır. C1 noktası Çardak Mezarlığının yanında bir konumda bulunmaktadır.

C2 noktası (Şekil 15) Çardak Beldesinin Merkezi ile Çanakkale - Bursa otoyolunun birleştiği nokta olup, şehir merkezine gidiş yoludur. C2 noktasının hemen altında bir kiraathane ve yakınlarında ekmek fırını bulunmaktadır.

C3 noktası Çardak bölgesinin çıkış noktası olarak Çanakkale – Bursa yolu üzerinde bulunmaktadır. C3 noktası hemen arkasında bir tarla ve pasif örnekleme tüpü ise bir ağaç üzerine konumlandırılmıştır.

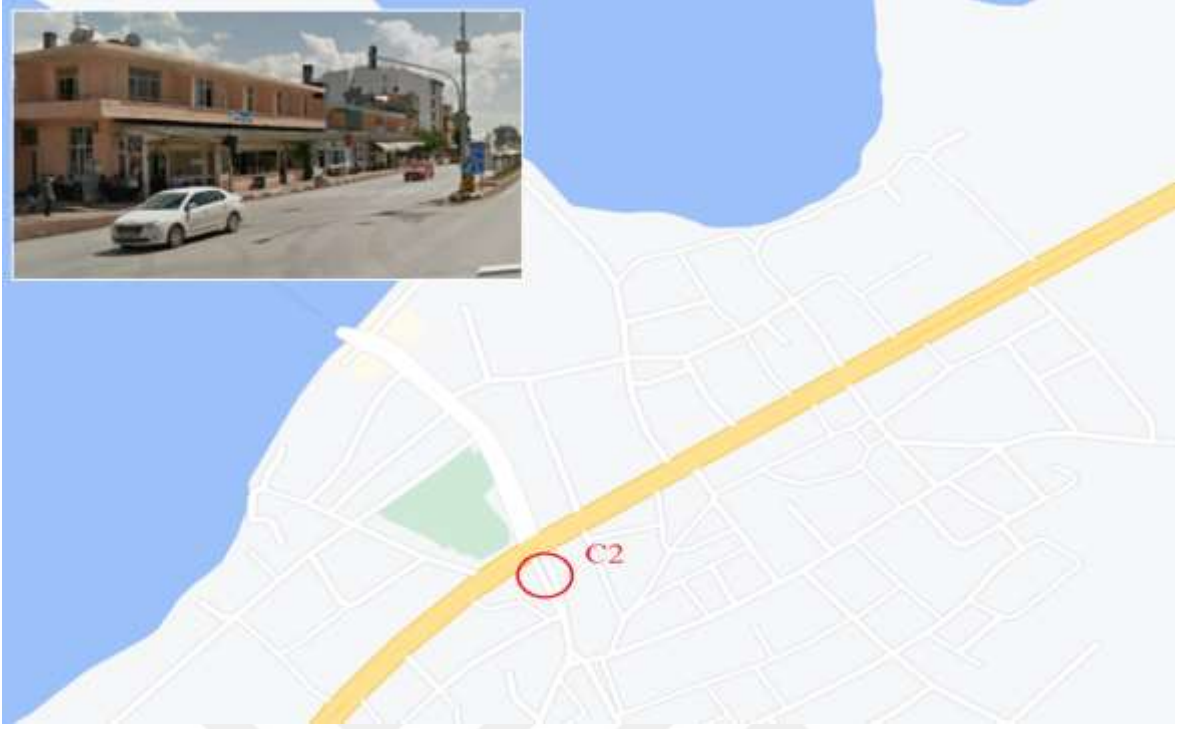
C4 noktası (Şekil 17) Çardak Beldesinde bulunan Kum Ada'sından iskele tarafına giden ve bölge halkının ve turistlerin uğrak bir noktasıdır. C4 noktası deniz kıyısında bulunan bir ağacın üzerinde konumlandırılmıştır.

C5 noktası (Şekil 18) Çardak iskelesinin bulunduğu bölgededir. Burada araçlar iskeleyi kullanmak için sırada beklemektedirler. C5 noktası bir aile çay bahçesinin terasında ve iskeleye en yakın olan konumuna yerleştirilmiştir.

C6 noktası (Şekil 19), Çardak iskelesine gidiş ve dönüş yolu üzerinde olup, iskeleden Çanakkale - Bursa otoyoluna bağlanan, iskeleyi kullanmak isteyen ve Gelibolu iskelesinden gelen araçların otoyola çıktığı yoldur. C6 noktası bir bakkalın çatısına yerleştirilmiş olup, bölgede yemek yapan dükkanların olduğu bir konumda bulunmaktadır.



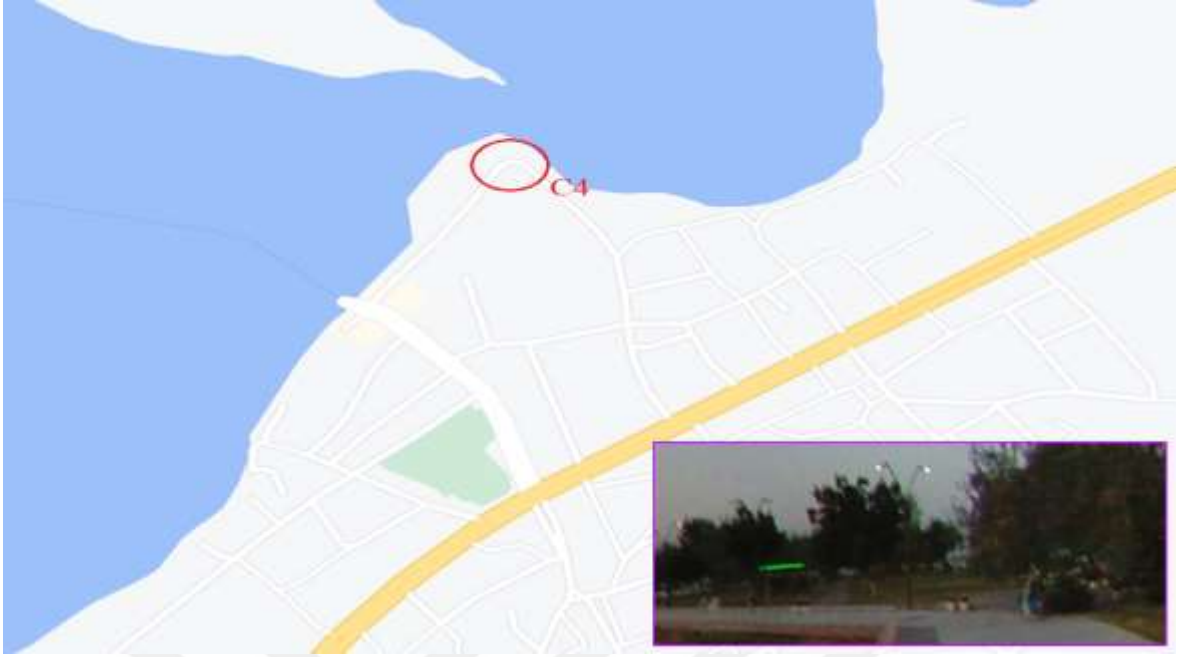
Şekil 14. C1 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 15. C2 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 16. C3 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 17. C4 pasif örnekleme noktasının konumu



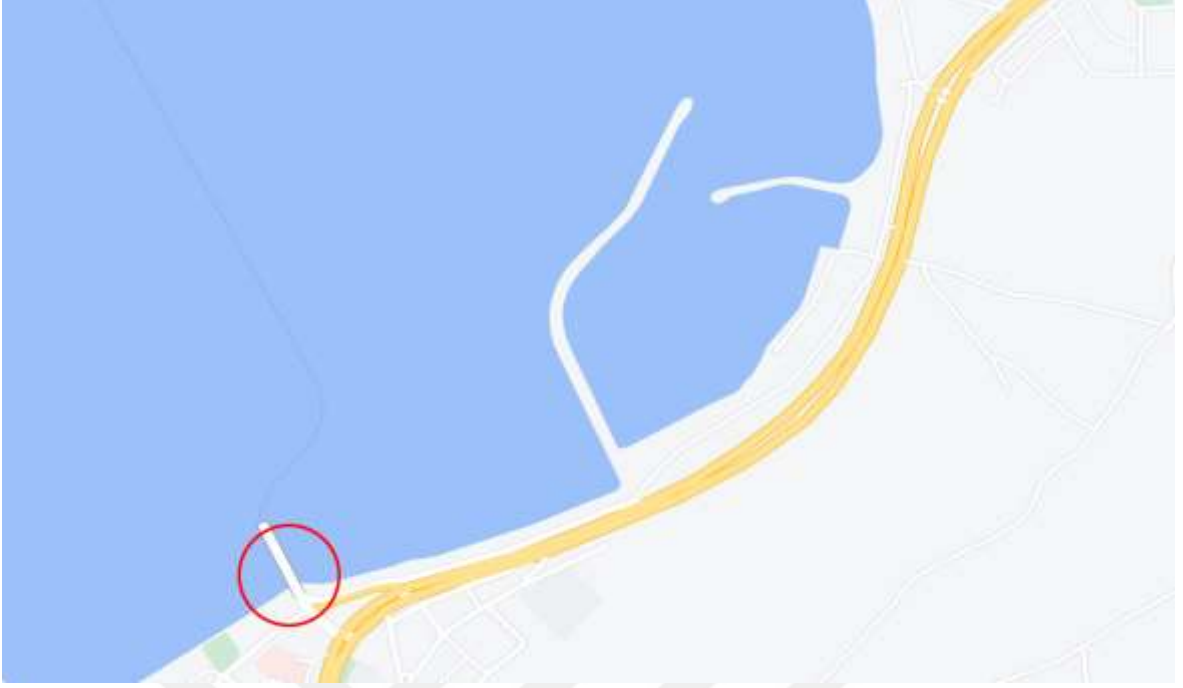
Şekil 18. C5 pasif örnekleme noktasının konumu



Şekil 19. C6 pasif örnekleme noktasının konumu

3.3.2. Aktif Örnekleme

Lapseki iskele (Şekil 20) ve Çardak İskele (Şekil 21) bölgelerinde 16.07 -24/10 2020 tarihleri arasında; Lapseki’de sabah-öğle-akşam olmak üzere 3 periyotta ve Çardak’ta sabah-akşam olmak üzere 2 periyotta 30dk’lık hava örnekleri aktif olarak toplanmıştır (ortalama 2,06 L).



Şekil 20. Lapseki iskele

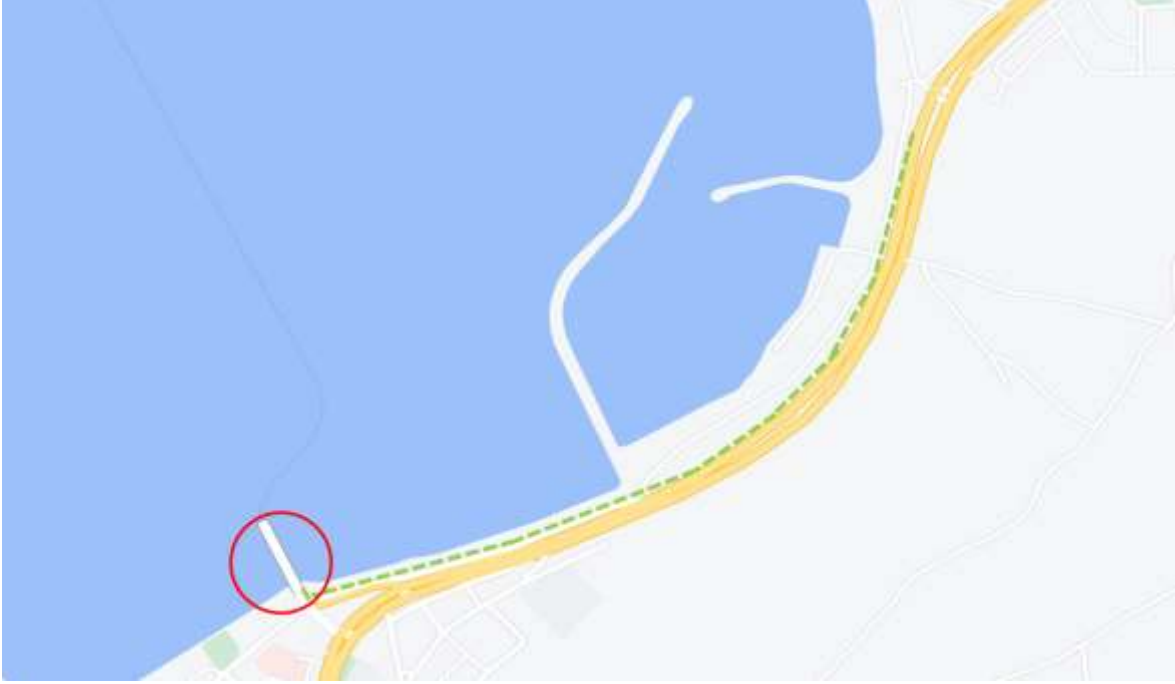


Şekil 21. Çardak iskele

3.3.3. Kişisel Örneklemeye

Lapseki veya Çardak İskelesini kullanmak isteyen araçların feribota araçlarını yüklemek için oluşturdukları sıra boyunca kişisel hava örnekleri Lapseki’de sabah-öğle-

akşam olmak üzere üç periyotta ve Çardak'ta sabah-akşam olmak üzere olmak günde iki periyotta iskelelerden gidiş-geliş toplam süre 30 dk olacak şekilde normal yürüyüş temposunda, yaklaşık 2,16 km yürüme mesafesi boyunca toplanmıştır (ortalama 2,06 L). Lapseki ve Çardak iskeleleri civarındaki kişisel örnekleme çalışmasında yürüne güzergahlar Şekil 22 ve Şekil 23'de verilmektedir.



Şekil 22. Lapseki iskelesi kişisel örnekleme rotası



Şekil 23. Çardak iskelesi kişisel örnekleme rotası

3.4. Hava Kalitesi İstasyonları Verileri

Çanakkale - Merkez ve Lapseki ve ilçelerinde T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı hava kalitesi izleme istasyonları ile sürekli olarak hava kirletici düzeyleri izlenmektedir. Lapseki ve Çanakkale hava kalitesi izleme istasyonlarında ölçülen hava kirleticilerin listesi Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5

Lapseki ve Çanakkale hava kalitesi izleme istasyonu tarafından ölçülen kirletici parametreleri

Bölge	Parametre	Bölge	Parametre
Lapseki	PM _{2,5}	Çanakkale	PM ₁₀
	NO ₂		PM _{2,5}
	NO _x		NO ₂
	SO ₂		NO _x
	O ₃		SO ₂
			O ₃

Lapseki'deki hava kalitesi izleme istasyonunda PM_{2,5}, NO₂, SO₂, NO_x ve O₃; Çanakkale hava kalitesi izleme istasyonunda ise PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂, NO_x ve O₃ kirleticilerinin konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değerleri saatlik olarak kaydedilmektedir.

HKDYY Ek-1'de yer alan saatlik sınır değerler SO₂ için 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO₂ için 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM₁₀ için 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve NO_x için 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak yayımlanmıştır. Yönetmelikte ozon; insan sağlığının korunması amacıyla günlük 8 saatlik ortalama için 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak yayımlanmıştır.

3.5. Meteorolojik Veriler

22/06 – 03/11 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilen pasif örnekleme dönemlerindeki meteorolojik parametrelere (sıcaklık, nem, ortalama rüzgar hızı) ait veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiştir.

16/07 – 24/10 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilen aktif ve kişisel hava örnekleme çalışmalarında meteorolojik parametreler (sıcaklık, nem) anlık olarak ölçümler esnasında herhangi bir dış kaynağa temas olmayacak şekilde Testo 174H (Şekil 24) cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 24. Hava sıcaklığı ve nem ölçer (Testo 174H)



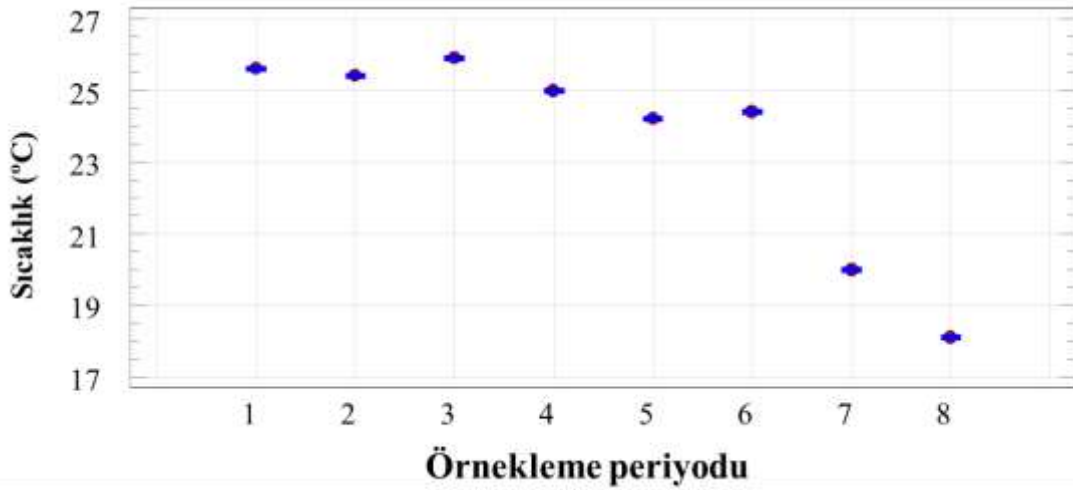
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

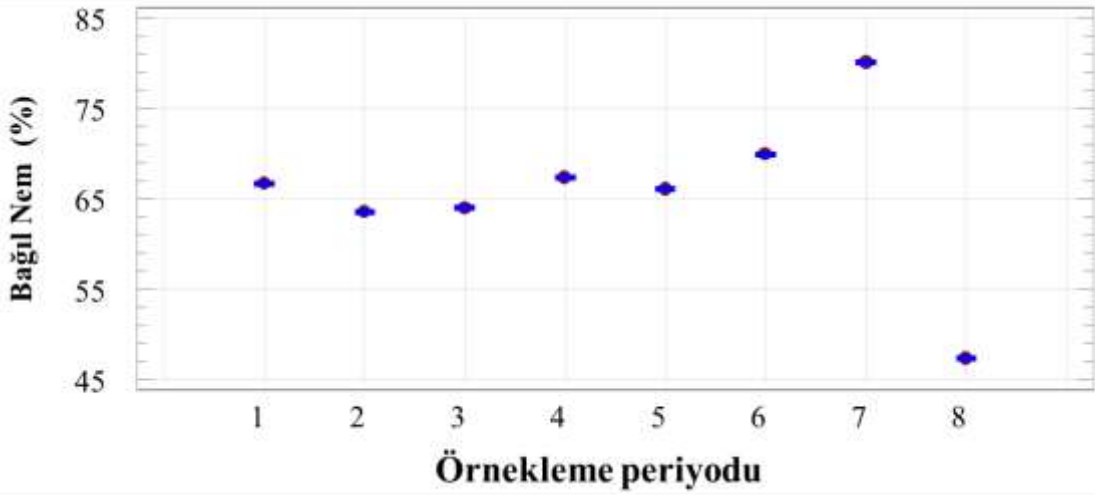
4.1. Pasif Örnekleme Dönemine Ait Sonuçlar

4.1.1. Pasif Örnekleme Döneminde Meteorolojik Parametrelerin Zamansal Değişimi

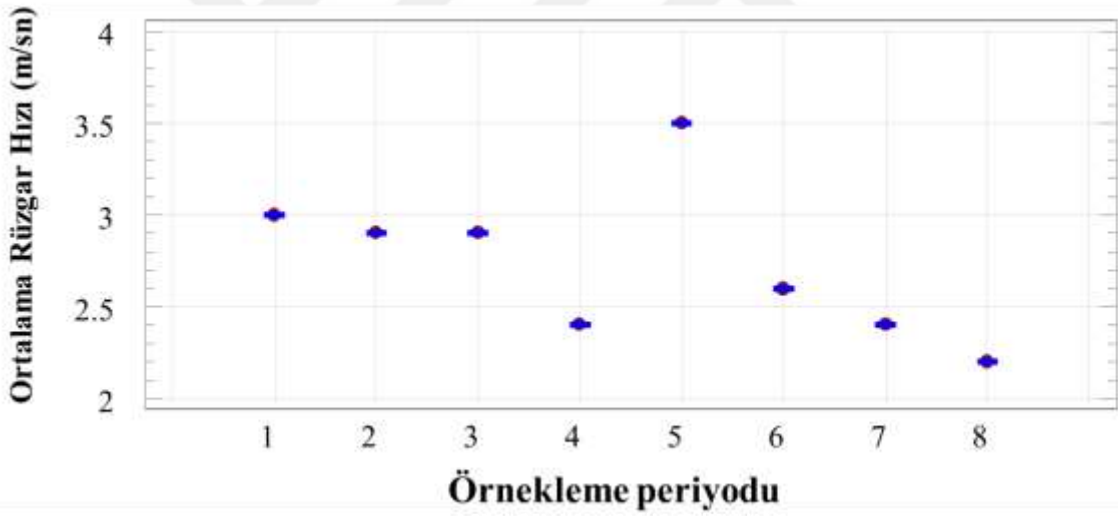
Çalışmada pasif örnekleme metodu kullanılarak hava örneklerinin toplandığı periyotlara göre meteorolojik parametrelerin (sıcaklık (°C), bağıl nem (%), ortalama rüzgar hızı (m/sn)) ortalama seviyeleri Şekil 25-27’de verilmiştir. Şekil 25-27’e göre sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar hızı çalışma süresince saatlik değişim göstermiştir ($p<0,05$). Ortalama değer olarak örnekleme periyotlarında en sıcak (25,9 °C) dönem 3.periyotta (08/04 -17/08 2020 arasında), en yüksek bağıl nem düzeyi (yaklaşık %80) 7. periyotta (05/10 - 19/10 2020 arasında) ve en yüksek rüzgar hızı (3,5 m/sn) 5. periyotta (09/09 – 21/09 2020 arasında) gözlenmiştir.



Şekil 25. Pasif örnekleme periyotlarına göre ortalama sıcaklık (°C) seviyelerinin değişimi ($p<0,001$)

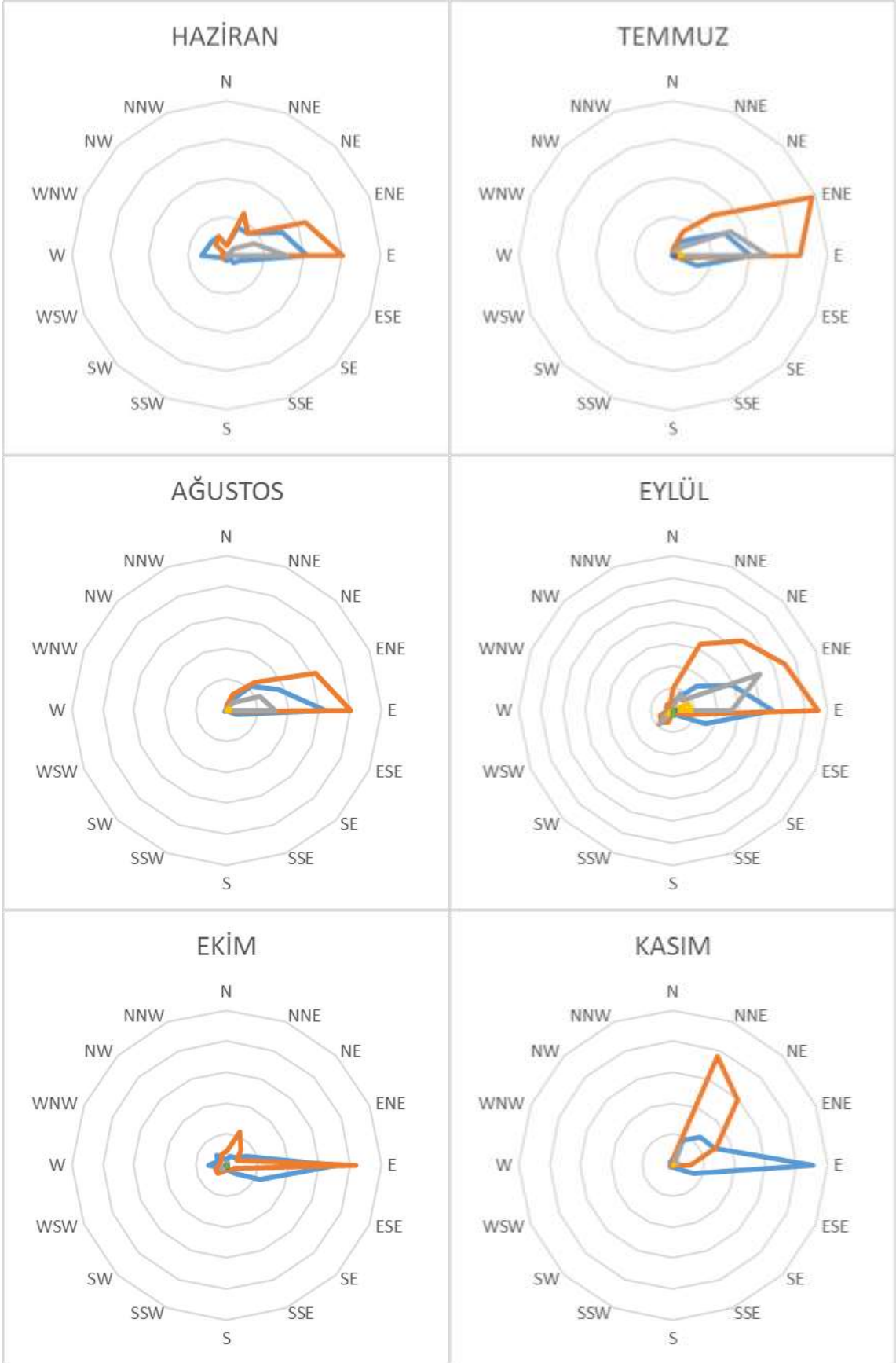


Şekil 26. Pasif örnekleme periyotlarına göre ortalama bağıl nem (%) seviyesinin değişimi ($p<0,001$)



Şekil 27. Pasif örnekleme periyotlarına göre ortalama rüzgar hızının (m/sn) değişimi ($p<0,001$)

Şekil 28’de Lapseki’de yapılan pasif ölçüm periyodu boyunca meteoroloji istasyonundan temin edilen veriler ışığında hazırlanan aylık bazda rüzgar gülleri verilmiştir. Şekil 28’e göre Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları boyunca hakim rüzgar yönü Doğu olarak görülmekte ve Kasım ayında ise Doğu ve Kuzeydoğu olarak belirlenmiştir.



Şekil 28. Lapseki’de pasif örnekleme (Haziran – Kasım 2020) aylık rüzgar gülleri

4.1.2. Pasif Örnekleme Dönemine Ait BTX Ve TUOB Düzeylerinin Zamansal Değişimi

16/07 – 03/11 2020 tarihleri arasında toplanan pasif hava örneklerinin analiz sonuçlarına göre, BTX ve TUOB konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4’de özetlenmiştir. Tablo 3’de göre, her iki iskele bölgesinde de en yüksek ortalama düzeyler ksilen için gözlenirken; en düşük düzeyler ise benzen için görülmüştür.

Tablo 6

Lapseki ve Çardak’ta yer alan pasif örneklere ait BTX ve TUOB konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *

UOB Türü	Lapseki Merkez	Çardak
Benzen	1,43 ± 0,56 (0,15 – 3,02)	1,60 ± 0,68 (0,39 – 3,23)
Toluen	1,50 ± 0,98 (0,09 – 4,56)	1,88 ± 3,69 (0,13 – 24,71)
Ksilenler	2,51 ± 1,89 (0,06 – 7,83)	2,01 ± 1,84 (0,06 – 9,33)
TUOB	53,70 ± 31,11 (12,23 -197,55)	53,84 ± 32,39 (3,89 -145,53)

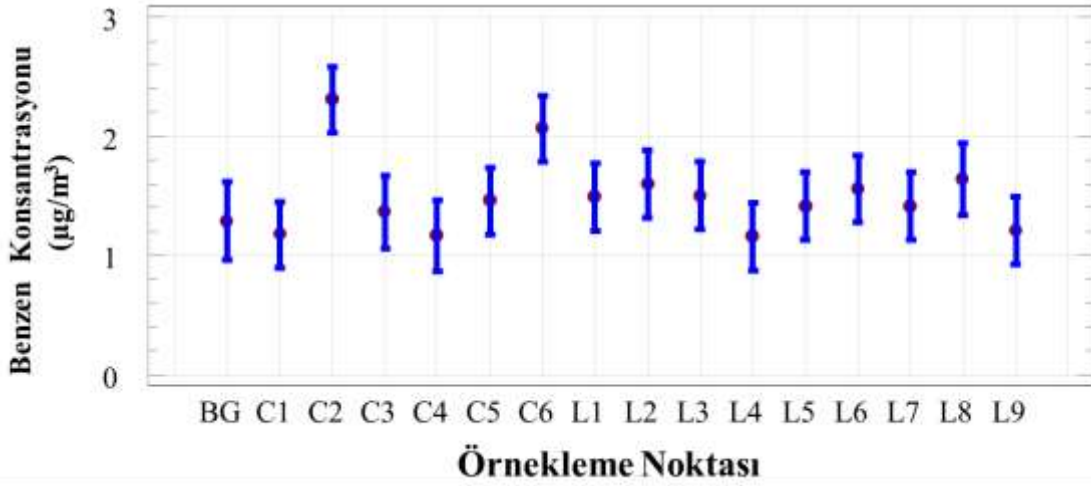
*ortalama ± std (min – mak)

Örnekleme Noktalarına Göre BTX Düzeylerinin Değişimi

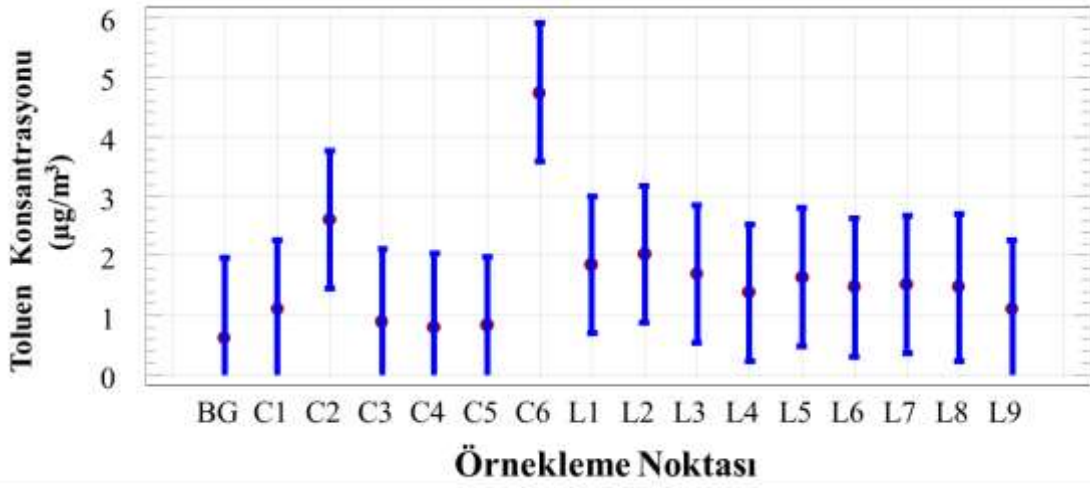
Lapseki - Merkez ve Çardak bölgelerinde 16.07.2020 ila 03.11.2020 tarihleri arasında pasif örnekleme metodu ile toplanan hava örneklerinin örnekleme noktalarına göre ortalama benzen, toluen, ksilenler ve TUOB seviyeleri sırasıyla Şekil 29, 30, 31 ve 32’de verilmiştir. Pasif örneklerde benzen, ksilenler ve TUOB seviyeleri örnekleme noktalarına göre değişim gösterirken ($p<0,05$); toluen düzeyi belirgin farklılık göstermemiştir ($p>0,05$).

Örnekleme dönemi boyunca farklı örnekleme noktalarındaki hedef kirleticilerin konsantrasyonları açısından gözlenen en yüksek seviyeler şöyledir: benzen için C2 (2,31

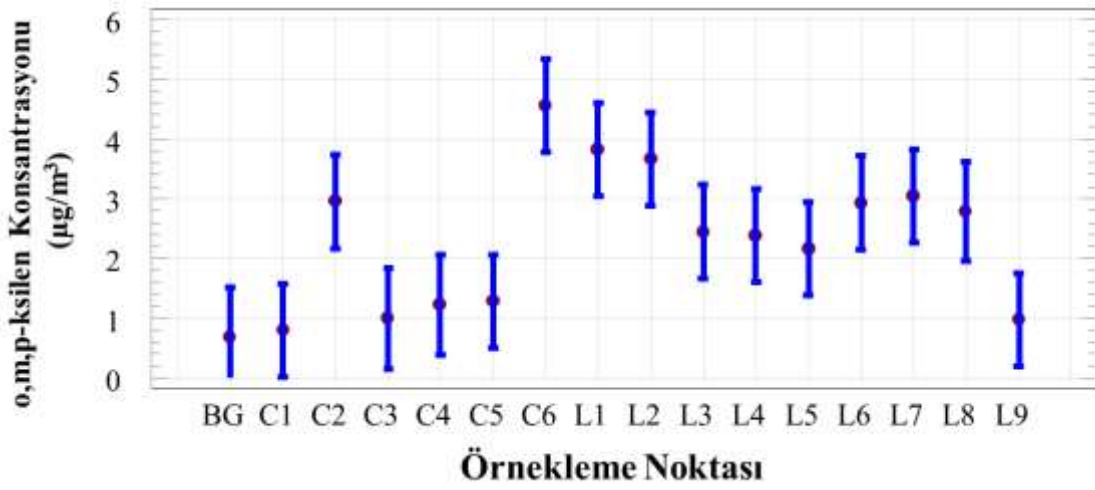
$\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve L8 ($1,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktalarında; toluen için C6 ($4,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve L2 ($2,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$); ksilen için C6 ($4,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve L1 ($3,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$); TUOB için C6 ($74,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve L3 ($91,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktalarındaki kirletici seviyelerinin diğer noktalara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Çardak bölgesindeki ksilen, toluen ve TUOB kirletici kaynaklarının benzer olmasının yanı sıra benzen etki eden farklı bir kaynak olduğu düşünülmektedir. Lapseki bölgesinde oluşan BTX ve TUOB konsantrasyonlarında ise buldukları konumlara göre oluşan kirleticileri trafik ve insani faaliyetlere göre farklılar göstermesi buldukları konumlarda kirleticilerin salınımlarına farklı kaynakların etki ettiği düşünülmektedir. Arka plan ölçümünün Lapseki ve Çardak'taki BTX düzeyleri ile arasında fark olduğu görülmektedir. Bu farkın nedeninin kentteki rutin trafik ile tatilcilerin oluşturduğu trafik olarak düşünülmektedir.



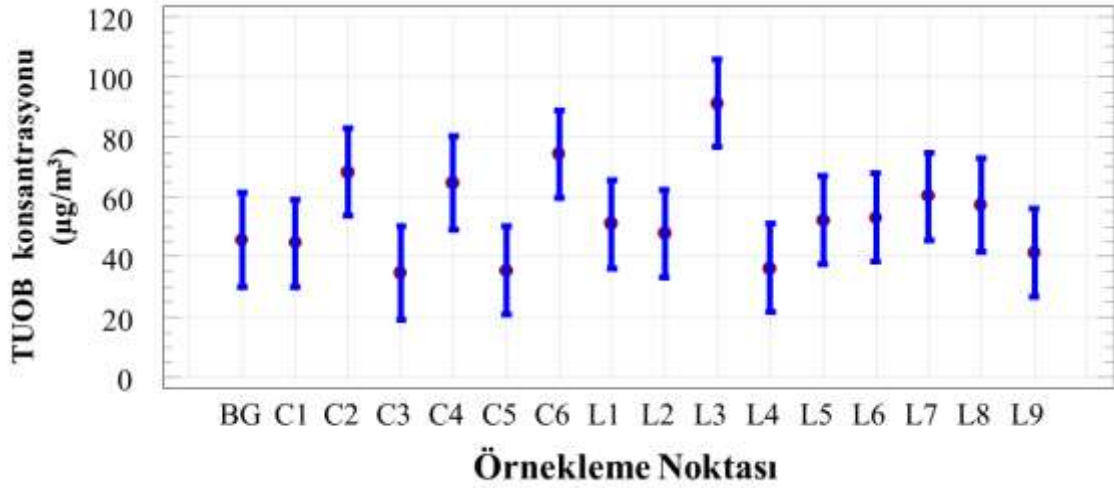
Şekil 29. Pasif örnekleme noktalarındaki ortalama benzen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,01$)



Şekil 30. Pasif örnekleme noktalarındaki ortalama toluen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p>0,05$)



Şekil 31. Pasif örnekleme noktalarındaki ortalama ksilen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,001$)

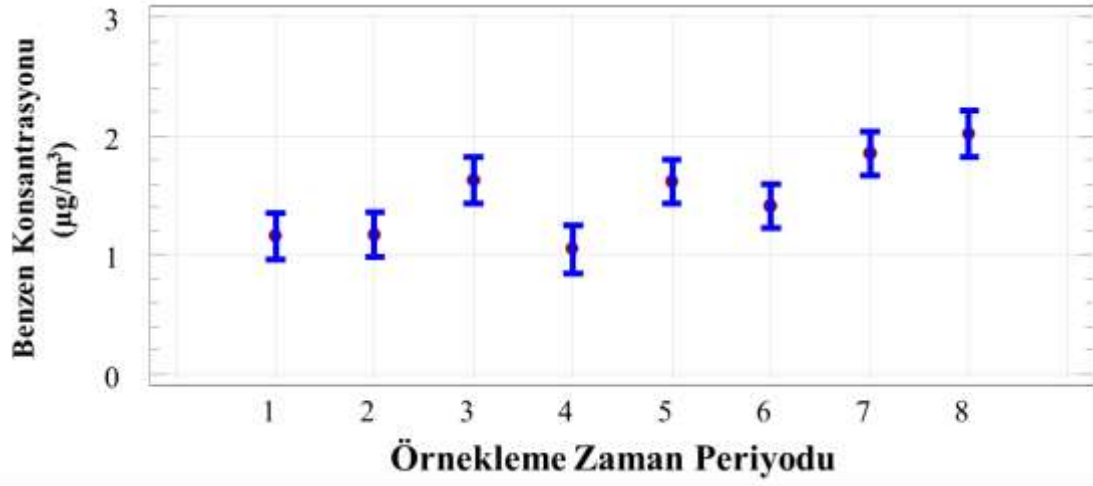


Şekil 32. Pasif örnekleme noktalarındaki ortalama TUOB konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,05$)

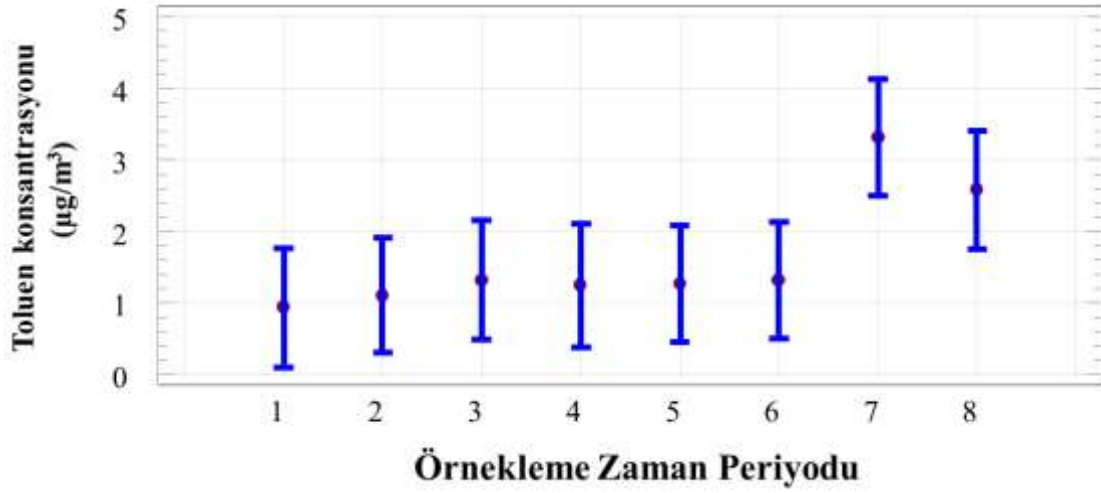
Örnekleme periyoduna göre BTX ve TUOB düzeylerinin değişimi

Örnekleme periyotlarına göre benzen, toluen, ksilen ve TUOB'nin ortalama konsantrasyonlarının değişimleri sırasıyla Şekil 33, 34, 35 ve 36'da verilmiştir. Buna göre, benzen ve TUOB seviyeleri örnekleme periyoduna göre değişim gösterirken ($p<0,05$); ksilenler ve toluen seviyeleri farklılık göstermemiştir ($p>0,05$).

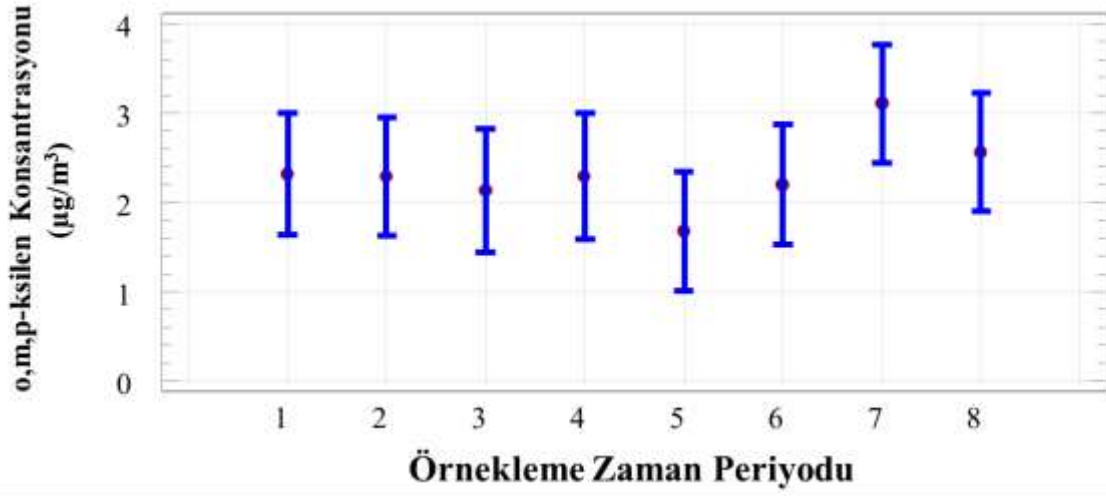
Benzen, toluen, ksilen ve TUOB seviyelerinin diğer periyotlara göre sırasıyla 8'inci periyotta (19.10.2020 – 03.11.2020) ($2,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 7'inci (05.10.2020 – 19.10.2020) ($3,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 7'inci (05.10.2020 – 19.10.2020) ($3,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve 3'üncü (04.08.2020 – 17.08.2020) ($67,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$) periyotlarda daha yüksek olduğu görülmüştür. Ksilen ve toluen kirleticilerinin kaynaklarının benzer oldukları (Wexler vd., 2005), benzen kirleticisine 8'inci zaman periyotta, toluen ve ksilene göre farklı bir kaynağın daha etkisinin olduğu düşünülmektedir. 2020 yılında oluşan COVID19 pandemisi yüzünden insanlar tatile daha geç başlamasıyla 8'inci periyottaki ortalama benzen düzeyinin nedeni olarak düşünülmektedir.



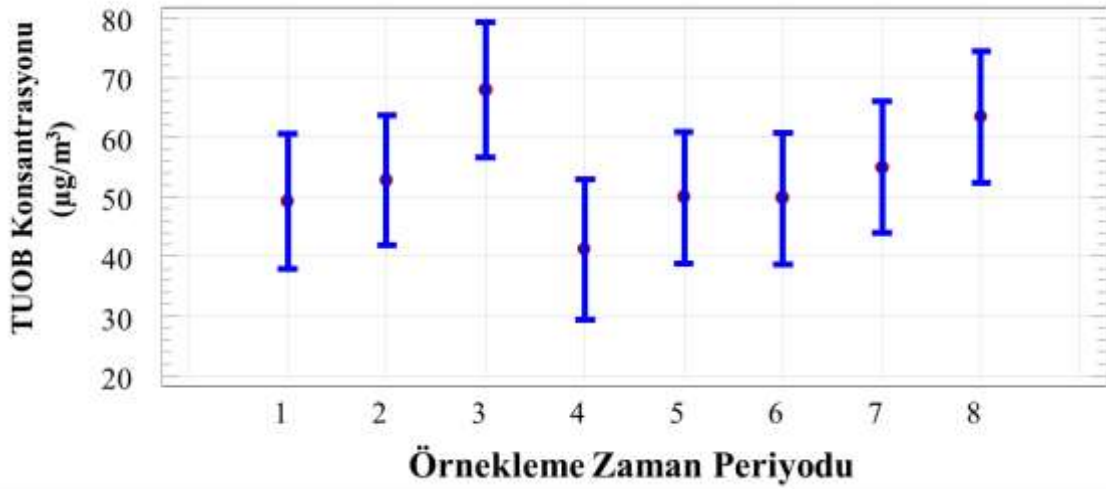
Şekil 33. Pasif örnekleme döneminde ortalama benzen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p < 0,001$)



Şekil 34. Pasif örnekleme döneminde ortalama toluen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p > 0,05$)



Şekil 35. Pasif örnekleme döneminde ortalama ksilen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p>0,05$)

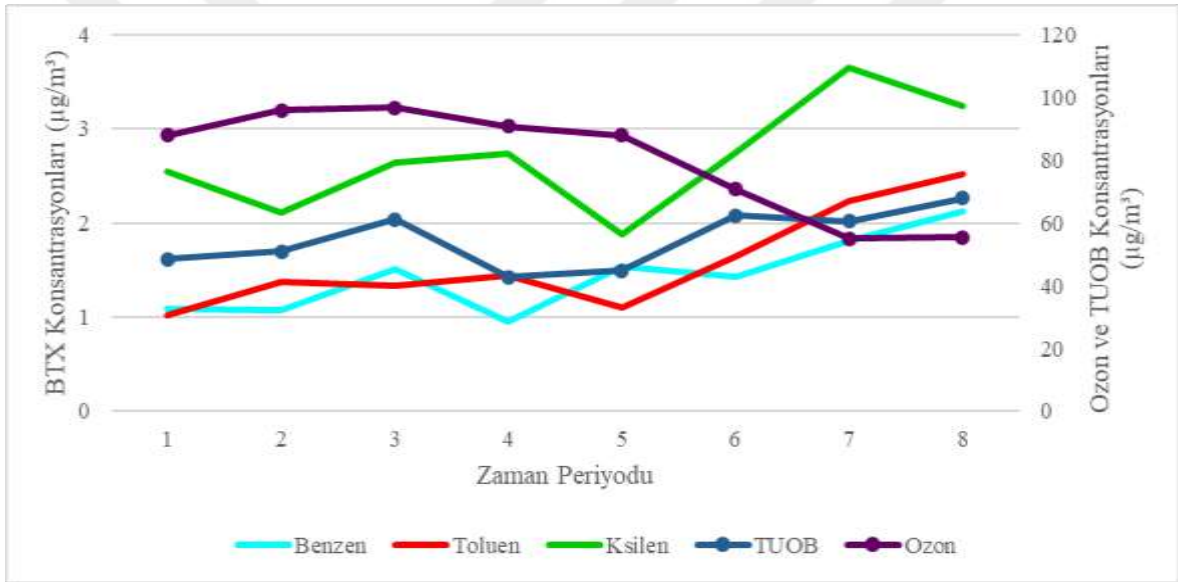


Şekil 36. Pasif örnekleme döneminde ortalama TUOB konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,05$)

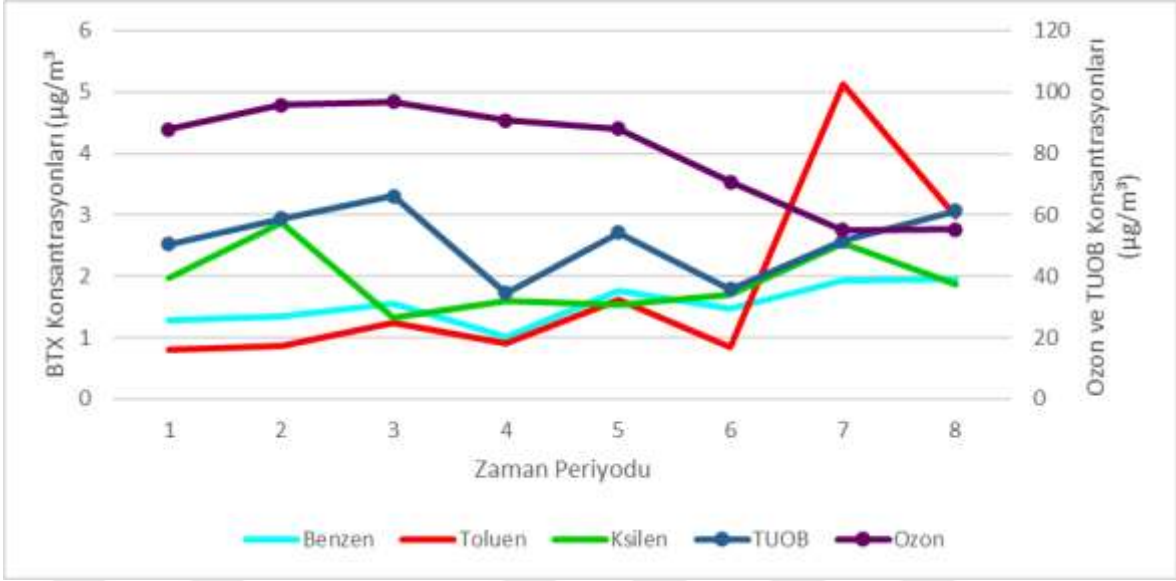
4.1.3. Pasif Örnekleme Döneminde Ozon Ve UOB Seviyelerinin Zamansal Değişimi

Lapseki ve Çardak bölgelerinde pasif örnekleme metodu ile toplanılan hava örneklerinin analizleri sonucunda elde edilen BTX ve TUOB seviyeleri ile hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ozon düzeyleri sırasıyla Şekil 37 ve Şekil 38’de verilmiştir.

Lapseki ve Çardak bölgesindeki BTX konsantrasyonları ile ozon konsantrasyonu arasında negatif bir ilişki olduğu gözlenmiştir. BTX seviyelerinin azaldığı zamanlarda ozon seviyesinde yükselme görülmekte olup, bu ilişkinin lineer olmadığı görülmüştür. Lapseki ve Çardak bölgesi için ozon düzeyinin ($96,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pik yaptığı 3'üncü pasif ölçüm periyodunda TUOB seviyesinin (Lapseki: $42,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Çardak: $34,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$) düşük olduğu ve 8'inci ölçüm periyoduna göre ise ozon seviyesinin düştüğü ve TUOB'nin seviyesinin arttığı görülmüştür. Konsantrasyonlardaki bu salınımların sebebinin özellikle reaktif UOB'lerin fotokimyasal reaksiyonlara girerek ozon oluşumuna katkıda bulunması olduğu düşünülmektedir (Chaichan vd., 2018; Hamid vd., 2020; J. Zheng vd., 2009).



Şekil 37. Lapseki bölgesinde pasif örnekleme döneminde ölçülen BTX, TUOB ve ozon seviyelerinin zamansal değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Şekil 38. Çardak bölgesinde pasif örnekleme döneminde ölçülen BTX, TUOB ve ozon seviyelerinin zamansal değişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

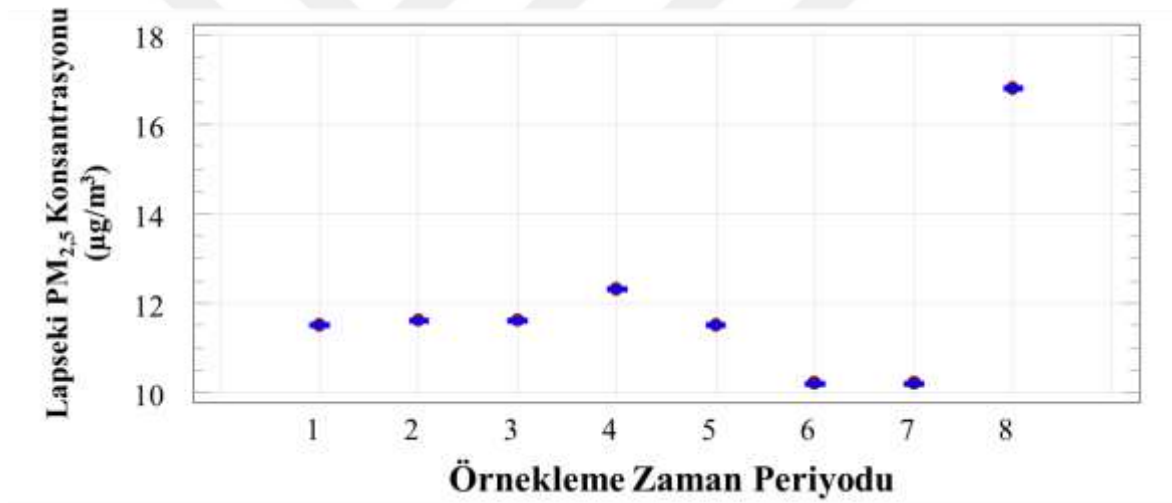
4.1.4. Pasif Örnekleme Döneminde Hava Kalitesinin Zamansal Değişimi

Lapseki ve Çanakkale Merkez bölgelerinde kurulu olan hava kalitesi izleme istasyonlarından elde edilen veriler kullanılarak hazırlanan hava kirletici seviyelerinin örnekleme periyotlarına göre zamansal değişimleri sırasıyla Lapseki için Şekil 37, 38, 39 ve Çanakkale Merkez için Şekil 40, 41, 42, 43 ve 44’de verilmiştir. Lapseki’de çalışma döneminde ölçülen ozon, SO_2 ve $\text{PM}_{2.5}$ ile Çanakkale’de ölçülen $\text{PM}_{2.5}$, ozon, SO_2 , NO_2 ve NO_x düzeyleri örnekleme periyotlarına göre değişim göstermiştir ($p < 0,05$).

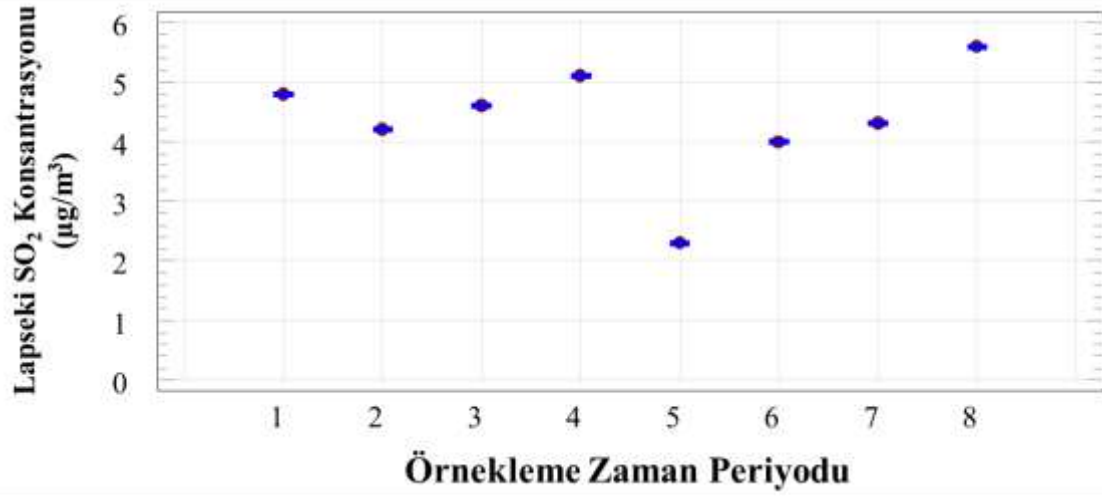
Lapseki bölgesinde $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 ve ozon kirleticilerinin zamana göre değişimleri incelendiğinde en yüksek $\text{PM}_{2.5}$ ($16,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve SO_2 ($5,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$) seviyeleri 8’inci periyotta (19.10.2020 – 03.11.2020) gözlenirken; en yüksek ozon seviyesi ($96,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 3’üncü periyotta (04.08.2020 – 17.08.2020) olduğu gözlenmiştir. 3’üncü zaman periyodu boyunca en sıcak (bkz. Şekil 25) olan periyottur ve ozonun oluşmasında hava sıcaklığının etkisi olduğu ve bu sebeple Lapseki’de ozon konsantrasyonunun bahsedilen zaman periyodunda en yüksek olduğu düşünülmektedir. (Chaichan vd., 2018; Hamid vd., 2020; Na vd., 2005). $\text{PM}_{2.5}$ ve SO_2 emisyonlarının aynı zaman periyodunda yüksek gözlenmeleri, benzer bir kaynağa sahip oldukları ve bu kaynağın gemilerde kullanılan yakıtların yanma

reaksiyonları oldukları düşünülmektedir (Celo vd., 2015). 8'inci periyotta gerçekleştirilen pasif örnekleme döneminde Çanakkale boğazından geçen gemi sayısının (ort. 3.710) da en yüksek olduğu zaman olduğu Tablo 1'de görülmektedir. Ayrıca, gemilerde kullanılan yakıtların türlerine göre salınımı olan hava kirleticilerinin düzeylerinde farklılıklar meydana gelmektedir (Viana vd., 2014; Zhang vd., 2019; W. Zheng vd., 2019).

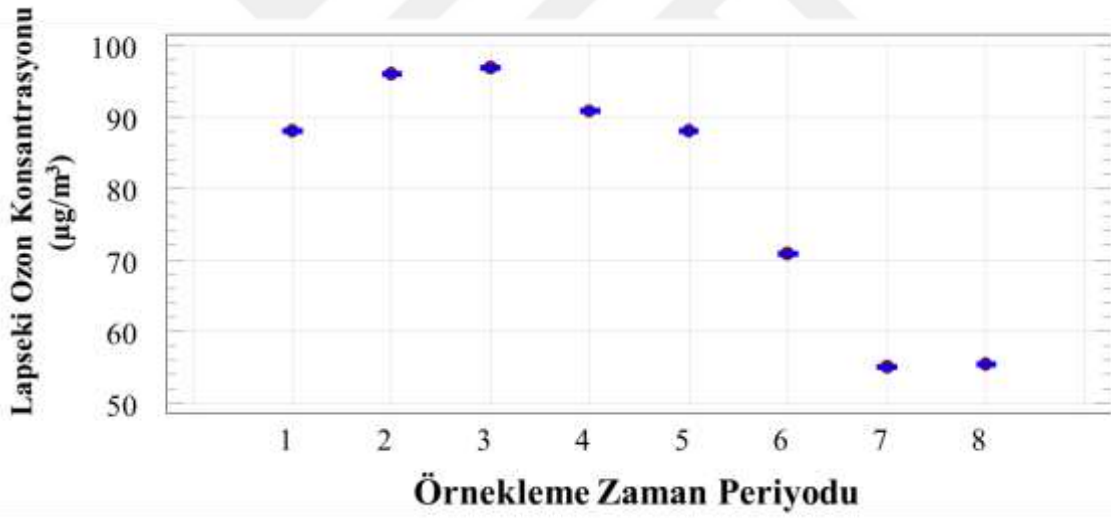
Çanakkale - Merkez'de çalışma dönemi boyunca hava kalitesi ölçüm istasyonu tarafından ölçülen hava kirleticilerin zamansal değişimlerine bakıldığında; en yüksek seviyelerin PM_{2,5} (14,08 µg/m³) ve NO₂ (21,59 µg/m³) için 8'inci periyotta, SO₂ (8,57 µg/m³) ve ozon (76,13 µg/m³) için 4'üncü periyotta ve NO_x (40,63 µg/m³) için ise 1'inci periyotta olduğu gözlenmiştir.



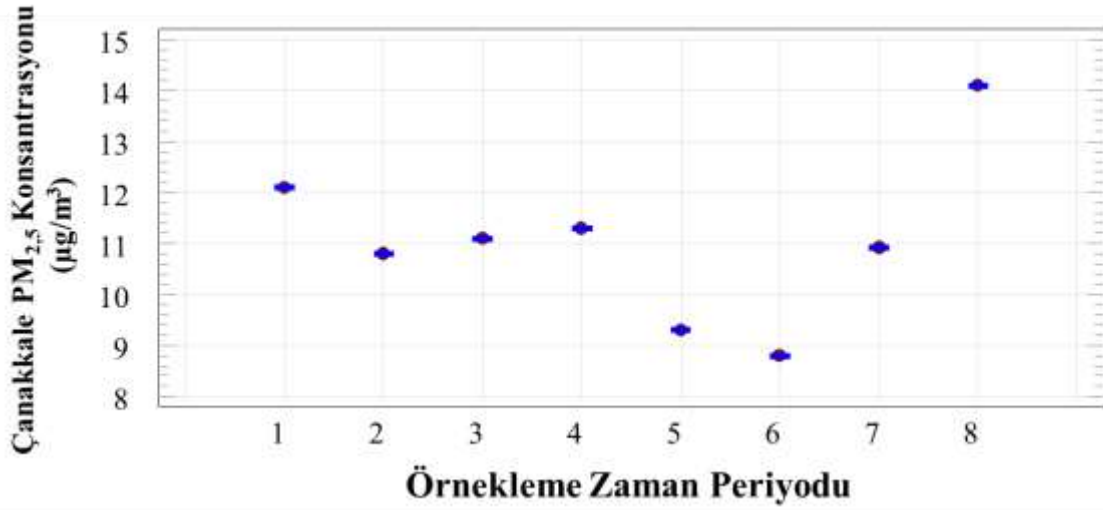
Şekil 39. Pasif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama PM_{2,5} konsantrasyonunun (µg/m³) zamansal değişimi ($p<0,001$)



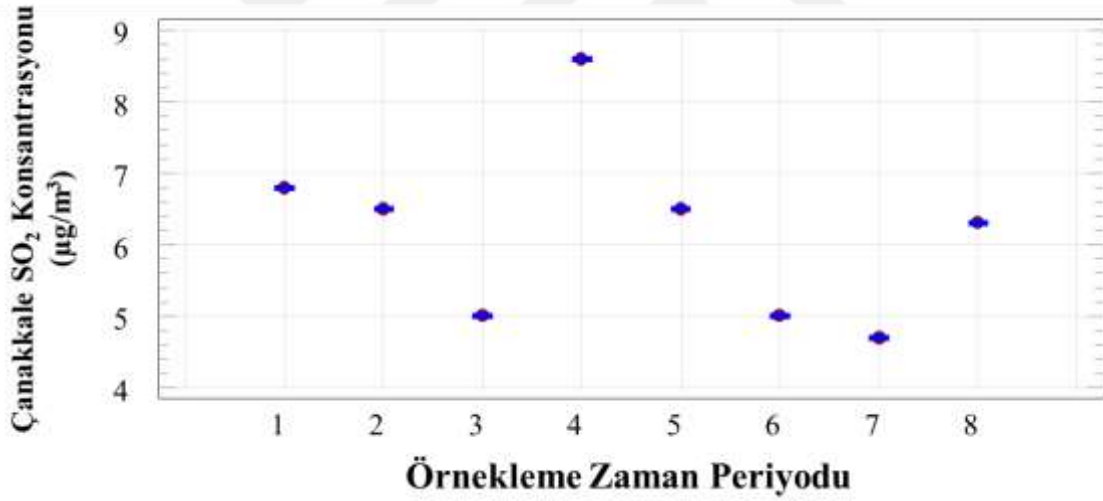
Şekil 40. Pasif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama SO₂ konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)



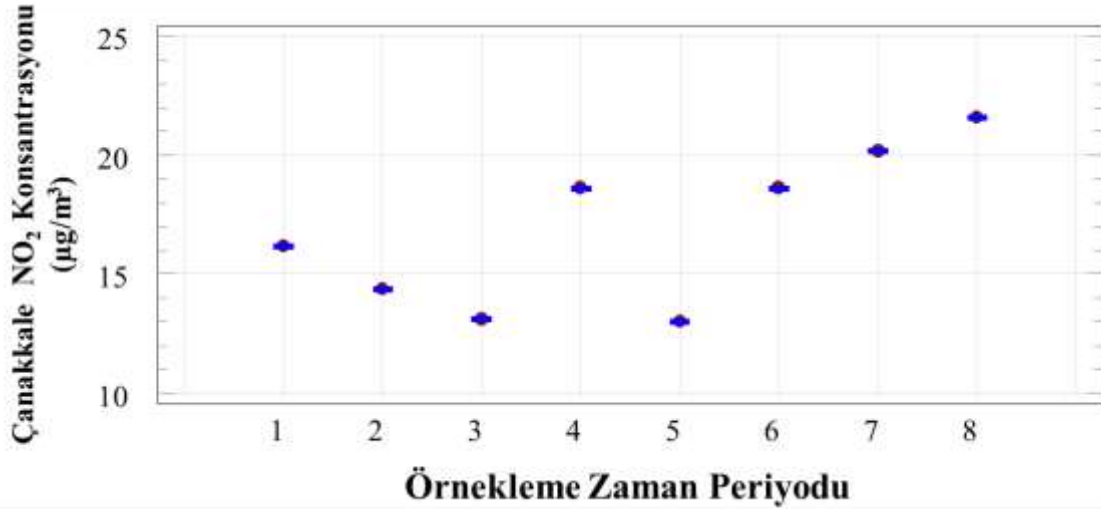
Şekil 41. Pasif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p<0,001$)



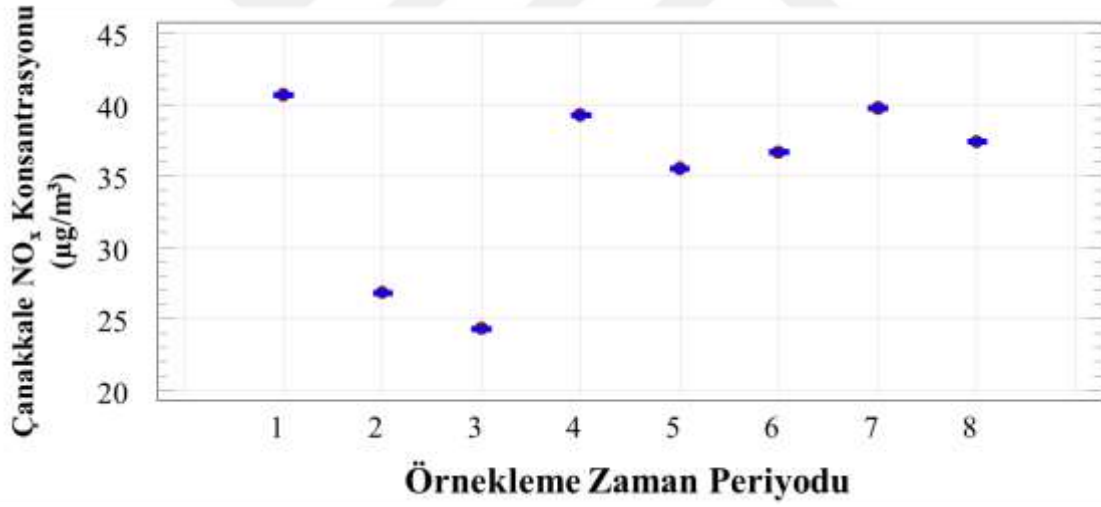
Şekil 42. Pasif örnekleme döneminde Çanakkale hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama PM_{2,5} konsantrasyonunun (µg/m³) zamansal değişimi ($p<0,001$)



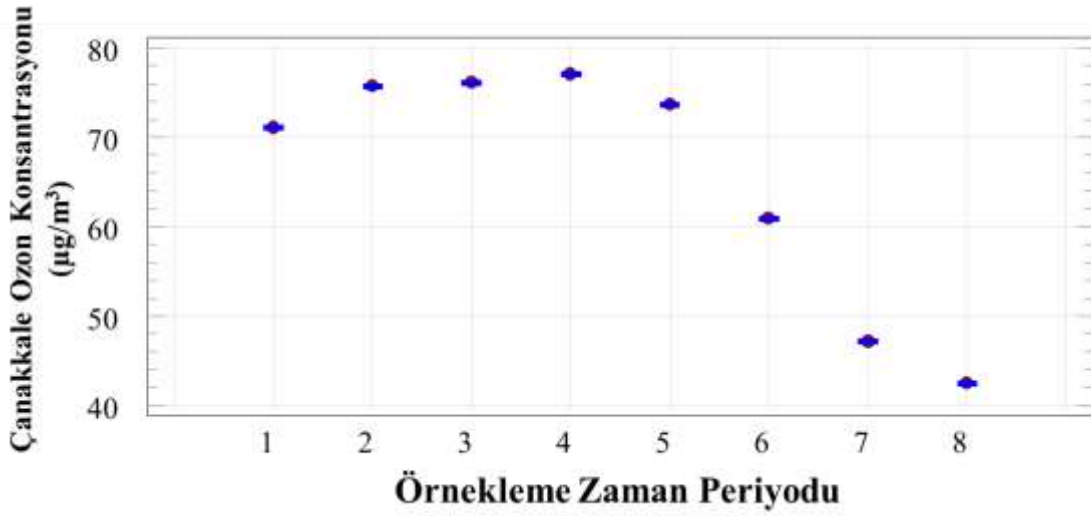
Şekil 43. Pasif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama SO₂ konsantrasyonunun (µg/m³) zamansal değişimi ($p<0,001$)



Şekil 44. Pasif örnekleme döneminde Çanakkale Merkez hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama NO₂ konsantrasyonunun (µg/m³) zamansal değişimi ($p < 0,001$)



Şekil 45. Pasif örnekleme döneminde Çanakkale Merkez hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ortalama NO_x konsantrasyonunun (µg/m³) zamansal değişimi ($p < 0,001$)



Şekil 46. Pasif örnekleme dönemindeki Çanakkale Merkez bölgesindeki ortalama ozon konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamansal değişimi ($p < 0,001$)

4.1.5. Pasif Örnekleme Döneminde UOB Düzeylerinin Hava Kalitesi Ve Meteorolojik Parametreler ile Arasındaki İlişkiler

Pasif örnekleme dönemi boyunca toplanılan hava örneklerinin UOB konsantrasyonları ve MGM'den alınan meteorolojik parametrelerin korelasyon tablosu Tablo 7'de verilmiştir. BTX'ler arasındaki en güçlü ilişkinin toluen ve ksilen arasında ($r > 0,65$) olduğu saptanmıştır. Toluen ve ksilenin kaynaklarının benzer olduğu düşünülmektedir (Wexler vd., 2005). BTX ve TUOB düzeylerinin sıcaklık ile negatif bir ilişkisi olduğu saptanmıştır. Ancak ,benzen ($r > 0,30$) ve toluen ($r > 0,30$) düzeylerinin ksilen ($r < 30$) ve TUOB ($r < 30$) düzeylerine göre sıcaklık ile güçlü bir ilişkisi olduğu görülmektedir. Ölçümlerin gerçekleştirildiği yaz ve sonbahar mevsimlerinde BTX ve TUOB düzeylerinin sıcaklığın düşük olduğu sonbahar mevsiminde, yaz mevsimine kıyasla yüksek olduğu görülmektedir (Bozkurt vd., 2018; Mentese ve Bas, 2020; Zheng vd., 2009).

Tablo 7

Pasif örnekleme dönemine ait BTX ve TUOB düzeylerinin Lapseki meteorolojik verileri arasındaki korelasyon^a

Parametre	Benzen	Toluen	Ksilen	TUOB
Benzen	1			
Toluen	0,63**	1		
Ksilen	0,60**	0,68**	1	
TUOB	0,38**	0,41**	0,47**	1
Sıcaklık	-0,40**	-0,32*	-0,10	-0,02
Rüzgar hızı	-0,22*	-0,28**	-0,15	0,04
Nem	-0,06	-0,02	0,07	-0,20

^an=123, * $p<0,05$ ve ** $p<0,01$

Pasif örnekleme dönemi boyunca toplanılan hava örneklerinin BTX ve TUOB düzeylerinin Lapseki hava kalitesi izleme istasyonundan temin edilen hava kirletici düzeyleri ile olan ilişkisi Tablo 8’de verilmiştir. Tablo 8’de en güçlü ilişkinin PM_{2,5} ile SO₂ arasında ($r>0,65$ ve $p<0,01$) olduğu saptanmıştır. PM_{2,5} ve SO₂ kaynakların benzer olduğu; kaynak olarak bölgedeki fosil yakıtların kullanımının ve gemilerde kullanılan yakıtların etkili düşünülmektedir (Mentese ve Akca, 2020; Davis ve Cornwell, 2008; Zheng vd., 2019). Gemilerde kullanılan yakıtın türüne göre yanma reaksiyonu sonrasında salınımı olan hava kirletici türlerinin düzeylerinde değişiklik meydana getirmektedir (Celo vd., 2015; Zhang vd., 2019) Tablo 8’de, benzen ve toluen ile ozon arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). Ozon öncüleri olarak bilinen BTEX’lerin, güneş radyasyonu ile fotokimyasal reaksiyonlara girerek ozon konsantrasyon düzeyinin artmasına ve BTEX düzeylerinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir (Mozaffar vd., 2020; Wei vd., 2014).

Tablo 8

Pasif örnekleme döneminde ölçülen BTX ve TUOB düzeylerinin Lapseki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen hava kirletici düzeyleri arasındaki korelasyon^a

Parametre	PM _{2,5}	SO ₂	O ₃
PM _{2,5}	1		
SO ₂	0,70**	1	
O ₃	0,39**	-0,04	1
Benzen	-0,04	0,03	-0,37**
Toluen	0,11	0,04	-0,27**
Ksilen	0,10	-0,02	-0,15
TUOB	0,18	0,08	-0,07

^an=123, * $p<0,05$ ve ** $p<0,01$

Pasif örnekleme dönemi boyunca toplanılan hava örneklerinin BTX ve TUOB düzeylerinin Çanakkale hava kalitesi izleme istasyonundan temin edilen hava kirletici düzeyleri ile olan ilişkisi Tablo 9’da verilmiştir. Tablo 9’a göre, NO₂ düzeyi ile ozon düzeyi arasında gözlenen güçlü negatif ilişki ($r = -0,63$), yer seviyesinde ozon oluşum mekanizması ile doğrudan ilişkilidir (Sharma vd., 2017). Yakıtların yanma reaksiyonlarından dolayı oluşan NO_x bileşik türlerinin oksijen ve/veya oksijen atomu ile tepkimeye girmeleri sonucunda NO₂ ve ozon oluşumuna neden olmaktadır (Atkinson, 2000). NO₂ ile benzen, toluen ve ksilen arasında pozitif yönlü ilişkiler görülmüştür ($p<0,05$). BTX bileşikleri ve NO₂ bileşiği araçların yakıtlarının yanma reaksiyonları sonucunda ve insani faaliyetlerin sonucunda havaya salınımları gerçekleşmektedir (Davis ve Cornwell, 2008; Fugas ve Valić, 1968). BTX ve NO₂ düzeyleri gün içinde trafik yoğunluğu ve insani faaliyetler sonucunda değiştiği düşünülmektedir.

Tablo 9

Pasif örnekleme dönemine ait BTX ve TUOB düzeylerinin Çanakkale hava kalitesi ölçüm istasyon verileri arasındaki korelasyon^a

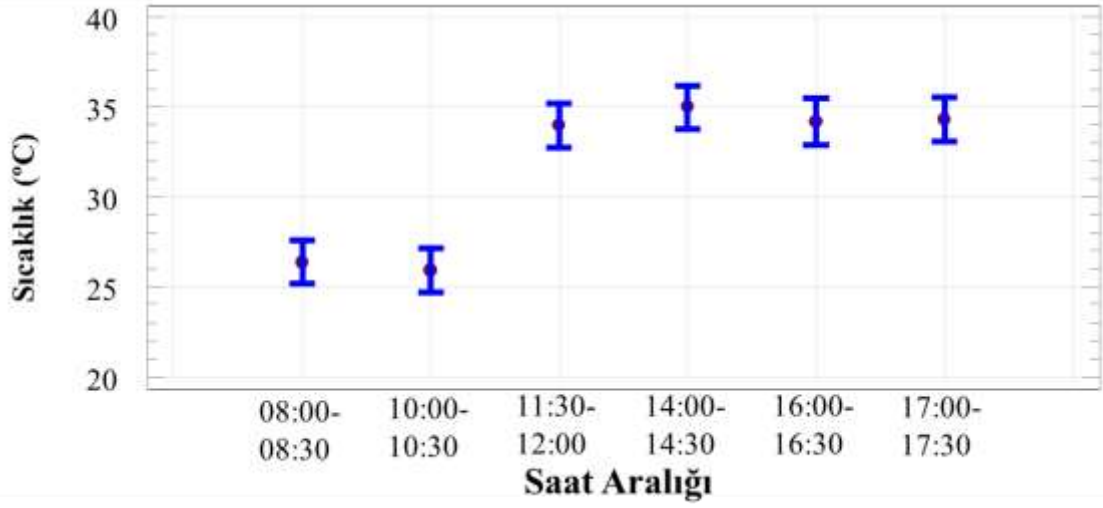
Parametre	PM _{2,5}	NO _x	NO ₂	O ₃	SO ₂
PM _{2,5}	1				
NO _x	0,44**	1			
NO ₂	0,42**	0,61**	1		
O ₃	-0,09	-0,40**	-0,63**	1	
SO ₂	0,32**	0,20*	-0,25**	0,52**	1
Benzen	0,06	-0,002	0,22*	-0,42**	-0,42**
Toluen	0,09	0,05	0,26**	-0,26**	-0,25**
Ksilen	0,10	0,15	0,18*	-0,13	-0,09
TUOB	0,11	-0,15	-0,03	-0,02	-0,13

^an=123, * $p<0,05$ ve ** $p<0,01$

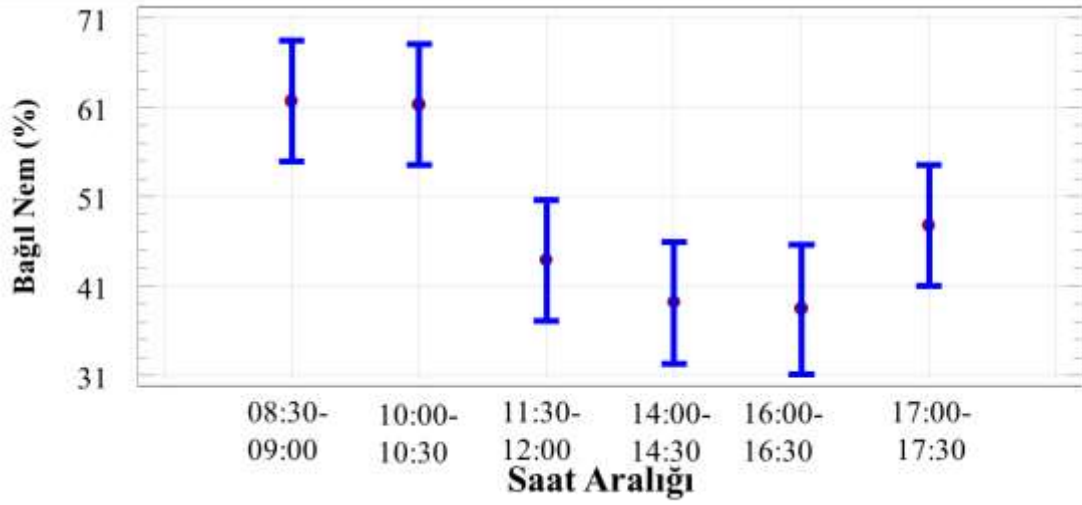
4.2. Aktif Örnekleme Dönemine Ait Sonuçlar

4.2.1. Aktif Örnekleme Dönemine Meteorolojik Parametrelerin Zamansal Değişimi

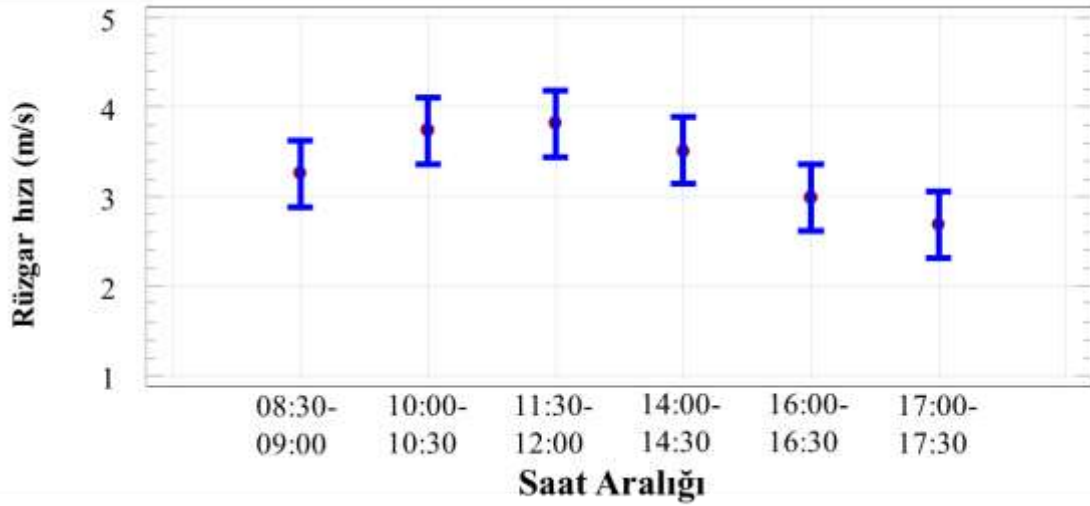
Aktif hava örneklerinin toplandığı tarihlere ve saatlere göre MGM'den temin edilen hava sıcaklığı, bağıl nem ve saatlik ortalama rüzgar hızı parametrelerine ait veriler Ek 2 Ek Tablo 3'de verilmiştir. Örnekleme saatlerine göre ortalama sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar hızının değişimleri Şekil 47, 48 ve 49 verilmiştir. Buna göre, ortalama sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar hızının ölçüm yapılan günün saatlerine göre (08:00 – 17:30) değişim gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Ortalama sıcaklık ve ortalama rüzgar hızının öğle saatlerine doğru yükseldiği ve akşam saatlerine doğru azaldığı görülmektedir. Bu durumun aksine, bağıl nem değerinin sabah saatlerinde yüksek olduğu; öğle saatlerine doğru azaldığı ve akşam saatlerine doğru tekrar yükseldiği görülmektedir.



Şekil 47. Aktif örnekleme dönemine ait ortalama sıcaklık (°C) değerlerinin zamansal değişimi ($p<0,001$)



Şekil 48. Aktif örnekleme dönemine ait ortalama bağıl nem (%) değerinin zamansal değişimi ($p<0,001$)



Şekil 49. Aktif örnekleme dönemine ait ortalama rüzgar hızının (m/sn) zamansal değişimi ($p < 0,05$)

4.2.2. Aktif Örnekleme Dönemine Ait UOB Düzeylerinin Zamansal Değişimi

Aktif örnekleme döneminde Lapseki ve Çardak bölgesinden toplanan hava örneklerindeki UOB düzeylerinin ortalama değerleri Tablo 10'da verilmiştir. Tablo 10'a göre UOB bileşikleri arasında en yüksek ortalama konsantrasyon Lapseki-Merkez ($4,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Çardak'ta ($4,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) *sek*-bütil-bezen+1,3-dikoloro benzen için gözlenmiştir. En düşük konsantrasyon ise Lapseki-Merkez için *n*-tridekan ($0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Çardak için bromobenzen ($0,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bileşiği gözlenmiştir.

Tablo 10

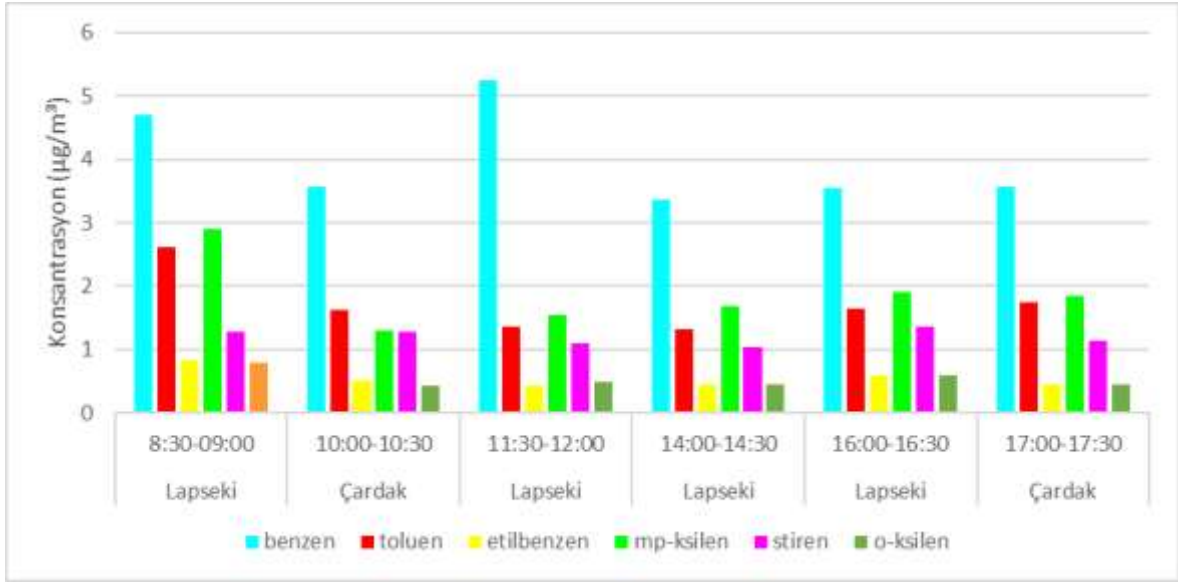
Merkez ve Çardak'tan toplanan aktif hava örneklerindeki UOB konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *

UOB Türü	Merkez	Çardak
<i>n</i> -pentan	3,99 ± 3,2 (0,20-16,14)	4,09 ± 3,14 (0,85-14,92)
<i>n</i> -hegzan	2,55 ± 5,33 (0,20-37,00)	2,51 ± 4,43 (0,07-17,66)
<i>n</i> -heptan	1,06 ± 0,55 (0,16-4,07)	0,98 ± 0,51 (0,22-3,01)
<i>n</i> -oktan	1,72 ± 1,23 (0,04-7,42)	1,51 ± 0,82 (0,32-4,05)
<i>n</i> -nonan	0,35 ± 0,17 (0,11-0,86)	0,36 ± 0,17 (0,07-0,83)
<i>n</i> -dekan	0,31 ± 0,19 (0,03-1,41)	0,24 ± 0,14 (0,08-0,86)
<i>n</i> -undekan	1,02 ± 1,07 (0,03-4,77)	1,18 ± 1,21 (0,05-3,43)
<i>n</i> -dodekan	0,26 ± 0,13 (0,07-0,94)	0,24 ± 0,10 (0,04-0,50)
<i>n</i> -tridekan	0,14 ± 0,08 (0,03-0,53)	0,14 ± 0,08 (0,04-0,42)
<i>n</i> -tetradekan	0,37 ± 0,34 (0,04-2,16)	0,44 ± 0,43 (0,06-1,92)
<i>n</i> -pentadekan	0,16 ± 0,13 (0,02-0,61)	0,17 ± 0,14 (0,03-0,64)
benzen	4,21 ± 4,54 (0,10-44,62)	3,58 ± 1,28 (0,22-5,33)
toluen	1,75 ± 1,45 (0,14-8,90)	1,68 ± 0,95 (0,18-4,73)
etilbenzen	0,58 ± 0,54 (0,07-3,08)	0,48 ± 0,58 (0,07-4,15)
<i>m,p</i> -ksilen	2,02 ± 1,90 (0,09-11,64)	1,57 ± 0,88 (0,27-4,12)
stiren	1,20 ± 0,58 (0,09-3,09)	1,21 ± 0,62 (0,14-2,71)
<i>o</i> -ksilen	0,59 ± 0,41 (0,14-2,68)	0,44 ± 0,24 (0,11-1,28)
<i>i</i> -propilbenzen	0,11 ± 0,13 (0,03-1,15)	0,18 ± 0,27 (0,04-1,45)
<i>n</i> -propilbenzen	5,28 ± 5,23 (0,07-48,49)	6,73 ± 10,40 (0,10-60,82)
1,3,5-trimetilbenzen	0,37 ± 0,25 (0,02-1,33)	0,46 ± 0,36 (0,02-2,12)
<i>tert</i> -bütil-benzen	0,40 ± 0,33 (0,02-1,41)	0,48 ± 0,44 (0,02-2,07)
4-isopropil toluen	0,76 ± 0,61 (0,03-4,03)	0,61 ± 0,27 (0,21-1,57)
<i>sek</i> -bütilbenzen+1,3-DCB	4,97 ± 4,97 (0,02-40,51)	4,80 ± 4,07 (0,39-22,24)
4-isopropil toluen	0,18 ± 0,22 (0,02-1,43)	0,21 ± 0,14 (0,02-0,70)
<i>n</i> -bütilbenzen	0,22 ± 0,21 (0,02-1,47)	0,20 ± 0,11 (0,03-0,54)
naftalin	0,19 ± 0,14 (0,02-0,86)	0,17 ± 0,09 (0,04-0,55)
bromobenzen	0,17 ± 0,22 (0,02-0,98)	0,13 ± 0,12 (0,02-0,53)
2-klorotoluen	1,40 ± 2,99 (0,09-22,40)	1,43 ± 2,47 (0,10-10,47)
4-klorotoluen	3,53 ± 1,45 (0,02-9,54)	3,62 ± 1,57 (0,03-7,19)
1,4-DCB	0,39 ± 0,67 (0,03-3,34)	0,20 ± 0,27 (0,03-1,14)
1,2-DCB	0,49 ± 0,39 (0,10-2,13)	0,58 ± 0,69 (0,06-4,14)
1,2,4-triklorobenzen	1,79 ± 1,09 (0,08-6,45)	2,51 ± 2,76 (0,30-19,54)
hegzakloro-1,3-butadien	0,38 ± 0,45 (0,08-3,58)	0,47 ± 0,62 (0,12-4,12)
1,2,3-triklorobenzen	1,13 ± 1,51 (0,06-11,12)	1,33 ± 1,91 (0,05-12,49)
TUOB	77,41 ± 27,97 (36,12-20,22)	79,97 ± 27,99 (47,68-168,19)

*ortalama ± std (min – mak); DCB: diklorobenzen

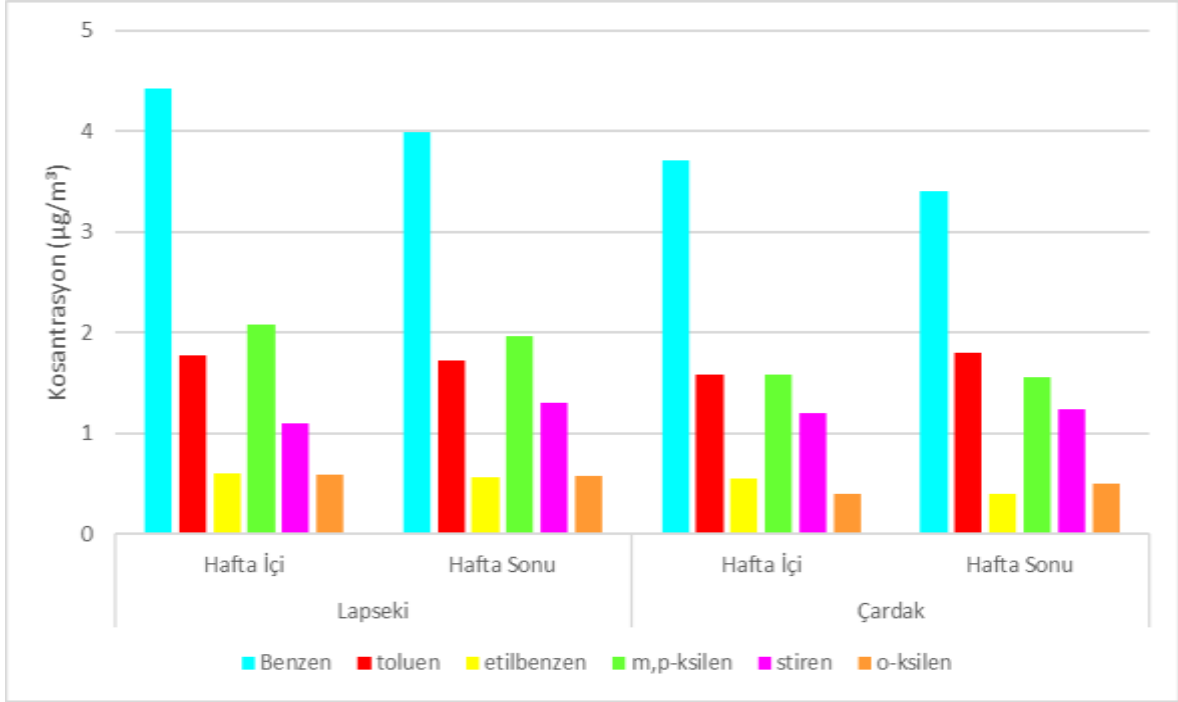
Lapseki-Merkez ve Çardak iskele konumlarından toplanan aktif hava örneklerinin saatlik ortalama BTEX seviyelerinin mekânsal değişimi Şekil 50'de verilmiştir. BTEX bileşikleri arasında, ortalama benzen konsantrasyonunun her iki bölgede ve örnekleme çalışması boyunca en yüksek olduğu gözlenmiştir. En yüksek ortalama benzen

konsantrasyonunun Lapseki-Merkez’de ($5,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) saat 11:30 - 12:00 arasında ve Çardak’ta ($3,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gerçekleştirilen her iki ölçüm saatinde gözlemlendiği belirlenmiştir. Çardak bölgesinde iskelede görülen benzen konsantrasyonunun sadece iskele bölgesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak Lapseki iskele bölgesinde, gündelik trafiğin ve iskeleden oluşan trafikten kaynaklı emisyonların salınımlarından benzen düzeyinin yüksek olduğu düşünülmektedir.



Şekil 50. Lapseki-Merkez ve Çardak iskele örnekleme noktalarında aktif olarak toplanan hava örneklerinin saatlik ortalama BTEX seviyelerinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal değişimi

Lapseki ve Çardak iskeleleri önünden hafta içi ve hafta sonu günlerinde toplanan aktif hava örneklerinin ortalama BTEX seviyelerinin değişimi Şekil 51’de verilmiştir. Şekil 51’e göre, BTEX türleri arasında benzen düzeyinin hafta içi (Lapseki: $4,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Çardak: $3,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve hafta sonu (Lapseki: $4,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Çardak: $3,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$), diğerlerine göre daha yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Ayrıca, Lapseki bölgesinde hafta içi ve hafta sonu gözlenen BTEX düzeylerinin Çardak bölgesine göre daha yüksek olduğu ve bu durumun Lapseki iskelesinin, Çardak iskelesine kıyasla daha çok tercih ediliyor olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Lapseki: 107; Çardak: 58). İlâveten, hafta içi gözlenen BTEX düzeylerinin hafta sonlarına kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeninin ise hafta içi günlerde rutin karasal/deniz trafiğinin hafta sonlarına göre daha fazla olması olduğu düşünülmektedir.

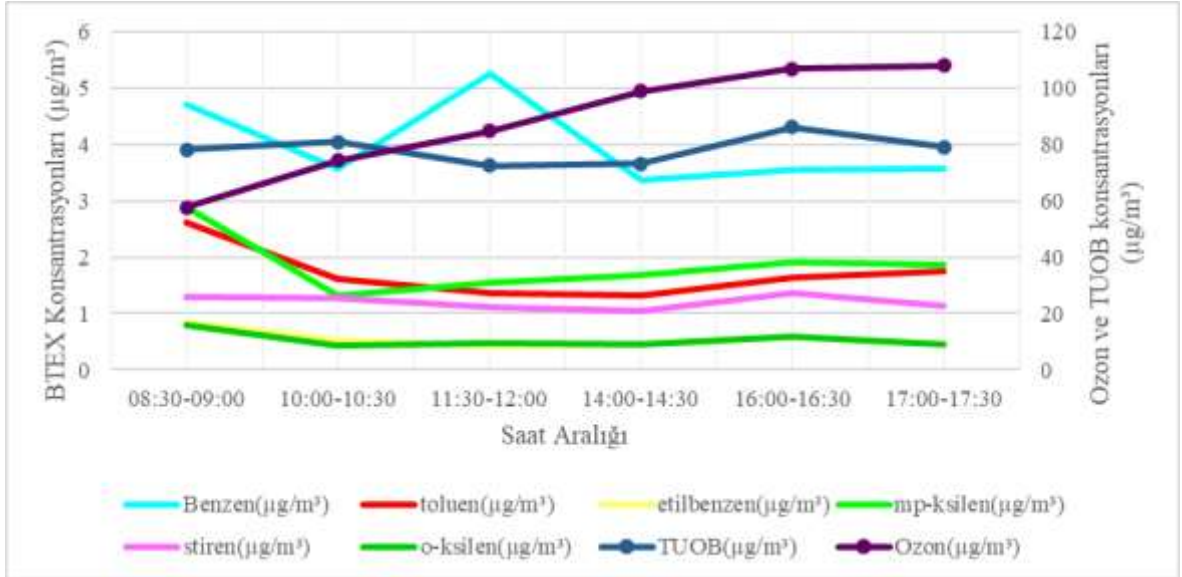


Şekil 51. Lapseki-Merkez ve Çardak iskele örnekleme noktalarında aktif olarak toplanan hava örneklerinin toplandığı hafta içi ve hafta sonu günlerine göre ortalama BTEX seviyelerinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal değişimi

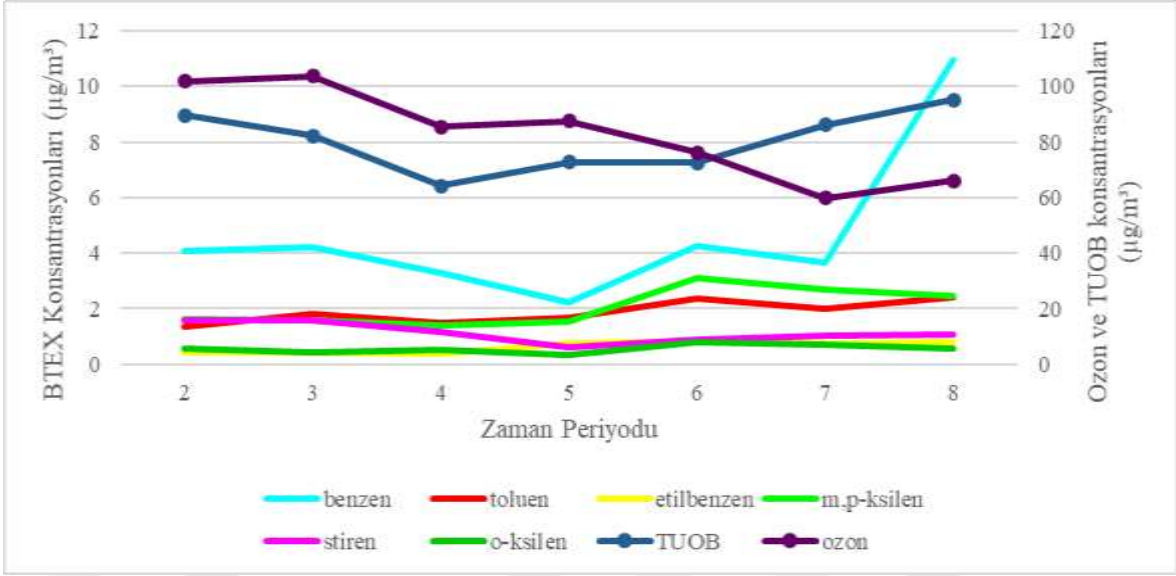
4.2.3. Aktif Örnekleme Döneminde Ozon Ve UOB Seviyelerinin Zamansal Değişimi

Aktif örnekleme metodu kullanılarak toplanan hava örneklerindeki BTEX ve TUOB düzeyleri ile hava kalitesi ölçüm istasyonundan alınan ozon düzeylerinin tüm çalışma dönemindeki değişimi örnekleme saatlerine göre Şekil 52’de ve örnekleme periyotlarına göre ise Şekil 53’de verilmiştir. Şekil 52’ye göre, ozon konsantrasyonlarının sabah saatlerinden akşam saatlerine doğru artış gösterdiği ve BTEX konsantrasyonlarının ise 10:00 – 10:30’dan 16:00 – 16:30’a kadar azalış gösterdiği sonrasında 16:00 – 16:30 kadar artış gösterdiği ve 17:00 – 17:30’da tekrar azalış gösterdiği görülmektedir. Ozonun UV ışınları ile parçalanarak oksijen ve oksijen atomuna parçalandığı ve bu atomların reaksiyonlara girerek başka hava kirletici türlerini ürün olarak oluşturmaları (Atkinson ve Arey, 2003; Sharma vd., 2017) ve trafik yoğunluğunun azalması ile havada bulunan UOB ve NO_x bileşiklerinin ozon oluşumuna neden oldukları düşünülmektedir (Chaichan vd., 2018; Shao vd., 2009).

Şekil 53'e göre BTEX seviyelerinin ozon seviyeleri ile negatif yönde lineer olmayan bir ilişkisinin olduğu görülmektedir. Örnekleme dönemi boyunca en yüksek ortalama sıcaklığın 3'üncü periyotta (25,90 °C) olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 25). 3'üncü zaman periyodunda sıcaklık ile ozon oluşturma potansiyeline sahip öncülerden görülen BTEX konsantrasyonlarının bu periyotta ozon düzeyin fotokimyasal reaksiyona girerek katkıda bulunduğu düşünülmektedir (Chaichan vd., 2018; Hamid vd., 2020; Zheng vd., 2009).



Şekil 52. Aktif örnekleme döneminde BTEX, TUOB ve ozon seviyelerinin saat aralıklarına göre ortalama konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi



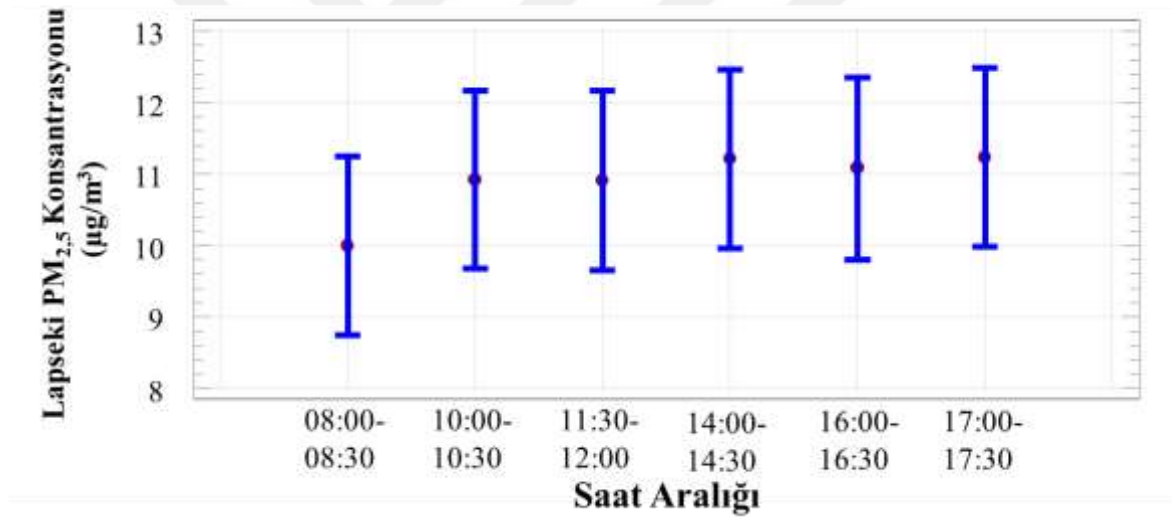
Şekil 53. Aktif örnekleme döneminde BTEX, TUOB ve ozon seviyelerinin ölçüm periyotlarına göre ortalama konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi

4.2.4. Aktif Örnekleme Döneminde Hava Kalitesi İstasyonunda Ölçülen Kirleticilerin Zamansal Değişimi

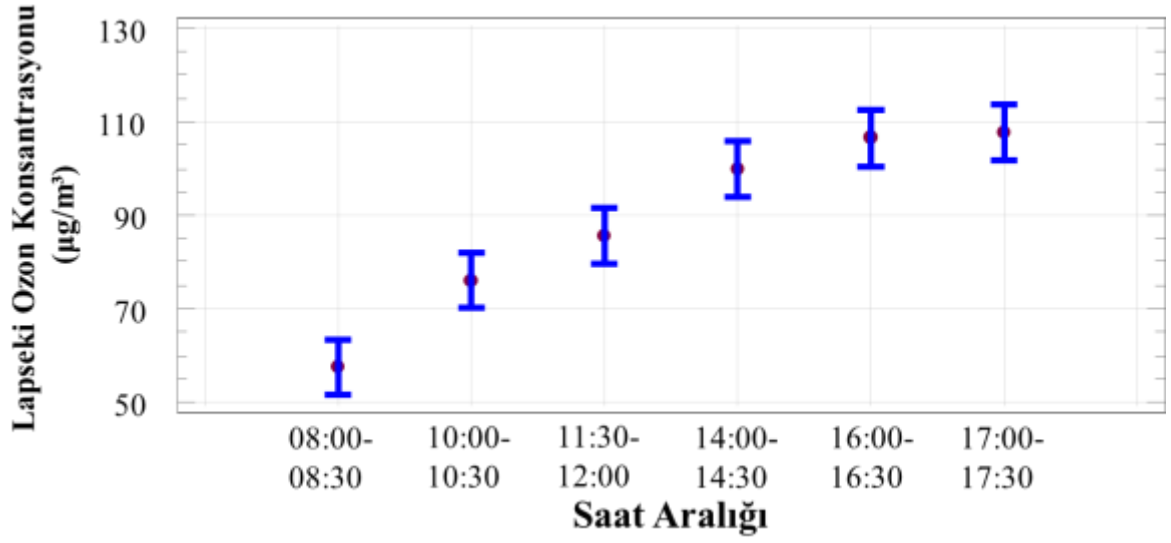
Aktif örnekleme döneminde Çanakkale - Merkez ve Lapseki'de kurulu olan hava kalitesi ölçüm istasyonlarında ölçülen hava kirleticilerin zamansal değişimi de araştırılmıştır. Aktif örnekleme döneminde Lapseki bölgesinde kurulu olan hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen hava kirleticilerin seviyeleri Ek.2 Ek Tablo 5'de verilmiştir. Lapseki'de ölçülen $\text{PM}_{2.5}$ ve ozon düzeylerinin örnekleme saatlerine göre değişimleri Şekil 54 ve 55'de gösterilmiştir. Lapseki'de ölçülen $\text{PM}_{2.5}$ seviyeleri günü saatlerine göre değişim göstermezken ($p>0,05$); ozon düzeylerinin günün saatine göre belirgin bir farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,001$). Lapseki'de en yüksek ortalama $\text{PM}_{2.5}$ ($11,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve ozon konsantrasyonları ($107,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 17:00-17:30 saatleri arasında gözlenmiştir. $\text{PM}_{2.5}$ ortalama düzeyinin gemilerden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Celo vd., 2015; W. Zheng vd., 2019). Ancak gemilerin hangi saat aralıklarında ne kadar geçtikleri hakkında elimizde bir bilgi bulunmamaktadır. Gün içinde oluşan ozon bileşiğinin güneşten gelen UV ışınları sayesinde oksijen ve oksijen atomuna parçalanması ve bu atomların gün içinde oluşan hava kirleticileri ile reaksiyona girmesi ve devamında çeşitli reaksiyonlar ile yeniden ozon oluşumuna neden olması Lapseki'de ozon miktarının sabah saatlerinden

akşam saatlerine doğru artış göstermesinin bir nedeni olarak düşünülmektedir (Atkinson, 2000; Atkinson ve Arey, 2003; Sharma vd., 2017)

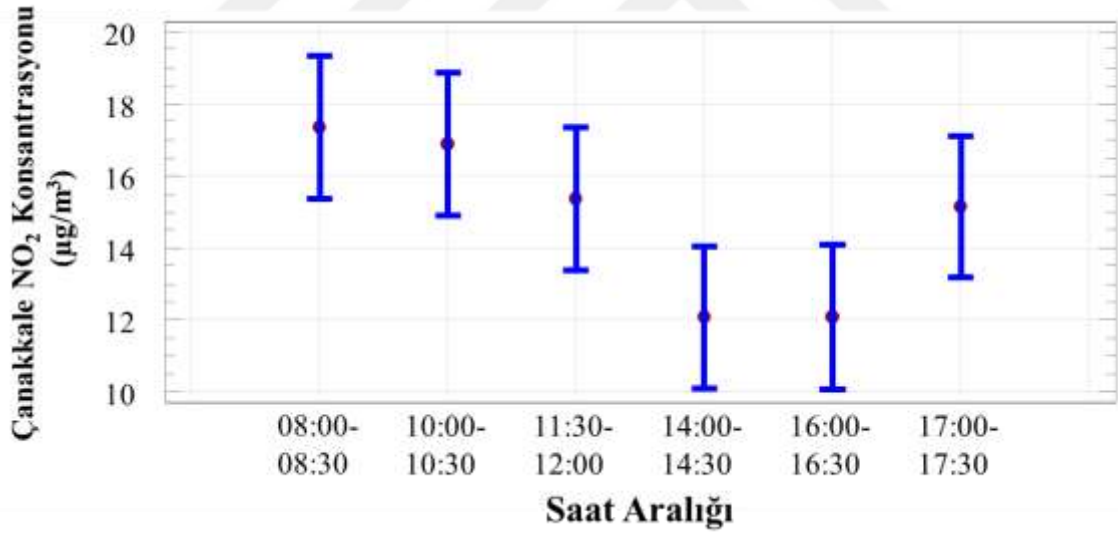
Lapseki’de kurulu olan hava kalitesi istasyonunda kaliteli NO₂-NO_x verisi çalışma süresince temin edilemediği için, çalışma döneminde Çanakkale’de kurulu olan hava kalitesi ölçüm istasyonundan temin edilen NO₂ verileri kullanılmıştır. Çanakkale - Merkez’de yer alan hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen NO₂ ve NO_x düzeylerinin günün saatlerine göre değişim gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$) ve saatlik dağılımları sırasıyla Şekil 56 ve 57’de gösterilmiştir. Buna göre, en yüksek ortalama NO₂ (17,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve NO_x (39,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) seviyelerinin sırasıyla 08:00-08:30 ve 10:00-10:30 saat aralıklarında olduğu belirlenmiştir.



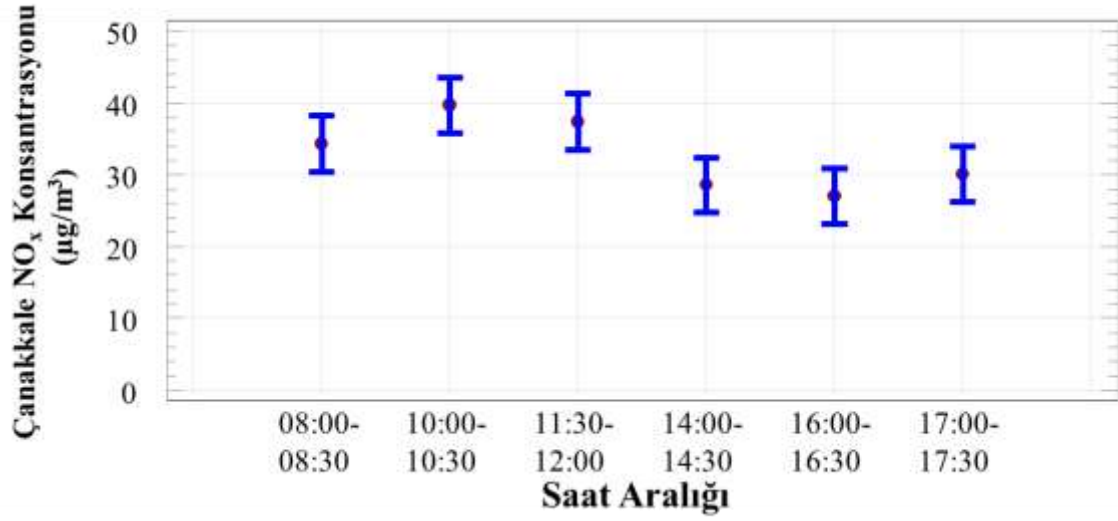
Şekil 54. Aktif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi istasyonunda ölçülen ortalama PM_{2,5} seviyesinin örnekleme saatlerine göre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p>0,05$)



Şekil 55. Aktif örnekleme döneminde Lapseki hava kalitesi istasyonunda ölçülen ortalama ozon seviyesinin örnekleme saatlerine göre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,001$)



Şekil 56. Aktif örnekleme döneminde Çanakkale hava kalitesi istasyonunda ölçülen ortalama NO₂ seviyesinin örnekleme saatlerine göre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,05$)



Şekil 57. Aktif örnekleme döneminde Çanakkale hava kalitesi istasyonunda ölçülen ortalama NO_x seviyesinin örnekleme saatlerine göre (µg/m³) değişimi ($p < 0,01$)

4.2.5. Aktif Örnekleme Döneminde Ölçülen Tüm Parametrelerin Birbirleri ile İlişkileri

Aktif örnekleme döneminde ksilen düzeylerinin toplandığı bölgeye göre değişim gösterdiği ($p < 0,05$); Lapseki'de Çardak'a göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durumun Lapseki iskelesinde gözlenen trafiğin Çardak iskelesindekinden daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Aktif hava örneklerinin toplandığı hafta içi günlerde Lapseki'de ölçülen rüzgar hızı ve Çanakkale'de ölçülen NO₂ düzeylerinin ve hafta sonu günlerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Hafta içi günlerinde Çanakkale'de NO₂'nin daha fazla potansiyel kaynağı olduğuna işaret etmektedir.

Aktif örnekleme döneminde meteorolojik parametrelerden Lapseki'de ölçülen hava basıncı ile ölçülen UOB ve hava kalitesi istasyon parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 11'de verilmiştir. Tablo 11'e göre hava basıncının; Çanakkale'de ölçülen NO_x ve NO₂

bileşikleri ile pozitif yönde ilişkili olduğu; ozon, benzen, klorobenzen ve stiren ile sıcaklığın negatif ilişkisi olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Ayrıca, hava basıncı sıcaklık ile negatif olarak ilişkilidir.

Tablo 11

Aktif örnekleme döneminde Lapseki’de ölçülen hava basıncı ile ölçülen diğer parametreler arasındaki korelasyonlar (* $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$)

Parametre	R
Çanakkale - NO _x	0,43***
Lapseki – Ozon	-0,34***
Lapseki - Benzen	-0,34***
Çanakkale - Ozon	-0,29***
Çanakkale - NO ₂	0,29***
Lapseki – Stiren	-0,25**
Lapseki - Klorobenzen	-0,22*
Çanakkale - SO ₂	-0,20*
Lapseki - Sıcaklık	-0,17*

Aktif örnekleme döneminde meteorolojik parametrelerden Lapseki’de ölçülen bağıl nem (%) ile ölçülen UOB ve hava kalitesi istasyon parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 12’de verilmiştir. Tablo 13’e göre Lapseki’de ölçülen bağıl nem düzeyinin; ozon ve SO₂ düzeyleri ile negatif ilişkisinin; Çanakkale’de ölçülen NO_x’ler ve Lapseki’de ölçülen benzen düzeyleri ile ise pozitif ilişkilerinin olduğu saptanmıştır.

Tablo 12

Aktif örnekleme döneminde Lapseki’de ölçülen bağıl nem ile ölçülen diğer parametreler arasındaki korelasyonlar (** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$)

Parametre	r
Lapseki - Sıcaklık	-0,84***
Çanakkale - Ozon	-0,50***
Lapseki – Ozon	-0,42***
Çanakkale - NO _x	0,27***
Lapseki - Benzen	0,25**
Çanakkale - NO ₂	0,23**
Çanakkale - SO ₂	-0,18***

Aktif örnekleme döneminde meteorolojik parametrelerden Lapseki’de ölçülen sıcaklık (°C) ile ölçülen UOB ve hava kalitesi istasyon parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 13’de verilmiştir. Tablo 13’e göre sıcaklık ile ozon düzeyleri, Lapseki’de ölçülen PM_{2,5} düzeyi ve Çanakkale’de ölçülen NO_x ve NO₂ arasında pozitif yönlü ilişkiler olduğu; Lapseki’de ölçülen benzen düzeyi arasında ise negatif yönlü bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Lapseki’de ölçülen ozon, PM_{2,5} ve Çanakkale’de ölçülen ozon düzeylerinin sıcaklığın yüksek olduğu yaz mevsiminde artış gösterdiği ve sıcaklığın düşmeye başladığı sonbahar mevsiminde düşüş gösterdiği düşünülmektedir. Bu durumun aksinin, sıcaklık ile negatif ilişkisi olan Lapseki’de ölçülen benzen ve Çanakkale’de ölçülen NO_x ve NO₂ düzeyleri için düşünülmektedir.

Tablo 13

Aktif örnekleme döneminde Lapseki’de ölçülen sıcaklık ile ölçülen diğer parametreler arasındaki korelasyonlar (* $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$)

Parametre	r
Çanakkale - Ozon	0,58***
Lapseki - Ozon	0,49***
Çanakkale - NO _x	-0,29***
Çanakkale - NO ₂	-0,24**
Lapseki - Benzen	-0,22**
Lapseki - PM _{2,5}	0,18*

Aktif örnekleme döneminde Lapseki’de ölçülen UOB düzeyleri ile diğer hava kalitesi parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 14’de verilmiştir. Tablo 14’e göre Lapseki’de ölçülen BTEX, C₆, bromobenzen bileşiklerinin birbirleri ile pozitif yönlü ilişkileri olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Bu bileşiklerden etilbenzen ile *m,p*-ksilen ve toluen; *m,p*-ksilen ile toluen arasında önemli ilişki olduğu saptanmıştır. Bu bileşiklerin trafik kökenli olduğu ve bileşik seviyelerinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak artış gösterdiği düşünülmektedir (Kerbachi vd., 2006; Parra vd., 2009).

Tablo 14

Aktif örnekleme döneminde toplanılan hava örneklerindeki UOB ve ölçülen diğer parametreler arasındaki ilişkiler

Parametre 1	Parametre 2	r
Çanakkale - NO ₂	Çanakkale - NO _x	0,86
Çanakkale - Ozon	Lapseki - Ozon	0,84
Lapseki - etilbenzen	Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	0,82
Lapseki - etilbenzen	Lapseki - toluen	0,77
Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	Lapseki - toluen	0,66
Çanakkale - PM _{2,5}	Lapseki - PM _{2,5}	0,66
Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	Lapseki - <i>o</i> -ksilen	0,56

Tablo 14'ün devamı

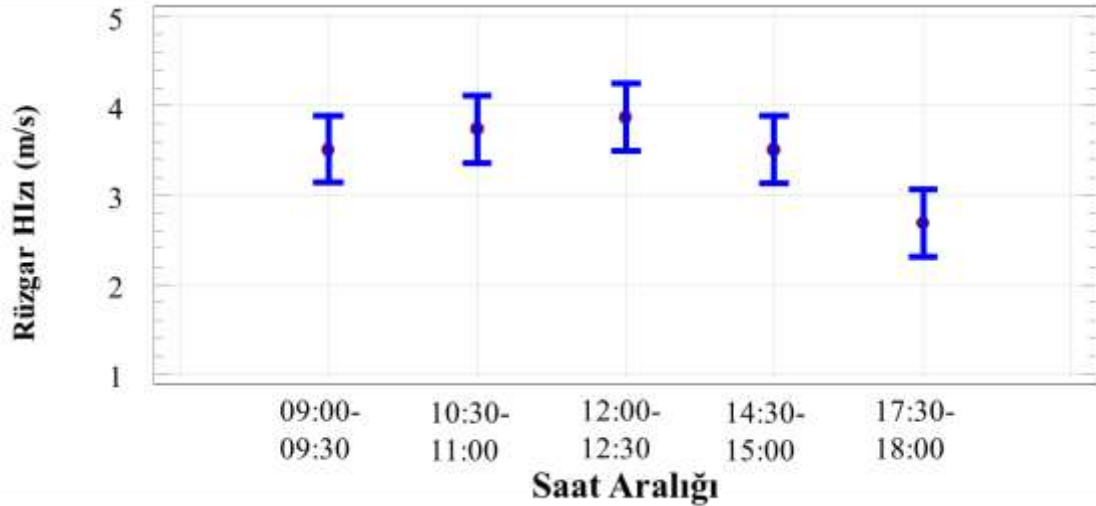
Lapseki - benzen	Lapseki - klorobenzen	0,53
Çanakkale - NO _x	Lapseki-O3	-0,52
Çanakkale - ozon	Çanakkale - NO _x	-0,52
Çanakkale - PM _{2,5}	Çanakkale - SO ₂	0,50
Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	TUOB	0,50
Lapseki - benzen	Lapseki - stiren	0,49
Lapseki - etilbenzen	Lapseki - TUOB	0,46
Lapseki - etilbenzen	Lapseki - <i>o</i> -ksilen	0,46
Lapseki – toluen	Lapseki - TUOB	0,46
Lapseki - benzen	Lapseki - etilbenzen	0,45
Lapseki – stiren	Lapseki - TUOB	0,45
Lapseki - benzen	Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	0,44
Lapseki - benzen	Lapseki - TUOB	0,42
Lapseki - klorobenzen	Lapseki - stiren	0,40
Çanakkale - ozon	Çanakkale - NO ₂	-0,40
Lapseki - benzen	Lapseki - toluen	0,39
Çanakkale - NO ₂	Lapseki - Ozon	-0,39
Lapseki - <i>o</i> -ksilen	Lapseki - toluen	0,37
Lapseki - C ₆	Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	0,36
Lapseki-PM _{2,5}	Lapseki-SO ₂	0,36
Klorobenzen	Lapseki - TUOB	0,34
Çanakkale - ozon	Çanakkale - SO ₂	0,33
Lapseki - C ₆	Lapseki - <i>o</i> -ksilen	0,33
Çanakkale - SO ₂	Lapseki-PM _{2,5}	0,33
Lapseki - <i>o</i> -ksilen	Lapseki - stiren	0,33
Lapseki - klorobenzen	Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	0,32
Çanakkale - NO _x	Lapseki - stiren	-0,31
Lapseki - benzen	Lapseki - C ₆	0,31
Lapseki - C ₆	Lapseki - stiren	0,30
Lapseki - C ₆	Lapseki - toluen	0,30

Not: $r \geq 0,3$ ve $p < 0,001$ olan ilişkiler tabloda yer almaktadır.

4.3. Kişisel Örnekleme Dönemine Ait Sonuçlar

4.3.1. Kişisel Örnekleme Döneminde Meteorolojik Parametrelerin Zamansal Değişimi

Kişisel örnekleme döneminde, MGM'den temin edilen sıcaklık, nem ve saatlik ortalama rüzgar hızı parametrelerinin hava örneklerinin toplandığı tarihlere ve saatlere göre değerleri Ek Tablo 4'de verilmiştir. Kişisel örnekleme döneminde yapıldığı saat aralıklarına göre ortalama rüzgar hızlarının değişimi Şekil 58'de verilmiştir. Buna göre, rüzgar hızının gün içinde değişim gösterdiği ($p<0,05$); sabahtan öğlene kadar arttığı ve sonrasında akşam saatlerine doğru ise azaldığı görülmektedir. Kişisel örnekleme döneminde sıcaklık ve bağıl nem ile ölçüm zamanları arasında önemli bir ilişki görülmemiştir.



Şekil 58. Kişisel örnekleme dönemine ait ortalama rüzgar hızının (m/sn) zamansal değişimi ($p<0,05$)

4.3.2. Kişisel Örnekleme Döneminde Ölçülen UOB Düzeylerinin Zamansal Değişimi

Kişisel örnekleme döneminde Lapseki ve Çardak bölgesinden toplanan hava örneklerinin ortalama değerleri Tablo 15'de verilmiştir. Tablo 15'e göre, UOB bileşikleri arasında en yüksek ortalama konsantrasyon değeri Lapseki-Merkez'de 1,2,4-triklorobenzen

(4,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Çardak'ta *n*-propilbenzen (6,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) için gözlenmiştir. En düşük ortalama konsantrasyon değeri ise Lapseki-Merkez (0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Çardak'ta (0,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) için boromobenzen gözlenmiştir.

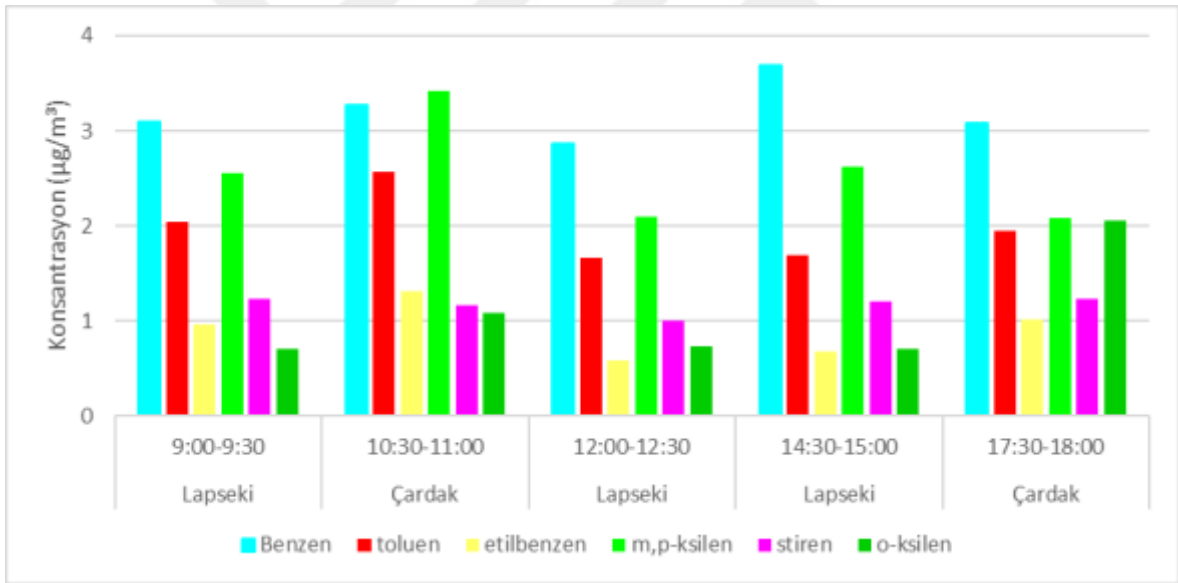
Tablo 15

Lapseki ve Çardak iskele güzergahlarından toplanan kişisel hava örneklerindeki UOB konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *

UOB Türü	Lapseki	Çardak
<i>n</i> -pentan	4,34 ± 3,61 (0,12-14,94)	4,18 ± 3,18 (0,17-12,78)
<i>n</i> -hegzan	2,65 ± 4,63 (0,05-18,83)	3,21 ± 5,35 (0,08-18,31)
<i>n</i> -heptan	0,96 ± 0,39 (0,17-2,10)	1,10 ± 0,62 (0,30-3,60)
<i>n</i> -oktan	1,78 ± 0,95 (0,15-5,14)	2,09 ± 1,08 (0,29-5,30)
<i>n</i> -nonan	0,47 ± 0,23 (0,10-1,31)	0,69 ± 1,45 (0,13-10,46)
<i>n</i> -dekan	0,40 ± 0,37 (0,03-2,96)	0,83 ± 3,17 (0,06-22,68)
<i>n</i> -undekan	1,05 ± 0,98 (0,02-3,00)	1,10 ± 1,30 (0,05-6,55)
<i>n</i> -dodekan	0,30 ± 0,13 (0,08-0,75)	0,28 ± 0,16 (0,09-0,88)
<i>n</i> -tridekan	0,21 ± 0,15 (0,03-0,94)	0,18 ± 0,08 (0,02-0,36)
<i>n</i> -tetradekan	0,33 ± 0,42 (0,05-3,17)	0,42 ± 0,54 (0,05-2,71)
<i>n</i> -pentadekan	0,17 ± 0,19 (0,02-1,31)	0,18 ± 0,13 (0,02-0,66)
benzen	3,79 ± 1,52 (0,05-7,91)	3,81 ± 1,56 (0,15-6,63)
toluen	1,71 ± 0,94 (0,23-5,33)	1,96 ± 1,23 (0,17-7,36)
etilbenzen	0,63 ± 0,47 (0,08-2,97)	0,73 ± 0,73 (0,08-4,21)
<i>m,p</i> -ksilen	2,24 ± 1,42 (0,41-6,77)	2,38 ± 1,72 (0,11-10,02)
stiren	1,21 ± 0,53 (0,03-3,15)	1,34 ± 0,55 (0,05-2,77)
<i>o</i> -ksilen	0,70 ± 0,39 (0,13-1,83)	0,93 ± 1,03 (0,08-7,04)
<i>i</i> -propilbenzen	0,12 ± 0,12 (0,04-0,95)	0,29 ± 0,99 (0,04-6,91)
<i>n</i> -propilbenzen	4,56 ± 2,54 (0,05-10,80)	6,20 ± 6,30 (0,07-42,45)
1,3,5-trimetilbenzen	1,13 ± 1,41 (0,02-9,73)	1,21 ± 1,47 (0,02-9,36)
<i>tert</i> -bütil-benzen	0,58 ± 0,54 (0,02-2,18)	0,67 ± 0,67 (0,02-2,85)
4-isopropil toluen	0,69 ± 0,34 (0,22-2,63)	0,81 ± 0,50 (0,25-2,58)
<i>sek</i> -bütilbenzen+1,3-DCB	4,45 ± 3,13 (0,03-17,92)	4,99 ± 3,43 (0,05-14,45)
4-isopropil toluen	0,20 ± 0,22 (0,02-1,63)	0,29 ± 0,38 (0,02-2,54)
<i>n</i> -butilbenzen	0,25 ± 0,12 (0,06-0,55)	0,23 ± 0,10 (0,02-0,48)
naftalin	0,17 ± 0,10 (0,02-0,59)	0,19 ± 0,11 (0,05-0,73)
bromobenzen	0,15 ± 0,15 (0,02-0,66)	0,16 ± 0,17 (0,02-0,81)
2-klorotoluen	1,41 ± 2,14 (0,12-9,36)	1,25 ± 2,08 (0,10-8,87)
4-klorotoluen	3,39 ± 1,22 (0,03-6,08)	3,58 ± 1,81 (0,06-10,17)
1,4-DCB	0,20 ± 0,29 (0,03-1,69)	0,25 ± 0,26 (0,05-1,15)
1,2-DCB	0,48 ± 0,37 (0,05-1,76)	0,59 ± 0,56 (0,07-2,46)
1,2,4-triklorobenzen	4,65 ± 3,92 (0,13-19,26)	5,42 ± 5,03 (0,63-26,62)
hegzakloro-1,3-butadien	0,37 ± 0,19 (0,09-0,98)	0,62 ± 1,27 (0,08-8,71)
1,2,3-triklorobenzen	1,14 ± 0,61 (0,05-3,18)	1,18 ± 0,71 (0,06-3,79)
TUOB	82,58 ± 20,50 (40,41-146,15)	90,75 ± 35,84 (43,30-238,46)

*ortalama ± std (min – mak); DCB: diklorobenzen

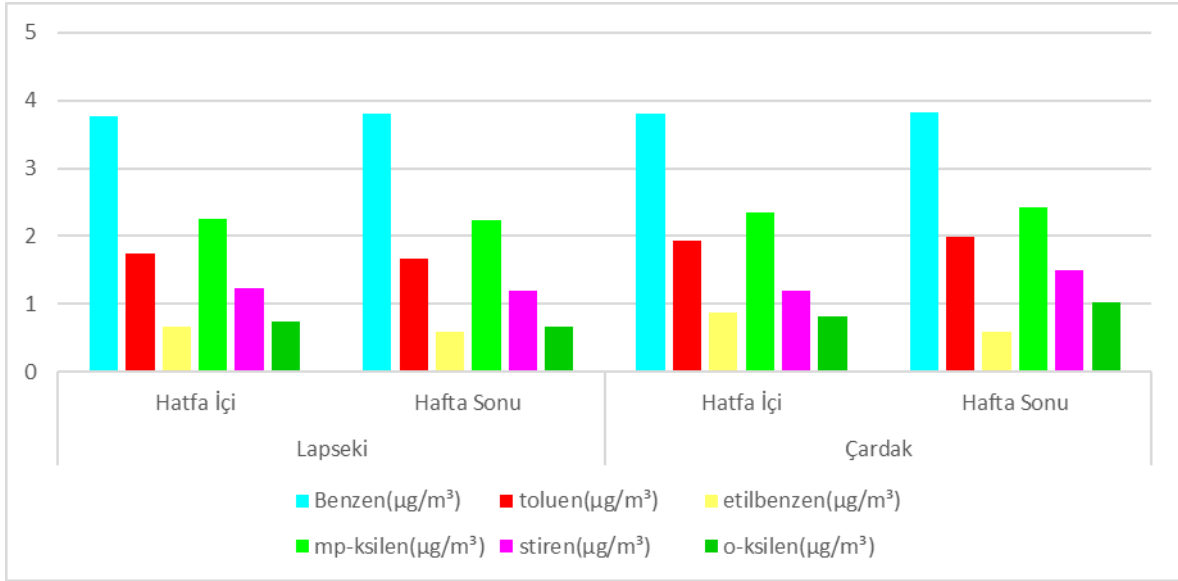
Lapseki-Merkez ve Çardak iskele güzergahlarından toplanan kişisel hava örneklerinin saatlik ortalama BTEX düzeylerinin mekânsal değişimi Şekil 59'da verilmiştir. Şekil 59'a göre BTEX bileşikleri arasında, Lapseki-Merkez için ortalama benzen konsantrasyonunun çalışma boyunca diğerlerinden yüksek olduğu saat 14:30 – 15:00 arasında pik ($3,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaptığı görülmekte ve Çardak için saat 10:30 - 11:00 zaman aralığından ortalama *m,p*-ksilen konsantrasyonu; saat 17:30 - 18:00 aralığında ise ortalama benzen konsantrasyonu en yüksek olarak gözlenmiştir. Çardak iskele güzergahındaki ortalama *m,p*-ksilen zamansal değişimi sabah saatlerinde iskele güzergahındaki trafiğin kentsel trafikten dolayı kaynaklanan *m,p*-ksilen düzeyini etkilediği düşünülmektedir. Diğer yandan, Lapseki-Merkez iskele güzergahında, gündelik trafiğin ve iskeleden oluşan trafikten kaynaklı emisyonların salınımlarından benzen düzeyinin yüksek olduğu düşünülmektedir.



Şekil 59. Lapseki ve Çardak iskele güzergahlarından toplanan kişisel hava örneklerinin ortalama BTEX konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) saatlik değişimi

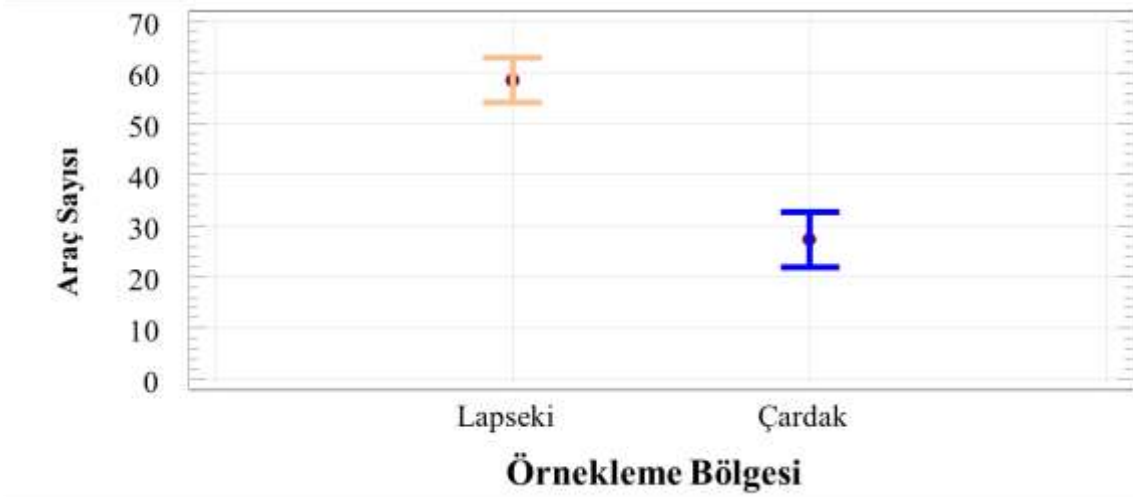
Lapseki ve Çardak iskele güzergahlarından hafta içi ve hafta sonu günlerde toplanan kişisel hava örneklerindeki ortalama BTEX konsantrasyonları Şekil 60'te verilmiştir. Şekil 60'a göre hafta içi ve hafta sonu Lapseki-Merkez ve Çardak iskele güzergahlarında salınan BTEX düzeylerinin kaynağı olarak kentsel rutin trafiğin ve iskele güzergahındaki oluşan trafikten dolayı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Cumartesi günleri

Lapseki bölgesinde kurulan pazarın hafta sonu oluşan BTEX düzeylerine etkisi olduğu düşünülmektedir.

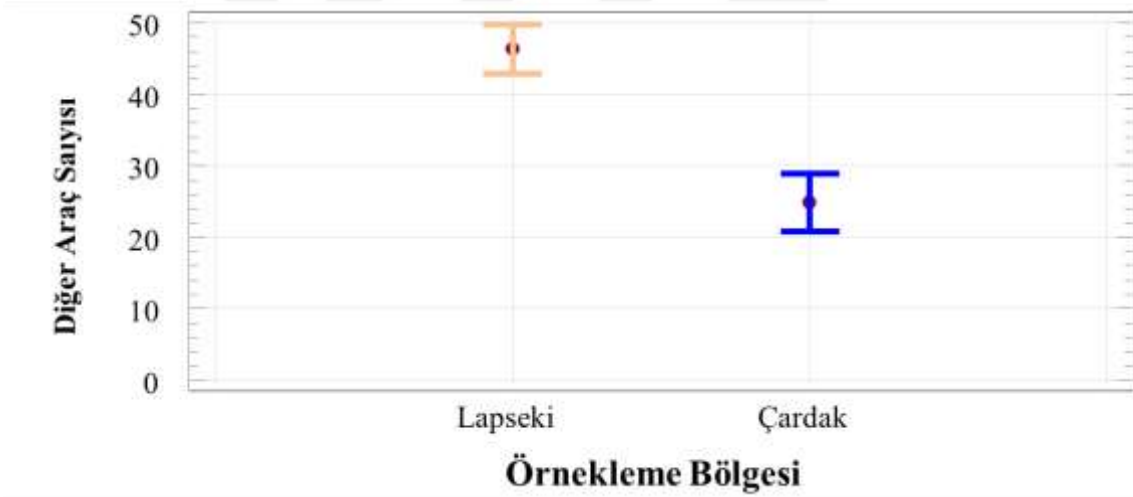


Şekil 60. Lapseki ve Çardak iskele güzergahlarından hafta içi ve hafta sonu günlerde toplanan kişisel hava örneklerinin ortalama BTEX konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi

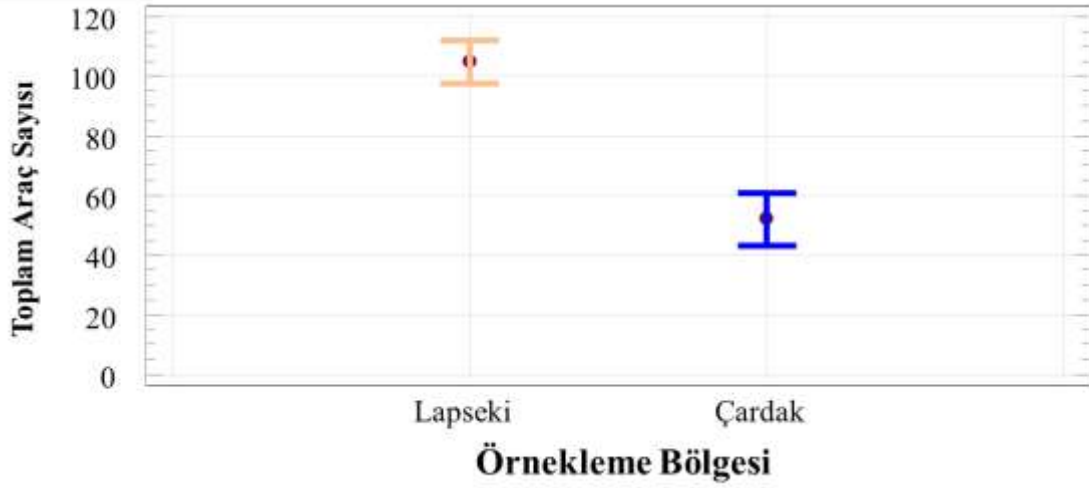
Kişisel örnekleme yapılırken Lapseki ve Çardak iskelesinde feribot sırasındaki araçların sayıları tarafımızca örnekleme sırasında sayılmış olup, sayılan araçların türlerine göre sayılarına ait bilgiler Şekil 61 - 63'de verilmiştir. Buna göre, Lapseki iskelesinde araç kuyruklarında daha fazla aracın olduğu belirlenmiş ($p < 0,001$); Lapseki iskelesinin araç sürücüleri tarafından Çardak iskelesine kıyasla daha fazla tercih edildiği gözlenmiştir. Bunun nedeninin Lapseki iskelesinden iki yönlü olarak daha sıklıkla arabalı feribot seferinin düzenlenmiş olmasının etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 61. Lapseki ve Çardak iskelelerinde feribot kuyruğundaki sayımı yapılan araba sayıları ($p<0,001$)

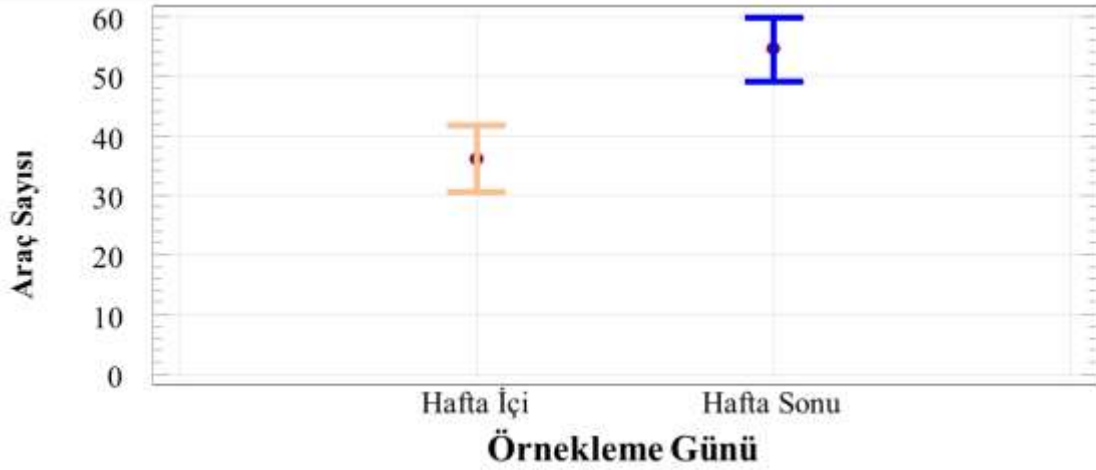


Şekil 62. Lapseki ve Çardak iskelelerinde feribot kuyruğundaki sayımı yapılan diğer araç (araba hariç diğer taşıtlar) sayıları ($p<0,001$)

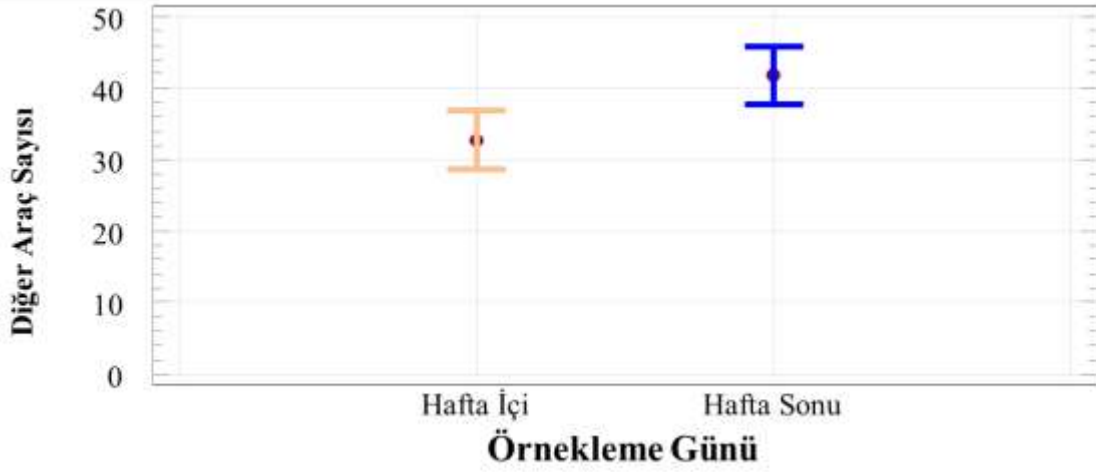


Şekil 63. Lapseki ve Çardak iskelelerinde feribot kuyruğundaki sayımı yapılan toplam araç sayıları ($p<0,001$)

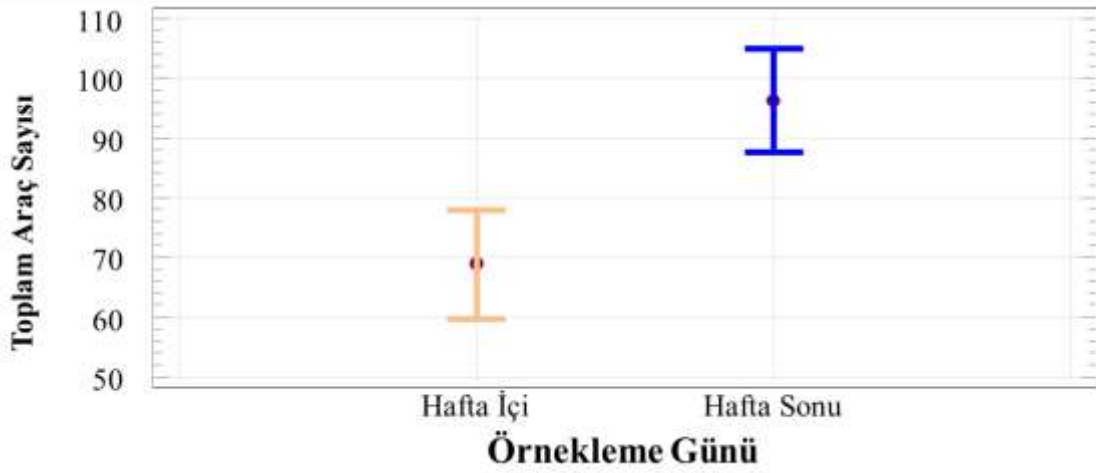
Hafta içi ve hafta sonu günlerinde toplanan kişisel hava örneklerinin; örnekleme günlerine göre araç sayılarının değişimi Şekil 64 - 66'de verilmiştir. Buna göre, iskele kuyruğundaki araç sayılarına bakıldığında, hafta sonlarında iskelelerin hafta içlerine kıyasla daha yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir ($p<0,01$).



Şekil 64. Örnekleme gününe göre feribot kuyruğundaki sayımı yapılan araba sayıları ($p<0,01$)



Şekil 65. Örnekleme gününe göre feribot kuyruğundaki sayımı yapılan diğer araç (araba hariç diğer taşıtlar) sayıları ($p<0,05$)



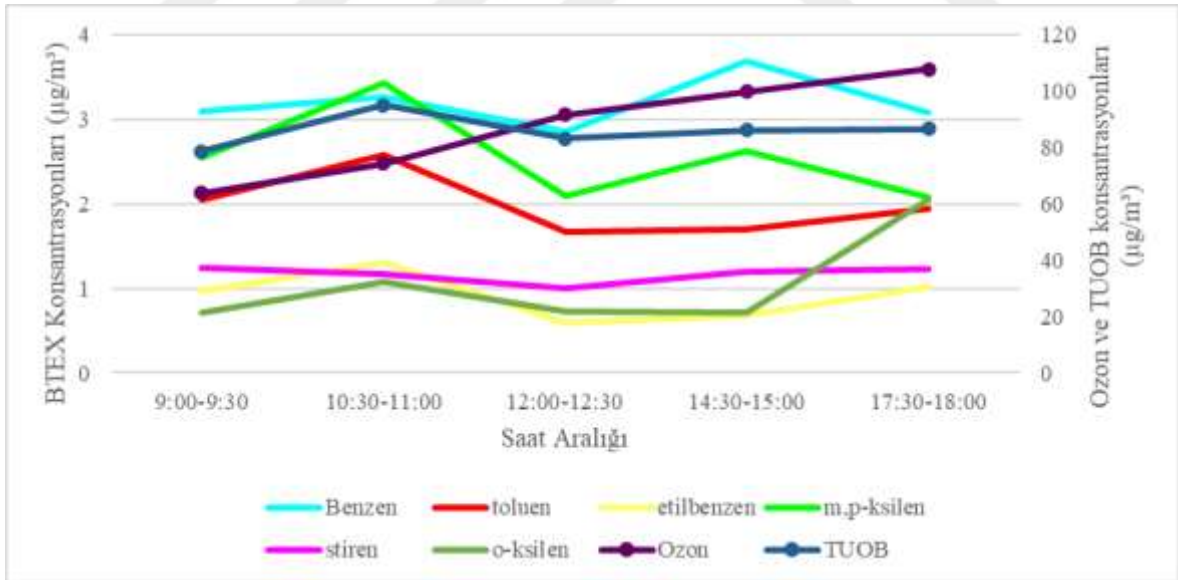
Şekil 66. Örnekleme gününe göre feribot kuyruğundaki sayımı yapılan toplam araç sayıları ($p<0,01$)

4.3.3. Kişisel Örnekleme Döneminde Ozon Ve UOB Seviyelerinin Zamansal Değişimi

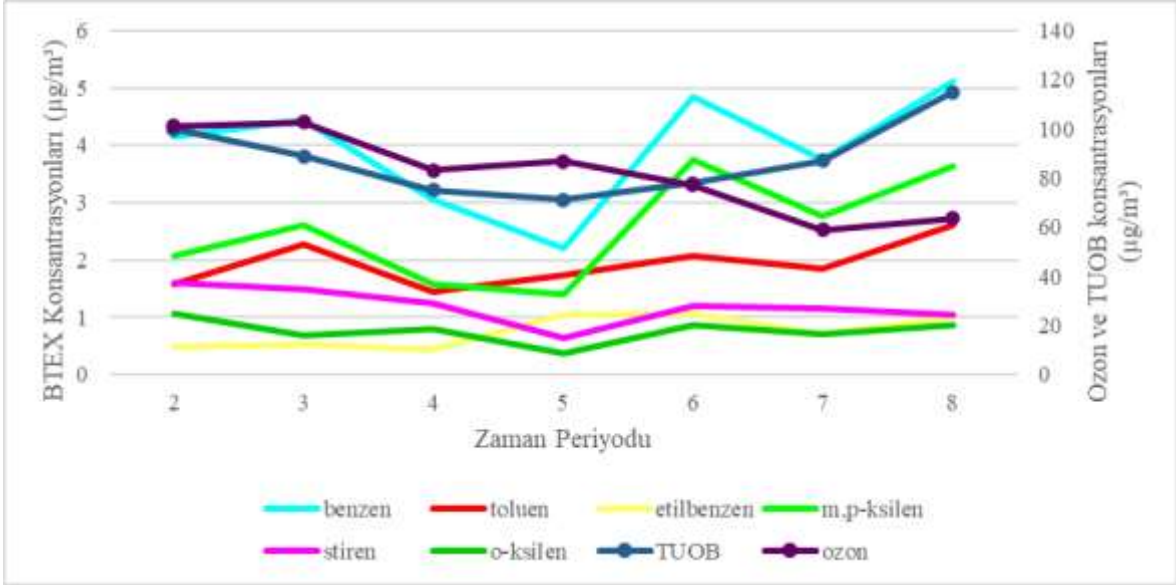
Aktif örnekleme metodu kullanılarak elde edilen hava örneklerindeki BTEX ile TUOB düzeyleri ve hava kalitesi ölçüm cihazından alınan ozon verilerinin düzeyleri tüm araştırma zamanındaki konsantrasyon değişimi örnekleme zamanı saatlerine göre Şekil 67’de; zaman periyotlarına göre Şekil 68’de verilmiştir. Şekil 67’ye göre ozon

konsantrasyonları sabah saatlerinden akşam saatlerine doğru arttığı gözlenmiştir. Ozon bileşiğinin güneşten gelen UV ışınlarıyla oksijen ve oksijen atomuna parçalarına ayrılması ve havadaki kirleticiler ile bu atomların reaksiyonlara girmesiyle yeni bileşik türlerinin oluşması ve en son ozon bileşiğinin tekrar oluşması ile birlikte bir döngü olarak devam eden bu reaksiyonlar zincirinden dolayı ozon miktarının akşam saatlerine doğru arttığı düşünülmektedir (Atkinson, 2000; Sharma vd., 2017). Ayrıca, trafikten kaynaklanan hava kirleticilerinin bu döngüde önemli bir rol oynamasından ötürü trafik yoğunluğunun azalması ile birlikte ozon düzeyinin yükseldiği düşünülmektedir.

Şekil 68'e göre BTEX seviyelerinin ozon seviyeleri ile ters fakat lineer olmayan bir ilişkisi olduğu görülmektedir. Örnekleme dönemi boyunca en yüksek ortalama sıcaklığın 3'üncü periyotta (25,90 °C) olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 25). Bu sebeple ozon oluşma potansiyelinin yüksek olduğu ve sıcaklığın düşmeye başladığı diğer zaman periyotlarında ise ozon düzeyinin de azaldığı Şekil 68'de görülmektedir.



Şekil 67. Kişisel örnekleme dönemi BTEX, TUOB ve ozon seviyelerinin saat aralıklarına göre ortalama konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi



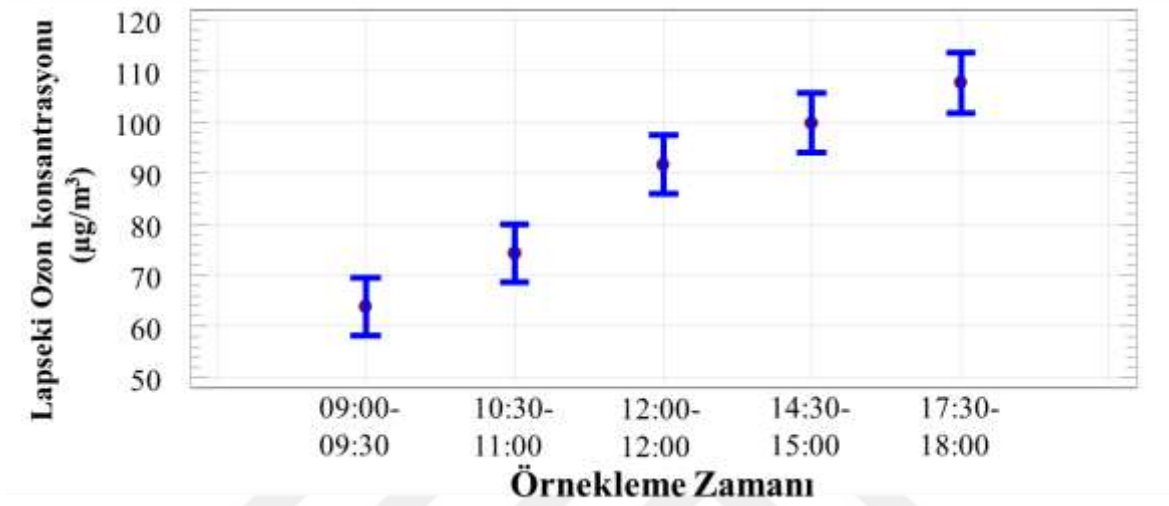
Şekil 68. Kişisel örnekleme dönemi BTEX, TUOB ve ozon seviyelerinin zaman periyotlarına göre ortalama konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi

4.3.4. Kişisel Örnekleme Döneminde Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarında Ölçülen Kirleticilerin Zamansal Değişimi

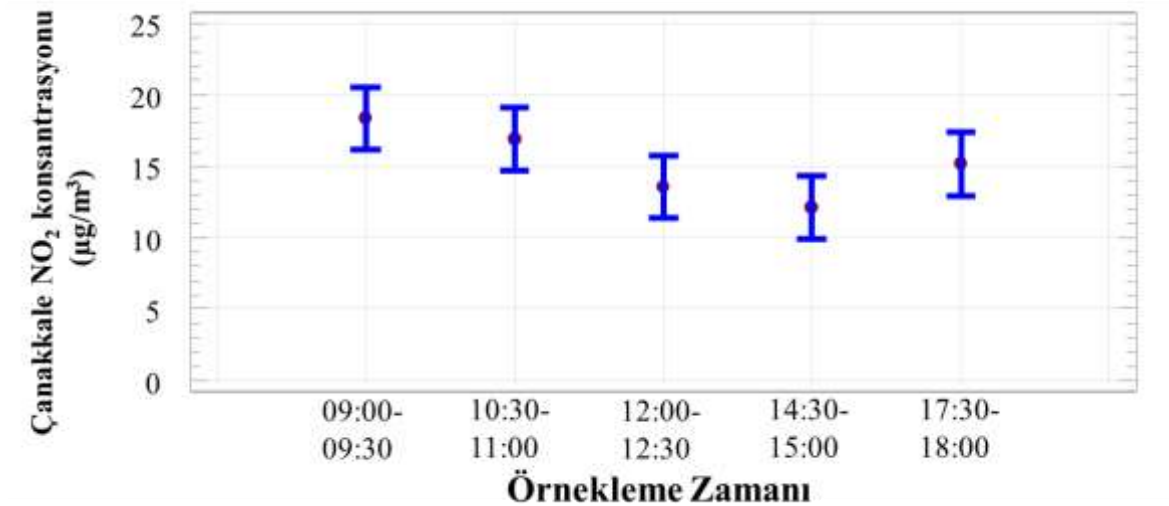
Lapseki ve Çanakkale - Merkez bölgelerinde kurulmuş olan hava kalitesi izleme istasyonunun kişisel hava örnekleme zamanlarına göre ortalama konsantrasyonlarının değişimleri Şekil 69, 70 ve 71’de verilmiştir. Buna göre, Lapseki’de ölçülen ozon ile Çanakkale’de ölçülen NO_2 ve NO_x düzeylerinin kişisel örnekleme saatleri boyunca (09:00 – 18:00) günün saatlerine göre belirgin bir değişim gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0,05$). Şekil 69’a göre Lapseki bölgesindeki ozon konsantrasyonunun sabah saatlerinden akşam saatlerine doğru düzeyinin artarak $107,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmektedir. Ozon bileşiğinin güneşten gelen UV ışınlarıyla oksijen ve oksijen atomuna parçalarına ayrılması ve havadaki kirleticiler ile bu atomların reaksiyonlara girmesiyle yeni bileşik türlerinin oluşması ve en son ozon bileşiğinin tekrar oluşması ile birlikte bir döngü olarak devam eden bu reaksiyonlar zincirinden dolayı ozon miktarının akşam saatlerine doğru arttığı düşünülmektedir (Atkinson, 2000; Sharma vd., 2017).

Şekil 70 ve Şekil 71 göre, Çanakkale – Merkez bölgesinde hava kalitesi izleme istasyonu tarafından ölçülen NO_x ve NO_2 hava kirleticilerinin sabah saatlerinden öğle

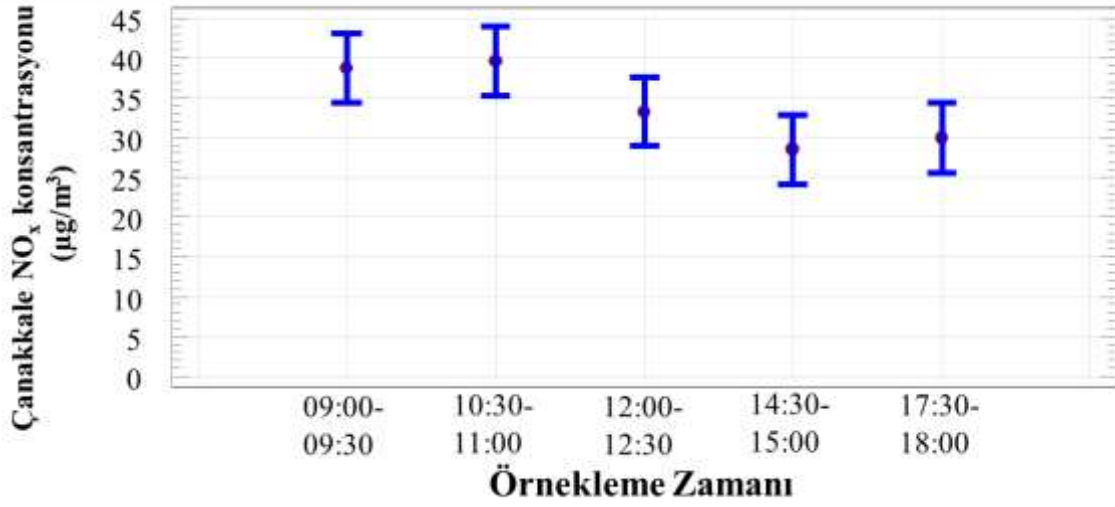
saatlerine doğru azaldığı ve öğle saatlerinden akşam saatlerine doğru tekrar artış gösterdiği gözlenmiştir. NO_x ve NO₂ düzeylerindeki bu azalış ve artış eğilimi ile bu bileşiklerin fotokimyasal reaksiyonlara girerek ozon seviyesinin değişmesindeki katkısı olduğu düşünülmektedir (Chaichan vd., 2018; Mozaffar vd., 2020).



Şekil 69. Lapseki hava kalitesi verilerinin kişisel örnekleme saatlerine göre ortalama ozon konsantrasyon seviyesinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,001$)



Şekil 70. Çanakkale - Merkez hava kalitesi verilerinin kişisel örnekleme saatlerine göre ortalama NO₂ konsantrasyon seviyesinin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değişimi ($p<0,05$)



Şekil 71. Çanakkale - Merkez hava kalitesi verilerinin kişisel örnekleme saatlerine göre ortalama NO_x konsantrasyon seviyesinin (µg/m³) değişimi ($p < 0,05$)

4.3.5. Kişisel Örnekleme Dönemindeki UOBlerin Kendi Arasında B, Meteorolojik Parametreler ve Hava Kalitesi Verileri İle Olan İstatistiksel İlişkiler

Kişisel örnekleme döneminde meteorolojik parametrelerden Lapseki’de ölçülen bağıl nem ile ölçülen UOB ve hava kalitesi istasyon parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 16’da verilmiştir. Tablo 16’ya göre, Çanakkale’de ölçülen NO_x ile pozitif yönlü ilişkide olduğu; ozon, o-ksilen ve klorobenzen ile negatif yönlü ilişkide olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$).

Tablo 16

Kişisel örnekleme döneminde Lapseki’de ölçülen bağıl nem ile diğer parametrelerin korelasyonu (* $p<0,5$ ve *** $p<0,001$)

Parametre	r
Lapseki – Sıcaklık	-0,82***
Çanakkale – Ozon	-0,40***
Lapseki – Ozon	-0,31***
Lapseki - <i>o</i> -ksilen	-0,22*
Çanakkale - NO _x	0,20*
Lapseki – Klorobenzen	-0,18*

Kişisel örnekleme döneminde meteorolojik parametrelerden Lapseki’de ölçülen hava basıncı ile ölçülen UOB ve hava kalitesi istasyon parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 17’de verilmiştir. Tablo 17’ye göre hava basıncının; Çanakkale’de ölçülen NO_x ve NO₂ bileşikleri ile pozitif yönde ilişkili olduğu; ozon, *o*-ksilen, *m,p*-ksilen, klorobenzen ve stiren ile hava basıncının negatif ilişkisi olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Tablo 17

Kişisel örnekleme döneminde Lapseki’de ölçülen hava basıncı ile diğer parametrelerin korelasyonu (* $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$)

Parametre	r
Çanakkale - NO _x	0,46***
Lapseki – Ozon	-0,41***
Lapseki - <i>o</i> -ksilen	-0,37***
Lapseki – Stiren	-0,36***
Çanakkale – Ozon	-0,32***
Çanakkale - NO ₂	0,31***
Lapseki – Klorobenzen	-0,31*
Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	-0,26**

Kişisel örnekleme döneminde meteorolojik parametrelerden Lapseki’de ölçülen ortalama rüzgar hızı ile ölçülen UOB ve hava kalitesi istasyon parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 18’de verilmiştir. Tablo 18’e göre rüzgar hızının; Çanakkale’de ölçülen NO_x ve NO₂ bileşikleri ile pozitif yönde ilişkili olduğu; Lapseki’de ölçülen SO₂ ve klorobenzen ile negatif ilişkili olduğu saptanmıştır ($p<0,01$).

Tablo 18

Kişisel örnekleme döneminde Lapseki’de ölçülen rüzgar hızı ile diğer parametrelerin korelasyonu (** $p<0,01$, *** $p<0,001$)

Parametre	r
Çanakkale - NO _x	0,46***
Lapseki - SO ₂	-0,41***
Çanakkale - NO ₂	0,31***
Lapseki – Klorobenzen	-0,31**

Kişisel örnekleme döneminde örnekleme zamanı ile Lapseki’de ölçülen ozon ve Çanakkale’de ölçülen ozon, SO₂, NO_x ve NO₂ arasındaki ilişkiler Tablo 19’da verilmiştir. Tablo.19’a göre örnekleme zamanı ile Çanakkale’de ölçülen NO_x ve NO₂ düzeyleri arasında negatif yönlü ilişki olduğu; Lapseki’de ölçülen ozon ve Çanakkale’de ölçülen SO₂ ve ozon arasında pozitif yönlü ilişkinin olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). İnsani faaliyetlerden, karasal trafikten ve deniz trafiğin kaynaklanan hava kirleticilerin gün içinde reaksiyonlara girerek farklı bileşiklerin oluşmasına neden olması örnekleme zamanındaki ilişkileri saptanan Tablo 19’daki bileşiklerin ilişkileri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir (Celo vd., 2015; Fischer vd., 2000).

Tablo 19

Kişisel örnekleme döneminde örnekleme zamanı ile diğer parametrelerin korelasyonu (* $p<0,05$, *** $p<0,001$)

Parametre	r
Çanakkale – Ozon	0,63***
Lapseki – Ozon	0,63***
Çanakkale - SO ₂	0,31***
Çanakkale - NO _x	-0,29***
Çanakkale - NO ₂	-0,18*

Kişisel örnekleme döneminde Lapseki’de ölçülen UOB düzeyleri ile diğer hava kalitesi parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 20’de verilmiştir. Tablo 20’ye göre Lapseki’de ölçülen BTEX, C₆, bromobenzen bileşiklerinin birbirleri ile pozitif yönlü ilişki olduğu görülmektedir. Bu bileşiklerden etilbenzen ile *m,p*- ksilen ve toluen; *m,p*-ksilen ile toluen arasında önemli ilişki olduğu saptanmıştır. Bu bileşiklerin trafik kökenli olduğu ve bileşik seviyelerinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak artış gösterdiği düşünülmektedir (Kerbachi vd., 2006; Parra vd., 2009).

Tablo 20

Kişisel örnekleme dönemimde toplanılan hava örneklerindeki UOB ve ölçülen diğer parametreler arasındaki ilişkiler ^a ($r>0,3$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$)

Parametre 1	Parametre 2	r
Çanakkale – ozon	Lapseki - Ozon	0,85***
Çanakkale - NO ₂	Çanakkale - NO _x	0,86***
Lapseki – Etilbenzen	Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	0,71***
Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	Lapseki - Toluene	0,65***
Lapseki – Etilbenzen	Lapseki - Toluene	0,61***
Lapseki – Klorobenzen	Lapseki - TUOB	0,59***
Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	Lapseki - <i>o</i> -ksilen	0,58***
Çanakkale - NO _x	Lapseki - Ozon	-0,58***
Lapseki – Klorobenzen	Lapseki - Stiren	0,57***

Tablo 20'nin devamı

Çanakkale – ozon	Çanakkale - NO _x	-0,57***
Lapseki – Benzen	Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	0,53***
Lapseki - C ₆	Lapseki - TUOB	0,53***
Lapseki – Stiren	Lapseki - TUOB	0,51***
Lapseki – Benzen	Lapseki - C ₆	0,50***
Lapseki – Benzen	Lapseki - TUOB	0,50***
Lapseki – Klorobenzen	Lapseki - <i>o</i> -ksilen	0,47***
Lapseki – Benzen	Lapseki - Klorobenzen	0,47***
Lapseki - C ₆	Lapseki - <i>o</i> -ksilen	0,45***
Çanakkale – ozon	Çanakkale - NO ₂	-0,44***
Çanakkale - NO ₂	Lapseki - Ozon	-0,44***
Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	Lapseki - TUOB	0,44***
Lapseki - C ₆	Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	0,42***
Lapseki - <i>o</i> -ksilen	Lapseki - TUOB	0,42***
Lapseki – Toluen	Lapseki - TUOB	0,40***
Lapseki – Benzen	Lapseki - Stiren	0,39***
Lapseki - Klorobenzen	Lapseki - Ozon	0,38***
Lapseki - Klorobenzen	Lapseki - <i>m,p</i> -ksilen	0,38***
Lapseki – Benzen	Lapseki - <i>o</i> -ksilen	0,38***
Lapseki - <i>o</i> -ksilen	Lapseki - Stiren	0,37***
Lapseki - <i>o</i> -ksilen	Lapseki - Toluen	0,37***
Çanakkale - NO _x	Lapseki - Klorobenzen	-0,36***
Lapseki – Benzen	Lapseki - Etilbenzen	0,35***
Lapseki – Etilbenzen	Lapseki - <i>o</i> -ksilen	0,34***
Lapseki - C ₆	Lapseki - Stiren	0,31***
Lapseki - C ₆	Lapseki - Toluen	0,31***
Çanakkale – ozon	Lapseki - Klorobenzen	0,30**
Lapseki – Benzen	Çanakkale - NO _x	-0,30**

^a (Tabloda sadece $r < 0,3$ ve $p < 0,01$ olan ikili parametreler verilmiştir)

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma Lapseki ve Çardak bölgelerinde oluşan deniz ve karasal trafiğin bölgedeki hava kalitesi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Lapseki ve Çardak konumlarında trafikten kaynaklanan UOB düzeylerinin bölgesel hava kalitesindeki etkisinin incelenmesi amacıyla pasif örnekleme metodu ve feribot iskelesindeki yayaların ve iskeleleri kullanmak amacıyla sırada bekleyen araçtaki kişilerin maruz kaldıkları UOB düzeylerin belirlenmesi için aktif ve kişisel hava örnekleme metodları kullanılmıştır. Lapseki iskelesinde sırada bulunan toplam araç sayısının (ortalama 107 araç) Çardak iskelede bulunan toplam araç sayısından (ortalama 67 araç) fazla olduğu görülmüştür. Pasif hava örnekleme sonuçlarına göre bölgede ortalama değer olarak benzen (Lapseki: 1,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Çardak: 1,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), toluen (Lapseki: 1,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Çardak: 1,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ksilenler (Lapseki: 2,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Çardak: 2,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve ortalama TUOB (Lapseki: 53,70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Çardak: 53,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) düzeyleri ile arka plan olarak seçilen noktadaki benzen, toluen, ksilen ve TUOB düzeyleri sırasıyla 1,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 0,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 0,59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ve 40,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. Arka plan olarak seçilen noktadaki ortalama BTX ve TUOB düzeyleri ile araştırma süresince iskele güzergahlarında yerleştirilen noktalardan toplanan pasif hava örneklerindeki düzeyler arasında fark olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Bu sonuçlar ışığında trafiğin bölgedeki hava kalitesi üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Araştırmada pasif, aktif ve kişisel örnekleme yapıları yapılan istatistiksel analizlerde hedef hava kirleticileri olarak seçilen BTEX'lerin sıcaklık ile negatif bir ilişkileri oldukları ve yaz mevsimindeki BTEX konsantrasyonlarının güz dönemindeki BTEX konsantrasyonlarından az olduğu görülmektedir. Havadaki BTEX'lerin fotokimyasal reaksiyonlara girerek ikincil olarak ozon ve smog oluşumuna neden olmaktadır (Chen vd., 2022; Chen vd., 2020; Shao vd., 2009). Bu durumun yaz mevsiminde diğer mevsimlere daha çok olduğu ve bu nedenle BTEX düzeylerinin güz döneminde yaz mevsimine kıyasla yüksek olduğu düşünülmektedir (Lin vd., 2004; Yurdakul vd., 2018). Ayrıca, Lapseki'de

ölçülen UOB'lerin birbirleri ile pozitif bir ilişkide olduğu ($p<0,05$) ve bu ilişkiden yola çıkılarak UOB düzeylerinin trafikten kaynaklandığı ve trafik yoğunluğuna göre düzeylerinin değiştiği düşünülmektedir (Mentese ve Akca, 2020b; Murena, 2007). Çalışmada trafik düzeyi ile havadaki BTX konsantrasyonunun pozitif bir ilişkide olduğu görülmüştür olup, dünya üzerinde Kuala Lumpur, Kuzey İspanya ve Türkiye'de Gelibolu, Kilitbahir bölgelerinde yapılan çalışmalarda trafiğin UOB düzeyi üzerinde etkili olduğu görülmüştür (Hamid, vd., 2020; Parra, vd., 2009; Aydın, 2022; Mentese ve Akca, 2020). Bu çalışmalara ait sonuçlar Tablo 21'de verilmiştir. Tablo 21'e göre Lapseki bölgesinde oluşan kirletici düzeyinin aynı zaman diliminde Gelibolu'da (Aydın, 2022) gerçekleştirilen araştırmada bulunan BTX düzeylerinden düşük olduğu görülmüştür. Bu kirletici düzeylerindeki farklılığın Lapseki bölgesindeki hakim rüzgar yönü olduğu ve kirleticilerin kuzeydoğu yönünü doğru taşınarak Gelibolu bölgesine taşındığı düşünülmektedir.

Tablo 21

Türkiye, Dünya üzerindeki benzer çalışmalarının ve bu çalışmaya ait BTX ve TUOB sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bölge	Benzen	Toluen	Ksilen	TUOB	Kaynak
Düzce	0,74	1,32	0,53 (m,p) 0,40(o)	-	Bozkurt vd., (2018)
Kuala Lumpur	3,86	27,70	13,87(m,p) 11,49(o)	-	Hamid vd. (2020)
Kuzey İspanya	2,84	13,26	6,01	-	Parra vd. (2009)
Çanakkale, Gelibolu	1,63	2,01	2,85	70,81	Aydın (2022)
Çanakkale, Merkez	2,40	7,00	5,50	-	Mentese ve Akca (2020)
Çanakkale, Kilitbahir	3,20	7,60	5,20	-	Mentese ve Akca (2020)

Tablo.21'in devamı

Çanakkale, Lapseki (Merkez)	1,43	1,50	2,51	53,70	Bu çalışma
Çanakkale,Lapseki (Çardak)	1,60	1,88	2,01	53,84	Bu çalışma

Araştırmada yapılan aktif ve kişisel hava örnekleme sonuçları Tablo 24'de verilmiştir. Tablo 24'deki ortalama BTEX ve ortalama TUOB analiz sonuçlarına göre Lapseki'deki benzen düzeyindeki değişimin iskeleden dolayı oluşan trafikten kaynaklandığı düşünülmektedir (Mehta vd., 2020).

Tablo 22

Aktif ve Kişisel örnekleme BTEX ve TUOB analiz sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Kirlenici ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Aktif örnekleme		Kişisel örnekleme	
	Merkez	Çardak	Merkez	Çardak
Benzen	4,21	3,58	3,79	3,81
Toluen	1,75	1,68	1,71	1,96
Etilbenzen	0,58	0,48	0,63	0,73
<i>m,p</i> -ksilen	2,02	1,57	2,24	2,38
<i>o</i> -ksilen	0,59	0,44	0,70	0,93
Stiren	1,20	1,21	1,21	1,34
TUOB	77,41	79,97	82,58	90,75

Lapseki ve Çardak konumlarında trafikten kaynaklı oluşan TUOB düzeylerinin yaz mevsiminde ($51,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sonbahar mevsimine ($54,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$) göre düşük olduğu

görülmüştür. Bunun aksine ozon seviyesinin ise yaz mevsiminde ($74,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sonbahar mevsimine ($56,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$) göre yüksek olduğu görülmüştür. Bu ilişkinin nedeninin ozonun güneşten gelen UV ışınları ile oksijen ve oksijen atomuna parçalanması ile havadaki diğer kirleticiler ile fotokimyasal reaksiyonlara girmesiyle başka kirleticilerin oluşmasına ve tekrar ozon oluşumuna neden olmaktadır (Sharma vd., 2017). Bu durum özellikle yaz mevsiminde havanın en sıcak olduğu saatlerde başlayarak akşama doğru ozon seviyesinin artmasına neden olmaktadır (Chaichan vd., 2018; Dörter vd., 2022). Dünya üzerinde Los Angeles (Gao ve Niemeier, 2007), Rio De Jenerio (Santos ve Azevedo, 2021), Pearl Nehir Deltası (Shao vd., 2009) ve Türkiye’de Bolu (Dörter vd., 2022) ve Samsun (Kaya, 2019) bölgelerinde yapılan çalışmalarda aynı ilişkinin sıcaklığın artmasıyla beraber yeryüzü ozon düzeyinin arttığı görülmüştür. Buna ilaveten, yapılan araştırmada UOB düzeylerinin ozon ile negatif bir ilişkiye sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Bu duruma fotokimyasal reaksiyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Sharma vd., 2017). Ayrıca bölgedeki ozon düzeyinin saat akşam 21:00’dan sonra düştüğü hava kalitesi istasyonu tarafından paylaşılan veriler ile saptanmıştır.

BTEX ve ozon kirleticilerinin meteorolojik parametrelerden etkilenecek (özellikle rüzgar) seviyelerinde değişikliklerin meydana geldiği ve özellikle kırsal bölgelerdeki kirlilik düzeylerinin araştırılması gerekmektedir (Mentese ve Selcuk, 2022).

Bölgede yoğun olarak arabalı feribot kullanımının 1915 Çanakkale köprüsü tamamlandıktan sonra trafik yoğunluğunun ilçenin merkezinde bulunan arabalı feribot bölgesinden köprü bölgesinin olduğu kısma geçeceği düşünülmektedir. Bu sebeple ilerleyen zamanlarda köprü faaliyete geçmesiyle beraber bölgenin hava kalitesinde trafikten kaynaklanan UOB düzeylerinin iskele bölgesi ile beraber köprü’nün bulunduğu alandaki düzeylerin artacağı ve bölgedeki UOB düzeyinin köprü ve iskele dikkate alınarak araştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada sadece trafik kaynaklı olan UOB’lerin konsantrasyonu incelenmiş olup, diğer faaliyetlerinden kaynaklanan kirletici konsantrasyonlarının (tarımsal amaçlı ilaçlama, gübreleme faaliyetleri vb.) hava kalitesine katkısı da incelenmelidir.

KAYNAKÇA

- Astuti, S. I., Arso, S. P., & Wigati, P. A. (2015). "Air Pollution". İçinde *Analisis Standar Pelayanan Minimal Pada Instalasi Rawat Jalan di RSUD Kota Semarang* (Second, C. 3).
- Atkinson, R. (2000). "Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x". *Atmospheric Environment*, 34(12–14), 2063–2101. [https://doi.org/10.1016/0925-4005\(95\)01667-8](https://doi.org/10.1016/0925-4005(95)01667-8)
- Atkinson, R., & Arey, J. (2003). "Atmospheric Degradation of Volatile Organic Compounds". *Chemical Reviews*, 103(12), 4605–4638. <https://doi.org/10.1021/cr0206420>
- Avrupa Çevre Ajansı, Erişim: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1> Erişim Tarihi: 25.05.2022
- Baumbach, G., Vogt, U., Hein, K. R. G., Oluwole, A. F., Ogunsola, O. J., Olaniyi, H. B., & Akeredolu, F. A. (1995). "Air pollution in a large tropical city with a high traffic density - results of measurements in Lagos, Nigeria". *Science of the Total Environment*, 169(1–3), 25–31. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04629-F](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04629-F)
- Berkowicz, R., Palmgren, F., Hertel, O., & Vignati, E. (1996). "Using measurements of air pollution in streets for evaluation of urban air quality - Meteorological analysis and model calculations". *Science of the Total Environment*, 189–190, 259–265. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(96\)05217-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(96)05217-5)
- Borgie, M., Garat, A., Cazier, F., Delbende, A., Allorge, D., Ledoux, F., Courcot, D., Shirali, P., & Dagher, Z. (2014). "Traffic-related air pollution. A pilot exposure assessment in Beirut, Lebanon". *Chemosphere*, 96, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.034>
- Bozkurt, Z., Üzmez, Ö. Ö., Döğeroğlu, T., Artun, G., & Gaga, E. O. (2018). "Atmospheric concentrations of SO₂, NO₂, ozone and VOCs in Düzce, Turkey using passive air samplers: Sources, spatial and seasonal variations and health risk estimation". *Atmospheric Pollution Research*, 9(6), 1146–1156. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.05.001>

- Bruno, P., Caselli, M., De Gennaro, G., Scolletta, L., Trizio, L., & Tutino, M. (2008). Assessment of the impact produced by the traffic source on VOC level in the urban area of Canosa di Puglia (Italy). *Water, Air, and Soil Pollution*, 193(1–4), 37–50. <https://doi.org/10.1007/s11270-008-9666-3>
- Bukowiecki, N., Lienemann, P., Hill, M., Furger, M., Richard, A., Amato, F., Prévôt, A. S. H., Baltensperger, U., Buchmann, B., & Gehrig, R. (2010). "PM10 emission factors for non-exhaust particles generated by road traffic in an urban street canyon and along a freeway in Switzerland". *Atmospheric Environment*, 44(19), 2330–2340. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.03.039>
- Celo, V., Dabek-Zlotorzynska, E., & McCurdy, M. (2015). "Chemical characterization of exhaust emissions from selected Canadian marine vessels: The case of trace metals and lanthanoids". *Environmental Science and Technology*, 49(8), 5220–5226. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00127>
- Chaichan, M. T., Kazem, H. A., & Abed, T. A. (2018). "Traffic and outdoor air pollution levels near highways in Baghdad, Iraq". *Environment, Development and Sustainability*, 20(2), 589–603. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9900-x>
- Chen, S., Xu, Z., Liu, P., Zhuang, Y., Jiang, M., Zhang, X., Han, Z., Liu, Y., & Chen, X. (2022). "Assessment of VOCs Emission from Pesticides in China and Their Contribution to Ozone Formation Potential". *SSRN Electronic Journal*, 1–19. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3971469>
- Chen, T., Xue, L., Zheng, P., Zhang, Y., Liu, Y., Sun, J., Han, G., Li, H., Zhang, X., Li, Y., Li, H., Dong, C., Xu, F., Zhang, Q., & Wang, W. (2020). "Volatile organic compounds and ozone air pollution in an oil production region in northern China." *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(11), 7069–7086. <https://doi.org/10.5194/acp-20-7069-2020>
- Cooper, M. M., Elzerman, A. W., & Lee, C. M. (2001). "Environmental chemistry." *Journal of Chemical Education* (C. 78, Sayı 9). <https://doi.org/10.1021/ed078p1169>
- Davis, M. L., & Cornwell, D. A. (2008). "Introduction to Environmental Engineering Fifth Edition." <https://joycelau99.files.wordpress.com/2020/10/introduction-to-environmental-engineering.pdf>

- Dörter, M., Mağat-Türk, E., Döğeroğlu, T., Özden-Üzmez, Ö., Gaga, E. O., Karakaş, D., & Yenisoay-Karakaş, S. (2022). "An assessment of spatial distribution and atmospheric concentrations of ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes: ozone formation potential and health risk estimation in Bolu city of Turkey." *Environmental Science and Pollution Research*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19608-x>
- Elkaya, A., & Türkmen, A. (2020). "Giresun İlinde Pasif Örnekleme İle Farklı Aktif Kömür Kullanılarak Btex-Voc Konsantrasyonlarının Mevsimsel Olarak Belirlenmesi." *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 324–335. <https://doi.org/10.31466/kfbd.787100>
- EPA. (2017). *Method 17 8/3/2017*. 1–7.
- Fischer, P. H., Hoek, G., Van Reeuwijk, H., Briggs, D. J., Lebret, E., Van Wijnen, J. H., Kingham, S., & Elliott, P. E. (2000). "Traffic-related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam". *Atmospheric Environment*, 34(22), 3713–3722. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00067-4)
- Fugas, M., & Valić, F. (1968). "Indoor and outdoor air pollution". İçinde *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju* (C. 19). <https://doi.org/10.1016/b978-1-4557-3383-5.00074-9>
- Gao, H. O., & Niemeier, D. A. (2007). "The impact of rush hour traffic and mix on the ozone weekend effect in southern California". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(2), 83–98. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2006.12.001>
- Gee, I. L., & Sollars, C. J. (1998). "Ambient air levels of volatile organic compounds in Latin American and Asian cities". *Chemosphere*, 36(11), 2497–2506. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(97\)10217-X](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(97)10217-X)
- Gestaş, Araç tarife hükümleri, Erişim: <https://gdu.com.tr/kurallar> Erişim tarihi: 29.06.2022
- Hamid, H. H. A., Latif, M. T., Uning, R., Nadzir, M. S. M., Khan, M. F., Ta, G. C., & Kannan, N. (2020). "Observations of BTEX in the ambient air of Kuala Lumpur by passive sampling". *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(6). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08311-4>
- Han, X., Aguilar-Villalobos, M., Allen, J., Carlton, C. S., Robinson, R., Bayer, C., & Nae

- her, L. P. (2005). "Traffic-related Occupational Exposures to PM_{2.5}, CO, and VOCs in Trujillo, Peru " . *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 11(3), 276–288. <https://doi.org/10.1179/107735205800246073>
- Ibarra-Berastegi, G., Madariaga, I., Elías, A., Agirre, E., & Uria, J. (2001). Long-term changes of ozone and traffic in Bilbao. *Atmospheric Environment*, 35(32), 5581–5592. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00210-2](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00210-2)
- Oweisana, I., Gobo, A. E., Daka, E. R., & Ideriah, T. J. K. "Evaluation of Ambient Air Quality in Obrikom and Omoku Communities in Rivers State Nigeria".
- Kaya, G. (2019). "Tekkeköy (Samsun) İlçe Merkezinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Belirlenmesi". *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(452), 1–13. <https://doi.org/10.21324/dacd.561900>
- Kerbachi, R., Boughedaoui, M., Bounoua, L., & Keddou, M. (2006). "Ambient air pollution by aromatic hydrocarbons in Algiers". *Atmospheric Environment*, 40(21), 3995–4003. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.02.033>
- Lin, T. Y., Sree, U., Tseng, S. H., Chiu, K. H., Wu, C. H., & Lo, J. G. (2004). "Volatile organic compound concentrations in ambient air of Kaohsiung petroleum refinery in Taiwan". *Atmospheric Environment*, 38(25), 4111–4122. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.04.025>
- Lyon, F. (IARC). (2018). "BENZENE/ IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans". İçinde *International Agency for Research on Cancer* (C. 120).
- Mehta, D., Hazarika, N., & Srivastava, A. (2020). "Diurnal variation of BTEX at road traffic intersection points in Delhi, India: source, ozone formation potential, and health risk assessment". *Environmental Science and Pollution Research*, 27(10), 11093–11104. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07495-8>
- Mentese, S., & Selcuk, B. (2022). "Assessment of ambient air quality, meteorological parameters, and emission source characteristics of Çanakkale, Turkey". *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(2), 1025–1040. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03494-w>
- Mentese, Sibel, & Akca, B. (2020a). "Hot - Spot summertime levels and potential sources

- of volatile organic compounds (VOC) on roads around Çanakkale and Kilitbahir Harbors across Dardanelles Strait". *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2297–2307. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.07.028>
- Mentese, Sibel, & Akca, B. (2020b). "Hot - Spot summertime levels and potential sources of volatile organic compounds (VOC) on roads around Çanakkale and Kilitbahir Harbors across Dardanelles Strait". *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2297–2307. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.07.028>
- Mentese, Sibel, & Bas, B. (2020). "A year-round motoring of ambient volatile organic compounds across dardanelles straits". *Journal of Chemical Metrology*, 14(2), 177–189. <https://doi.org/10.25135/jcm.51.20.09.1816>
- Møhlhave, L., Clausen, G., Berglund, B., De Ceaurriz, J., Kettrup, A., Lindvall, T., Maroni, M., Pickering, A. C., Risse, U., Rothweiler, H., Seifert, B., & Younes, M. (1997). "Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in indoor air quality investigations". *Indoor Air*, 7(4), 225–240. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1997.00002.x>
- Mozaffar, A., Zhang, Y. L., Fan, M., Cao, F., & Lin, Y. C. (2020). "Characteristics of summertime ambient VOCs and their contributions to O₃ and SOA formation in a suburban area of Nanjing, China". *Atmospheric Research*, 240(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104923>
- Murena, F. (2007). "Air quality nearby road traffic tunnel portals: BTEX monitoring". *Journal of Environmental Sciences*, 19(5), 578–583. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(07\)60096-5](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60096-5)
- Na, K. (2006). "Determination of VOC source signature of vehicle exhaust in a traffic tunnel". *Journal of Environmental Management*, 81(4), 392–398. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.11.004>
- Na, K., Moon, K. C., & Yong, P. K. (2005). "Source contribution to aromatic VOC concentration and ozone formation potential in the atmosphere of Seoul". *Atmospheric Environment*, 39(30), 5517–5524. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.06.005>
- Nowak, D. J. (2019). "Air Pollution and Greenhouse Gases". İçinde *Understanding Urban Ecology: An Interdisciplinary*. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=uOORDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=P>

A174&dq=%22air+pollution%22+partic+barrier+green+vegetation+hedge&ots=_mz
oH0J8OE&sig=wuGGZsWR22CSvA161MBMNDDhNWw

- Parra, M. A., Elustondo, D., Bermejo, R., & Santamaría, J. M. (2009). "Ambient air levels of volatile organic compounds (VOC) and nitrogen dioxide (NO₂) in a medium size city in Northern Spain". *Science of the Total Environment*, 407(3), 999–1009. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.10.032>
- Pilidis, G. A., Karakitsios, S. P., & Kassomenos, P. A. (2005). "BTX measurements in a medium-sized European city". *Atmospheric Environment*, 39(33), 6051–6065. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.06.044>
- Rani, B., Singh, U., Chuhan, A., Sharma, D., & Maheshwari, R. (2011). "Photochemical Smog Pollution and its mitigation Measures". *Journal of Advanced Scientific Research*, 2(4), 28–33.
- Roukos, J., Riffault, V., Locoge, N., & Plaisance, H. (2009). "VOC in an urban and industrial harbor on the French North Sea coast during two contrasted meteorological situations". *Environmental Pollution*, 157(11), 3001–3009. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.05.059>
- Santos, E. M., & Azevedo, D. de A. (2021). "Impact on ground-level ozone formation by emission characterization of volatile organic compounds from a flex-fuel light-duty vehicle fleet in a traffic tunnel in Rio de Janeiro, Brazil". *Air Quality, Atmosphere and Health*, 14(2), 259–270. <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00931-6>
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics From Air Pollution to Climate Change second edition*.
- Shao, M., Zhang, Y., Zeng, L., Tang, X., Zhang, J., Zhong, L., & Wang, B. (2009). "Ground-level ozone in the Pearl River Delta and the roles of VOC and NO_x in its production". *Journal of Environmental Management*, 90(1), 512–518. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.12.008>
- Sharma, S., Sharma, P., & Khare, M. (2017). "Photo-chemical transport modelling of tropospheric ozone: A review". *Atmospheric Environment*, 159(x), 34–54. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.047>
- TCMB (2012), Yıllık rapor. Erişim:10 Haziran 2012, <http://www.tcmb.gov.tr>.

- T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Erişim: <https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=12188veMevzuatTuru=7veMevzuatTertip=5> Erişim tarihi: 30.05.2022
- Tokuslu, A. (2021). "Estimation of shipping emissions in the Iskenderun Gulf, Turkey". *International Journal of Global Warming*, 23(4), 397–414. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2021.114345>
- Viana, M., Hammings, P., Colette, A., Querol, X., Degraeuwe, B., Vlieger, I. de, & van Aardenne, J. (2014). Impact of maritime transport emissions on coastal air quality in Europe. *Atmospheric Environment*, 90, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.046>
- Wei, W., Cheng, S., Li, G., Wang, G., & Wang, H. (2014). "Characteristics of ozone and ozone precursors (VOCs and NO_x) around a petroleum refinery in Beijing, China". *Journal of Environmental Sciences (China)*, 26(2), 332–342. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(13\)60412-X](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(13)60412-X)
- Wexler, P., Peyster, A. De, Hakkinen, P. J., & Pope, C. (2005). "Encyclopedia of toxicology". 2944.
- Yang, K., Wang, C., Xue, S., Li, W., Liu, J., & Li, L. (2019). "The identification, health risks and olfactory effects assessment of VOCs released from the wastewater storage tank in a pesticide plant". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 184(March), 109665. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109665>
- Yurdakul, S., Civan, M., Kuntasal, Ö., Doğan, G., Pekey, H., & Tuncel, G. (2018). "Temporal variations of VOC concentrations in Bursa atmosphere". *Atmospheric Pollution Research*, 9(2), 189–206. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.09.004>
- Zhang, X., Zhang, Y., Liu, Y., Zhao, J., Zhou, Y., Wang, X., Yang, X., Zou, Z., Zhang, C., Fu, Q., Xu, J., Gao, W., Li, N., & Chen, J. (2019). "Changes in the SO₂ Level and PM_{2.5} Components in Shanghai Driven by Implementing the Ship Emission Control Policy". *Environmental Science and Technology*, 53(19), 11580–11587. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03315>
- Zheng, J., Shao, M., Che, W., Zhang, L., Zhong, L., Zhang, Y., & Streets, D. (2009). "Speciated VOC emission inventory and spatial patterns of ozone formation potential

in the Pearl River Delta, China". *Environmental Science and Technology*, 43(22), 8580–8586. <https://doi.org/10.1021/es901688e>

Zheng, W., Cuihong, Q., Wei, Z., & Ying, L. (2019). "Impact of vessel activities in the surrounding waters of China on mainland air quality". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 631(3). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/631/3/032006>



EKLER



EK 1

GAZ KRAMOTOGRAFİSİ ÇALIŞMA PRENSİBİ VE UOB'LERİN KAYNAMA NOKTALARI VE VE GAZ KRAMOTOGRAFİSİ ÇIKIŞ SÜRELERİ

Ek Tablo 1

Gaz kromatografisi çalışma prensibi

Termal Desorber					
Çalışma koşulları	Trap ön-kurutma: 1dk				
	Fırın sıcaklığı: 300 °C				
	Düşük Trap sıcaklığı: -10 °C				
	Transfer hattı sıcaklığı: 2000 °C				
	Minimum taşıyıcı: 5,0 bar				
UOB Metodu	Öntemizleme süresi: 0,5 dk				
	Tüp desorb süresi: 10 dk				
	Trap Desorb süresi: 3 dk				
Tüp Şartlandırma Metodu	Öntemizleme süresi: 0,5 dk				
	Tüp desorb süresi: 60 dk				
	Akış yolu sıcaklığı: 200 °C				
	Desorb sıcaklığı: 320 °C				
	Minimum taşıyıcı basıncı: 5 bar				
GC-FID (Agilent 7890)					
Çalışma Koşulu	Fırın				
	Basamak	Hız (°C/dk)	Son (°C)	Sıcaklık	Kalış Süresi
	Başlangıç	-	40		5
	Son	5	220		10
	FID dedektörü				
	Isıtıcı: 300 °C				
	H ₂ akışı: 30 ml/dk				
	Hava akışı: 400 ml/dk				
	Taşıyıcı (N ₂): 25 ml/dk				
	Inlet				
	Isıtıcı: 150 °C				
	Basınç: 14,6 psi				
	Toplam Akış: 69,4 ml/dk				
	Kullanılan kolon	Agilent DB-VRX 75 m x 0,45 mm x 2,55µm, 350°C			

Ek Tablo 2

UOB'lerin kaynama noktaları ve gaz kromatografisi çıkış süreleri

CAS No	Bileşik Adı	Kaynama Noktası (°C)	Çıkış Süresi (dk)
71-43-2	Benzen	80,1	14,39
108-88-3	Toluen	110,6	19,16
106-42-3	m-ksilen	139	23,52
108-38-3	p-ksilen	138	23,52
95-47-6	o-ksilen	144	24,70
100-14-4	Etilbenzen	136,2	23,02
100-42-5	Stiren	145	24,31
98-82-8	i-propilbenzen	152	25,42
103-65-1	n-propilbenzen	159,2	26,54
108-67-8	1,3,5-trimetilbenzen	164,7	27,34
135-98-8	Sec-butyl-benzen+1,3-diklorobenzen	173	28,58
99-87-6	4-isopropil toluen	176-177	29,09
104-51-8	n-butylbenzen	183	30,16
91-20-3	Naftalin	218	35,2
108-86-1	Bromobenzen	156	25,93
95-49-8	2-kloro toluen	159,3	25,93
106-43-4	4-kloro toluen	161,9	26,92
106-46,7	1,4-dikloro benzen	174,1	28,85
120-82-1	1,2,4-trikloro benzen	213	34,58
87-68-3	Hegzakloro-1,3-butadien	210-220	35,73
109-66-0	n-pentan	36	7,11
110-54-3	n-hegzan	69	11,24
142-82-5	n-heptan	98	15,68
111-65-9	n-oktan	125	20,08
111-84-2	n-nonan	151	23,99
124-18-5	n-dekan	174	27,64
110-21-4	n-undekan	196	31,01
112-40-3	n-dodekan	216	34,15
629-50-5	n-tridekan	232-236	37,08
629-59-4	n-tetradekan	253-257	39,83
629-62-9	n-pentadekan	247-287	42,5

EK-2

LAPSEKİ VE ÇARDAK AKTİF VE KİŞİSEL ÖRNEKLEME DÖNEMİ HAVA KALİTESİ İSTASYON VERİLERİ

Ek 2 Tablo 3

Lapseki ve Çardak bölgeleri aktif örnekleme tarihlerinin zamana göre hava kalitesi verileri

Tarih	Bölge	Zaman Aralığı	SO ₂	NO ₂	O ₃
16/7/2020	Lapseki	08:30-09:00	3,8	7,1	37,2
16/7/2020	Çardak	10:00-10:30	4,2	3,2	76,2
16/7/2020	Lapseki	11:30-12:00	3,1		85,8
16/7/2020	Lapseki	14:00-14:30	5,3		91,9
16/7/2020	Çardak	17:00-17:30	5,2		100,8
18/7/2020	Lapseki	08:30-09:00	2,8	5,9	70,2
18/7/2020	Çardak	10:00-10:30	2,9	3,7	88,7
18/7/2020	Lapseki	11:30-12:00	3,2		96,3
18/7/2020	Lapseki	14:00-14:30	3,5		106,5
18/7/2020	Lapseki	16:00-16:30	3,3		114,8
18/7/2020	Çardak	17:00-17:30	3,4		116,4
23/7/2020	Lapseki	08:30-09:00	3,6	3,0	90,7
23/7/2020	Çardak	10:00-10:30	3,8	1,6	111,4
23/7/2020	Lapseki	11:30-12:00	3,0	1,6	118,2
23/7/2020	Lapseki	14:00-14:30	3,7	1,8	128,8
23/7/2020	Lapseki	16:00-16:30	3,8	2,7	131,4
23/7/2020	Çardak	17:00-17:30	4,1	1,6	129,8
25/7/2020	Lapseki	08:30-09:00	4,0	2,1	102,6
25/7/2020	Çardak	10:00-10:30	3,7		112,3
25/7/2020	Lapseki	11:30-12:00	4,0	1,9	113,8
25/7/2020	Lapseki	14:00-14:30	3,5	5,9	119,0
25/7/2020	Lapseki	16:00-16:30	4,1	1,3	119,7
25/7/2020	Çardak	17:00-17:30	3,9	1,3	122,1
29/7/2020	Lapseki	08:30-09:00	4,9	12,1	49,6
29/7/2020	Çardak	10:00-10:30	6,4	7,1	93,1
29/7/2020	Lapseki	11:30-12:00	5,5	4,7	113,7
29/7/2020	Lapseki	14:00-14:30	3,8	2,3	135,0
29/7/2020	Lapseki	16:00-16:30	2,4	1,5	138,7
29/7/2020	Çardak	17:00-17:30	2,3	3,4	140,1
1/8/2020	Lapseki	08:30-09:00	4,8	5,8	52,8
1/8/2020	Çardak	10:00-10:30	4,7	7,0	71,4
1/8/2020	Lapseki	11:30-12:00	9,8	8,2	75,9
1/8/2020	Lapseki	14:00-14:30	5,7	3,2	103,9
1/8/2020	Lapseki	16:00-16:30	12,4	1,1	103,7
1/8/2020	Çardak	17:00-17:30	13,3	1,1	102,0
6/8/2020	Lapseki	08:30-09:00		4,0	107,6

Ek Tablo 5'in devamı

6/8/2020	Çardak	10:00-10:30			106,5
6/8/2020	Lapseki	11:30-12:00	4,5	4,0	110,8
6/8/2020	Lapseki	14:00-14:30	2,8	3,9	122,6
6/8/2020	Lapseki	16:00-16:30	2,8	3,5	133,1
6/8/2020	Çardak	17:00-17:30	3,1	3,5	133,6
8/8/2020	Lapseki	08:30-09:00	4,3	8,9	82,5
8/8/2020	Çardak	10:00-10:30	4,1	8,3	91,8
8/8/2020	Lapseki	11:30-12:00	4,2	7,2	100,3
8/8/2020	Lapseki	14:00-14:30	4,2	3,2	109,3
8/8/2020	Lapseki	16:00-16:30	3,6	3,4	108,1
8/8/2020	Çardak	17:00-17:30	3,7	3,6	111,5
13/8/2020	Lapseki	08:30-09:00	4,7	21,7	54,3
13/8/2020	Çardak	10:00-10:30	5,3	4,9	93,8
13/8/2020	Lapseki	11:30-12:00	6,6	1,4	100,0
13/8/2020	Lapseki	14:00-14:30	13,3	2,2	106,8
13/8/2020	Lapseki	16:00-16:30	15,4	2,6	103,9
13/8/2020	Çardak	17:00-17:30	13,7	3,0	109,5
15/8/2020	Lapseki	08:30-09:00	9,1	25,1	46,8
15/8/2020	Çardak	10:00-10:30	10,6	13,5	74,5
15/8/2020	Lapseki	11:30-12:00	7,2	6,8	90,4
15/8/2020	Lapseki	14:00-14:30	3,9	4,7	112,6
15/8/2020	Lapseki	16:00-16:30	3,6	5,0	135,2
15/8/2020	Çardak	17:00-17:30	3,5	4,5	140,8
20/8/2020	Lapseki	08:30-09:00	6,0		97,4
20/8/2020	Çardak	10:00-10:30	20,4		77,2
20/8/2020	Lapseki	11:30-12:00	19,6		88,6
20/8/2020	Lapseki	14:00-14:30	17,8	9,0	102,8
20/8/2020	Lapseki	16:00-16:30	8,8	4,4	109,6
20/8/2020	Çardak	17:00-17:30	5,8	3,5	111,4
22/8/2020	Lapseki	08:30-09:00	1,6	17,5	46,2
22/8/2020	Çardak	10:00-10:30	3,1	26,3	44,6
22/8/2020	Lapseki	11:30-12:00	2,7		
22/8/2020	Lapseki	14:00-14:30			
22/8/2020	Lapseki	16:00-16:30			
22/8/2020	Çardak	17:00-17:30			
27/8/2020	Lapseki	08:30-09:00	3,6	14,3	31,3
27/8/2020	Çardak	10:00-10:30	4,3	8,2	72,9
27/8/2020	Lapseki	11:30-12:00	7,5	6,6	88,4
27/8/2020	Lapseki	14:00-14:30	4,0	3,7	105,9
27/8/2020	Lapseki	16:00-16:30	3,2	3,6	109,1
27/8/2020	Çardak	17:00-17:30	4,3	3,4	112,4
29/8/2020	Lapseki	08:30-09:00	5,4	20,9	51,9
29/8/2020	Çardak	10:00-10:30	10,0	14,8	67,8
29/8/2020	Lapseki	11:30-12:00	5,3	9,3	83,7
29/8/2020	Lapseki	14:00-14:30	1,5	4,4	116,5
29/8/2020	Lapseki	16:00-16:30		3,9	126,2
29/8/2020	Çardak	17:00-17:30	1,7	3,9	128,5

Ek Tablo 5'in devamı

3/10/2020	Lapseki	08:30-09:00	4,5	16,1	44,5
3/10/2020	Çardak	10:00-10:30	21,4	19,9	45,8
3/10/2020	Lapseki	11:30-12:00	18,5	14,5	58,6
3/10/2020	Lapseki	14:00-14:30	1,4	7,1	98,4
3/10/2020	Lapseki	16:00-16:30			
3/10/2020	Çardak	17:00-17:30			
5/9/2020	Lapseki	08:30-09:00			
5/9/2020	Çardak	10:00-10:30			
5/9/2020	Lapseki	11:30-12:00			
5/9/2020	Lapseki	14:00-14:30	64,0		60,8
5/9/2020	Lapseki	16:00-16:30	66,8	6,7	112,7
5/9/2020	Çardak	17:00-17:30	67,0	6,5	115,8
12/9/2020	Lapseki	08:30-09:00	59,5	12,7	72,9
12/9/2020	Çardak	10:00-10:30	58,8	9,5	90,0
12/9/2020	Lapseki	11:30-12:00	58,2	6,0	104,5
12/9/2020	Lapseki	14:00-14:30	58,0	4,7	114,1
12/9/2020	Lapseki	16:00-16:30	58,2	3,4	114,7
12/9/2020	Çardak	17:00-17:30	58,3	3,6	114,3
17/9/2020	Lapseki	08:30-09:00	60,5	5,7	74,1
17/9/2020	Çardak	10:00-10:30	60,8	5,3	87,4
17/9/2020	Lapseki	11:30-12:00	60,5	4,9	88,2
17/9/2020	Lapseki	14:00-14:30	60,6	6,8	91,9
17/9/2020	Lapseki	16:00-16:30	84,4	7,3	99,0
17/9/2020	Çardak	17:00-17:30	84,1	8,3	98,2
19/9/2020	Lapseki	08:30-09:00	58,6	5,2	71,4
19/9/2020	Çardak	10:00-10:30	58,3	6,0	68,7
19/9/2020	Lapseki	11:30-12:00	58,4	6,1	69,9
19/9/2020	Lapseki	14:00-14:30	58,6	4,8	71,2
19/9/2020	Lapseki	16:00-16:30	58,7	4,9	72,7
19/9/2020	Çardak	17:00-17:30	58,8	4,5	73,0
24/9/2020	Lapseki	08:30-09:00	59,6	11,8	22,7
24/9/2020	Çardak	10:00-10:30	61,6	7,8	68,4
24/9/2020	Lapseki	11:30-12:00	64,6	8,8	78,0
24/9/2020	Lapseki	14:00-14:30	85,1	14,2	91,8
24/9/2020	Lapseki	16:00-16:30	90,0	9,8	104,5
24/9/2020	Çardak	17:00-17:30	82,9	8,4	107,0
26/9/2020	Lapseki	08:30-09:00	7,3	14,9	55,7
26/9/2020	Çardak	10:00-10:30	7,4	13,1	61,0
26/9/2020	Lapseki	11:30-12:00	7,7	16,5	69,0
26/9/2020	Lapseki	14:00-14:30	9,4	12,5	93,4
26/9/2020	Lapseki	16:00-16:30	8,3	11,9	94,8
26/9/2020	Çardak	17:00-17:30	7,9	6,2	91,2
1/10/2020	Lapseki	08:30-09:00	5,7	10,9	38,2
1/10/2020	Çardak	10:00-10:30	6,5	15,0	59,3
1/10/2020	Lapseki	11:30-12:00	6,7	14,9	65,4
1/10/2020	Lapseki	14:00-14:30	5,8	6,3	90,1
1/10/2020	Lapseki	16:00-16:30	5,8	5,5	91,1

Ek Tablo 5'in devamı

1/10/2020	Çardak	17:00-17:30	5,8	5,3	90,6
10/10/2020	Lapseki	08:30-09:00	2,1	17,3	23,2
10/10/2020	Çardak	10:00-10:30	3,0	13,0	36,8
10/10/2020	Lapseki	11:30-12:00	4,6	9,3	50,2
10/10/2020	Lapseki	14:00-14:30	8,5	4,5	
10/10/2020	Lapseki	16:00-16:30	4,2	4,3	87,3
10/10/2020	Çardak	17:00-17:30	3,7	4,3	88,1
15/10/2020	Lapseki	08:30-09:00	1,5	11,8	29,6
15/10/2020	Çardak	10:00-10:30	4,0	10,6	51,4
15/10/2020	Lapseki	11:30-12:00	7,0	16,9	55,4
15/10/2020	Lapseki	14:00-14:30	10,1	19,9	73,4
15/10/2020	Lapseki	16:00-16:30	7,0	23,0	76,6
15/10/2020	Çardak	17:00-17:30	5,6	17,9	84,9
22/10/2020	Lapseki	08:30-09:00	3,3	11,0	59,0
22/10/2020	Çardak	10:00-10:30	3,7	10,2	65,7
22/10/2020	Lapseki	11:30-12:00	3,4	5,5	77,6
22/10/2020	Lapseki	14:00-14:30	3,4	5,1	89,8
22/10/2020	Lapseki	16:00-16:30	3,5	6,0	94,1
22/10/2020	Çardak	17:00-17:30	7,9	7,6	90,6
24/10/2020	Lapseki	08:30-09:00	6,9	17,6	26,9
24/10/2020	Çardak	10:00-10:30	16,4	16,6	40,9
24/10/2020	Lapseki	11:30-12:00	12,8	14,8	53,3
24/10/2020	Lapseki	14:00-14:30	31,6	45,1	38,6
24/10/2020	Lapseki	16:00-16:30	40,6	30,3	76,3
24/10/2020	Çardak	17:00-17:30	38,0	26,3	78,9

Ek Tablo 4

Lapseki ve Çardak konumlarının kişisel örnekleme tarih ve saatlerine göre hava kalitesi verileri

Tarih	Bölge	Zaman Aralığı	SO ₂	NO ₂	O ₃
16/7/2020	Lapseki	9:02-9:32	4,2	5	54,4
16/7/2020	Çardak	10:32-11:02	4,2	3,2	76,2
16/7/2020	Lapseki	12:02-12:32	2,8		89,9
16/7/2020	Lapseki	14:32-15:02	5,3		91,9
16/7/2020	Çardak	17:32-18:02	5,2		100,8
18/7/2020	Lapseki	9:02-9:32	2,5	4,3	78
18/7/2020	Çardak	10:32-11:02	2,9	3,7	88,7
18/7/2020	Lapseki	12:02-12:32	2,9		100,3
18/7/2020	Lapseki	14:32-15:02	3,5		106,5
18/7/2020	Çardak	17:32-18:02	3,4		116,4
23/7/2020	Lapseki	9:02-9:32	4	3	96
23/7/2020	Çardak	10:32-11:02	3,8	1,6	111,4
23/7/2020	Lapseki	12:02-12:32	3,2	1,8	122,6
23/7/2020	Lapseki	14:32-15:02	3,7	1,8	128,8
23/7/2020	Çardak	17:32-18:02	4,1	1,6	129,8
25/7/2020	Lapseki	9:02-9:32	4,2	5,6	96,2
25/7/2020	Çardak	10:32-11:02	4,5	3	112
25/7/2020	Lapseki	12:02-12:32	4,6	1,6	120,7
25/7/2020	Lapseki	14:32-15:02	4		122
25/7/2020	Çardak	17:32-18:02	4		114,9
29/7/2020	Lapseki	9:02-9:32	6,7	10,4	68,1
29/7/2020	Çardak	10:32-11:02	6,4	7,1	93,1
29/7/2020	Lapseki	12:02-12:32	4,9	3,3	124,3
29/7/2020	Lapseki	14:32-15:02	3,8	2,3	135
29/7/2020	Çardak	17:32-18:02	2,3	3,4	140,1
1/8/2020	Lapseki	9:02-9:32	5,3	5,9	61,1
1/8/2020	Çardak	10:32-11:02	4,7	7,0	71,4
1/8/2020	Lapseki	12:02-12:32	17,4	8,5	82,6
1/8/2020	Lapseki	14:32-15:02	5,7	3,2	103,9
1/8/2020	Çardak	17:32-18:02	13,3	1,1	102,0
6/8/2020	Lapseki	9:02-9:32		3,8	105,5
6/8/2020	Çardak	10:32-11:02			106,5
6/8/2020	Lapseki	12:02-12:32	4,0	3,9	114,0
6/8/2020	Lapseki	14:32-15:02	2,8	3,9	122,6
6/8/2020	Çardak	17:32-18:02	3,1	3,5	133,6
8/8/2020	Lapseki	9:02-9:32	4,085	7,25	86,305
8/8/2020	Çardak	10:32-11:02	4,13	8,26	91,755
8/8/2020	Lapseki	12:02-12:32	4,32	5,25	107,135
8/8/2020	Lapseki	14:32-15:02	4,18	3,17	109,255
8/8/2020	Çardak	17:32-18:02	3,69	3,605	111,505
13/8/2020	Lapseki	9:02-9:32	5,7	15,9	73,0
13/8/2020	Çardak	10:32-11:02	5,3	4,9	93,8

Ek Tablo 6'nın devamı

13/8/2020	Lapseki	12:02-12:32	7,9	1,3	99,3
13/8/2020	Lapseki	14:32-15:02	13,3	2,2	106,8
13/8/2020	Çardak	17:32-18:02	13,7	3,0	109,5
15/8/2020	Lapseki	9:02-9:32	10,5	21,4	58,7
15/8/2020	Çardak	10:32-11:02	10,6	13,5	74,5
15/8/2020	Lapseki	12:02-12:32	4,4	5,8	98,4
15/8/2020	Lapseki	14:32-15:02	3,9	4,7	112,6
15/8/2020	Çardak	17:32-18:02	3,5	4,5	140,8
20/8/2020	Lapseki	9:02-9:32	13,7		86,7
20/8/2020	Çardak	10:32-11:02	20,4		77,2
20/8/2020	Lapseki	12:02-12:32	11,5	6,7	100,9
20/8/2020	Lapseki	14:32-15:02	17,8	9,0	102,8
20/8/2020	Çardak	17:32-18:02	5,8	3,5	111,4
22/8/2020	Lapseki	9:02-9:32	1,9	22,0	42,5
22/8/2020	Çardak	10:32-11:02	3,1	26,3	44,6
22/8/2020	Lapseki	12:02-12:32	1,7		
22/8/2020	Lapseki	14:32-15:02			
22/8/2020	Çardak	17:32-18:02			
27/8/2020	Lapseki	9:02-9:32	3,9	13,1	44,1
27/8/2020	Çardak	10:32-11:02	4,3	8,2	72,9
27/8/2020	Lapseki	12:02-12:32	11,6	5,6	100,0
27/8/2020	Lapseki	14:32-15:02	4,0	3,7	105,9
27/8/2020	Çardak	17:32-18:02	4,3	3,4	112,4
29/8/2020	Lapseki	9:02-9:32	10,2	19,8	57,2
29/8/2020	Çardak	10:32-11:02	10,0	14,8	67,8
29/8/2020	Lapseki	12:02-12:32	2,2	5,8	98,5
29/8/2020	Lapseki	14:32-15:02	1,5	4,4	116,5
29/8/2020	Çardak	17:32-18:02	1,7	3,9	128,5
3/9/2020	Lapseki	9:02-9:32	12,5	18,4	44,8
3/9/2020	Çardak	10:32-11:02	21,4	19,9	45,8
3/9/2020	Lapseki	12:02-12:32	9,2	9,8	74,9
3/9/2020	Lapseki	14:32-15:02	1,4	7,1	98,4
3/9/2020	Çardak	17:32-18:02			
5/9/2020	Lapseki	9:02-9:32			
5/9/2020	Çardak	10:32-11:02			
5/9/2020	Lapseki	12:02-12:32			
5/9/2020	Lapseki	14:32-15:02	64,0		60,8
5/9/2020	Çardak	17:32-18:02	67,0	6,5	115,8
12/9/2020	Lapseki	9:02-9:32	59,2	12,6	76,8
12/9/2020	Çardak	10:32-11:02	58,8	9,5	90,0
12/9/2020	Lapseki	12:02-12:32	58,0	4,0	110,3
12/9/2020	Lapseki	14:32-15:02	58,0	4,7	114,1
12/9/2020	Çardak	17:32-18:02	58,3	3,6	114,3
17/9/2020	Lapseki	9:02-9:32	60,4	5,9	74,8
17/9/2020	Çardak	10:32-11:02	60,8	5,3	87,4
17/9/2020	Lapseki	12:02-12:32	60,6	4,8	89,3
17/9/2020	Lapseki	14:32-15:02	60,6	6,8	91,9

Ek Tablo 6'nın devamı

17/9/2020	Çardak	17:32-18:02	84,1	8,3	98,2
19/9/2020	Lapseki	9:02-9:32	58,4	5,1	70,5
19/9/2020	Çardak	10:32-11:02	58,3	6,0	68,7
19/9/2020	Lapseki	12:02-12:32	58,2	5,3	72,0
19/9/2020	Lapseki	14:32-15:02	58,6	4,8	71,2
19/9/2020	Çardak	17:32-18:02	58,8	4,5	73,0
24/9/2020	Lapseki	9:02-9:32	34,0	12,7	52,5
24/9/2020	Çardak	10:32-11:02	7,9	14,9	59,5
24/9/2020	Lapseki	12:02-12:32	9,3	16,1	68,1
24/9/2020	Lapseki	14:32-15:02	9,9	7,5	103,9
24/9/2020	Çardak	17:32-18:02	9,7	9,2	108,4
26/9/2020	Lapseki	9:02-9:32	7,4	13,1	61,0
26/9/2020	Çardak	10:32-11:02	7,7	16,5	69,0
26/9/2020	Lapseki	12:02-12:32	10,2	16,8	78,3
26/9/2020	Lapseki	14:32-15:02	9,0	13,4	99,9
26/9/2020	Çardak	17:32-18:02	7,8	5,1	90,7
1/10/2020	Lapseki	9:02-9:32	6,2	12,2	50,0
1/10/2020	Çardak	10:32-11:02	6,5	15,0	59,3
1/10/2020	Lapseki	12:02-12:32	6,3	10,0	77,5
1/10/2020	Lapseki	14:32-15:02	5,8	6,3	90,1
1/10/2020	Çardak	17:32-18:02	5,8	5,3	90,6
10/10/2020	Lapseki	9:02-9:32	2,9	13,9	30,9
10/10/2020	Çardak	10:32-11:02	3,0	13,0	36,8
10/10/2020	Lapseki	12:02-12:32	7,5	5,5	65,6
10/10/2020	Lapseki	14:32-15:02	8,5	4,5	
10/10/2020	Çardak	17:32-18:02	3,7	4,3	88,1
15/10/2020	Lapseki	9:02-9:32	1,8	9,9	36,6
15/10/2020	Çardak	10:32-11:02	4,0	10,6	51,4
15/10/2020	Lapseki	12:02-12:32	9,5	17,2	63,2
15/10/2020	Lapseki	14:32-15:02	10,1	19,9	73,4
15/10/2020	Çardak	17:32-18:02	5,6	17,9	84,9
22/10/2020	Lapseki	9:02-9:32	3,6	13,2	58,5
22/10/2020	Çardak	10:32-11:02	3,7	10,2	65,7
22/10/2020	Lapseki	12:02-12:32	3,0	4,8	83,7
22/10/2020	Lapseki	14:32-15:02	3,4	5,1	89,8
22/10/2020	Çardak	17:32-18:02	7,9	7,6	90,6
24/10/2020	Lapseki	9:02-9:32	12,4	17,5	30,5
24/10/2020	Çardak	10:32-11:02	16,4	16,6	40,9
24/10/2020	Lapseki	12:02-12:32	8,4	14,3	58,9
24/10/2020	Lapseki	14:32-15:02	31,6	45,1	38,6